

CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI. EDIZIONE 2022

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 22.07.2022. Doc. n. 177/22



CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI. EDIZIONE 2022

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 22.07.2022. Doc. n. 177/22

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n. 132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiscono riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al Ministero della Transizione Ecologica e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi istituzionali. Tale attività si esplica anche attraverso la produzione di documenti, prevalentemente Linee Guida o Report, pubblicati sul sito del Sistema SNPA e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:

Munafò, M. (a cura di), 2022. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022. Report SNPA 32/22

ISBN 978-88-448-1124-2

© Report SNPA, 32/22

Luglio 2022

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento tipografico: Daria Mazzella - ISPRA
Grafica: Alessia Marinelli, Valentina Falanga - ISPRA
Fotografia di copertina: Angela Cimini - ISPRA
Altre fotografie: Francesca Assennato, Marco d'Antona, Ines Marinosci - ISPRA

Abstract

Il Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" è un prodotto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che assicura le attività di monitoraggio del territorio e del consumo di suolo. Il Rapporto, insieme alla cartografia e alle banche dati di indicatori allegati, fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione della copertura del suolo e permette di valutare il degrado del territorio e l'impatto del consumo di suolo sul paesaggio e sui servizi ecosistemici.

"Land Consumption, Land Cover Changes, and Ecosystem Services" Report is published by the Italian National System for Environmental Protection, in charge for land cover and land consumption monitoring activities in Italy. The Report, with the annexed maps and indicators data bases, analyses land processes and assesses land degradation and land consumption impact on landscape and soil ecosystem services.

Parole chiave: *Land Consumption/Land Take, Soil Sealing, Land Cover, Land Use, Land Degradation, Soil Ecosystem Services.*

CURATORE DEL RAPPORTO

Michele Munafò (ISPRA)
michele.munafò@isprambiente.it

AUTORI

Membri della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA): Ines Marinosci (ISPRA), Giovanni Desiderio (ARTA Abruzzo), Gaetano Caricato (ARPA Basilicata), Luigi Dattola, Eugenio Filice (ARPA Calabria), Gianluca Ragone (ARPA Campania), Monica Carati (ARPA Emilia Romagna), Claudia Meloni (ARPA Friuli Venezia Giulia), Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari (ARPA Liguria), Dario Bellingeri (ARPA Lombardia), Roberto Brasciugli (ARPA Marche), Gianluca Macoretta (ARPA Molise), Vito Laghezza (ARPA Puglia), Elisabetta Benedetti (ARPA Sardegna), Domenico Galvano (ARPA Sicilia), Cinzia Licciardello (ARPA Toscana), Raffaella Canepl (Provincia di Trento), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Fabrizia Joly (ARPA Valle d'Aosta), Ialina Vinci (ARPA Veneto)

Alberto Albanese, Francesca Assennato, Diana Bianchini, Annagrazia Calò, Alice Cavalli, Luca Congedo, Marco d'Antona, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Chiara Giuliani, Lorella Mariani, Marco Montella, Michele Munafò, Stefano Pranzo, Nicola Riitano, Andrea Strollo (ISPRA), Giulia Cecili, Valentina Falanga (Università del Molise), Angela Cimini (Sapienza, Università di Roma) Andrea Padovan, Giorgio Zanvetto (APPA Bolzano), Fulvio Raviola (ARPA Piemonte), Giorgio Tecilla (APPA Trento), Stefano Carpenito, Alessia D'Agata (Tirocinanti Università di Padova/ISPRA)

Con il contributo degli Osservatori/tavoli tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio e di Eugenia Bartolucci, Giovanni Braca, Martina Bussettini, Anna Cacciuni, Roberta Capogrossi, Caterina D'Anna, Enrico De Zorzi, Carla Iadanza, Barbara Lastoria, Lucilla Laureti, Anna Luise, Fabio Pascarella, Alessandro Trigila (ISPRA), Alfonso Crisci, Giulia Guerri, Marco Morabito (CNR), Marco Marchetti (Università del Molise), Gherardo Chirici, Saverio Francini (Università degli Studi di Firenze), Mauro Maesano, Giuseppe Scarascia Mugnozza (Università della Tuscia), Luca Benedetti, Paolo Liberatore, Alessio Agrillo, Vincenzo Surace (GSE), Luca Montanarella, Calogero Schillaci (JRC)

Gli autori dei contributi degli Osservatori/tavoli tecnici di Regioni e Province autonome e dei contributi a cura del Comitato scientifico sono riportati direttamente all'interno dei rispettivi capitoli

FOTOINTERPRETAZIONE, CLASSIFICAZIONE, PRODUZIONE CARTOGRAFIA, VALIDAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Alberto Albanese, Diana Bianchini, Annagrazia Calò, Alice Cavalli, Luca Congedo, Marco D'Antona, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Chiara Giuliani, Lorella Mariani, Ines Marinosci, Marco Montella, Michele Munafò, Stefano Pranzo, Nicola Riitano, Andrea Strollo (ISPRA), Luigi Dattola (ARPA Calabria), Giuseppina Annunziata, Maria Daro, Diego Guglielmelli, Pasquale Iorio, Elio Luce, Gianluca Ragone, Elio Rivera, Raimondo Romano, Valentina Sammartino Calabrese, Giovanni Stellato, Raffaele Tortorella (ARPA Campania), Bianca Maria Billi, Margherita Cantini, Monica Carati, Daniela Corradini, Rosalia Costantino, Maria Elena Manzini, Sara Masi, Manuela Mengoni, Roberta Monti (ARPA Emilia Romagna), Claudia Meloni, Nicola Skert (ARPA Friuli Venezia Giulia), Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari, Cinzia Picetti (ARPA Liguria), Dario Bellingeri, Dario Lombardi, Vito Sacchetti (ARPA Lombardia), Roberto Brasciugli, Walter Vacca (ARPA Marche), Alessandro Galuppo, Gianluca Macoretta (ARPA Molise), Teo Ferrero, Cristina Prola, Tommaso Niccoli, Gabriele Nicolò, Luca Forestello (ARPA Piemonte), Vito La Ghezza (ARPA Puglia), Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni (ARPA Sardegna), Domenico Galvano, Stefano Pannucci (ARPA Sicilia), Camillo Berti, Stefania Biagini, Antonio Di Marco (ARPA Toscana), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Fabrizia Joly (ARPA Valle D'Aosta), Leonardo Basso, Andrea Dalla Rosa, Antea De Monte, Adriano Garlato, Silvia Obber, Antonio Pegoraro, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Andrea Reverberi, Ialina Vinci, Paola Zamarchi (ARPA Veneto), Andrea Padovan, Stefano Paoli, Stefan Untethiner, Giorgio Zanvetto (Provincia Autonoma di Bolzano), Giuseppe Altieri (Osservatorio del paesaggio trentino - Provincia Autonoma di Trento), Giulia Cecili, Valentina Falanga, Marco Marchetti (Università del Molise), Angela Cimini, Flavio M. De Stefanis, Martina Di Felice, Alice Carlotta Tani (Sapienza, Università di Roma), Gherardo Chirici, Saverio Francini (Università degli Studi di Firenze), Ronald McRoberts (Università del Minnesota), Mauro Maesano, Giuseppe Scarascia Mugnozza (Università della Tuscia), Stefano Carpenito, Alessia D'Agata (Tirocinanti Università di Padova/ISPRA), Francesca Faccenda, Elisa Gianvenuti, Diego Giorgini, Gloria Palmeggiani, Giacomo Ruzzolini, Lorenzo Stamenkovic (Servizio Civile Nazionale di Roma Capitale e ISPRA)

COMITATO SCIENTIFICO

Filiberto Altobelli (CREA), Andrea Arcidiacono (Politecnico di Milano, INU, CRCS), Maria Brovelli (Politecnico di Milano, CNR), Gherardo Chirici (Università di Firenze), Patrizia Colletta (Esperta Consiglio Superiore LL.PP.), Fausto Manes (Sapienza Università di Roma), Marco Marchetti (Università del Molise), Davide Marino (Università del Molise), Marco Morabito (CNR), Michele Munafò (ISPRA), Beniamino Murgante (Università della Basilicata), Elisabetta Peccol (Università di Udine), Paolo Pileri (Politecnico di Milano), Bernardino Romano (Università dell'Aquila), Luca Salvati (Sapienza Università di Roma), Tiziano Tempesta (Università di Padova), Fabio Terribile (Università di Napoli Federico II)

ORGANIZZAZIONE

Sabrina Panico (ISPRA)
consumosuolo@isprambiente.it

UFFICIO STAMPA

Alessandra Lasco (ISPRA)
stampa@isprambiente.it

DATI E CARTOGRAFIA

<http://www.consumosuolo.isprambiente.it>



<https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati>



L'elaborazione dei dati avviene sotto la responsabilità della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). La classificazione dei cambiamenti al terzo livello e i nuovi indicatori sulla frammentazione sono stati sviluppati nell'ambito del progetto "Statistiche ambientali per le politiche di coesione 2014-2020" (PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020). Le immagini aeree e satellitari utilizzate per l'elaborazione dei dati provengono dall'archivio di ISPRA e delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e Province Autonome, che gestiscono il Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), e sono state acquisite attraverso diverse fonti: Copernicus Open Access Hub (Sentinel-1, Sentinel-2), ESA (Agenzia Spaziale Europea), Geoportale Nazionale (Ministero della Transizione Ecologica; 2006-2012), Agenzia per l'Erogazioni in Agricoltura (Agea), Agenzia per l'Ambiente Europea, © Google Earth (2019-2022), © ZY-3 (2019), © TripleSat (2019, 2022), © Planet Labs (2019), © Airbus DS (2019-2022).

Si ringraziano Agea, Agenzia delle Entrate - Osservatorio del Mercato Immobiliare, Agenzia Europea per l'Ambiente, ANCI, Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, Commissione Europea/Joint Research Centre, CREA, GSE, INGV, Istat, Ministero della transizione ecologica, Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, Ministero della cultura e tutti gli altri soggetti che hanno messo a disposizione dati e informazioni fondamentali per alcune delle analisi riportate nel rapporto. Si ringrazia l'Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE) per la collaborazione nell'aggiornamento e nella valutazione delle normative regionali su consumo di suolo e rigenerazione urbana.

I contenuti riportati all'interno del capitolo "Contributi degli osservatori e dei tavoli tecnici delle Regioni e delle Province autonome" e i contributi a cura del Comitato scientifico sono responsabilità, rispettivamente, dei soggetti individuati dalle strutture regionali coinvolte d'intesa con il SNPA e dei singoli autori proposti dal Comitato scientifico stesso.

PRESENTAZIONE

L'edizione 2022 del Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", la nona dedicata a questi temi, fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione del nostro territorio, che continuano a causare la perdita di una risorsa fondamentale, il suolo, con le sue funzioni e i relativi servizi ecosistemici. Il Rapporto analizza l'evoluzione del territorio e del consumo di suolo all'interno di un più ampio quadro di analisi delle dinamiche delle aree urbane, agricole e naturali ai diversi livelli, attraverso indicatori utili a valutare le caratteristiche e le tendenze del consumo, della crescita urbana e delle trasformazioni del paesaggio, ma anche dell'evoluzione, della distribuzione e delle caratteristiche della vegetazione, fornendo valutazioni sull'impatto della crescita della copertura artificiale del suolo, con particolare attenzione alle funzioni naturali perdute o minacciate. La tutela del patrimonio ambientale, del paesaggio e il riconoscimento del valore del suolo e del capitale naturale sono compiti e temi a cui richiama l'Europa, rafforzati dal Green Deal e dalla recente Strategia europea per il suolo per il 2030, e ancor più fondamentali per noi alla luce delle particolari condizioni di fragilità ambientali e di criticità climatiche del nostro Paese e rispetto ai quali il Rapporto fornisce il proprio contributo di conoscenza.

Con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, nonostante alcuni investimenti come quelli su infrastrutture e impianti di energia da fonti rinnovabili che porteranno evidentemente a un incremento delle superfici artificiali che dovrebbero essere auspicabilmente bilanciate da un equivalente ripristino e rinaturalizzazione di aree già impermeabilizzate, il Governo si è impegnato ad approvare una legge nazionale sul consumo di suolo in conformità agli obiettivi europei, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana e limitazione del consumo dello stesso, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola.

Il Piano per la transizione ecologica ha rafforzato ulteriormente questo obiettivo al fine di azzerare il consumo netto entro il 2030, ovvero anticipando di vent'anni il target europeo e allineandosi alla data fissata dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile. Lo stop al consumo di suolo, secondo il Piano approvato dal Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica, dovrà avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, da normare attraverso un'apposita legge nazionale. Una legge che, se riuscisse ad arrestare finalmente ed efficacemente il consumo di suolo nel nostro Paese, permetterebbe di fornire un contributo fondamentale per affrontare le grandi sfide poste dai cambiamenti climatici, dal dissesto idrogeologico, dall'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo, dal diffuso degrado del territorio, del paesaggio e dell'ecosistema.

I dati aggiornati al 2021, prodotti a scala nazionale, regionale e comunale, sono in grado di rappresentare anche le singole trasformazioni individuate con una grana di estremo dettaglio, grazie all'impegno del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che vede ISPRA insieme alle Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, in un lavoro congiunto di monitoraggio svolto anche utilizzando le migliori informazioni che le nuove tecnologie sono in grado di offrire e le informazioni derivanti da satelliti di osservazione della terra, tra cui quelle del programma Copernicus. È infatti compito del Sistema, ai sensi della legge 132/2016, seguire le trasformazioni del territorio e la perdita di suolo naturale, agricolo e seminaturale, inteso come risorsa ambientale essenziale e fondamentalmente non rinnovabile, vitale per il nostro ambiente, il nostro benessere e la nostra stessa economia. Questo ruolo di sentinella è fondamentale soprattutto in una fase di attesa di una normativa nazionale compiuta sul consumo di suolo, che ci auguriamo possa garantire il progressivo rallentamento e il rapido azzeramento del consumo di suolo netto in Italia. I dati completi sul consumo del suolo, sullo stato del territorio e degli insediamenti, sugli impatti sui servizi ecosistemici, sul degrado e sulle altre variabili studiate, sono rilasciati in formato aperto e liberamente ac-

cessibili sul sito dell'ISPRA e del SNPA. Costituiscono uno strumento che il Sistema rende disponibile all'intera comunità istituzionale e scientifica nazionale e una base conoscitiva a supporto delle diverse politiche, dello sviluppo del quadro normativo e delle decisioni a livello locale necessarie per arrivare all'obiettivo di arresto del consumo di suolo.

Il monitoraggio di quest'anno conferma la criticità del consumo di suolo nelle zone periurbane e urbane, in cui si rileva un continuo e significativo incremento delle superfici artificiali, con un aumento della densità del costruito a scapito delle aree agricole e naturali, unitamente alla criticità delle aree nell'intorno del sistema infrastrutturale, più frammentate e oggetto di interventi di artificializzazione a causa della loro maggiore accessibilità e anche per la crescente pressione dovuta alla richiesta di spazi sempre più ampi per la logistica. I dati confermano l'avanzare di fenomeni quali la diffusione, la dispersione, la decentralizzazione urbana da un lato e, dall'altro, la forte spinta alla densificazione di aree urbane, che causa la perdita di superfici naturali all'interno delle nostre città, superfici preziose per assicurare l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto. Tali processi riguardano soprattutto le aree costiere e le aree di pianura, mentre al contempo, soprattutto in aree marginali, si assiste all'abbandono delle terre e alla frammentazione delle aree naturali. La valutazione del degrado del territorio, strettamente legata alla perdita di servizi ecosistemici che un suolo sano è in grado di offrire, permette di avere un quadro completo dei fenomeni che impattano sulla funzioni del suolo e che limitano la capacità di "combattere la desertificazione, ripristinare terreni degradati e suolo, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e inondazioni, per realizzare la neutralità del degrado del territorio (Land Degradation Neutrality - LDN)" e di "far diventare più inclusive, sicure, resilienti e sostenibili le città" entro il 2030, come previsto dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile definiti dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Il consumo di suolo, con le conseguenze analizzate approfonditamente in questo rapporto, non solo non rallenta, ma nel 2021 riprende a correre con maggiore forza, superando la soglia dei 2 metri quadrati al secondo e sfiorando i 70 chilometri quadrati di nuove coperture artificiali in un anno, un ritmo non sostenibile che dipende anche dall'assenza di interventi normativi efficaci in buona parte del Paese o dell'attesa della loro attuazione e della definizione di un quadro di indirizzo omogeneo a livello nazionale.

L'iniziativa delle Regioni e delle Amministrazioni locali sembra essere riuscita marginalmente, per ora, e solo in alcune parti del territorio, ad arginare l'aumento delle aree artificiali, rendendo evidente l'inerzia del fenomeno e il fatto che gli strumenti attuali non abbiano mostrato ancora l'auspicata efficacia nel governo del consumo di suolo. Ciò rappresenta un grave vulnus in vista dell'auspicata ripresa economica, che non dovrà assolutamente accompagnarsi a una ripresa della artificializzazione del suolo naturale, che i fragili territori italiani non possono più permettersi. Non possono permetterselo neanche dal punto di vista strettamente economico, come ci indica ormai da tempo la Commissione Europea. La perdita consistente di servizi ecosistemici e l'aumento dei "costi nascosti", dovuti alla crescente impermeabilizzazione del suolo, sono presentati in questo Rapporto al fine di assicurare la comprensione delle conseguenze dei processi di artificializzazione, delle perdite di suolo e del degrado a scala locale anche in termini di erosione dei paesaggi rurali, perdita di servizi ecosistemici e vulnerabilità al cambiamento climatico.

Un consistente contenimento del consumo di suolo, per raggiungere presto l'obiettivo europeo del suo azzeramento, è la premessa per garantire una ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, la riqualificazione e la rigenerazione urbana e l'edilizia di qualità, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse. Per questo obiettivo sarà indispensabile fornire ai Comuni e alle Città Metropolitane indicazioni chiare e strumenti utili per rivedere anche le previsioni di nuove edificazioni presenti all'interno dei piani urbanistici e territoriali già approvati. In questo quadro lo sforzo del SNPA con il Rapporto si pone come punto fermo, fornendo un supporto conoscitivo autorevole per l'impostazione e la definizione di un efficace nuovo quadro normativo e per un maggiore orientamento delle politiche territoriali verso la sostenibilità ambientale e la tutela del paesaggio.

Stefano Laporta

Presidente dell'Istituto Superiore per la Protezione e la
Ricerca Ambientale (ISPRA) e del Sistema Nazionale
per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

SOMMARIO

INTRODUZIONE	10
Il valore del suolo.....	10
Consumo, copertura, uso e degrado del suolo.....	11
Il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo in Italia.....	17
La strategia europea per il suolo e gli orientamenti comunitari.....	19
L'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile e gli obiettivi per la tutela del suolo e del territorio.....	24
La tutela dell'ambiente nella Costituzione italiana.....	26
La Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030.....	26
La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile.....	28
Il Piano per la transizione ecologica.....	29
Le proposte di legge.....	30
Alcune considerazioni per una legge sul consumo di suolo.....	31
La rigenerazione urbana.....	33
Il monitoraggio degli interventi di rigenerazione.....	35
Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo.....	37
Le norme regionali: aggiornamento al 2022.....	40
Gli scenari futuri.....	42
Accesso ai dati di uso, copertura e consumo di suolo a livello nazionale.....	44
STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO	47
Il livello nazionale.....	47
Il livello regionale.....	53
Il livello provinciale.....	60
Il livello comunale.....	69
Concorso per il titolo di "Comune Risparmia suolo" 2022.....	86
STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO	91
Uso e copertura del suolo.....	91
Le aree urbane.....	121
Forme urbane e tipologie insediative.....	133
Le infrastrutture verdi.....	136
Le aree boscate.....	138
CAUSE DI CONSUMO DI SUOLO	155
Le nuove coperture artificiali.....	155
Le aree edificate.....	165
Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane.....	176
Il consumo di suolo ai margini dei centri urbani principali.....	182
I valori del mercato immobiliare.....	183
Il consumo di suolo nelle fasce urbane centrali, periferiche e suburbane.....	187
Cantieri e infrastrutture.....	195
Gli impianti fotovoltaici.....	204
Lo sviluppo dei poli logistici.....	208

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO	214
Distribuzione dei cambiamenti	214
Aree protette	218
Aree vincolate per la tutela paesaggistica	223
Aree a pericolosità idraulica, da frana e sismica	227
Aree percorse dal fuoco	238
Siti contaminati di interesse nazionale	240
Corpi idrici	244
Fascia costiera	245
Classi altimetriche e di pendenza	248
Tipologie di suolo	254
Unità fisiografiche del paesaggio	256
Aree ad alto valore ecologico e ad alta fragilità ambientale	258
Tipologia di ecosistemi	261
Classi di copertura e ambiti di uso del suolo	265
Densità e caratteri demografici	266
IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO	269
L'area di impatto potenziale	269
La frammentazione del territorio e del paesaggio	272
L'isola di calore urbana	277
La perdita di servizi ecosistemici del suolo	287
DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO	311
La Land Degradation	311
Il degrado dovuto ai cambiamenti di copertura del suolo	311
Il degrado dovuto alla perdita di produttività	313
Il degrado dovuto alla perdita di carbonio organico del suolo	314
Indicatore SDG 15.3.1	314
Il degrado dovuto alla perdita di qualità degli habitat	319
Altri fattori di degrado	319
Il degrado complessivo	320
CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO	325
Il monitoraggio dei cambiamenti e dei disturbi della copertura forestale nazionale	325
Misure di rigenerazione urbana per il contrasto al consumo di suolo	333
Consumo di suolo e influenza diretta e indiretta sulla fornitura di servizi ecosistemici	338
Opportunità per nuovi boschi ed alberi in ambito metropolitano	342
L'impatto delle energie rinnovabili sul consumo di suolo	348
Il consumo marginale di suolo e le criticità delle politiche di governo del territorio	352
Modelli di ricompattazione urbana: indicatori di equilibrio tra edificato e vuoti	357
Big EO data per la stima degli hot spot termici urbani tramite cloud computing	363
CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI E DEI TAVOLI TECNICI DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME	369
Osservatori/tavoli tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio	369
Regione Valle d'Aosta	370
Regione Lombardia	379
Provincia Autonoma di Trento	384

Regione Veneto	392
Regione Emilia-Romagna	409
Regione Lazio	410
Regione Umbria	418
Regione Puglia	421
Regione Sicilia	427
Regione Sardegna	429
BIBLIOGRAFIA	441
Bibliografia generale	441
Bibliografia relativa ai contributi del comitato scientifico	446
Bibliografia relativa ai contributi degli Osservatori/Tavoli tecnici	451

INTRODUZIONE

IL VALORE DEL SUOLO

Il suolo è lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi e rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua, ospitando gran parte della biosfera.

Troppo pochi sanno che il nostro futuro dipende dallo strato sottile che si estende sotto i nostri piedi. Il suolo e la moltitudine di organismi che in esso vivono ci forniscono cibo, biomassa, fibre e materie prime, regolano i cicli dell'acqua, del carbonio e dei nutrienti e rendono possibile la vita sulla terra (Commissione Europea, 2021).

Il suolo è una risorsa limitata e, visti i tempi estremamente lunghi di formazione, si può ritenere che sia una risorsa sostanzialmente non rinnovabile.

Occorrono migliaia di anni per produrre pochi centimetri di questo tappeto magico (Commissione Europea, 2021).

Per tali ragioni e per il suo valore intrinseco, il suolo naturale deve essere tutelato e preservato per le generazioni future (Parlamento europeo e Consiglio, 2013).

Il suolo è un ecosistema essenziale, complesso, multifunzionale e vitale di importanza cruciale sotto il profilo ambientale e socioeconomico, che svolge molte funzioni chiave e fornisce servizi vitali per l'esistenza umana e la sopravvivenza degli ecosistemi affinché le generazioni attuali e future possano soddisfare le proprie esigenze (Parlamento europeo, 2021). Ci fornisce cibo, biomassa e materie prime; è la piattaforma per lo svolgimento delle attività umane; rappresenta un elemento centrale del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come habitat e pool genico. Nel suolo vengono stoccate, filtrate e trasformate molte sostanze, tra

le quali l'acqua, gli elementi nutritivi e il carbonio. Per l'importanza che rivestono sotto il profilo socioeconomico e ambientale, anche queste funzioni devono essere tutelate (Commissione Europea, 2006).

I suoli che godono di buona salute sono inoltre il più grande deposito di carbonio del pianeta. Questa caratteristica, insieme alla capacità di assorbire acqua come una spugna e ridurre il rischio di allagamenti e siccità, fa del suolo un alleato indispensabile nella lotta per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici (Commissione Europea, 2021).

L'importanza di proteggere il suolo e di promuoverne la salubrità, tenendo conto del persistere del degrado di tale ecosistema vivente, di tale componente della biodiversità e di tale risorsa non rinnovabile, deriva anche dai costi dell'inazione riguardo al degrado del suolo, con stime che nell'Unione Europea superano i 50 miliardi di Euro all'anno (Parlamento europeo, 2021).

I nostri suoli stanno soffrendo: secondo le stime tra il 60% e il 70% dei suoli nell'UE non è in buona salute. Terreni e suoli continuano ad essere soggetti a processi di forte degrado come l'erosione, la compattazione, la riduzione di materia organica, l'inquinamento, la perdita di biodiversità, la salinizzazione e l'impermeabilizzazione (Commissione Europea, 2021).

Le funzioni ecologiche che un suolo di buona qualità è in grado di assicurare garantiscono, oltre al loro valore intrinseco, anche un valore economico e sociale attraverso la fornitura di diversi servizi ecosistemici¹, che si suddividono in²:

- servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.);

¹ Le attuali definizioni di servizi ecosistemici mettono in relazione i benefici che l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi (Costanza *et al.*, 1997), necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; Millennium Ecosystem Assessment, 2005), o, secondo la TEEB Foundations (Kumar, 2010):

"Ecosystem Services are the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being".

² CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) www.cices.eu

- servizi di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e regolazione degli elementi della fertilità, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

Le terre coltivate e i pascoli dell'UE producono servizi ecosistemici quantificabili in 76 miliardi di Euro all'anno: meno di un terzo è generato dalla produzione agricola, il resto da altri servizi ecosistemici. Tuttavia, sebbene i benefici dei suoli sani e i costi del degrado del suolo, insieme alla riduzione dei servizi ecosistemici, interessano sia il pubblico che gli utilizzatori del terreno, sono questi ultimi ad avere le maggiori prerogative sul loro uso e gestione. Inoltre, il valore del capitale del suolo deve essere correttamente riflesso nella contabilità del capitale naturale, in modo da rendere più visibile la nostra dipendenza dal suolo. Per evitare i rischi legati al continuo degrado del suolo e l'impatto di questo sull'economia e sul benessere di tutti, i suoli richiedono l'attenzione massima e urgente di governi, parlamenti, autorità pubbliche di ogni livello, oltre che di operatori economici, utilizzatori di suoli, comunità locali e cittadini (Commissione Europea, 2021).

I servizi ecosistemici possono essere considerati come un contributo indiretto del "capitale naturale", ovvero l'insieme delle risorse naturali che forniscono beni e servizi all'umanità (World Bank, 2012). Il termine "capitale" ci ricorda che, in alcuni casi, accanto ai valori intrinseci del suolo, si possono individuare aspetti della sua importanza economica, molti dei quali misurabili con l'ausilio di valutazioni monetarie³. Tali valutazioni possono sicuramente aiutare ad alimentare l'attenzione sulle risorse naturali⁴ attraverso una considerazione articolata dei valori

in gioco, monetari e non, ma non devono portarci a ridurre il valore della Natura a un unico criterio, che non tenga conto della sostanza politica delle scelte. Infatti, se la monetizzazione ha in sé delle buone ragioni come, ad esempio la capacità di mostrare il valore di una risorsa con un codice a tutti noto, rischia di alimentare un perverso e incancellabile retropensiero secondo il quale, in fondo, ogni risorsa è una merce con un prezzo e, quindi, con un possibile mercato di scambio che non può tenere in conto il vero valore e il concetto di incommensurabilità della Natura (Pileri *et al.*, 2018). È lo stesso principio fissato dalla Commissione Europea (2021), che ha definito un preciso ordine di priorità da seguire per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo:

1. evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo;
2. in caso di nuove necessità, riutilizzare terreni già consumati e impermeabilizzati;
3. se non è possibile evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo, utilizzare aree già degradate;
4. infine, solo per interventi assolutamente inevitabili, applicare misure di mitigazione per ridurre al minimo la perdita di servizi ecosistemici e per la loro compensazione attraverso interventi come la rinaturalizzazione di una superficie con qualità e funzione ecologica equivalente.

CONSUMO, COPERTURA, USO E DEGRADO DEL SUOLO

Terreni e suoli sono risorse fragili e limitate, soggette alla pressione di una sempre crescente ricerca di spazio: l'espansione urbana e l'impermeabilizzazione del suolo consumano la natura e trasformano preziosi ecosistemi in deserti di cemento (Commissione Europea, 2021).

Il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con una

³ Costi di ripristino, perdite potenziali di capitale prodotto, costi economici che è necessario sostenere per poter godere di un certo "servizio" ecosistemico, etc.

⁴ È utile, comunque, ricordare che molti ritengono, per dirla con le parole di George Monbiot, che "illusoria è l'aspettativa che si possa di-

fendere il mondo vivente applicando la stessa mentalità che lo sta distruggendo. Idee come quella che la natura esista per servire a noi; che il suo valore stia nei benefici strumentali che possiamo estrarre; che questo valore possa essere misurato in moneta contante; e che ciò che non può essere misurato non ha importanza, si sono dimostrate letali per il resto della vita sulla Terra" (Femia e Monbiot, 2018).

copertura artificiale. È un fenomeno legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.



Figura 1. Edifici in costruzione nella periferia di Pisa

Land take can be defined as the increase in artificial areas over time (EEA, 2021). Il **consumo di suolo** è, quindi, definito come la variazione da una copertura non artificiale (**suolo non consumato**) a una copertura artificiale del suolo (**suolo consumato**)⁵, con la distinzione fra consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile).

Il **consumo di suolo netto** è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012). La Commissione ha chiarito che "azzeramento del consumo di suolo netto" significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte, anche in ambito urbano, e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa essere in grado di tornare a fornire i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali (Commissione Europea, 2016)⁶. Va specificato che il solo obiettivo del consumo di suolo netto zero, rischia di non intervenire sulla qualità degli interventi ma solo sul bilancio complessivo, pertanto è necessario accompagnarlo con misure per impedire consumi inutili e limitarli alla componente non evitabile. Inoltre, va sempre rafforzata la considerazione del suolo in quanto risorsa unica, rara e non riproducibile nella definizione dell'eventuale compensazione, anche perché, ad esempio, se un terreno agricolo impermeabilizzato venisse "neutralizzato statisticamente" da un *desealing* per una zona verde in città, si avrebbe comunque un effetto di degradazione del suolo netta.

Per **copertura del suolo** (*Land Cover*) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, che comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. La copertura artificiale può essere di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione

⁵ Il glossario completo e aggiornato delle definizioni utilizzate nel presente rapporto è disponibile sul sito www.consumosuolo.isprambiente.it

⁶ *What does 'no net land take' mean? Sealing agricultural land and open spaces should be avoided as far as possible and the focus should be on building on land that has already been sealed. This*

permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo).

L'Agencia Europea per l'Ambiente definisce le superfici a **copertura artificiale** come:

Tutte le superfici dove il paesaggio è stato modificato o è influenzato da attività di costruzione sostituendo le superfici naturali con strutture artificiali abiotiche 2D/3D o con materiali artificiali. Le parti artificiali di aree urbane e suburbane, dove sono presenti infrastrutture insediative permanenti; inclusi anche gli insediamenti in aree rurali. Le aree verdi in ambiente urbano non devono essere considerate come superfici artificiali (EEA, 2019).

Secondo questa definizione, solo una parte dell'area di insediamento è davvero artificiale, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati⁷. Rientrano, invece, tra le superfici artificiali anche quelle presenti nelle zone agricole e naturali (Commissione Europea, 2013).

L'**impermeabilizzazione del suolo**, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Altre forme di consumo di suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso la rimozione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali, ad esempio, la compattazione in aree non asfaltate adibite a parcheggio. L'impermeabilizzazione può avvenire sia su aree non consumate, sia su aree già consumate ma non ancora impermeabilizzate (Figura 2).



Figura 2. Impermeabilizzazione del suolo

L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa, comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce ai cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale e alla perdita delle capacità di regolazione dei cicli naturali e di mitigazione degli effetti termici locali (Commissione Europea, 2012). La copertura con materiali impermeabili è probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione permanente della sua funzionalità tale da limitare/inibire il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi. Le funzioni produttive dei suoli sono, pertanto, inevitabilmente perse, così come la loro possibilità di assorbire CO₂, di regolare i flussi idrici, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità e, spesso, la fruizione sociale. L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Commissione Europea, 2013).

Una diversa analisi delle trasformazioni territoriali che si intreccia, ma deve essere distinta dall'analisi del consumo di suolo, è quella basata sull'uso del suolo, che rappresenta il principale riferimento della pianificazione e

might require greater investment, for example to redevelop land previously used as an industrial site (including decontamination). However, new houses still need to be built and the 2050 goal does not aspire to reduce sealing of new land to zero. When land is taken, the aspiration is to ensure this is no more than is compensated for elsewhere. For

example, unused land could be returned to cultivation or renaturalised so that it can once again provide the ecosystem services of unsealed soils (Commissione Europea, 2016).

⁷ Si veda anche EEA, 2021: *Urban green areas are not considered when addressing artificial areas.*

lo strumento fondamentale per raggiungere l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo. L'**uso del suolo** (*Land Use*) è un concetto diverso dalla copertura del suolo, ovvero dall'effettivo stato biofisico, poiché rappresenta un riflesso delle interazioni tra l'uomo e il suolo e costituisce quindi una descrizione di come esso venga (o possa essere) impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro⁸ (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo, che potrebbe mantenere intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici, e quindi non rappresentare un reale consumo di suolo. Al contrario, forme significative di consumo di suolo potrebbero essere rilevate anche in aree a destinazione agricola. Si deve quindi distinguere il livello *de iure* da quello *de facto*⁹, dovendo considerare il suolo come risorsa (Commissione Europea, 2016). La necessità di rilevare separatamente le classi di copertura e di uso del suolo è riconosciuta anche nell'ambito dello *European Land Use Land Cover (LULC) monitoring and reporting obligations* a cura dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2018).

La rappresentazione del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree a copertura artificiale (impermeabilizzate o non impermeabilizzate) e, in particolare, da edifici, fabbricati, infrastrutture e altre costruzioni, aree estrattive, discariche, cantieri, aree pavimentate, in terra battuta, ricoperte da materiali artificiali, pannelli fotovoltaici, non necessariamente in aree urbane. Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e na-

turali ed esclude, invece, le aree aperte, naturali e seminaturali, in ambito urbano, che, indipendentemente dalla loro destinazione d'uso, non rappresentano forme di consumo di suolo ma in cui, al contrario, dovrebbero essere evitate nuove coperture artificiali. Anche la densificazione urbana, se intesa come una nuova copertura artificiale del suolo all'interno di un'area urbana, rappresenta una forma di consumo di suolo¹⁰.

Il **degrado del suolo** è il fenomeno di alterazione delle condizioni del suolo dovuto alla riduzione o alla perdita di produttività biologica o economica a causa principalmente dell'attività dell'uomo (Oldeman *et al.*, 1991). Oltre alla produttività, altri fattori come la copertura del suolo, l'erosione idrica o il contenuto di carbonio organico possono essere usati per valutare il degrado del suolo (Lal, 2015). Altre definizioni di degrado del suolo evidenziano la perdita, talvolta irreversibile, di biodiversità, delle funzioni e della capacità di fornire servizi ecosistemici (Orgiazzi *et al.*, 2016). La desertificazione consiste nel livello estremo di degrado del suolo. La UNCCD ha adottato il Quadro Strategico 2018-2030 che è imperniato sul conseguimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) finalizzato a conseguire la neutralità in termini di degrado del suolo entro il 2030 (*Land Degradation Neutrality - LDN*). La LDN è stata definita dall'UNCCD (2016) come "uno stato in cui la quantità e la qualità delle risorse territoriali, necessarie a sostenere funzioni e servizi ecosistemici e a rafforzare la sicurezza alimentare, rimangono stabili o aumentano entro specifiche scale temporali e territoriali ed ecosistemi".

In Tabella 1 è riportata una sintesi delle definizioni utilizzate e delle differenze tra i concetti di espansione urbana e infrastrutturale, consumo di suolo (o artificializzazione), impermeabilizzazione del suolo e degrado del suolo attraverso una matrice dei cambiamenti di copertura del suolo.

⁸ *Land Use is itself split up into two different types: 1. The Existing Land Use (current land use in the above definition), which objectively depicts the use and functions of a territory as it has been and effectively still is in real life; 2. The Planned Land Use (future planned land use in the above definition), which corresponds to spatial plans, defined by spatial planning authorities, depicting the possible utilization of the land in the future. Planned land use is regulated by spatial planning documents elaborated at various levels of administration* (Direttiva 2007/2/CE).

⁹ Per approfondimenti, con riferimento alla situazione italiana, si vedano, ad esempio, Maddalena (2014) e Pileri (2018).

¹⁰ "Land take includes the conversion of land within an urban area (densification)" (Commissione Europea, 2012). Ci sono anche forme di densificazione che non consumano nuovo suolo, ad esempio quando si interviene su aree già edificate o su aree dismesse in cui, quindi, non aumentano le aree a copertura artificiale.

Tabella 1. Matrice dei cambiamenti di copertura del suolo e definizione di espansione urbana e infrastrutturale (EUI - bordo rosso), consumo di suolo (CDS - bordo marrone), impermeabilizzazione (IMP - bordo viola) e degrado (riempimento arancione per le aree in peggioramento, in grigio per le aree stabili, in verde per le aree in miglioramento)

Copertura del suolo	Aree artificiali impermeabilizzate	Aree artificiali non impermeabilizzate	Aree vegetate in ambiente urbano	Suolo naturale non vegetato	Vegetazione erbacea in area agricola	Serre non pavimentate	Copertura arborea	Prati e pascoli	Acque
Aree artificiali impermeabilizzate									
Aree artificiali non impermeabilizzate	IMP								
Aree vegetate in ambiente urbano	CDS IMP	CDS							
Suolo naturale non vegetato	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Vegetazione erbacea in area agricola	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Serre non pavimentate	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Copertura arborea	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Prati e pascoli	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Acque	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						

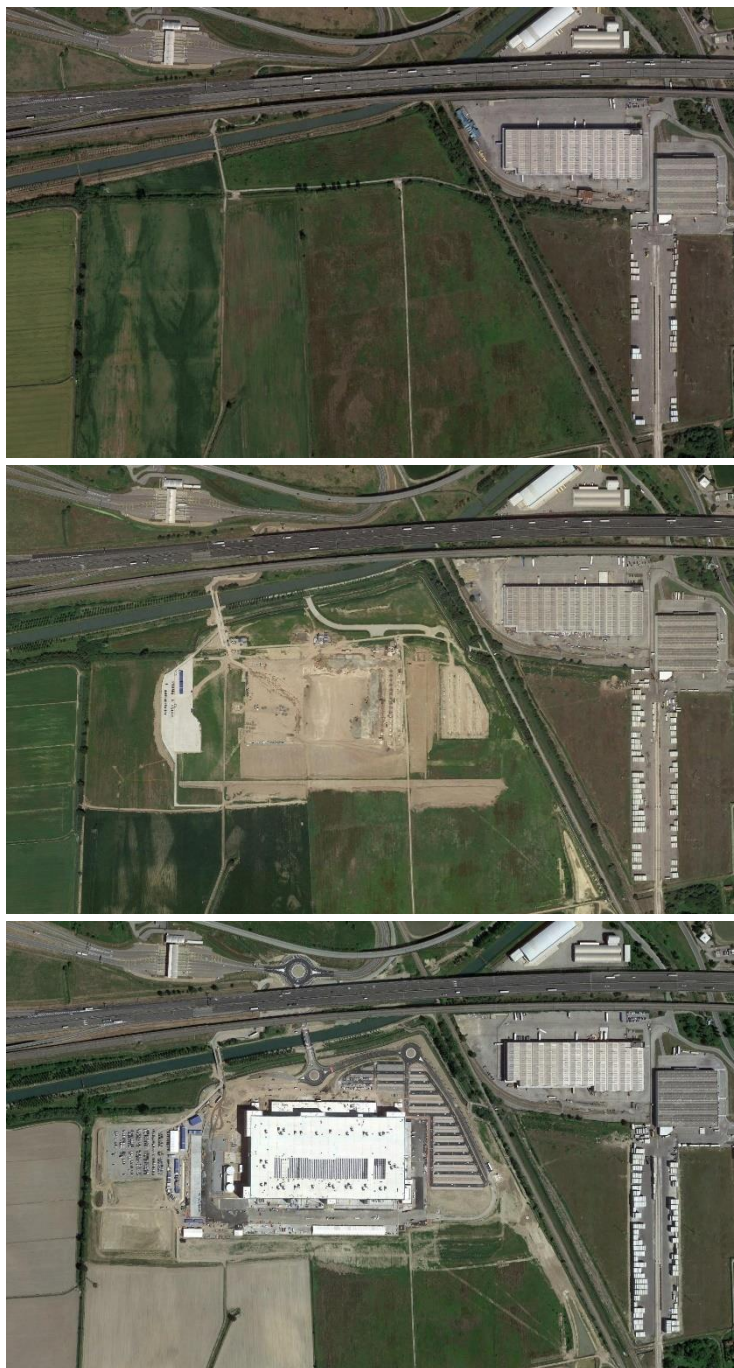


Figura 3. Un esempio di consumo di suolo a Novara per la realizzazione di un polo logistico di 23 ettari tra l'area di cantiere e quella edificata. Dall'alto al basso le immagini satellitari dell'area negli anni 2020, 2021 e 2022

IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO E DEL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

Le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo nel nostro Paese, assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) come previsto dalla L.132/2016¹¹, permettono di avere un quadro aggiornato annualmente dell'evoluzione dei fenomeni di consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici.



Figura 4. Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

La L.132/2016, al fine di assicurare omogeneità ed efficacia all'esercizio dell'azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell'ambiente a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale e di prevenzione sanitaria a tutela della salute pubblica del nostro Paese, istituisce i LEPTA, i Livelli Essenziali delle Prestazioni Tecniche Ambientali, che costituiscono il livello minimo omogeneo su tutto il territorio nazionale delle attività che il Sistema nazionale è tenuto a garantire, anche ai fini del perseguimento degli obiettivi di prevenzione collettiva previsti dai livelli essenziali di assistenza sanitaria. Pro-

prio in tale ambito è previsto che il SNPA assicuri il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo attraverso la redazione di cartografia tematica e l'utilizzo di reti di monitoraggio puntali o di tecniche di *Earth Observation* per la classificazione della copertura del suolo. Il SNPA si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita "rete tematica" per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), a cui partecipano le 21 Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA-APPA).

Il monitoraggio avviene attraverso la produzione di una cartografia nazionale del consumo di suolo su base raster (griglia regolare) di 10x10m, prodotto secondo un sistema di classificazione il cui primo livello suddivide l'intero territorio in suolo consumato e suolo non consumato. Le elaborazioni annuali seguono una metodologia omogenea e prevedono un processo con le seguenti fasi:

- acquisizione dei dati di input (*Sentinel 1 e 2*, altre immagini satellitari disponibili, dati ancillari);
- preprocessamento dei dati;
- classificazione semi-automatica della serie temporale completa dell'anno in corso e dell'anno precedente di *Sentinel 1 e 2*;
- produzione di una cartografia preliminare;
- fotointerpretazione multitemporale completa dell'intero territorio ed editing a scala di dettaglio ($\geq 1:5.000$);
- revisione della serie storica;
- rasterizzazione;
- validazione;
- mosaicatura nazionale e riproiezione in un sistema equivalente;
- elaborazione e restituzione di dati e indicatori.

La risoluzione geometrica dei dati è allineata ai dati disponibili in ambito *Copernicus* e, in particolare, alla missione *Sentinel-2*, che, lanciata a giugno 2015, fornisce dati multispettrali con una risoluzione di 10 metri, adatti

¹¹ Legge 28 giugno 2016, n. 132. Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore

per la protezione e la ricerca ambientale (GU Serie Generale n.166 del 18-07-2016).

quindi sia per processi di fotointerpretazione, sia di classificazione semiautomatica.

Il sistema di classificazione (Tabella 2) prevede che il consumo di suolo sia suddiviso in due categorie principali, permanente e reversibile, che costituiscono il secondo livello di classificazione, e in un terzo livello di dettaglio. Sono inoltre classificate alcune classi di copertura che sono state escluse dal computo del consumo di suolo.

Tabella 2. Sistema di classificazione del consumo di suolo

<p>11. Consumo di suolo permanente</p> <p>111. Edifici, fabbricati</p> <p>112. Strade pavimentate</p> <p>113. Sede ferroviaria</p> <p>114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)</p> <p>115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)</p> <p>116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)</p> <p>117. Serre permanenti pavimentate</p> <p>118. Discariche</p>
<p>12. Consumo di suolo reversibile</p> <p>121. Strade non pavimentate</p> <p>122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)</p> <p>123. Aree estrattive non rinaturalizzate</p> <p>124. Cave in falda</p> <p>125. Impianti fotovoltaici a terra</p> <p>126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo</p>
<p>20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo</p> <p>201. Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)</p> <p>202. Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali</p> <p>203. Serre non pavimentate</p> <p>204. Ponti e viadotti su suolo non artificiale</p>

Le classi del consumo di suolo reversibile contengono condizioni di reversibilità molto diverse tra loro, in primo luogo per il tempo di recupero complessivo dei suoli, nella maggior parte dei casi molto lungo, ma anche per il

diverso effetto transitorio e per la reale fattibilità del processo di rinaturalizzazione. Va sottolineato, infatti, che anche il consumo reversibile inibisce servizi ecosistemici cruciali, e che va sempre considerata la perdita di funzioni per tutto il periodo che intercorre prima dell'effettivo e completo recupero.

Le superfici artificiali vengono rilevate solo se di estensione tale da coprire più del 50% della cella di 10x10m. Sono, quindi, esclusi molti elementi lineari di spessore limitato, come le infrastrutture minori in contesto agricolo o naturale. Il nuovo sistema di classificazione, inoltre, non considera più come consumo le serre permanenti, escluse quelle pavimentate (dove rilevabili) e, in generale, gli interventi connessi con la conduzione dell'attività agricola in cui siano assicurate le condizioni di naturalità del suolo. Sono inoltre esclusi i corpi idrici artificiali (ma non le cave in falda), i ponti (se il suolo sottostante è mantenuto in condizioni di naturalità, dove rilevabile) e le gallerie.

Le attività di monitoraggio sfruttano ampiamente le potenzialità del programma Europeo di osservazione della Terra *Copernicus* che, secondo il Regolamento UE n. 377/2014 "fornisce informazioni sullo stato dell'atmosfera, degli oceani, del territorio, a sostegno delle politiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici e della gestione delle emergenze e della sicurezza civile". Il Programma *Copernicus* è, dunque, un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati. *Copernicus* integra ed elabora tutte queste risorse fornendo agli utenti istituzionali, della ricerca e dell'industria, informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all'ambiente, al territorio e alla sicurezza.

Il Programma si divide in due principali strutture: i servizi e la componente spazio. I servizi si articolano in aree tematiche (*Core Services*): il monitoraggio del territorio, del mare e degli oceani, dell'atmosfera, dei cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze, la sicurezza e l'insitu. La componente spazio, costituita dai satelliti, le associate infrastrutture di terra e dall'acquisizione dei dati da fornitori terzi, è gestita e sviluppata da ESA con il concorso dell'Organizzazione Europea per l'utilizzazione dei Satelliti in Meteorologia (*Eumetsat*).

Per quanto riguarda il servizio di monitoraggio del territorio (CLMS), esso fornisce informazioni geografiche su

land cover e diverse variabili relative allo stato della vegetazione e al ciclo dell'acqua ed è composta da 3 principali componenti: la componente globale coordinata dal JRC, che produce dati a scala globale, la componente Pan-Europea, coordinata dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, che produce gli strati ad alta risoluzione e provvede all'aggiornamento del *Corine Land Cover*, e la componente Locale coordinata anch'essa dall'Agenzia Europea dell'Ambiente che fornisce informazioni specifiche e dettagliate di *land cover* e *land use* su aree specifiche, di cui un esempio è *Urban Atlas*. In aggiunta alle 3 componenti, il servizio *CLMS* supporta i *Reference Data* relativi a dati *in-situ* necessari ai servizi *Copernicus*.

Nell'ambito del programma *Copernicus* sono resi disponibili, in modo completamente aperto e gratuito, tutti i dati dei servizi e le immagini acquisite dalla costellazione di satelliti *Sentinel*. Tali satelliti forniscono immagini radar e ottiche ad alta risoluzione del nostro pianeta, permettendo il monitoraggio del territorio (copertura vegetale, suolo ed acqua, etc.), del mare (temperatura, andamento della superficie marina, etc.) e dell'atmosfera.

Ai fini del monitoraggio del territorio a cura di SNPA, vengono oggi ampiamente utilizzate le immagini multispettrali *Sentinel-2* (13 bande) caratterizzate da un elevato tempo di rivisitazione (3-5 gg) ed una risoluzione compresa tra i 10m e i 60m, e le immagini radar delle missioni *Sentinel-1* (Radar ad Apertura Sintetica - SAR - in banda C). Entrambe, con un opportuno preprocessamento, rendono possibile lo sviluppo di procedure di classificazione automatica e semi-automatica alla base delle successive fotointerpretazione, elaborazione e restituzione cartografica anche se, ai fini di un monitoraggio del territorio adeguato alle esigenze di questo rapporto, è spesso necessario ricorrere a dati a maggiore risoluzione geometrica.

A livello nazionale, il Piano strategico *Space Economy*, che nasce dai lavori della Cabina di Regia Spazio, inizia una promossa dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri

per la definizione della politica nazionale nel settore spaziale, insieme a quanto previsto anche all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), hanno lo scopo di utilizzare il settore spaziale in uno dei motori propulsori della nuova crescita del Paese. Il sistema, attraverso la realizzazione di infrastrutture/sistemi innovativi abilitanti e la creazione di strutture operative nazionali, è basato su piattaforme *Big Data* di archiviazione, elaborazione e integrazione dei dati satellitari con altri dati osservativi e di previsione da modelli, in grado di abbattere le barriere di accesso alle informazioni utili per la fornitura di servizi informativi per utenti istituzionali e privati. Moltissime le applicazioni che possono essere abilitate da tali piattaforme, come l'Infrastruttura Operativa Nazionale per il monitoraggio dell'ambiente a supporto del SNPA, con servizi operativi relativi a monitoraggio del territorio, delle principali risorse ambientali e dell'ambiente costruito, sorveglianza marittima, *nowcasting* (previsione meteo marina a breve termine), agricoltura di precisione e suoi impatti sul territorio e sul suolo.

LA STRATEGIA EUROPEA PER IL SUOLO E GLI ORIENTAMENTI COMUNITARI

A fine 2021 la Commissione Europea ha approvato la nuova strategia dell'UE per il suolo per il 2030¹² per ribadire come la salute del suolo sia essenziale per conseguire gli obiettivi in materia di clima e di biodiversità del *Green Deal* europeo. La strategia definisce un quadro e misure concrete per proteggere e ripristinare i suoli e garantire che siano utilizzati in modo sostenibile. Determina una visione e gli obiettivi per i terreni sani entro il 2050, con azioni concrete entro il 2030. La Commissione, con l'approvazione della Strategia, si è impegnata, inoltre, ad approvare una nuova legge sulla salute del suolo entro il 2023 per garantire parità di condizioni e un elevato livello di protezione dell'ambiente e della salute.

¹² Strategia dell'UE per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima (Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the

Regions - EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate) - COM/2021/699 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0699>



Figura 5. I collegamenti tra la strategia europea per il suolo per il 2030 e le altre iniziative dell'Unione Europea (Commissione Europea, 2021)

La nuova strategia dell'UE per il suolo per il 2030 è un risultato fondamentale della strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030¹³ e intende contribuire al raggiungimento degli obiettivi del *Green Deal*, in considerazione del fatto che suoli sani sono essenziali per raggiungere la neutralità climatica, per un'economia pulita e circolare, per fermare la desertificazione e il degrado del territorio, per invertire il processo di perdita di biodiversità, per garantire cibo sano e per salvaguardare la salute umana (Commissione Europea, 2021).

La prospettiva della nuova strategia è di avere entro il 2050 tutti gli ecosistemi dei suoli dell'UE in buona salute e dunque più resilienti. Per questo, sono ritenuti necessari cambiamenti molto profondi nel corso dell'attuale decennio e vengono definiti obiettivi di medio termine e di lungo periodo.

Gli obiettivi di medio termine, da raggiungere entro il 2030 sono:

- combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo (Obiettivo per lo sviluppo sostenibile 15.3);
- ripristinare vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio, compresi i suoli;
- raggiungere l'obiettivo di un assorbimento netto dei gas a effetto serra pari a 310 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente all'anno a livello di UE per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura (LULUCF);

¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN>

Si segnala anche che il 22 giugno 2022 la Commissione europea ha proposto al Parlamento europeo l'adozione di una nuova normativa, la Nature Restoration Law, volta a ripristinare l'habitat naturale europeo in cui, tra le varie misure previste, ci sono lo stop alla perdita netta di

spazi verdi urbani entro il 2030, prevedendo un aumento del 5% entro il 2050, garantendo un minimo del 10% di copertura arborea in ogni area urbana e borgo europeo e raggiungendo un guadagno netto di spazi verdi integrati agli edifici e alle infrastrutture, oltre all'aumento complessivo della biodiversità negli ecosistemi agricoli e forestali.

- ottenere buone condizioni ecologiche e chimiche nelle acque di superficie e buone condizioni chimiche e quantitative nelle acque sotterranee entro il 2027;
- ridurre la perdita di nutrienti di almeno il 50%, l'uso generale e il rischio derivante dai pesticidi chimici del 50% e l'uso dei pesticidi più pericolosi del 50% entro il 2030;
- realizzare progressi significativi nella bonifica dei suoli contaminati.

Gli obiettivi di lungo periodo, da raggiungere entro il 2050 sono:

- raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero;
- ridurre l'inquinamento del suolo a livelli non più considerati nocivi per la salute umana e per gli ecosistemi naturali e rimanere entro limiti che il nostro pianeta può sostenere, così da creare un ambiente privo di sostanze tossiche;
- conseguire la neutralità climatica in Europa e, come primo passo, mirare a raggiungere la neutralità climatica basata sul suolo nell'UE entro il 2035;

- conseguire una società resiliente ai cambiamenti climatici nell'UE, pienamente adattata ai loro inevitabili effetti.

Con riferimento al consumo e all'impermeabilizzazione del suolo, la strategia prevede una serie di azioni. In particolare, gli Stati membri dovrebbero:

- stabilire entro il 2023 degli ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali per ridurre il consumo netto di suolo entro il 2030, così da contribuire in modo quantificabile all'obiettivo dell'UE per il 2050 e registrare i progressi compiuti;
- integrare la "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 6) nei piani comunali e dare priorità al riutilizzo e al riciclo di terreni già costruiti e impermeabilizzati, tutelando i suoli a livello nazionale, regionale e locale, attraverso le idonee iniziative di regolamentazione e la graduale abolizione degli incentivi finanziari contrari a questa gerarchia, come ad esempio eventuali incentivi fiscali locali per la conversione di terreni agricoli o naturali in ambienti edificati.

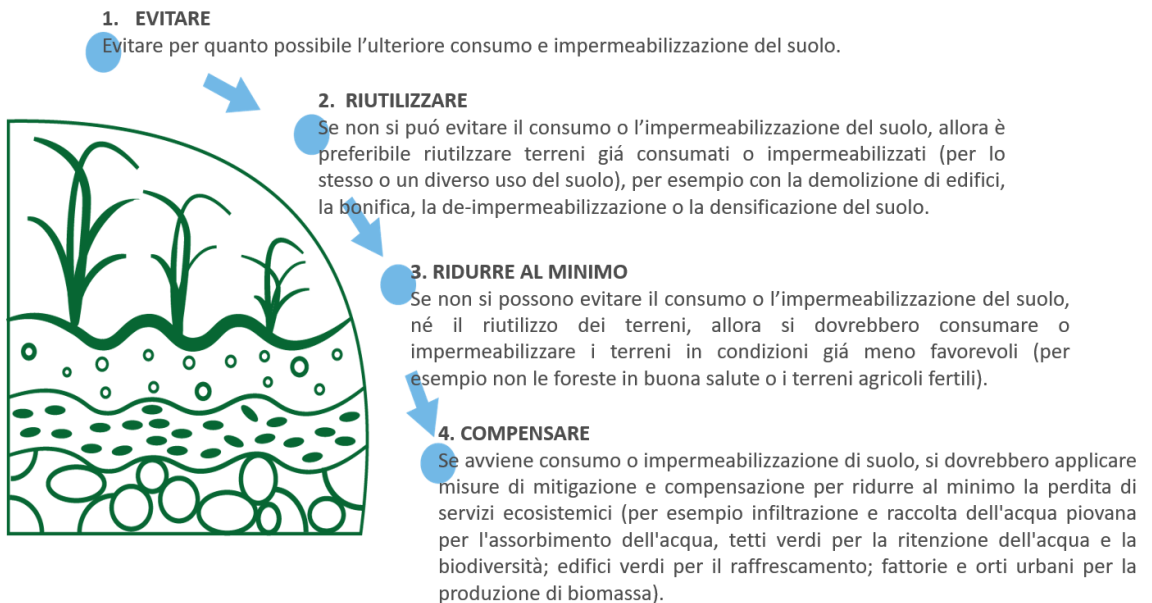


Figura 6. La "gerarchia del consumo di suolo" prevista dalla strategia dell'UE per il suolo per il 2030 (Commissione Europea, 2021)

Inoltre la Commissione intende:

- proporre una definizione di consumo netto di suolo nella normativa sulla salute del suolo;
- nell'ambito della valutazione d'impatto per la normativa sulla salute del suolo, prendere in considerazione disposizioni per la rendicontazione dei progressi verso gli obiettivi relativi al consumo di suolo da parte degli Stati membri;
- nell'ambito della valutazione d'impatto per la normativa sulla salute del suolo, prendere in considerazione le diverse opzioni per il monitoraggio e la rendicontazione dei progressi compiuti verso gli obiettivi di un consumo netto di suolo pari a zero e l'attuazione della gerarchia del consumo di suolo sulla base dei dati comunicati dagli Stati membri;
- fornire orientamenti alle autorità pubbliche e alle aziende private su come ridurre l'impermeabilizzazione del suolo, comprese le migliori pratiche per iniziative locali di deimpermeabilizzazione delle superfici artificiali, così da permettere al suolo di respirare, con una revisione degli orientamenti dell'UE sull'impermeabilizzazione del suolo prevista entro il 2024;
- promuovere uno scambio di migliori pratiche, sulla scorta delle esperienze di Stati membri o regioni dotati di sistemi di pianificazione spaziale che riescono ad affrontare con successo la sfida del consumo di suolo, al fine di sviluppare una metodologia comune.

La strategia evidenzia l'importanza del concetto di salute del suolo (*Soil Health*), che rimanda al suolo come organismo vivente da mantenere in buona salute per garantire la salute di tutti noi, definendo i suoli come sani quando presentano buone condizioni chimiche, biologiche e fisiche, e possono dunque fornire in modo continuativo il maggior numero possibile dei seguenti servizi ecosistemici:

- produrre alimenti e biomassa, anche in agricoltura e silvicoltura;

- assorbire, conservare e filtrare l'acqua e trasformare i nutrienti e le sostanze, in modo da proteggere i corpi idrici sotterranei;
- porre le basi per la vita e la biodiversità, compresi gli habitat, le specie e i geni;
- fungere da serbatoio di carbonio;
- fornire una piattaforma fisica e servizi culturali per le persone e le loro attività;
- fungere da fonte di materie prime;
- costituire un archivio del patrimonio geologico, geomorfologico e archeologico.

Un suolo sano è, quindi, un suolo che fornisce i servizi ecosistemici di cui abbiamo bisogno per la nostra salute e il nostro benessere. *Caring for soil is caring for life* è, infatti, il tema del *Mission Board Soil Health and Food*¹⁴, una delle cinque missioni dell'UE (le altre riguardano la lotta contro il cancro, l'adattamento ai cambiamenti climatici, la protezione degli oceani e la vita in città più verdi), parte integrante del programma quadro *Horizon Europe* a partire dal 2021. Le missioni rappresentano gli impegni dell'Unione per risolvere alcune delle più grandi sfide che il nostro mondo deve affrontare e che saranno al centro del processo di trasformazione e di ripresa che è in corso in tutta Europa. Anche le missioni contribuiranno in modo decisivo agli obiettivi del *Green Deal* europeo e agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*) dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015). Ognuna di esse opererà come un portafoglio di azioni - con progetti di ricerca, misure politiche o anche iniziative legislative - per raggiungere obiettivi misurabili.

Prima della nuova strategia, anche il Parlamento europeo, con la risoluzione del 28 aprile 2021 sulla protezione del suolo¹⁵, aveva chiesto alla Commissione di predisporre una direttiva vincolante su questi temi e di prevedere "misure efficaci in materia di prevenzione e/o riduzione al minimo dell'impermeabilizzazione del suolo e qualsiasi altro uso del suolo che influisca sulle sue prestazioni, dando priorità al riuso dei terreni e del suolo dismessi e al riuso dei siti abbandonati rispetto all'uso di

¹⁴ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/missions-horizon-europe/soil-health-and-food_it

¹⁵ Risoluzione del Parlamento europeo n. 2021/2548(RSP) https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2021-0221_IT.html

terreni non impermeabilizzati, al fine di conseguire l'obiettivo di non degrado del territorio entro il 2030 e di occupazione netta di suolo pari a zero al più tardi entro il 2050, con un obiettivo intermedio entro il 2030, per raggiungere un'economia circolare, nonché a includere il diritto a una partecipazione e consultazione effettive e inclusive del pubblico riguardo alla pianificazione dell'uso del territorio e a proporre misure che prevedano tecniche di costruzione e drenaggio che consentano di preservare quanto più possibile le funzioni del suolo, laddove sia presente l'impermeabilizzazione del suolo" (Parlamento europeo, 2021).

La stessa risoluzione segnala che "è deplorabile che l'UE e i suoi Stati membri non siano attualmente sulla buona strada per rispettare i loro impegni internazionali ed europei relativi al suolo e ai terreni, in particolare:

- combattere la desertificazione, ripristinare i territori e i suoli degradati, comprese le aree colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo entro il 2030;
- conseguire l'obiettivo per il 2050 di consumo di suolo netto pari a zero e ridurre l'erosione, aumentare il carbonio organico nel suolo e avanzare con i lavori di bonifica entro il 2020;
- gestire in modo sostenibile i terreni nell'UE e proteggere adeguatamente i suoli".

Il Parlamento, inoltre, invita la Commissione ad aggiornare gli orientamenti sulle migliori pratiche per limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo in linea con gli obiettivi del *Green Deal* europeo; invita a stimare i terreni occupati e/o impermeabilizzati e la corrispondente perdita di servizi ecosistemici e connettività ecologica; chiede che questi aspetti siano presi in considerazione e adeguatamente compensati nel contesto delle valutazioni di impatto ambientale e strategiche di progetti e programmi; esprime il suo sostegno alla *Mission Board Soil Health and Food* con l'obiettivo di garantire che il 75% dei suoli sia sano entro il 2030 perché lo siano anche alimenti, persone, natura e clima; raccomanda lo sviluppo di nuove aree verdi, forestali e agroforestali, specialmente all'interno delle aree urbane, per compensare gli impatti negativi dell'attuale elevato livello di impermeabilizzazione del suolo nelle città europee.

Questa rinnovata attenzione a livello europeo è da considerare molto positivamente e tenta di recuperare un evidente ritardo nella definizione delle politiche comuni sul suolo. Va ricordato che a livello europeo si è spesso fatto ricorso, in campo ambientale, all'emanazione di "strategie tematiche" finalizzate a stabilire misure di cooperazione e linee di indirizzo rivolte agli Stati membri e alle autorità locali e che l'assenza di specifiche Direttive che le rendano vincolanti rappresenta un punto di debolezza dell'azione europea, che non è stata finora in grado di formulare una politica integrata in grado di arrestare i processi di degrado del suolo e tutelare efficacemente questa fondamentale risorsa ambientale.

Sono passati molti anni, infatti, da quando, nel 2002, la Commissione Europea diffuse una "Comunicazione" dal titolo "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" (Commissione Europea, 2002) in cui si evidenziava l'importanza del suolo come risorsa vitale e fondamentalmente non rinnovabile, sottoposta a crescenti pressioni, e si riconosceva la complessità dell'argomento e la necessità di tempi lunghi per la formulazione di una politica europea integrata.

Nel settembre 2006 fu adottata dalla Commissione Europea la Strategia tematica per la protezione del suolo che includeva la proposta di una Direttiva quadro (Commissione Europea, 2006). Tale strategia poneva l'accento sulla prevenzione da un ulteriore degrado del suolo e sul mantenimento delle sue funzioni, sottolineando la necessità di attuare buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo e, in particolare, della sua forma più evidente e irreversibile: l'impermeabilizzazione (*soil sealing*). L'opposizione forte di alcuni Stati Membri portò, nel 2014, al ritiro definitivo della proposta di Direttiva, vista soprattutto come un ostacolo all'attuazione delle politiche nazionali esistenti in campo ambientale, agricolo e industriale.

A distanza di vent'anni dalla prima Comunicazione, l'evidenza dei "tempi lunghi" previsti per la formulazione e per l'attuazione di una politica europea di protezione del suolo è ormai assodata.

L'importanza di una buona gestione del territorio e, in particolare, dei suoli è stata, comunque, riaffermata in più occasioni dalla Commissione anche prima della nuova strategia, e nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011), fu introdotto per la prima volta

l'obiettivo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050. Tale obiettivo fu ribadito in seguito con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale, denominato "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" (Parlamento europeo e Consiglio, 2013), con il quale si richiedeva anche che, entro il 2020, le politiche dell'Unione tenessero conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Da un punto di vista formale è importante sottolineare che il Settimo Programma Ambientale dell'Unione Europea, siglato il 20 novembre 2013 ed entrato in vigore nel gennaio 2014, è una Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio e ha quindi una natura normativa, a differenza della Tabella di marcia del 2011 della Commissione, limitata a delineare delle pur importanti priorità politiche.

La Commissione, anche prima della nuova strategia, aveva ritenuto utile indicare le priorità di azione e le linee guida da seguire per raggiungere l'obiettivo dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 pubblicando, nel 2012, le linee guida per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012). L'approccio proposto era quello di mettere in campo politiche e azioni finalizzate, nell'ordine, a limitare, mitigare e compensare il *soil sealing*, da definire dettagliatamente negli Stati membri e da attuare a livello nazionale, regionale e locale. In altri termini, gli Stati membri dovrebbero, prioritariamente, assicurare la limitazione dell'impermeabilizzazione attraverso la riduzione del tasso di conversione e di trasformazione del territorio agricolo e naturale e il riuso delle aree già urbanizzate, con la definizione di target realistici al consumo di suolo a livello nazionale e regionale e di linee di azione come la concentrazione del nuovo sviluppo urbano nelle aree già insediate. Nel caso in cui la perdita di suolo risulti inevitabile, dovrebbero essere previste misure di mitigazione, volte al mantenimento delle principali funzioni del suolo e alla riduzione degli effetti negativi sull'ambiente del *soil sealing*. Infine, tutti gli interventi inevitabili di nuova impermeabilizzazione del suolo dovrebbero essere compensati assicurando, ad esempio, una rinaturalizzazione di terreni già impermeabilizzati, che tuttavia non consente il pieno ripristino della perdita fertilità del suolo, oppure, come ultima possibilità, sotto forma di corrispettivi economici, purché vincolati all'utilizzo in azioni di protezione o ripristino del suolo. Questo approccio è

alla base della già citata "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 6) della nuova strategia europea.

L'importanza del suolo e dei servizi ecosistemici che è in grado di fornire è, quindi, ormai chiaramente riconosciuta a livello europeo anche se le politiche rimangono ancora oggi piuttosto lacunose e nel prossimo decennio saranno necessarie azioni incisive e molto più efficaci per invertire la rotta e imboccare la strada per un futuro sostenibile. Non è facile, infatti, prevedere come un intervento pubblico inciderà sul consumo di suolo e sui relativi servizi ecosistemici. L'approccio a problemi complessi come la tutela del suolo deve comunque necessariamente basarsi su misure e politiche integrate, comprese quelle previste dalla riforma della Politica Agricola Comune (PAC post-2020) relative alla tutela del suolo, alla mitigazione dell'erosione, alla tutela del paesaggio, alla riduzione dell'abbandono delle aree agricole, che rappresentano elementi importanti per i quali sono attualmente allo studio strumenti innovativi di intervento e di finanziamento.

L'AGENDA GLOBALE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE E GLI OBIETTIVI PER LA TUTELA DEL SUOLO E DEL TERRITORIO

Le azioni relative al suolo e al territorio sono prioritarie anche a livello globale. Nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), della Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la desertificazione (UNCCD), del *Global Soil Partnership* della FAO e, più in generale, nell'azione esterna dell'UE e della cooperazione allo sviluppo, sono numerosi i riferimenti alla tutela del suolo al fine di evitarne il consumo e di non aumentare il degrado del territorio. In particolare l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015), definisce gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile e indica, tra gli altri, alcuni target di particolare interesse per il territorio e per il suolo, da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine, da raggiungere entro il 2030 e da monitorare attraverso un sistema di indicatori, tra cui alcuni specifici per assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica, per assicurare l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili e per raggiungere un *land degradation neutral*

*world*¹⁶, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici (UN, 2015):

- 11.3.1 - allineamento del consumo alla crescita demografica entro il 2030;

- 15.3.1 - bilancio non negativo del degrado del territorio entro il 2030.

Una sintesi dei principali obiettivi sul consumo di suolo a livello europeo e globale è riportata in Tabella 3.

Tabella 3. Principali obiettivi sul consumo di suolo a livello europeo e globale

Fonte	Obiettivi
Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 (Commissione Europea, 2020)	Impegno per la "neutralità del degrado del suolo" attraverso l'aggiornamento della strategia tematica del suolo, della strategia per un ambiente edificato sostenibile e della missione per la salute del suolo e il cibo nell'ambito di Horizon Europe
Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 (Commissione Europea, 2021)	Raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero entro il 2050 e stabilire entro il 2023 degli ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali per ridurre il consumo netto di suolo entro il 2030
Missione "Soil health and food" (Commissione Europea, 2020b)	Azzeramento dell'impermeabilizzazione del suolo Aumento del tasso di riutilizzo del suolo già artificializzato
Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011)	Azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2050
Regolamento sull'uso del suolo e la silvicoltura per il periodo 2021-2030 (Commissione Europea, 2018)	Regola del no-debit: il regolamento stabilisce un impegno vincolante per ciascuno Stato membro per il settore LULUCF, che contribuisce al raggiungimento degli obiettivi dell'accordo di Parigi e al raggiungimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra dell'UE per il periodo 2021-2030. L'ambito di applicazione è esteso dalle sole foreste a tutti gli usi del suolo entro il 2026
Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (UN, 2015)	Allineamento del consumo alla crescita demografica entro il 2030 Bilancio non negativo del degrado del territorio entro il 2030
VIII Programma di azione per l'ambiente fino al 2030 (EC, 2020c)	Disaccoppiamento tra crescita economica e uso delle risorse/degrado ambientale Perseguire l'obiettivo "inquinamento zero" anche per l'aria, l'acqua e il suolo, e proteggere la salute e il benessere degli europei Proteggere, preservare e ripristinare la biodiversità e rafforzare il capitale naturale – in particolare l'aria, l'acqua, il suolo e le foreste, le acque dolci, le zone umide e gli ecosistemi marini
Protocollo sulla protezione del suolo (Convenzione delle Alpi, 1998)	Evitare l'impermeabilizzazione del suolo Rinaturalizzare i terreni non più utilizzati o compromessi

¹⁶ Si veda il target 15.3 "lotta alla desertificazione, ripristino di terreni e suoli degradati, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e

inondazioni, nonché realizzazione di un mondo neutrale dal punto di vista del degrado dei terreni".

LA TUTELA DELL'AMBIENTE NELLA COSTITUZIONE ITALIANA

A livello nazionale, con la promulgazione della Legge costituzionale 11 febbraio 2022 n. 1 (G.U. n. 44 del 22 febbraio) il Parlamento italiano ha compiuto un'importante innovazione normativa che introduce due diverse modifiche alla Carta costituzionale:

- all'articolo 9, inserisce tra i principi fondamentali un nuovo comma volto alla "tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni" e pone sotto la legislazione dello Stato la tutela degli animali;
- all'articolo 41, inserisce tra i diritti e doveri dei cittadini nell'ambito della libera iniziativa economica privata al comma 2 la previsione di svolgersi "in modo da non arrecare danno alla salute e all'ambiente" e, al comma 3, che sia indirizzata e coordinata, oltre ai già previsti fini sociali, anche "ai fini ambientali".

In particolare, quest'ultimo è un comando precettivo, cioè va rispettato e fatto rispettare anche in assenza di norme regolatrici della materia. In generale, comunque, queste modifiche dovranno necessariamente indirizzare verso una profonda revisione delle politiche e delle norme di tutela del suolo e di governo dei processi di trasformazione del territorio ai diversi livelli, in una chiara prospettiva di sostenibilità ambientale e di conservazione e ripristino delle risorse naturali, degli ecosistemi e della biodiversità, mettendo al centro l'azzeramento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo che, evidentemente, quando effettivamente compiuti, arrecano un danno alla salute e all'ambiente quasi sempre irreversibile e assai difficilmente compensabile.

LA STRATEGIA NAZIONALE PER LA BIODIVERSITÀ AL 2030

Nel 2021 il Ministero della Transizione Ecologica ha avviato il processo di definizione della nuova Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030, il nuovo documento strategico nazionale che, in coerenza con gli obiettivi della Strategia Europea per la Biodiversità al 2030, punta a invertire l'attuale tendenza alla perdita di biodiversità e

al collasso degli ecosistemi e a contribuire all'obiettivo internazionale di garantire che entro il 2050 tutti gli ecosistemi del pianeta siano ripristinati, resilienti e adeguatamente protetti. Il testo¹⁷, reso disponibile per la consultazione pubblica ad aprile 2022, nell'ambito dell'obiettivo strategico "Ripristinare gli ecosistemi terrestri e marini", riporta, tra gli altri, diversi obiettivi specifici di particolare interesse per la tutela del suolo (Ministero per la Transizione Ecologica, 2022):

- B.2 Garantire il non deterioramento di tutti gli ecosistemi e ripristinare vaste superfici di quelli degradati, con particolare attenzione a quelli più idonei a catturare e stoccare il carbonio nonché a prevenire e ridurre l'impatto delle catastrofi naturali;
- B.6 Destinare almeno il 10% delle superfici agricole ad elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità e valorizzare le superfici residuali agricole vicino alle città;
- B.8 Ridurre le perdite di nutrienti di almeno il 50%, garantendo al tempo stesso l'assenza di deterioramento della fertilità del suolo. Ridurre l'uso di fertilizzanti di almeno il 20%;
- B10. Arrestare la perdita di ecosistemi verdi urbani e periurbani e favorire il rinverdimento urbano e l'introduzione e la diffusione delle soluzioni basate sulla natura;
- B.13 Raggiungere la neutralità del degrado del territorio e l'aumento netto pari a zero del consumo del suolo e compiere progressi significativi nella protezione e ripristino della produttività ecologica e agricola dei suoli e nella bonifica e nel ripristino dei siti con suolo degradato e contaminato.

La nuova Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030 prevede anche azioni e sotto-azioni specifiche (Ministero per la Transizione Ecologica, 2022):

- Azione B13.1 Approvare ed attuare una legge nazionale sul consumo del suolo
Sotto-Azione B13.1.a) Approvare e attuare una legge nazionale sul consumo del suolo che consideri il suolo come bene comune e risorsa non rinno-

¹⁷ <https://www.mite.gov.it/pagina/strategia-nazionale-la-biodiversita-al-2030>

vabile e stabilisca obiettivi nazionali e regionali, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile (11.3.1, 15.3.1), con gli obiettivi europei (aumento netto pari a zero del consumo di suolo) e con il sistema di monitoraggio SNPA, favorendo, di conseguenza, la rigenerazione urbana;

Sotto-Azione B13.1. b) Necessità di fissare l'obiettivo di allineamento del consumo di suolo alla dinamica demografica entro il 2030 a livello nazionale per poi recepirlo a livello regionale in base alla capacità di carico dei territori per "ripartire" le superfici a livello comunale con conseguente obbligo di rivedere i piani urbanistici.

- Azione B13.2 Affrontare il tema dell'impermeabilizzazione del suolo e della riqualificazione dei siti dismessi contaminati per un ambiente edificato sostenibile

Sotto-Azione B13.2.a) Definire ed attuare misure concrete e decise per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo adottando la "Land take hierarchy" indicata dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final) che prevede, in ordine di priorità decrescente, di: a) evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo; b) riutilizzare le aree già consumate e impermeabilizzate; c) utilizzare aree già degradate in caso di interventi assolutamente non evitabili; d) in questo ultimo caso, compensare gli interventi per arrivare a un bilancio non negativo di consumo e di impermeabilizzazione del suolo e per mantenere o ripristinare i servizi ecosistemici. Avviare, inoltre, processi di rinaturalizzazione di suoli degradati, anche ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico, in ambito urbano e periurbano;

Sotto-Azione B13.2.b) Prevedere il ripristino e la riqualificazione dei siti dismessi contaminati al fine di ridurre al minimo l'ulteriore uso e impermeabilizzazione del suolo;

Sotto-Azione B13.2.c) Utilizzare nei processi di rigenerazione urbana i principi dell'invarianza idraulica e *restoration ecology*, incentivando l'uso di *Nature Based Solutions*, con vantaggi sia dal punto di vista ambientale che sociale.

- Azione B13.3 Adottare pratiche sostenibili di gestione del suolo

Sotto-Azione B13.3.a) Promuovere e finanziare attraverso il Piano Strategico Nazionale PAC 2023-2027, l'attuazione di pratiche agro-ecologiche sostenibili di gestione del suolo che ne aumentino e mantengano la fertilità, ne incrementino la capacità di sequestro di carbonio e di invaso idrico, ne contengano il compattamento e la salinizzazione e ne riducano l'erosione e il degrado, in linea, anche, con le Linee guida volontarie per promuovere la gestione sostenibile del suolo" (VGSSM) della FAO nell'ambito della *Global Soil Partnership* e in sinergia con l'Azione B8.1 di questa Strategia e relative Sotto-azioni;

Sotto-Azione B13.3.b) Riqualificare gli agroecosistemi con pendenze superiori al 20% per evitare l'erosione e altri gravi processi degradativi capaci di limitare o inibire totalmente la funzionalità del suolo (es. perdita di sostanza organica, perdita della fertilità del suolo, dissesto), promuovere l'adozione di colture di copertura anche in pianura e garantire la piena e corretta attuazione delle Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali (BCAA) nella condizionalità della PAC post 2020;

Sotto-Azione B13.3.c) Combattere lo spreco alimentare e promuovere l'impiego di fertilizzanti e ammendanti di origine organica per mantenere la ricchezza microbica dei suoli, ridurre e scongiurare la competizione nell'uso del suolo tra scopi alimentari (servizi ecosistemici di approvvigionamento) e altre destinazioni d'uso (servizi ecosistemici di regolazione, energetici e culturali);

Sotto-Azione B13.3.d) Promuovere sistemi di drenaggio urbano sostenibili basati sull'utilizzo di soluzioni che ripristinino il naturale ciclo delle acque meteoriche al fine di aumentare le disponibilità idriche, migliorare la qualità delle acque, diminuire il rischio di allagamento e contenere gli effetti avversi dei cambiamenti climatici;

Sotto-Azione B13.3.e) Promuovere ed incentivare il recupero dei paesaggi rurali storici caratterizzati dalla presenza di muretti a secco e altre sistemazioni idraulico-agrarie tradizionali, al fine di preservare infrastrutture *low tech* con valore di contenimento del dissesto idrogeologico e alta valenza paesaggistica e culturale come riconosciuto dall'UNESCO. Favorire il coinvolgimento attivo degli

agricoltori nelle azioni di manutenzione attiva del territorio;

Sotto-Azione B13.3.f) Definire in linea con i dati e gli orientamenti della UE un percorso che porti alla graduale eliminazione entro il 2030 dei biocarburanti di prima generazione ad alto rischio indiretto di cambiamento nell'uso del suolo così come alla diffusione del fotovoltaico su terreni agricoli;

Sotto-Azione B13.3.g) Ridurre al minimo l'uso di alberi interi, colture alimentari e foraggiere per la produzione di energia, favorendo l'impiego efficace di materiali di scarto e sottoprodotti dall'agricoltura nella filiera delle energie rinnovabili in una prospettiva di economia circolare;

Sotto-Azione B13.3.h) Fissare l'obiettivo di neutralità del degrado del suolo e del territorio entro il 2030 considerando almeno i tre sub-indicatori stabiliti dalla UNCCD.

- Azione B13.4 Ripristinare gli ecosistemi del suolo (cfr. azione B.2) in coerenza con gli obiettivi e le azioni della nuova strategia europea per il suolo

Sotto-Azione B13.4.a) Identificazione dei siti del suolo contaminati e definizione del tipo e grado di contaminazione del suolo;

Sotto-Azione B13.4.b) Definizione di obiettivi di ripristino/rinaturalizzazione di aree consumate/impermeabilizzate;

Sotto-Azione B13.4.c) Ripristino degli ecosistemi terrestri degradati e dei suoli degradati e protezione della fertilità del suolo anche attuando le azioni per il ripristino dell'integrità e delle funzioni del suolo elaborate nell'ambito della missione *Horizon Europe* nel settore "Prodotti alimentari e salute del suolo" per garantire il ruolo chiave per la vita sulla Terra e per il benessere umano;

Sotto-Azione B13.4.d) Definizione delle condizioni per il buono stato ambientale dei suoli;

Sotto-Azione B13.4.e) Miglioramento delle conoscenze e del monitoraggio della qualità del suolo attraverso l'aggregazione e l'omogeneizzazione di

dati regionali pedologici. Occorre migliorare la conoscenza del suolo, compresa la biodiversità in essa contenuta ed i processi pedogenetici che avvengono in esso, considerando anche i fattori che portano al degrado del suolo e del territorio, attraverso la promozione della ricerca scientifica e tecnologica e la messa in opera di opportuni sistemi e reti di monitoraggio;

Sotto-Azione B13.4.f) Organizzazione e gestione di una rete nazionale di monitoraggio dei suoli in Italia per valutare lo stato di conservazione della biodiversità ed i livelli di contaminazione, in particolare per l'inquinamento da prodotti fitosanitari, idrocarburi e metalli pesanti, in relazione alle maggiori fonti di inquinamento, con redazione di specifici report annuali o periodici.

LA STRATEGIA NAZIONALE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Per la messa a sistema dell'attuazione dell'Agenda 2030, lo strumento di riferimento è rappresentato dalla Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS), presentata al Consiglio dei Ministri a ottobre 2017 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017) e approvata dal CIPE a dicembre dello stesso anno¹⁸. La SNSvS 2017-2030 si configura, anche alla luce dei cambiamenti intervenuti a seguito della crisi economico-finanziaria degli ultimi anni, come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO₂, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'utilizzo del suolo. Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali (scelta II) "Arrestare il consumo del suolo e la desertificazione" è stato individuato come uno degli obiettivi strategici (obiettivo II.2) che, quindi, dovrebbe essere anticipato al 2030.

¹⁸ <https://www.mite.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>

IL PIANO PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Sulla Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022¹⁹ è stata pubblicata la delibera del Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (CITE) con l'approvazione del Piano per la transizione ecologica (PTE). Il PTE prevede di agire su cinque macro-obiettivi condivisi a livello europeo (Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica, 2022):

- neutralità climatica;
- azzeramento dell'inquinamento;
- adattamento ai cambiamenti climatici;
- ripristino della biodiversità e degli ecosistemi;
- transizione verso l'economia circolare e la bioeconomia.

Nell'ambito di tali macro-obiettivi, il Piano interviene su otto ambiti:

- la decarbonizzazione;
- la mobilità sostenibile;
- il miglioramento della qualità dell'aria;
- il contrasto al consumo di suolo e al dissesto idrogeologico;
- il miglioramento delle risorse idriche e delle relative infrastrutture;
- il ripristino e il rafforzamento della biodiversità;
- la tutela del mare;
- la promozione dell'economia circolare, della bioeconomia e dell'agricoltura sostenibile.

Il contrasto al consumo di suolo è, quindi, presente tra gli ambiti prioritari che il nostro Paese ha posto alla base del processo di transizione ecologica della nostra economia.

L'obiettivo del Piano è arrivare a un **consumo netto pari a zero entro il 2030**, ovvero anticipando di vent'anni l'obiettivo europeo e allineandosi alla data fissata dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile. L'azzeramento del consumo di suolo, riporta il PTE, dovrà avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, da normare attraverso un'apposita legge nazionale, come già richiamato anche dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)²⁰.

Il PTE rappresenta uno strumento dinamico, da aggiornare e adattare nel tempo, e il CITE è già al lavoro per la redazione della nuova edizione del Piano, che farà leva sulle competenze e sulle metodologie già presenti all'interno di istituzioni e centri di ricerca e che si doterà di analisi di scenario di natura climatica, ambientale, sociale ed economica al fine di garantire un adeguato supporto quantitativo al processo di identificazione delle scelte politiche. Per questo sono stati istituiti otto gruppi di lavoro istituzionali con il compito di definire lo scenario di riferimento rispetto al settore di competenza e gli obiettivi di transizione al 2030 e al 2050, assicurare analisi e contributi delle politiche e degli strumenti attuali e proponendo politiche e azioni coerenti con gli obiettivi di transizione.

¹⁹ <https://www.gazzettaufficiale.it/do/gazzetta/downloadPdf?dataPubblicazioneGazzetta=20220615&numeroGazzetta=138&tipoSerie=SG&tipoSupplemento=GU&numeroSupplemento=0&progressivo=0&estensione=pdf&edizione=0&home=true>

²⁰ <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf> (cfr. pag 87: "[...] in conformità agli obiettivi europei, il Governo si impegna ad approvare una legge sul consumo di suolo, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana e limitazione del consumo dello stesso, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola." (Governo, 2021)



Figura 7. Principali obiettivi e indicatori a livello globale, europeo e nazionale relativi al consumo e al degrado del suolo

Con riferimento al consumo di suolo, oltre a confermare la necessità e l'urgenza dell'approvazione della Legge nazionale sul consumo di suolo, prevista tra le riforme del PNRR, sono proposte una serie di azioni coordinate, tra cui il potenziamento del sistema di monitoraggio nazionale del suolo e del degrado del territorio, integrato con la rilevazione delle destinazioni d'uso e delle previsioni non attuate degli strumenti di pianificazione e del monitoraggio degli interventi di rigenerazione urbana, la realizzazione di una rete di laboratori sul territorio, la realizzazione di interventi di de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione e di rigenerazione all'interno di una strategia unitaria.

LE PROPOSTE DI LEGGE

Per il raggiungimento degli obiettivi definiti a livello globale, comunitario e nazionale sono necessari atti normativi efficaci che possano indirizzare le politiche di governo e le azioni di trasformazione del territorio verso l'azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2030. Come in Europa, tuttavia, pesa l'assenza di una Direttiva quadro

sul suolo, anche in Italia il Parlamento, nonostante i tentativi, non ha ad oggi approvato una legge nazionale che abbia lo scopo di proteggere il suolo dall'uso indiscriminato e dalla sua progressiva artificializzazione.

L'urgenza per il nostro Paese è data anche dall'aggravarsi della crisi climatica e alla luce delle particolari condizioni di fragilità e di criticità del nostro territorio, rendendo non più rinviabili la definizione e l'attuazione di politiche, norme e azioni che possano portarci rapidamente all'azzeramento del consumo di suolo e alla revisione delle previsioni degli strumenti urbanistici esistenti, spesso sovradimensionate rispetto alla domanda reale e alla capacità di carico dei territori.

È perciò sempre più spesso richiamata l'importanza di avere una legge nazionale, fondamentale per la tutela dell'ambiente, del territorio e del paesaggio italiano, indispensabile anche per assicurare un futuro adeguato ai cittadini di oggi e di domani, in un'ottica di sviluppo sostenibile dell'uso del suolo e di aumento della resilienza delle aree urbane di fronte a vecchie e nuove sfide, dalla

mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico all'attuazione di politiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto²¹. La necessità di procedere rapidamente è posta anche dalle necessità che sono indicate dalla recente risoluzione del Parlamento europeo e dalla nuova strategia europea per il suolo per il 2030 già richiamate.

La prima proposta di legge per la limitazione del consumo di suolo risale al 2012, quando l'allora Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, Mario Catania, presentò il Rapporto "Costruire il futuro: difendere l'agricoltura dalla cementificazione"²² e il disegno di legge "valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo di suolo"²³, non approvato a causa della fine anticipata della Legislatura.

La discussione in questi dieci anni ha riguardato diversi disegni di legge, tra cui quello di iniziativa governativa del 2014, approvato alla Camera il 12 maggio 2016 e poi fortemente revisionato in Senato per rispondere ad alcune criticità relative alle numerose deroghe previste, alla complessa procedura di definizione dei limiti e al fatto che non erano stabilite le percentuali di riduzione da raggiungere nel corso degli anni fino al 2050, ma anche per il mancato rilancio dell'attività edilizia verso una strategia di riqualificazione dell'esistente. Anche in questo caso, però, la fine della legislatura non consentì di arrivare all'approvazione finale.

In questa legislatura sono in discussione diverse proposte di legge, da quelle dedicate specificamente al consumo di suolo a quelle invece dedicate principalmente alla rigenerazione urbana e alla protezione del suolo, le cui pratiche ricadute sui temi qui di interesse devono ancora essere chiaramente definite.

Recentemente, il 16 maggio 2022, è stato presentato un disegno di legge quadro per la protezione e la gestione sostenibile del suolo (Atto Senato n. 2614), con l'obiettivo di garantire la tutela, il risanamento e la gestione sostenibile dei suoli, di assicurare la riduzione del degrado, la prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico e la lotta alla desertificazione, anche al fine di mitigare gli effetti del cambiamento climatico e di garantire la sicurezza

della filiera alimentare in un sistema complessivo di strumenti e di azioni finalizzati a disciplinare l'intera materia con un'unica legge quadro.

ALCUNE CONSIDERAZIONI PER UNA LEGGE SUL CONSUMO DI SUOLO

In considerazione del quadro disomogeneo delle norme regionali, delle urgenti necessità di tutela del suolo e dei già richiamati impegni del nostro Paese per raggiungere gli obiettivi di azzeramento del consumo di suolo, è sempre più urgente l'approvazione di un testo che possa dare indirizzi chiari, delineando le azioni ai vari livelli e definire da subito il percorso verso lo stop al nuovo consumo di suolo con un significativo e immediato obiettivo di riduzione, sia per la componente permanente, sia per quella reversibile, vigente ai vari livelli amministrativi.

L'obiettivo nazionale è necessario per inquadrare e orientare le possibilità di trasformazione e di sviluppo del territorio e per garantire l'adeguamento, in tempi non troppo lunghi, degli strumenti urbanistici e l'adozione di tecniche di ripristino, di recupero e di de-impermeabilizzazione del suolo.

L'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo netto, ovvero il bilancio alla pari tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione, deve essere visto anche come un motore di rigenerazione e ridisegno del tessuto urbano e come un'opportunità per la riqualificazione edilizia, urbana e territoriale, che deve essere raggiunto attraverso la contemporanea messa in opera di tutte le azioni possibili per mettersi in linea con gli obiettivi a livello nazionale, europeo e globale.

Il testo dovrebbe evidenziare l'importanza di un monitoraggio continuo e omogeneo che in Italia, come previsto dalla L.132/2016, viene assicurato da ISPRA e dalle ARPA/APPA nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA).

²¹ Come, del resto, ribadito anche dalla Corte dei Conti con la deliberazione del 31 ottobre 2019, n. 17/2019/G in cui si ribadisce che il consumo di suolo contribuisce a rendere sempre più fragile il nostro Paese e a esporlo a una spesa pubblica crescente.

²² <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/Serve-BLOB.php/L/IT/IDPagina/8850>

²³ AS 3601 dell'11 dicembre 2012.

Le definizioni dovrebbero essere adeguate dal punto di vista tecnico-scientifico per rendere possibile un monitoraggio in linea con gli strumenti e con gli obiettivi globali, comunitari e nazionali, assicurando univocità e omogeneità sull'intero territorio nazionale e coerenza con le attività di monitoraggio del territorio previste a livello comunitario e nazionale, a cui ISPRA e SNPA fanno riferimento, eventualmente integrando altri parametri da monitorare, quali le superfici urbanizzate e urbanizzabili secondo gli strumenti urbanistici vigenti. Le definizioni proposte sono quelle utilizzate dal SNPA e ormai adottate, da diversi anni, per il monitoraggio su tutto il territorio nazionale:

a) "consumo di suolo": variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), con la distinzione fra consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile);

b) "consumo di suolo netto": l'incremento della copertura artificiale del suolo al netto delle aree in cui è avvenuta una variazione da una copertura artificiale (suolo consumato) a una copertura non artificiale del suolo (suolo non consumato);

c) "copertura artificiale del suolo": la presenza di una copertura biofisica artificiale del terreno di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo);

d) "impermeabilizzazione del suolo": il cambiamento della natura del suolo mediante interventi di copertura artificiale permanente tali da eliminarne o ridurne la permeabilità.

Si dovrebbe, quindi, tenere in considerazione che ci sono diverse forme di consumo di suolo e, conseguentemente, diversi impatti sulla perdita di questa risorsa. Pertanto, dovrebbe essere prevista almeno la suddivisione tra con-

sumo di suolo permanente e consumo di suolo reversibile, sempre in considerazione dello stato di fatto e non della destinazione d'uso.

Si dovrebbero limitare al massimo le deroghe, se possibile evitandole del tutto. L'inserimento di eventuali eccezioni ostacola, infatti, le attività di monitoraggio del fenomeno e potrebbe creare disomogeneità significative sul territorio, anche in considerazione del diverso stato degli strumenti di pianificazione vigenti.

Tutte le diverse tipologie di consumo di suolo dovrebbero rientrare all'interno della quantificazione e dei relativi limiti, lasciando alle amministrazioni, in caso di necessità (ad esempio, in caso di un'infrastruttura strategica di livello sovracomunale), la possibilità di una diversa ripartizione interna.

Andrebbe evitato anche l'inserimento di deroghe in una fase transitoria, che potrebbe costituire un incentivo temporaneo al consumo di suolo.

Si dovrebbero porre il "saldo zero di consumo di suolo" e, considerando i limiti dei processi di recupero, l'"azzeramento del consumo di suolo" al centro delle politiche e dei programmi di rigenerazione, come un motore per la riqualificazione edilizia, urbana e territoriale.

La rigenerazione, infatti, può funzionare solo se parallelamente si ferma il consumo e si rende così economicamente vantaggioso intervenire sull'esistente, diversamente, stenterà soprattutto nelle aree a bassa rendita fondiaria e immobiliare a meno di non favorire negativi processi di gentrificazione.

A tal fine sarà necessario intervenire anche attraverso strumenti di incentivazione e disincentivazione efficaci per Amministrazioni e privati che stimolino il recupero, la riqualificazione e la rigenerazione assicurando il mantenimento (o l'incremento) della permeabilità e della copertura non artificiale del suolo, dei servizi ecosistemici e lo sviluppo di nuove infrastrutture verdi, temi che potrebbero essere considerati anche nell'ambito della revisione del decreto interministeriale 1444/68 sugli standard urbanistici.

Negli strumenti urbanistici di livello comunale dovrà essere integrata la "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 6), come definita dalla nuova strategia europea per il suolo per il 2030 e dare assoluta priorità, quindi, al

riutilizzo di aree già costruite e impermeabilizzate, evitando nuove costruzioni e impermeabilizzazioni su suoli vegetati o permeabili.

Si dovrebbe considerare, infine, l'opportunità di inserire un termine di decadenza delle previsioni di piano non attuate²⁴ e di indirizzare i Comuni verso la revisione degli strumenti urbanistici in riduzione.

LA RIGENERAZIONE URBANA

Il complesso dei testi sulla rigenerazione urbana ha ad oggetto un ampio quadro di disposizioni, dall'adozione di una cornice di definizioni, alla previsione di appositi strumenti, anche finanziari e in termini di monitoraggio, anche con riferimento al fenomeno della dispersione delle aree edificate e per i profili di attuazione e coordinamento.

La rigenerazione urbana e territoriale viene spesso proposta come uno strumento utile ad evitare il consumo di suolo e sicuramente rappresenta una priorità per ripensare, in direzione di una sempre più necessaria e urgente transizione ecologica, l'assetto di un territorio diventato, nel corso del tempo, sempre più fragile e poco attrezzato ad affrontare le grandi sfide poste dai cambiamenti climatici e dal diffuso degrado del territorio, del paesaggio e dell'ecosistema.

La rigenerazione, per essere sostenibile, deve quindi intervenire sull'esistente, senza portare a nuovo consumo di suolo, ovvero senza causare la perdita di porzioni di suolo non ancora artificiali, da considerare come risorse limitate e non rinnovabili, beni preziosi per la comunità, da valorizzare nelle loro funzioni naturali anche attraverso le stesse iniziative di promozione della rigenerazione.

Non si può nascondere che molte leggi regionali, seppure abbiano la finalità del contenimento del consumo di suolo, riportano ad alcune "definizioni" che non considerano come consumo di suolo quello effettuato all'interno

di perimetri di aree urbanizzate o su suoli destinati all'urbanizzazione, seppure allo stato ancora liberi. Questo tipo di classificazione, divergente da quella ormai consolidata e ufficiale a livello nazionale ed europeo, finisce per incentivare l'ulteriore artificializzazione mascherata da utilizzo di aree già "occupate", quando invece produce consumo di suolo e perdita di servizi ecosistemici, vanificando lo sforzo per raggiungere l'obiettivo fondamentale di tutelare il suolo, anche in ambito urbano.

I dati annuali del monitoraggio del territorio in Italia evidenziano, infatti, come i suoli urbani, quelli candidati alla rigenerazione, siano stati quelli dove il fenomeno del consumo di suolo si è maggiormente intensificato negli ultimi anni, portando alla scomparsa di preziosissime aree permeabili, aggravando la frequenza e l'intensità di allagamenti e di ondate di calore e causando la perdita di aree verdi fruibili dai cittadini, di biodiversità e di servizi ecosistemici. In questi casi è probabile che ci si limiti ad assecondare un processo guidato prevalentemente dalla rendita che porta alla densificazione del tessuto urbano e alla saturazione dei preziosi spazi verdi rimasti all'interno delle aree urbane (spesso chiamati 'vuoti urbani' per negarne l'importanza ecologica e sociale). Questi spazi naturali in ambiente urbano, anche quando non rientrano nella categoria "verde urbano", sono essenziali per la qualità della vita dei cittadini, dell'ambiente e del paesaggio, oltre a essere fondamentali per il corretto deflusso delle acque meteoriche, per la mitigazione del rischio idrogeologico, per l'adattamento ai cambiamenti climatici, per la riduzione dell'isola di calore, per il mantenimento della biodiversità e, a volte, anche per la produzione agricola. Per questo la rigenerazione urbana dovrebbe essere l'occasione per contribuire a rendere le nostre città più sostenibili e resilienti, migliorando la capacità di fornire servizi ecosistemici e riducendo il degrado ambientale e territoriale, intervenendo sull'esistente per tutelare i suoli naturali e le aree agricole.

²⁴ La separazione tra piani strutturali e operativi, introdotta da alcune Regioni a metà degli anni '90, serviva in primis a garantire la decadenza delle previsioni operative allo scadere dei cinque anni di validità dello strumento; nonostante alcuni ricorsi di privati contro la decadenza così determinata, la giurisprudenza ha sancito l'efficacia di tale dispositivo. Si potrebbe riprendere, ad esempio, l'art. 18 della Legge Regionale 11/2004 del Veneto che, al comma 7, prevede che "decorsi

cinque anni dall'entrata in vigore del piano decadono le previsioni relative alle aree di trasformazione o espansione soggette a strumenti attuativi non approvati [...]" e che, al comma 9, prevede che "l'approvazione del piano e delle sue varianti comporta la decadenza dei piani urbanistici attuativi (PUA) vigenti limitatamente alle parti con esso incompatibili espressamente indicate, salvo che i relativi lavori siano oggetto di convenzione urbanistica già sottoscritta ed efficace".



Figura 8. Un edificio abbandonato

Senza arrestare il consumo di suolo la rigenerazione urbana non potrebbe perseguire gli obiettivi di sostenibilità ambientale, che ne rappresentano uno dei principi fondanti. La rilevanza della rigenerazione urbana come strumento è, tra l'altro, nata proprio dal dibattito su come tutelare il suolo da ulteriore consumo, assicurando che le aree non ancora artificiali, beni preziosi per la comunità all'interno e all'esterno del tessuto urbano, mantengano o migliorino le loro funzioni naturali. La rigenerazione urbana, per essere sostenibile, è rigenerazione senza consumo di suolo.

L'impegno di ISPRA (e dell'intero SNPA) è da anni concentrato, anche in questo campo, sulle attività di monitoraggio delle trasformazioni urbane e sulla valutazione dei loro impatti, al fine di fornire dati e informazioni autorevoli e trasparenti a supporto dei processi decisionali e delle attività di governo e di gestione del territorio.

Il tema è, comunque, oggetto di ampio dibattito a livello nazionale, anche in considerazione di quanto previsto dal PNRR e si richiama, tra le altre, la posizione dell'ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili), che ha recentemente pubblicato un "Decalogo per la rigenerazione urbana" (ANCE, 2022), comprensivo di una

serie di proposte presentate negli ultimi anni da diversi soggetti (istituzioni, università, professionisti, operatori economici) sul tema della rigenerazione urbana. All'interno del decalogo viene indicato l'obiettivo del "saldo zero" di consumo di suolo come principio fondamentale sul quale basare gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. Viene anche ribadita la necessità di definizione, a livello nazionale, della quota di riduzione progressiva del consumo di suolo, e viene proposta la definizione di criteri per la ripartizione tra le Regioni e le Province autonome di questa quota, per riuscire a rispettare gli obiettivi dell'Agenda 2030. Alcuni punti del decalogo sintetizzano efficacemente le azioni necessarie a garantire la rigenerazione urbana come strumento chiave anche per rivedere in chiave di maggiore sostenibilità ambientale gli insediamenti urbani e le aree costruite. Tra questi, si possono citare:

- la definizione di rigenerazione urbana e la dichiarazione di interesse pubblico degli interventi;
- la definizione della quota di riduzione progressiva di consumo a livello nazionale e regionale e le rinaturalizzazioni e le de-impermeabilizzazioni come

mezzi per conseguire l'obiettivo di consumo di suolo netto pari a zero;

- utilizzare l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo netto come principio portante della pianificazione urbanistica e territoriale, concentrando gli interventi sul suolo già consumato;
- la decadenza dei diritti edificatori attribuiti dai piani urbanistici;
- il calcolo del contributo di costruzione con l'incremento nel caso di interventi che comportino consumo di suolo e la riduzione nel caso di interventi di riuso di aree già impermeabilizzate di edifici degradati o abbandonati. Inoltre, in caso di edifici abbandonati da 10 anni, dare ai comuni la possibilità di acquisire gli immobili in questione e prevedere facilitazioni economiche per le imprese che acquisiscono fabbricati al fine di recuperarli e riqualificarli.

IL MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI DI RIGENERAZIONE

La previsione di criteri prestazionali da monitorare e da valutare nel corso del tempo attraverso sistemi tecnicamente e scientificamente riconosciuti potrebbe indirizzare maggiormente gli interventi di rigenerazione verso il raggiungimento degli obiettivi ambientali.

Il monitoraggio dovrebbe essere effettuato e garantito da un soggetto tecnico che, per quanto riguarda gli aspetti ambientali, viene già individuato dalla L.132/2016 nel Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). Ad oggi, con riferimento al testo in discussione in Parlamento, è possibile identificare molti obiettivi ambientali²⁵ che andrebbero monitorati per valutare la reale efficacia degli interventi e della norma. Il monitoraggio dovrebbe essere assicurato attraverso un sistema basato su diversi livelli di analisi, che si propone possano essere suddivisi nei 4 macro ambiti riportati di seguito con i rispettivi indicatori di riferimento.

1. Obiettivi di azzeramento del consumo di suolo netto e di miglioramento della permeabilità dei suoli

²⁵ Nel testo unificato si fa esplicito riferimento ai seguenti obiettivi: sostenibilità ambientale, permeabilità dei suoli, invarianza idraulica, mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, sostenibilità ecologica, presenza di aree verdi, rimboschimento, isole di calore, eventi mete-

In linea con gli orientamenti a livello europeo e globale è sempre necessario verificare che sia possibile evitare di impermeabilizzare il suolo e solo in caso di assenza di alternative e di interventi non realizzabili su aree già impermeabilizzate, attivare pratiche di mitigazione e, quindi, di compensazione, arrivando a un bilancio nullo delle superfici impermeabilizzate e perseguendo il saldo zero del consumo di suolo. In questo ultimo caso si ritiene necessario seguire un ordine temporale che dia precedenza all'intervento di compensazione (de-impermeabilizzazione, ripristino e naturalizzazione), che verrà monitorato durante i lavori, e successivamente procedere con la nuova impermeabilizzazione di superficie non superiore all'area ripristinata.

Indicatori da utilizzare per questo ambito potrebbero essere:

- consumo di suolo (componente permanente; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo (componente reversibile; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo netto (componente permanente; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo netto (componente reversibile; fonte ISPRA-SNPA);
- impermeabilizzazione del suolo rispetto alla superficie complessiva (fonte ISPRA-SNPA);
- area di ripristino (fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo su suolo utile (fonte ISPRA-SNPA).

2. Copertura del suolo e presenza di vegetazione

La dotazione di coperture a verde naturale, seminaturale o agricolo in ambito urbano rappresenta un elemento centrale per mantenere la qualità ambientale e la fornitura di servizi ecosistemici. Le aree a verde naturale, seminaturale o agricolo dovrebbero, pertanto, essere considerate oltre che per la loro fruizione e proprietà, anche, e soprattutto, per la loro funzione ecosistemica, da calcolare al netto della presenza di coperture artificiali al loro interno (aree pavimentate, edifici, etc.). Si potrebbe

reologici estremi, dissesto idrogeologico, biodiversità, sviluppo ecosostenibile, "saldo zero" del consumo di suolo, pareggio di bilancio dei servizi ecosistemici, rinaturalizzazione, de-impermeabilizzazione e bonifica.

introdurre un criterio idoneo ad assicurare una corretta dotazione territoriale di verde con funzione ecosistemica e andrebbe valutato l'indice di copertura arborea, considerando il rapporto tra la superficie coperta da alberi e la superficie territoriale al netto della copertura artificiale (si vedano, ad esempio, i dati elaborati per l'intero territorio nazionale da ISPRA) ed ulteriori parametri di valutazione della qualità e funzionalità. Si propongono quindi i seguenti indici con le fonti attualmente già disponibili:

- indice di copertura arborea sull'area di riferimento (fonte: ISPRA);
- indice di incidenza di aree vegetate (fonte: ISPRA);
- indice NDVI su base multitemporale (fonte: Copernicus);
- indice di forma (Edge Density) sull'area di riferimento (fonte: ISPRA);
- indice di frammentazione medio sull'area di riferimento (fonte: ISPRA).

3. Invarianza idraulica

L'invarianza di permeabilità assicura già le principali condizioni per assicurare un corretto equilibrio idrologico, tuttavia non è sufficiente per la sicurezza dei beni dagli effetti di alluvioni e allagamenti. Rispetto agli eventi di piena sarebbe dunque necessario adottare il criterio della invarianza idraulica/idrologica.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato approvato con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017) e prevede tra le misure di prevenzione quella di associare alle aree che risultano allagabili un'idonea normativa d'uso del territorio.

Molte Regioni italiane hanno emanato atti di tipo normativo e/o tecnico-amministrativo (a titolo esemplificativo Regione Lombardia, Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica, di recente aggiornamento Regolamento regionale 19 aprile 2019 - n. 8). Anche rispetto a questo tema è dunque necessaria la considerazione delle diverse previsioni regionali.

4. Pareggio di bilancio dei servizi ecosistemici

Gli indicatori possono essere integrati da un'analisi quantitativa di alcuni servizi ecosistemici e con l'utilizzo di proxy di qualità ecologica che possono essere analizzati prima e dopo l'attuazione dell'intervento, al fine di verificare lo stato, che dovrebbe essere invariato o migliorato. Il principio dell'invarianza o del miglioramento si dovrebbe applicare a tutti gli indicatori, senza una struttura gerarchica e senza compensazione tra indicatori diversi. In particolare, il monitoraggio può essere effettuato attraverso l'individuazione di metriche per la valutazione del pareggio di bilancio non economico dei servizi ecosistemici.

Tra i servizi ecosistemici utili a quantificare l'impatto degli interventi di rigenerazione urbana ci sono sicuramente i servizi di regolazione e di approvvigionamento, quali l'assorbimento di carbonio, la regolazione del microclima, la qualità dell'aria, la regolazione del ciclo idrologico, la produzione agricola e la qualità degli habitat che possono essere misurati utilizzando indicatori quantitativi specifici, supportati da strumenti cartografici per il monitoraggio della copertura del suolo.

Possibili indicatori sono:

- l'assorbimento di carbonio, calcolato attraverso l'applicazione di coefficienti specifici di ogni tipologia di copertura del suolo (ISPRA);
- il servizio di miglioramento della qualità dell'aria, valutato con la misura della dimensione della chioma di specie sempreverdi e caducifoglie (ISPRA);
- la regolazione del ciclo idrologico, valutata attraverso l'analisi del rapporto tra superfici permeabili e non permeabili (ISPRA);
- la produzione agricola, stimata con l'analisi delle superfici potenzialmente utilizzabili da uso agricolo e da quelle con presenza di colture permanenti e temporanee (ISPRA);
- la qualità degli habitat è calcolata attraverso indici di frammentazione (metriche di paesaggio come *mean patch size* ed *edge density*) che considerano il mantenimento delle dimensioni medie delle *patch* vegetate (ISPRA);

- la regolazione del microclima, stimata attraverso l'analisi del rapporto tra superfici vegetate e non vegetate e la temperatura superficiale al suolo LST (ISPRA).

Il monitoraggio dei servizi ecosistemici può essere eseguito anche attraverso modelli più articolati, utilizzati annualmente da ISPRA per la valutazione a scala nazionale dell'impatto delle trasformazioni territoriali, richiedendo necessariamente più dati e, in alcuni casi, un'analisi di un ambito territoriale più ampio a cui riferirsi. I servizi ecosistemici attualmente monitorati da ISPRA sono:

- stoccaggio e sequestro di carbonio;
- qualità degli habitat;
- produzione agricola;
- produzione di legname;
- impollinazione;
- regolazione del microclima/isola di calore;
- rimozione di particolato e di ozono/miglioramento della qualità dell'aria;
- disponibilità di acqua;
- regolazione del regime idrologico;
- purificazione dell'acqua dai contaminanti.

I quattro macro ambiti e gli indicatori proposti potrebbero essere rivisti periodicamente per assicurare un monitoraggio efficace e tempestivo e supportare la pianificazione e la programmazione degli interventi.

Nel testo unificato potrebbe essere inserito, pertanto, il seguente comma:

Il monitoraggio degli obiettivi ambientali di cui all'art. 1, comma 2, lettere a) b) c) d) e) è assicurato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale che predispongono apposite linee guida entro novanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge e che rendono disponibili pubblicamente i dati, aggiornandoli su base annuale. Le linee guida possono essere aggiornate su base annuale. Le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano assicurano la disponibilità dei dati relativi ai singoli interventi di rigenerazione secondo le modalità individuate dalle linee guida.

CARTA NAZIONALE DEI PRINCIPI SULL'USO SOSTENIBILE DEL SUOLO

Nell'ambito del progetto europeo Soil4Life è stata recentemente pubblicata, a cura di ISPRA e degli Osservatori sul monitoraggio del consumo di suolo e sulla pianificazione sostenibile del territorio delle Regioni e Province autonome e con il contributo di ERSAF, Legambiente, Roma Capitale e Politecnico di Milano, la Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo (ISPRA, 2021).

Alla Carta, che si riporta integralmente di seguito, hanno aderito sul piano tecnico 15 Osservatori delle Regioni e Province autonome e diversi Comuni.

La Valle d'Aosta è stata la prima fra le Regioni e Province autonome ad aderire alla Carta nazionale anche con una specifica Delibera della Giunta (DGR 384 dell'11 aprile 2022), facendo propri i principi per un uso sostenibile del suolo ai quali gli atti di governo, i documenti strategici e di pianificazione territoriale faranno riferimento per affrontare e ridurre il degrado del suolo e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali.

Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo (ISPRA, 2021):

La Carta promuove l'obiettivo di favorire l'uso sostenibile del suolo, inteso come prerequisito per la convivenza tra le attività umane e i sistemi naturali.

La Carta, relativamente a obiettivi, azioni, valutazioni e monitoraggio con riferimento al suolo e al territorio nella sua dimensione più completa, tiene in considerazione quanto riportato nella Risoluzione del Parlamento Europeo sulla protezione del suolo (2021/2548 RSP) e nella Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final).

La Carta intende definire i principi fondamentali per affrontare e ridurre il degrado del suolo (consumo e uso non sostenibile, perdita di carbonio organico, contaminazione, erosione, compattazione, perdita di produttività e di servizi ecosistemici, riduzione della biodiversità, salinizzazione, etc.) e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali, agendo sulle principali attività umane che li impattano e indicando la strada della sostenibilità, in particolare nel governo del territorio e nella programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica delle aree urbane e peri-urbane, nell'agricoltura, nella gestione forestale e nella gestione integrata delle acque e dei suoli.

Principi

I principi che devono guidare l'azione politica, amministrativa, di gestione pubblica e privata per l'uso sostenibile del suolo sono:

1. Attenzione prioritaria al suolo nelle politiche di governo del territorio.

Il suolo fornisce servizi fondamentali per l'esistenza umana e la sopravvivenza degli ecosistemi. Pertanto, il mantenimento della sua salubrità, produttività e funzionalità ecologica, ovvero il ripristino, il riuso e la rigenerazione delle aree degradate, sottoutilizzate e dismesse al fine di restituire "suoli di qualità", devono essere oggetto di attenzione prioritaria nelle politiche nazionali, regionali e locali di governo del territorio e della pianificazione territoriale e paesaggistica. Infatti, la protezione delle funzioni ecosistemiche del suolo è indispensabile per conseguire una gestione sostenibile del territorio, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda ONU 2030, dell'accordo di Parigi e del *Green Deal* europeo, della Strategia per la biodiversità e della *Farm to Fork*, e infine con riferimento alla nuova Strategia europea sul suolo, che conferma l'obiettivo della UE di occupazione netta pari a zero entro il 2050, in un quadro giuridico armonico e con l'allocatione di adeguate risorse finanziarie ed incentivi e con la definizione entro il 2023 di obiettivi ambiziosi per la riduzione del consumo di suolo anche a livello locale.

2. Necessità di un monitoraggio integrato dello stato del suolo e del relativo consumo.

Conoscenza e monitoraggio della qualità dei suoli, dell'uso, della copertura, del consumo e delle previsioni di consumo vanno assicurati attraverso adeguati finanziamenti con garanzia di accesso pubblico alle informazioni tramite sistemi che integrino le informazioni pedologiche, agronomiche, ecologiche, ambientali, territoriali, paesaggistiche e socio-economiche. Il controllo degli interventi, degli effetti delle politiche e dell'efficacia dei finanziamenti richiedono un sistema di monitoraggio stabile e condiviso con definizioni chiare e omogenee a livello nazionale.

3. Necessità di integrazione di politiche, piani e programmi a livello nazionale e locale.

L'uso sostenibile del suolo richiede un coordinamento tra le politiche settoriali e di queste con la politica finanziaria. Nel contempo, comporta l'integrazione tra i sistemi di monitoraggio del consumo di suolo (*land take*), del grado di impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*) e della futura occupazione del suolo (*planned land take*) mediante la riduzione delle previsioni di consumo di suolo. Una politica integrata per l'uso sostenibile del suolo è un requisito chiave per attuare gli obiettivi del *Green Deal* europeo, per rendere operative la nuova Strategia europea sul suolo e la Strategia sulla biodiversità e per utilizzare efficacemente le risorse della Politica Agricola Comunitaria e in generale per allocare strategicamente le risorse per investimenti pubblici e privati, incluse quelle per la ripresa post-pandemica.

4. Coerenza degli strumenti attuativi.

È essenziale coordinare tra loro gli strumenti (di pianificazione e programmazione territoriale e finanziaria) di riferimento per le varie politiche settoriali alle diverse scale di intervento, indirizzandoli a integrare le misure adottate da tutte le istituzioni per la riduzione del consumo di suolo, nonché i relativi sistemi di monitoraggio, e superare la frammentazione della competenza istituzionale e tematica in modo da assicurare il coinvolgimento degli enti pubblici ai diversi livelli, insieme agli operatori economici, alle categorie interessate, alle organizzazioni della società civile e ai cittadini.

5. Promozione della formazione e dell'informazione.

Formazione e informazione rappresentano uno strumento essenziale per tecnici, amministratori, operatori economici e cittadini, al fine di favorire la conoscenza e la consapevolezza del valore del suolo e della sua gestione sostenibile nell'ambito delle molteplici attività umane e per favorire l'applicazione di metodi e strumenti per l'uso sostenibile del suolo, ponendo l'accento sui benefici derivanti dal buono stato della risorsa e dalla sua capacità di svolgere funzioni ecosistemiche, nonché sugli effetti negativi e le perdite, anche economiche, derivanti da un suo uso non sostenibile. Fondamentale è garantire l'accesso alle informazioni sullo stato dei suoli e sugli effetti delle misure attraverso strumenti e metodi innovativi.

Obiettivi prioritari

Le politiche nazionali, regionali e locali, nonché le strategie di azione pubbliche e private, in attuazione dei principi di questa Carta, perseguono i seguenti obiettivi prioritari:

1. Arresto del consumo di suolo dovuto all'aumento della copertura artificiale e dell'impermeabilizzazione del suolo (dati ISPRA/SNPA) e riduzione della frammentazione del territorio e della dispersione insediativa, anticipando l'obiettivo dell'UE di occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 e adottando da subito la "*Land take hierarchy*" indicata dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final) che prevede, in ordine di priorità decrescente, di:
 - evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo;
 - riutilizzare le aree già consumate e impermeabilizzate;
 - utilizzare aree già degradate in caso di interventi assolutamente non evitabili;
 - in questo ultimo caso, compensare gli interventi per arrivare a un bilancio non negativo di consumo e di impermeabilizzazione del suolo e per mantenere i servizi ecosistemici.
2. Promozione nelle politiche territoriali di azioni coerenti con gli indirizzi espressi dalla UE nella Strategia per il suolo per il 2030 al fine di raggiungere l'obiettivo dell'arresto del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo con un uso circolare del terreno e intervenendo sulla:
 - limitazione della futura occupazione dei terreni agendo sulle politiche di governo del territorio e dunque sulle previsioni di sviluppo dei piani comunali rapportate all'evolversi degli scenari demografici con un monitoraggio pluriennale;
 - limitazione della copertura artificiale e della superficie impermeabilizzata dei terreni rappresentata dallo stato di fatto rilevato dalla Carta Nazionale del consumo di suolo SNPA, volto all'individuazione delle principali trasformazioni che in alcuni casi possono avvenire, ad esempio, in aree precedentemente libere ma all'interno o ai margini del tessuto urbanizzato consolidato.
3. È importante che vengano considerate entrambe le metodologie sopraindicate per un'efficace politica di arresto del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo;
3. Inversione dei processi di degrado attraverso la conoscenza, la mappatura, il monitoraggio, nonché con l'inserimento delle azioni di ripristino della naturalità dei suoli e di recupero della loro funzionalità ecologica, di incremento delle aree verdi, forestali ed agroforestali, in una logica di rete nelle strategie e negli strumenti di programmazione e pianificazione nazionali, regionali e locali, in coerenza con il perseguimento a livello globale dell'arresto del degrado del suolo come indicato dall'Agenda 2030 (*Land Degradation Neutrality*).
4. Aumento del contenuto di sostanza organica dei suoli attraverso la protezione dei suoli naturali, la corretta gestione forestale, nonché attraverso l'adozione di pratiche conservative in agricoltura, la gestione sostenibile dei nutrienti minerali, dei reflui zootecnici, dei correttivi e degli ammendanti, l'utilizzo appropriato delle matrici organiche di origine extra agricola, applicando principi di agroecologia e di circolarità nel flusso dei nutrienti.
5. Identificazione, caratterizzazione, bonifica e rigenerazione dei siti contaminati e monitoraggio della contaminazione da fonti diffuse derivanti dall'uso del suolo, nonché da ricadute atmosferiche provenienti da attività industriali e impiego di combustibili.
6. Definizione e perseguimento del buono stato ecologico dei suoli ai fini della conservazione e del ripristino della loro biodiversità e della capacità di fornire servizi ecosistemici, che devono essere riconosciuti, mappati e tutelati.
7. Riduzione dell'erosione, della compattazione e della salinizzazione attraverso l'applicazione di buone pratiche agricole, gestione corretta delle aree agricole, naturali urbane e periurbane, finalizzata a preservare la struttura, la sostanza organica, la fertilità e la biodiversità dei suoli, e quindi la loro funzionalità.
8. Introduzione di criteri e indirizzi operativi rivolti agli enti locali per promuovere la sostenibilità ecologica nella rigenerazione delle aree urbane e periurbane, dei sistemi produttivi e infrastrutturali, assicurando il

consumo di suolo netto pari a zero e dando la priorità al riuso ed al riutilizzo di aree dismesse e/o abbandonate. Nella pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistica devono assumere un ruolo centrale la resilienza e la sicurezza territoriale da assicurare attraverso la gestione integrata delle risorse e attraverso azioni di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico, azioni di integrazione delle infrastrutture verdi e blu e di rafforzamento dei servizi ecosistemici fondamentali per aumentare il benessere insediativo e la qualità ecologica dell'ambiente urbano, anche facendo ricorso a interventi di desigillatura (*de-sealing*) e rivegetazione e rinaturalizzazione delle superfici impermeabili.

9. Sviluppo dell'approccio ecosistemico nella pianificazione territoriale e urbanistica come strumento per introdurre la salvaguardia dei suoli agricoli altrimenti non tutelati da alcuna normativa.
10. Finanziamento e attivazione di un sistema di monitoraggio della qualità dei suoli, del loro uso e consumo e dei processi di degrado che li affliggono, che produca dati aggiornati, armonizzati e accessibili a livello regionale e nazionale.
11. Incremento degli investimenti in ricerca e sperimentazione applicata, per far sì che i concetti espressi nelle normative riguardanti il suolo siano universalmente condivisi e misurabili, rivolti sia all'innovazione delle tecnologie e alla loro diffusione che allo sviluppo e all'adozione dei principi dell'agroecologia, e degli investimenti nell'educazione scolastica, nella formazione e informazione sulle tematiche riguardanti il suolo.

LE NORME REGIONALI: AGGIORNAMENTO AL 2022

Da molti anni il quadro normativo regionale continua ad evolversi sia sul tema specifico del consumo di suolo, sia attraverso gli strumenti normativi finalizzati a favorire la rigenerazione urbana, tutto in assenza di un riferimento di livello nazionale. Il risultato è un panorama complessivamente piuttosto eterogeneo e complessivamente ancora di scarsa efficacia che comprende disposizioni, normative o principi inseriti in leggi finalizzate al contenimento del consumo del suolo e alla rigenerazione urbana, intesa spesso come alternativa al nuovo consumo

di suolo. Tuttavia, praticamente dovunque, la definizione di consumo di suolo non è coerente con quella europea e nazionale o, comunque, sono presenti deroghe o eccezioni significative relative a tipologie di interventi e di trasformazioni del territorio che non vengono inclusi nel computo (e quindi nella limitazione) ma che sono in realtà causa evidente di consumo di suolo (ad esempio per il consumo che avviene in aree già previste dai piani comunali o per quello dovuto ad alcune opere pubbliche). Anche i recenti aggiornamenti non sembrano affrontare efficacemente tali questioni e, in alcuni casi, potrebbero essere rivisti in considerazione delle recenti modifiche agli articoli 9 e 41 della Carta costituzionale (cfr. pag. 26).

In questa edizione del Rapporto, con l'obiettivo costante di evidenziare in modo sistematico le principali caratteristiche attuative delle norme regionali sul consumo di suolo, di fornire elementi trasparenti di valutazione dello stato di attuazione e di trarre i necessari suggerimenti per lo sviluppo di una normativa nazionale, si propone un'analisi delle principali novità intercorse nel quadro normativo regionale dal giugno 2021, grazie a un lavoro di approfondimento svolto in collaborazione con ANCE, con l'obiettivo di aggiornare le schede analitiche pubblicate nel Rapporto dello scorso (Munafò, 2021) dove, per ciascuna Regione e Provincia autonoma, sono riportati i principali strumenti normativi, le definizioni adottate, i target o limiti definiti e il sistema di monitoraggio previsto.

Le principali novità intercorse sono relative a Piemonte, Sardegna, Marche e Toscana.

La **Regione Piemonte** con propria LR 7/2022 "Norme di semplificazione in materia urbanistica ed edilizia" di modifica alla legge sulla rigenerazione urbana 16/2018, in cui l'art. 35 innova la materia di compensazione del consumo di suolo.

In sintesi, i punti chiave della norma sono:

1. Le soglie di consumo di suolo di cui all'articolo 31 delle norme di attuazione del piano territoriale regionale (PTR), approvato nel 2011 ai sensi dell'articolo 7 della legge regionale 56/1977, costituiscono riferimento per le nuove previsioni che occupano superfici libere localizzate esternamente alle aree già previste dalla pianificazione vigente e che necessitano di variante agli strumenti di pianificazione urbanistica adottata dopo l'entrata in vigore della presente legge, ad esclusione delle opere pubbliche non diversamente localizzabili e della realizzazione di interventi di livello sovralocale che derivino da

accordi di programma, territoriali o da intese tra pubbliche amministrazioni.

2. Le nuove previsioni di occupazione di superficie libera ammesse, oggetto di variante generale agli strumenti di pianificazione urbanistica, adottata dopo l'entrata in vigore della presente legge, determinano l'obbligo di compensare la perdita irreversibile di suolo prodotta dalla trasformazione, con la finalità di perseguire l'obiettivo del bilancio del consumo di suolo pari a zero per il 2050. La Giunta regionale, con suo provvedimento, determina la natura, le destinazioni e i limiti delle conseguenti compensazioni.

3. I precedenti commi si applicano anche alle procedure istruttorie di natura pianificatoria ed autorizzativa non ancora concluse alla data di approvazione della presente legge, non recependo nel provvedimento finale eventuali prescrizioni compensative difformi anche formalizzate in endo-procedimenti già conclusi.

4. Si considera decostruzione la minor utilizzazione di nuove aree edificabili previste dal PRG, ottenuta mediante la densificazione edilizia o la rilocalizzazione di capacità edificatorie ammesse in aree poste nell'ambito del perimetro del centro abitato o qualificate come aree dense ai sensi dei piani territoriali di coordinamento provinciale (PTCP).

5. In fase di intervento, anche in deroga al PRG, da attuarsi mediante permesso di costruire o strumento urbanistico esecutivo, nel rispetto dei parametri del decreto del Ministro dei lavori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444 (Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'articolo 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765), va verificata la dotazione minima delle aree a servizi di cui all'articolo 21 della legge regionale 56/1977, anche attraverso corrispondente monetizzazione.

La **Regione Sardegna** con propria LR 18 gennaio 2021, n. 1 (Disposizioni per il riuso, la riqualificazione ed il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in materia di governo del territorio. Misure straordinarie urgenti e modifiche alle leggi regionali n. 8 del 2015, n. 23 del 1985, n. 24 del 2016 e n. 16 del 2017) definisce misure straor-

dinarie per il rilancio del settore edilizio insieme alla riqualificazione, razionalizzazione e miglioramento della qualità architettonica e abitativa, della sicurezza strutturale, della compatibilità paesaggistica e dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente, anche attraverso la semplificazione delle procedure.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, in attesa dell'approvazione di una nuova legge urbanistica, la norma apporta delle modifiche sostanziali ad alcune leggi, quali:

Le disposizioni approvate sono cogenti e di immediata applicazione e prevalgono sugli atti di pianificazione, anche settoriale, sugli strumenti urbanistici generali e attuativi e sulle altre vigenti disposizioni normative regionali.

In particolare, in relazione alla precedente LR 8/2015, per la natura delle modifiche approvate la norma si configura come una sorta di "nuovo Piano Casa" (Piano Casa 2021-2023) che resterà in vigore fino al 31/12/2023, data cui viene differito appunto il termine in materia previsto (articolo 37, comma 1 LR 8/2015).

La **Regione Marche** con LR 2 dicembre 2021 n. 34 "Disposizioni di adeguamento della legislazione regionale" con la quale vengono aggiornate precedenti normative in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio, come anche norme in materia di sostegno all'edilizia, stabilisce che "...dopo il comma 1 dell'articolo 11 della LR 22/2011, è inserito il seguente:

1 bis. Gli interventi di rigenerazione urbana (riqualificazione sostenibile) di cui alle lettere b) e b bis) del comma 1 sono individuati ed attuati dai Comuni nel rispetto dei regimi di tutela previsti dal decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137), nonché in conformità al piano paesaggistico approvato ai sensi degli articoli 135 e 143 del medesimo decreto ovvero, in mancanza di tale strumento, al piano paesistico ambientale regionale ed alle condizioni previamente stabilite, per le aree ed i beni sottoposti a vincolo paesaggistico, mediante apposito accordo tra la Regione e il Ministero della Cultura."

A norma di legge il Comune:

- a) definisce gli obiettivi per le trasformazioni finalizzate ad aumentare la qualità urbana ed ecologico-ambientale;
- b) effettua una ricognizione sullo stato dell'edilizia sociale;

c) individua in via preliminare le aree che necessitano di trasformazione e riqualificazione, anche ai fini di attivare programmi e progetti di housing sociale.

2. L'individuazione delle aree potenzialmente interessate dagli interventi di cui al presente Capo, effettuata ai sensi del comma 1, è portata a conoscenza del pubblico al fine di acquisire le manifestazioni di interesse, in via preliminare, dei proprietari e degli operatori interessati, anche su aree diverse rispetto a quelle già individuate [...]

3. Le proposte trasmesse ai sensi del comma 2 non generano diritti a favore dei soggetti proponenti.

4. Il Comune valuta le proposte sulla base dei criteri stabiliti con il regolamento di cui all'articolo 9, in ragione della migliore rispondenza all'interesse pubblico.

Il Comune, quindi, provvede alla programmazione di attività volte alla riqualificazione e al contenimento delle espansioni urbane mediante l'adozione del Programma operativo per la riqualificazione urbana (PORU), avente valore di piano attuativo ai sensi della legge regionale 5 agosto 1992, n. 34.

La **Regione Toscana**, con la LR 6 agosto 2021 n. 31 "Interventi normativi collegati alla prima variazione al bilancio di previsione finanziario 2021-2023", riconosce che le norme, di carattere legislativo e regolamentare, del D.P.R. 380/2001 "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" costituiscono principi nella materia edilizia a cui il legislatore regionale deve adeguarsi.

La norma regionale prevede di:

a) recepire, in relazione ai poteri di deroga al piano strutturale e al piano operativo, quanto previsto all'articolo 14 del D.P.R. 380/2001 come innovato dal D.L. 76/2020, ferma restando l'attuale impostazione dell'articolo 97 della LR 65/2014 che distingue tra deroghe al piano strutturale e deroghe al piano operativo;

b) intervenire sulle categorie funzionali e sui mutamenti delle destinazioni d'uso in adeguamento all'articolo 23-ter, comma 2, del D.P.R. 380/2001;

c) adeguare alla nuova riscrittura della lettera e.5) del comma 1 dell'articolo 3 del D.P.R. 380/2001, la definizione degli interventi di nuova costruzione, escludendo da tale nozione alcune tipologie;

d) ampliare la definizione di ristrutturazione edilizia in recepimento delle novità introdotte dalla lettera d) del

comma 1 dell'articolo 3 del D.P.R. 380/2001 come modificato dal D.L. 76/2020 convertito dalla L. 120/2020, nonché ridefinire la nozione della sostituzione edilizia che si delinea come categoria di intervento residuale in cui confluiscono tutti gli interventi di demolizione e ricostruzione non rientranti nella ristrutturazione edilizia;

e) ampliare il concetto di "tolleranza costruttiva" ai sensi dell'articolo 34-bis inserito nel D.P.R. 380/2001 dal D.L. 76/2020 convertito dalla L. 120/2020 (Art. 34 bis, comma 1: Il mancato rispetto dell'altezza, dei distacchi, della cubatura, della superficie coperta e di ogni altro parametro delle singole unità immobiliari non costituisce violazione edilizia se contenuto entro il limite del 2 per cento delle misure previste nel titolo abilitativo), disciplinando le modalità procedurali di riconoscimento e segnalazione di tali tolleranze da parte del tecnico abilitato e chiarire il campo di applicazione di tale concetto.

GLI SCENARI FUTURI

Alla luce di questo complesso e articolato sistema di obiettivi, politiche e azioni a diverso livello, è difficile realizzare una valutazione realistica degli scenari di trasformazione del territorio italiano. Di certo, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, si potrebbe stimare il nuovo consumo di suolo, che sarebbe pari a 1.836 km² tra il 2021 e il 2050 e a 570 km² se l'azzeramento fosse anticipato al 2030 (Figura 9). Se invece si dovesse tornare alla velocità media registrata nel periodo 2006-2012, si supererebbero i 3.000 km². Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di 403 km², prima dell'azzeramento al 2030, o di 826 km², prima dell'azzeramento al 2050. Sono tutti valori molto lontani dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo. Ciò significa che, a partire dal 2030, la "sostenibilità" dello sviluppo richiederebbe un aumento netto delle aree naturali di 269 km² o addirittura di 888 km² che andrebbero recuperati nel caso in cui si volesse anticipare tale obiettivo a partire da subito.

Considerando i costi annuali medi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici, sia per la componente legata ai flussi, sia per la componente legata allo stock (v. § La

perdita di servizi ecosistemici del suolo), si può stimare, se fosse confermata la velocità media 2012-2021 anche nei prossimi 9 anni e quindi la crescita dei valori economici dei servizi ecosistemici persi, un costo cumulato

complessivo, tra il 2012 e il 2030, compreso tra 78,4 e 96,5 miliardi di euro.

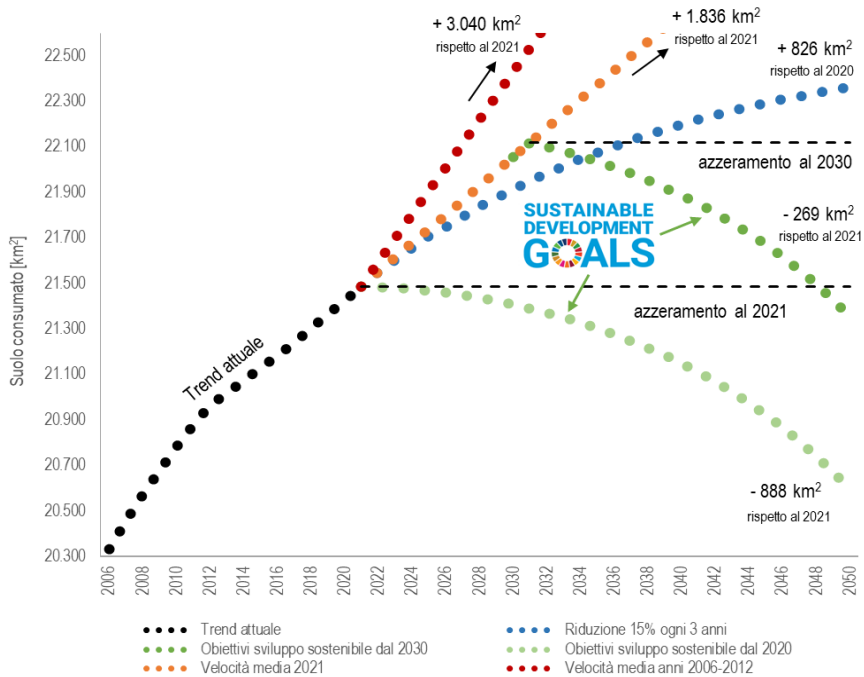


Figura 9. Scenari di consumo di suolo in Italia (km² di suolo consumato a livello nazionale al 2050). Fonte: elaborazione ISPRA

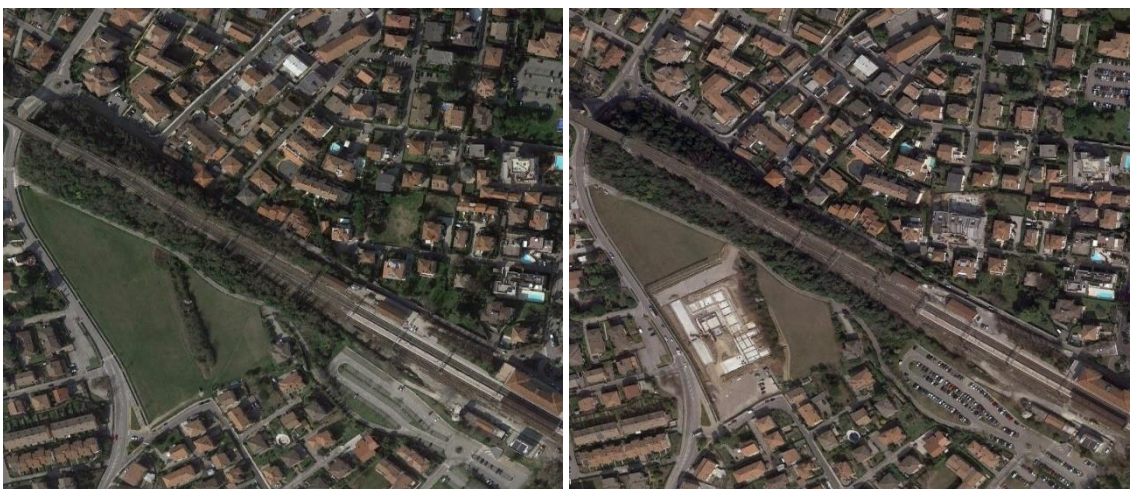


Figura 10. Consumo di suolo per la realizzazione di due fabbricati all'interno del tessuto urbano a Desenzano del Garda, in provincia di Brescia. In basso a sinistra circa 10.000 m² di perdita di aree vegetate, sulla destra circa 2.500 m². Immagine 2020 a sinistra, 2021 a destra

ACCESSO AI DATI DI USO, COPERTURA E CONSUMO DI SUOLO A LIVELLO NAZIONALE

Allo scopo di rendere i dati fruibili e accessibili da parte di una platea sempre più ampia di soggetti, accanto al consueto rapporto annuale, ISPRA ha introdotto l'EcoAtl@nte²⁶ (Figura 11), uno strumento di divulgazione che permette di accedere alle principali informazioni ambientali raccolte nell'ambito del **Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)**, attraverso una rappresentazione cartografica dei dati, integrata da testi sintetici e altre informazioni grafiche, con l'obiettivo di consentire una consultazione immediata e interattiva.



Figura 11. Pagina di accesso all' EcoAtl@nte

L'EcoAtl@nte offre prima di tutto un punto di accesso alle banche dati ambientali di ISPRA e del SNPA, presentate sotto forma di *Storymap* (Figura 13), visualizzabili in modo indipendente o seguendo un percorso guidato, che attraverso mappe, testi, filmati e dashboard forniscono una panoramica sui principali temi ambientali.

L'EcoAtl@nte consente anche la consultazione di dettaglio del dato, a scala nazionale o focalizzandosi su ambiti territoriali specifici (comune, provincia, regione), e offre la possibilità di combinare e mettere in relazione dati diversi per produrre mappe personalizzate, condivisibili su piattaforme esterne e *social*.

Gran parte dei dati, delle cartografie e degli indicatori presentati nell'ambito di questo rapporto sono inoltre consultabili sul portale del consumo di suolo²⁷ del SNPA realizzato da ARPA Piemonte in collaborazione con ISPRA (Figura 14).

Il download dei dati completi, resi disponibili sia in forma tabellare (indicatori a livello nazionale, regionale, provinciale e comunale), sia in forma di dataset geografico utilizzabile da qualsiasi software GIS (*Geographic information system*), sono liberamente accessibili²⁸ all'interno della sezione del groupware del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA) dedicata ai dati di monitoraggio del territorio²⁹ (Figura 15).



Figura 12. Codice QR da inquadrare con smartphone o tablet per accedere all'EcoAtl@nte

²⁶ <https://ecoatlante.isprambiente.it/>

²⁷ https://webgis.arpa.piemonte.it/secure_apps/consumo-suolo_ag-portal/index.html

²⁸ I dati sono forniti con licenza CC-BY 4.0 e in forma libera e interoperabile ai sensi della L. 132/2016 art. 11 comma 5

²⁹ <https://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library>

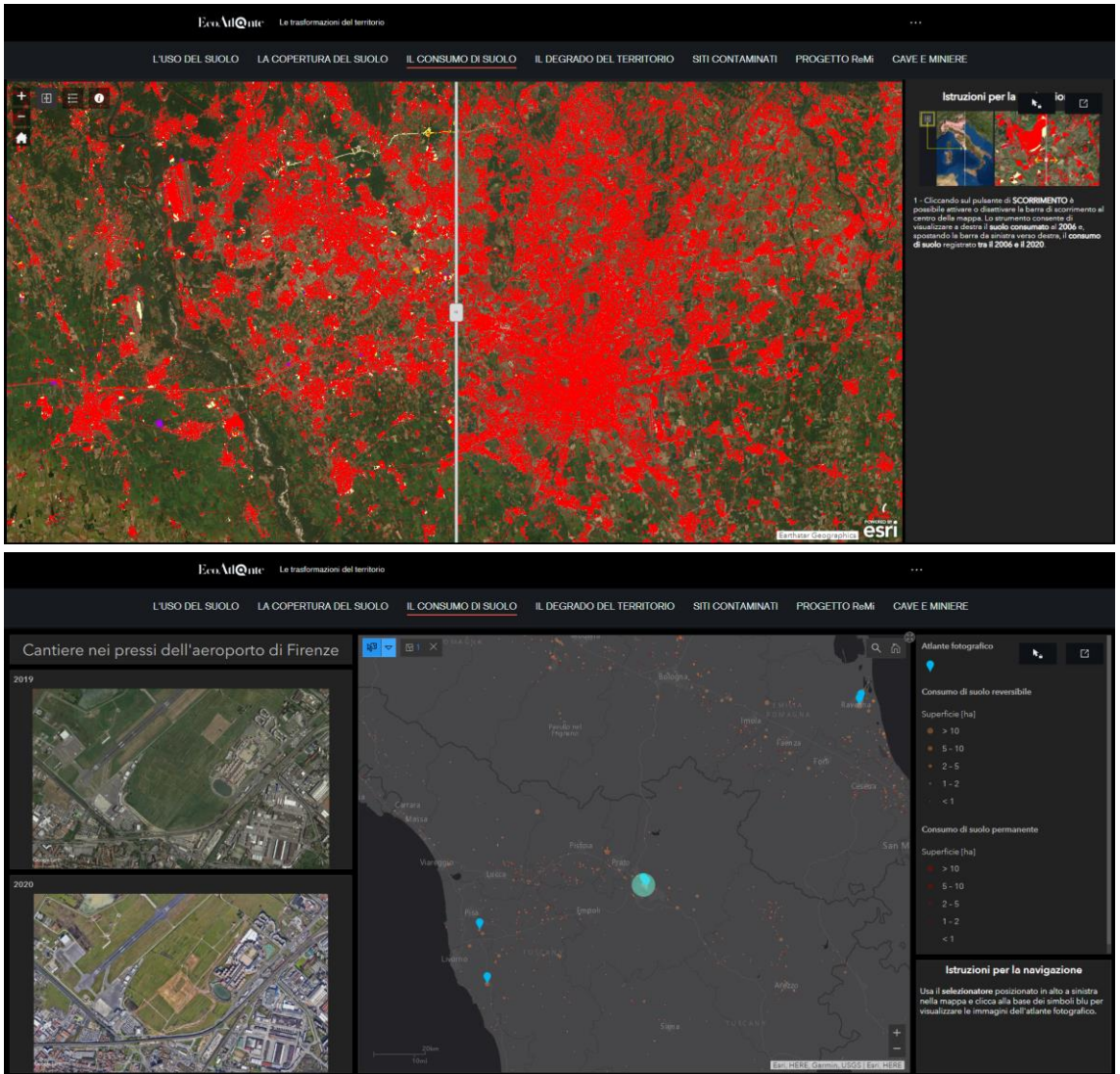


Figura 13. Esempi di web-app consultabile all'interno delle storymap contenute nell'EcoAt@me

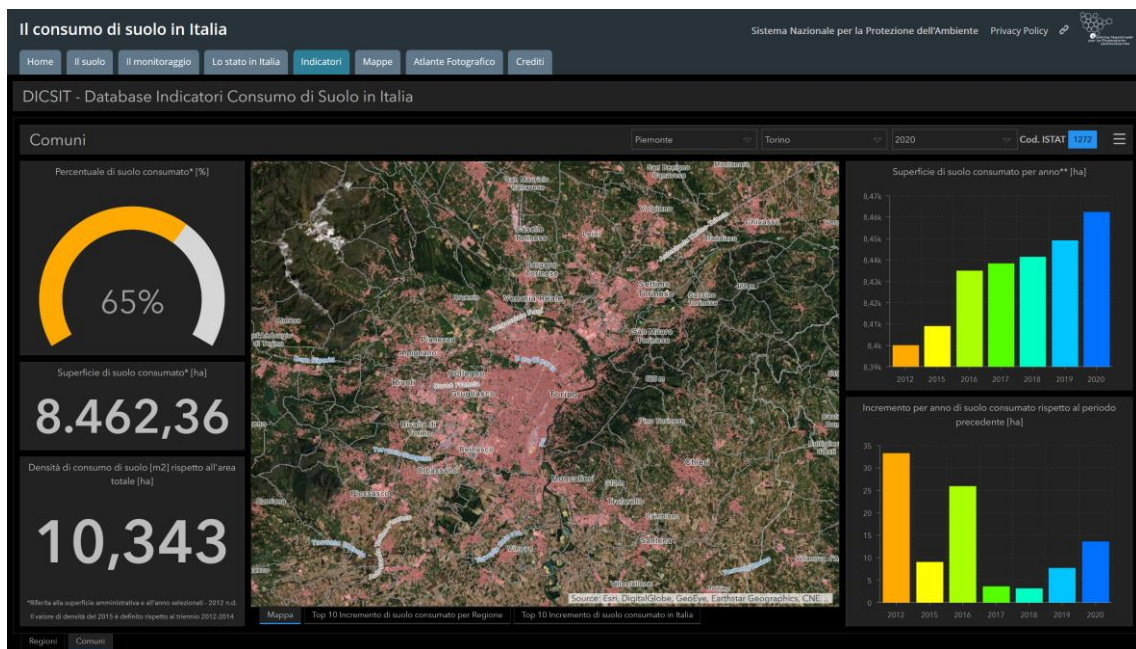


Figura 14. Consultazione dei dati a livello comunale all'interno del portale del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

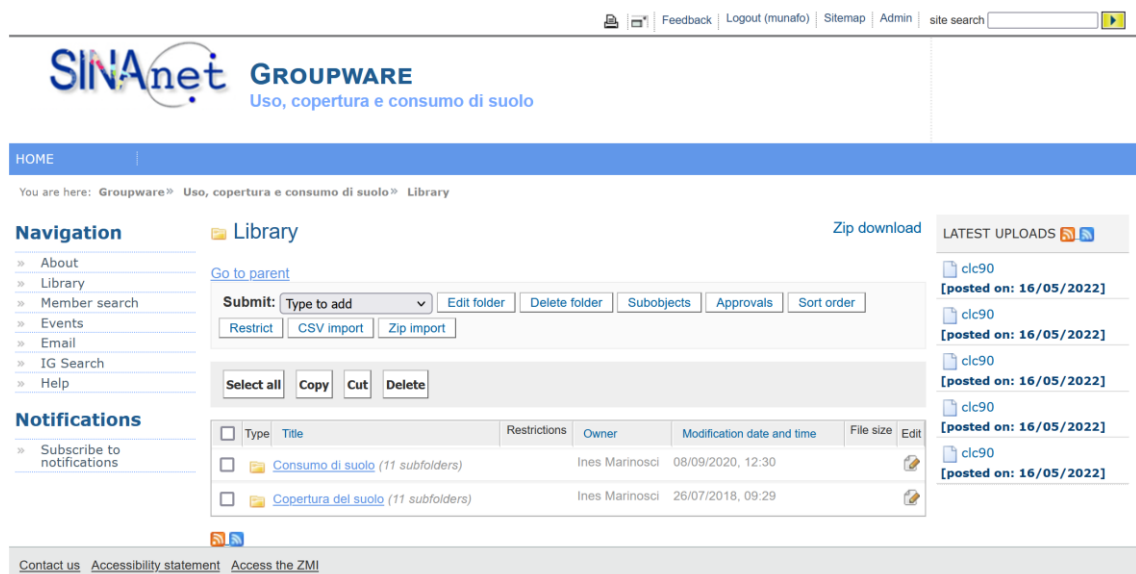


Figura 15. Download dei dati tramite il groupware del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)

STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

IL LIVELLO NAZIONALE³⁰

Il **consumo di suolo**³¹ continua a trasformare il territorio nazionale con velocità elevate. Nell'ultimo anno, le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 69,1 km² (Tabella 4), ovvero, in media, circa 19 ettari al giorno. Un incremento che mostra un'evidente accelerazione rispetto ai dati rilevati nel recente passato, invertendo nettamente il trend di riduzione degli ultimi anni e facendo perdere al nostro Paese 2,2 metri quadrati di suolo ogni secondo.

Una crescita delle superfici artificiali solo in parte compensata dal **ripristino**³² di aree naturali, pari quest'anno a 5,8 km², dovuti al passaggio da suolo consumato a suolo non consumato (in genere grazie al recupero di aree di cantiere o di superfici che erano state già classificate come consumo di suolo reversibile). Un segnale positivo, ma ancora del tutto insufficiente, tuttavia, per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del **consumo di suolo netto**, che, negli ultimi dodici mesi, è invece risultato pari a 63,3 km², di cui 13,6 di consumo permanente.

In aggiunta, si deve tuttavia considerare che altri 11,9 km² sono passati, nell'ultimo anno, da suolo consumato reversibile (tra quello rilevato nel 2020) a permanente, sigillando ulteriormente il territorio. L'**impermeabilizza-**

zione è quindi cresciuta, complessivamente, di 25,5 km², considerando anche il nuovo consumo di suolo permanente.

Inoltre, altri 8,9 km² sono stati coperti da serre permanenti e da altre forme di copertura del suolo che non sono, con l'attuale sistema di classificazione, considerate come consumo di suolo permanente o reversibile. Si possono, infine, aggiungere ulteriori 8,2 km² dovuti alle nuove aree rilevate nel 2021 di dimensione inferiore ai 1.000 m².

Tabella 4. Stima del consumo di suolo annuale tra il 2020 e il 2021.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo (km²)	69,1
Ripristino (km²)	5,8
Consumo di suolo netto (km²)	63,3
Consumo di suolo permanente (km²)	13,6
Impermeabilizzazione di aree già consumate reversibilmente (km²)	11,9
Impermeabilizzazione complessiva (km²)	25,5
Incremento di altre coperture non considerate (km²)	8,9
Nuove aree con superficie inferiore ai 1.000 m² (km²)	8,2

³⁰ Le stime sono elaborate da ISPRA sulla base dei dati del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e della cartografia prodotta dalla rete dei referenti per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo (ISPRA/ARPA/APPA) nell'ambito delle attività di sviluppo del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA). Cartografia e indicatori derivati sono disponibili sui siti ISPRA e SNPA con una licenza che ne permette il pieno utilizzo (CC BY 4.0 IT). L'aggiornamento dei dati di quest'anno ha rivisto anche le cartografie degli anni precedenti sulla base dei nuovi dati satellitari disponibili, rivedendo le stime relative. Nelle aree dove nel passato non erano disponibili immagini a elevata risoluzione si possono riscontrare aumenti delle stime del *consumo di suolo* rispetto a quelle riportate nell'edizione precedente del rapporto a causa della possibilità di rilevare an-

che le trasformazioni più piccole. Anche i dati di quest'anno potrebbero essere rivisitati e migliorati nei prossimi rapporti sulla base della disponibilità, in futuro, di dati satellitari a maggiore risoluzione.

Le stime riportate sono, quindi, da intendersi cautelative e preliminari.

³¹ Si ricorda che con *consumo di suolo* si intende l'incremento della copertura artificiale del suolo, generalmente su base annuale, mentre con *suolo consumato* si intende la quantità complessiva di suolo a copertura artificiale in un dato momento (il riferimento per i dati citati è il mese di maggio ± 2 mesi di ogni anno). Ad esempio, il consumo di suolo netto 2020-2021 è uguale alla differenza tra il suolo consumato 2021 e il suolo consumato 2020, ovvero alla crescita delle superfici artificiali in un anno tra il 2020 e il 2021.

³² I dati del ripristino sono rilevati sulle superfici classificate come "suolo consumato reversibile" negli anni precedenti.

La crescita netta delle superfici artificiali dell'ultimo anno equivale a una densità di consumo di suolo pari a 2,1 m² per ogni ettaro di territorio italiano e a un incremento dello 0,3% (Tabella 5).

Tabella 5. Incremento del consumo di suolo annuale tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Densità del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,10
Consumo di suolo netto (incremento %)	0,30

Tabella 6. Velocità del consumo di suolo giornaliero netto degli ultimi 15 anni. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	Consumo di suolo netto (ha/giorno)	Consumo di suolo netto revisionato³³ (ha/giorno)
2006-2012	27,4	28,7
2012-2015	15,1	15,2
2015-2016	14,4	14,7
2016-2017	15,4	15,6
2017-2018	16,7	17,1
2018-2019	16,1	17,2
2019-2020	14,2	15,9
2020-2021	17,3	-

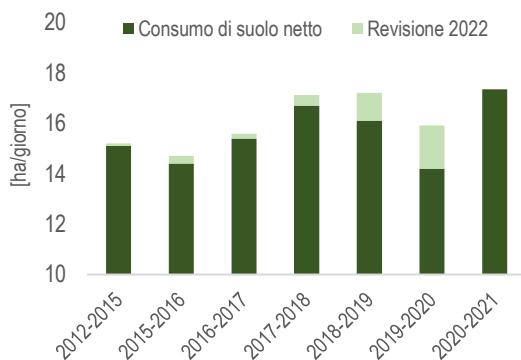


Figura 16. Velocità del consumo di suolo giornaliero netto (2012-2021). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

³³ Stime aggiornate sulla base del consumo di suolo rilevato nel 2022 grazie alla disponibilità delle immagini satellitari ad alta risoluzione che ogni anno permettono di migliorare le stime degli anni precedenti.

³⁴ Il suolo utile (v. ad es. Regione Lombardia, 2018) è ottenuto sottraendo le aree a pendenza molto elevata (>50%); le zone umide

La velocità del consumo di suolo netto tocca i valori massimi tra quelli rilevati dal 2012 a oggi, con un valore di 17,3 ettari al giorno (Tabella 6, Figura 16), e ci allontana ancora di più dagli obiettivi di azzeramento del consumo netto di suolo, mostrando una preoccupante inversione di tendenza. I dati confermano che, quindi, si continua a incrementare il livello di artificializzazione e di impermeabilizzazione del territorio, causando la perdita, spesso irreversibile, di aree naturali e agricole. Tali superfici sono state sostituite da nuovi edifici, infrastrutture, insediamenti commerciali, logistici, produttivi e di servizio e da altre aree a copertura artificiale all'interno e all'esterno delle aree urbane esistenti.

Per una migliore comprensione delle caratteristiche dei 63,3 km² di consumo di suolo netto, si deve tenere conto che oltre 56 km² (circa l'89%) sono avvenuti all'interno di quella parte di territorio teoricamente disponibile o comunque più idonea ai diversi usi, anche definita in alcuni casi come suolo utile³⁴. La caratteristica conformazione del territorio italiano comporta il fatto che è considerata utile circa il 59,55% della superficie nazionale e che in questa parte del territorio la densità del consumo di suolo raggiunga i 3,13 m² per ettaro, quasi il 50% in più della media nazionale.

Tabella 7. Consumo di suolo utile netto annuale tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo utile netto (km²)	56,22
Densità del consumo di suolo utile netto (m²/ha)	3,13

I dati della nuova cartografia SNPA del consumo di suolo, che aggiorna e rivede l'intera serie storica sulla base delle nuove immagini satellitari ad alta risoluzione,

(RAMSAR) e occupate da corpi idrici, fiumi e laghi; le aree appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC, ZPS e ZSC), i monumenti naturali, le riserve naturali e le altre aree protette; le aree a pericolosità da frana (classi P3 e P4) e idraulica (classe P3).

consentono un'analisi più accurata³⁵ del territorio permettendo di ottenere nuove stime sul **suolo consumato**. A livello nazionale (Tabella 8), la copertura artificiale del suolo può ora essere stimata in circa 21.500 km² (per l'86% situati su suolo utile), a cui devono essere aggiunti altri 624 km² di aree soggette ad altre forme di alterazione diretta a causa della copertura artificiale del suolo (come, ad esempio, le serre non pavimentate e i ponti) non considerate come causa di consumo di suolo. Potrebbero, inoltre, essere considerate altre forme di elevato degrado del suolo legate direttamente alla presenza di aree artificiali, in particolare dove la dimensione degli spazi residui non artificiali è inferiore a 1.000 m² (pari ad altri 759 km² stimati a livello nazionale).

Tabella 8. Stima del suolo consumato (2021) in km² a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (km²)	21.485
Altre coperture non considerate (km²)	624
Aree con superficie inferiore ai 1.000 m² (km²)	759
Suolo consumato su suolo utile (km²)	18.467

A livello percentuale, il suolo consumato riguarda il 7,13% (7,23% al netto della superficie dei corpi idrici permanenti). I valori sono in crescita continua negli ultimi anni. Aggiungendo le altre coperture non considerate e le aree più piccole di 1.000 m², il totale sale al 7,59% del territorio nazionale. La percentuale all'interno del territorio considerato come suolo utile supera il 10% (Tabella 9).

Tabella 9. Stima del suolo consumato (2021) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (% sul territorio nazionale)	7,13
Altre coperture non considerate (% sul territorio nazionale)	0,21
Aree con superficie inferiore ai 1.000 m² (% sul territorio nazionale)	0,25
Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)	7,23
Suolo consumato (% all'interno del suolo utile)	10,29

Tabella 10. Stima del suolo consumato (2006-2021) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

2006	2012	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
6,75	6,95	7,01	7,03	7,05	7,07	7,09	7,11	7,13

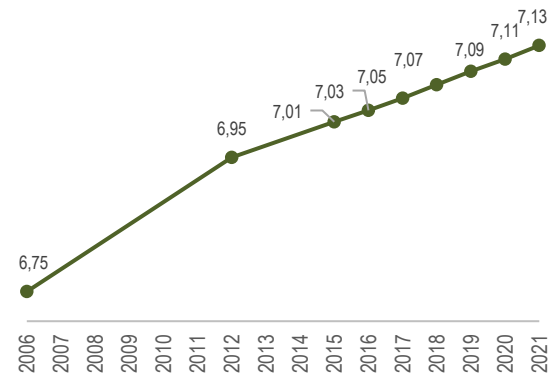


Figura 17. Stima del suolo consumato (2006-2021) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

³⁵ Per la valutazione dell'accuratezza della cartografia è stata elaborata una metodologia che si basa sullo studio di aree campione, selezionando 10 riquadri di 1 km² di estensione per ogni regione, per un totale di 200 riquadri. I riquadri sono stati scelti casualmente e distribuiti in maniera omogenea (attraverso una stratificazione) sul territorio di ogni regione. Questo metodo assicura un numero significativo di campioni per un'analisi statistica, anche se bisogna considerare che, in generale, il cambiamento della copertura del suolo è statisticamente un "evento raro" quando si considera un campione casuale su una vasta superficie. I cambiamenti, infatti, non avvengono con una

distribuzione omogenea, ma si concentrano in particolari aree, pertanto, una scelta random di aree uniformemente distribuite, risulta statisticamente corretta, ma porta ad analizzare un numero di cambiamenti abbastanza ridotto. Le aree scelte sono state fotointerpretate utilizzando ortoimmagini ad alta risoluzione. All'interno di ogni riquadro sono stati considerati gli errori di omissione e commissione sulla copertura. L'accuratezza globale a livello nazionale è risultata del 99,7%, con un errore di omissione a livello regionale (aree reali non rappresentate nella classe di appartenenza) compreso tra 0,2 e 1,3% e un errore di commissione (aree erroneamente incluse nella classe) compreso tra 0,2 e 1,9%.

I cambiamenti rilevati nell'ultimo anno si concentrano in alcune aree del Paese, rimanendo particolarmente elevati nella pianura Padana, con maggiore intensità nella parte lombarda e veneta. Il fenomeno rimane molto intenso lungo tutta la costa adriatica, dal Veneto alla Puglia e con elevate densità di trasformazione in tratti del litorale marchigiano e in Abruzzo. Il Salento conferma la tendenza degli ultimi anni con una fortissima presenza di cambiamenti. Tra le aree metropolitane più colpite compaiono ancora Roma e Napoli. La maggior densità del consumo di suolo è stata registrata, anche quest'anno, lungo la fascia costiera entro un chilometro dal mare, nelle aree di pianura, nelle città e nelle zone urbane e periurbane dei principali poli e dei comuni di cintura della frangia urbana (v. capitolo seguente per maggiori approfondimenti).

La relazione tra il consumo di suolo e le dinamiche della popolazione conferma che il legame tra la demografia e i processi di urbanizzazione e di infrastrutturazione non è diretto e si assiste a una crescita delle superfici artificiali anche in presenza di stabilizzazione, in molti casi di decrescita, della popolazione residente (Tabella 11). Anche a causa della flessione demografica, il **suolo consumato pro-capite** aumenta dal 2020 al 2021 di 3,46 m²/ab e di 5,46 m²/ab in due anni, sebbene il consumo di suolo annuale pro-capite diminuisca da 1,16 a 1,12 m²/ab. In Figura 18 si può osservare il trend in crescita a livello nazionale. Si passa, infatti, dai circa 349 m²/ab nel 2006 e nel 2012 ai circa 363 m²/ab nel 2021. Dal 2012 al 2018 il suolo consumato per abitante è aumentato di 6,6 m²/ab mentre nell'ultimo triennio di 7,2 m²/ab.

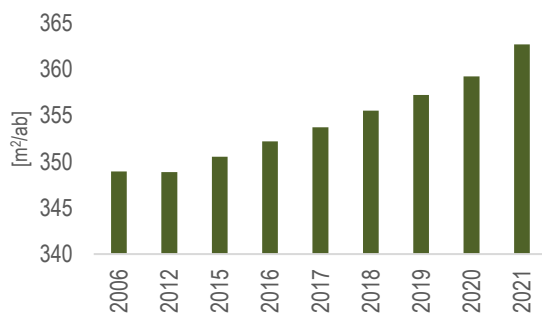


Figura 18. Suolo consumato pro capite a livello nazionale per anno.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Per rappresentare l'efficienza delle trasformazioni è utile analizzare il **consumo marginale di suolo**, indicatore dato dal rapporto tra il consumo di suolo netto e i nuovi residenti tra un anno e il successivo. A valori positivi elevati di questo indicatore corrisponde un alto e più insostenibile consumo di suolo a fronte di una crescita non significativa della popolazione, mentre valori negativi indicano un aumento del consumo di suolo in presenza di decrescita della popolazione, ovvero in assenza dei meccanismi di domanda che generalmente giustificano la richiesta di consumare suolo (Pileri, 2017). A livello nazionale, il nuovo consumo di suolo netto di 63,3 km² avviene a fronte di una decrescita di popolazione di circa 405 mila abitanti, alla luce anche della componente non trascurabile dovuta all'eccesso di mortalità a causa della pandemia. L'indicatore di consumo di suolo marginale ci rivela come, negli ultimi dodici mesi, per ogni abitante in meno si sia consumato suolo per 161 m². Nell'anno precedente la diminuzione della popolazione aveva prodotto valori negativi ancora più marcati (338 m²/ab). Il valore medio nazionale non tiene in conto delle enormi differenze tra i valori che questo indicatore assume nei diversi contesti locali (v. § *Il livello comunale*). Limitando l'analisi ai soli comuni nei quali la popolazione è cresciuta, ad esempio, il valore medio nazionale che si ottiene è di 106 m²/ab.

La relazione tra il tasso del consumo di suolo e quello demografico è alla base anche degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare del target 'assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica' e dell'indicatore 11.3.1, calcolato come rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione

della popolazione, proposto dalle Nazioni Unite (*Ratio of land consumption rate to population growth rate*)³⁶.

Tabella 11. Consumo di suolo e dinamiche della popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati demografici Istat e cartografia SNPA

	2019	2020	2021
Suolo consumato pro capite (m²/ab)	357,24	359,24	362,70
	2019 - 2020	2020 - 2021	
Consumo di suolo pro capite (m²/ab)	1,16	1,12	
Consumo netto di suolo pro capite (m²/ab)	0,97	1,07	
Consumo marginale di suolo (m²/ab)	-338	-161	
Rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione	-0,94	-0,45	



³⁶ L'indicatore mette in correlazione il tasso di variazione del suolo consumato con il tasso di variazione della popolazione secondo la formula: $LCRPGR = \left(\frac{LC_{t+n} - LC_t}{y} \right) / \left(\frac{\ln \left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t} \right)}{y} \right)$

Dove: LC_t è il suolo consumato in km² per l'anno iniziale; LC_{t+n} è il suolo consumato in km² per l'anno corrente; Pop_t è la popolazione per l'anno iniziale; Pop_{t+n} è la popolazione per l'anno corrente; y è il numero di anni tra l'anno iniziale e l'anno corrente. Per valori positivi

dell'indicatore popolazione e consumo di suolo aumentano o diminuiscono entrambi; per valori negativi uno dei due aumenta e l'altro diminuisce. Se l'indicatore è tra 0 e |1| il tasso di variazione del consumo di suolo è minore del tasso di variazione della popolazione, se è 0 non varia il consumo; se invece l'indicatore è maggiore di |1| il tasso di variazione del consumo di suolo è maggiore del tasso di variazione della popolazione, se è infinito la popolazione non varia ma il consumato si.

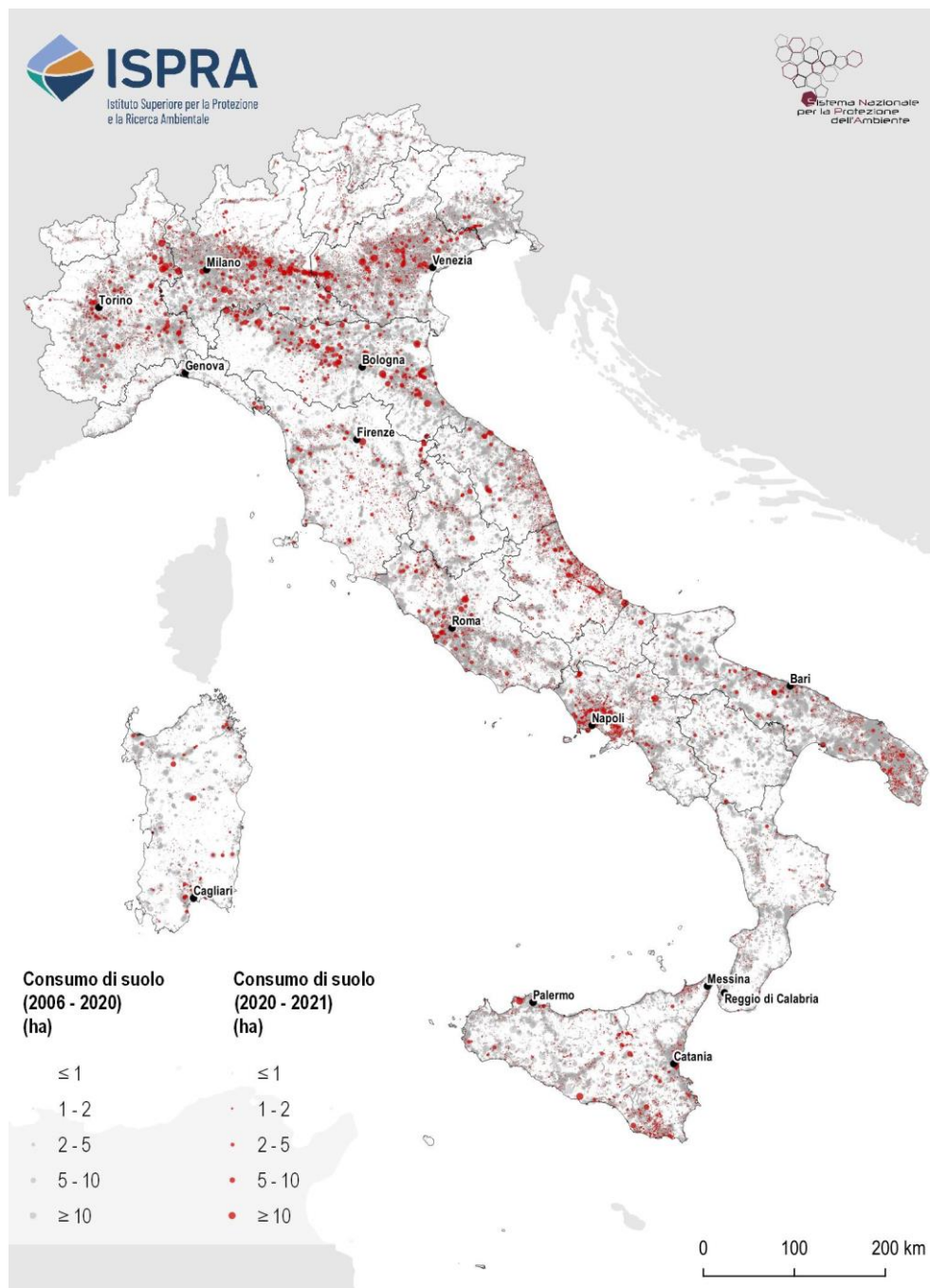


Figura 19. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2006 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO REGIONALE

In 15 regioni il suolo consumato supera il 5% (Tabella 12), una in più della passata edizione del rapporto, con l'Abruzzo che supera per la prima volta la soglia appena citata. I valori percentuali più elevati rimangono quelli della Lombardia (12,12%) del Veneto (11,90%) e della Campania (10,49%). Come per il caso nazionale, anche le stime regionali sono state revisionate e aggiornate, riuscendo in questo modo ad escludere dal computo superfici da non considerare consumate. Non cambia, tuttavia, l'ordine delle regioni, seguono infatti Emilia-Romagna, Puglia, Lazio, Friuli-Venezia Giulia e Liguria, con valori sopra la media nazionale e compresi tra il 7 e il 9% (Figura 20). La Valle d'Aosta è la regione con la percentuale più bassa (2,15%). Naturalmente va considerata sia la diversa morfologia regionale sia la storica e peculiare evoluzione del territorio nell'interpretare la rilevanza dei valori riscontrati.

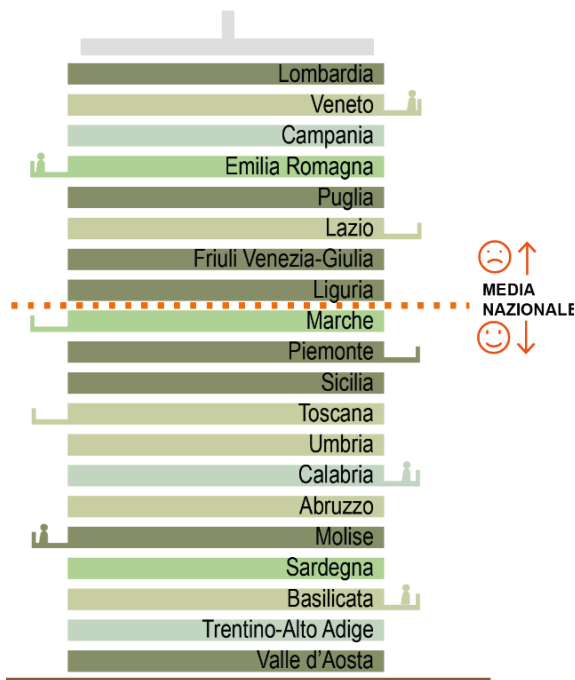


Figura 20. Confronto tra la percentuale per regione di suolo consumato (2021) e la media nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il confronto tra ripartizioni geografiche (Tabella 12, Figura 21) conferma i valori più alti di suolo consumato per le due ripartizioni del Nord, peraltro le uniche sopra il valore percentuale nazionale.

La Lombardia detiene il primato anche in termini assoluti, con oltre 289mila ettari del suo territorio coperto artificialmente (il 13,5% delle aree artificiali italiane è in questa regione), contro gli appena 7.000 ettari della Valle d'Aosta.

Gli incrementi maggiori, indicati dal consumo di suolo netto in ettari dell'ultimo anno, sono avvenuti nelle regioni Lombardia (con 883 ettari in più), Veneto (+684 ettari), Emilia-Romagna (+658), Piemonte (+630) e Puglia (+499). La Valle d'Aosta è la regione con il consumo inferiore, ha consumato meno suolo rispetto allo scorso anno, ma aggiunge poco più di 10 ettari alla sua superficie consumata. Tra le altre, solo la Liguria ha contenuto il suo consumo al di sotto di 50 ettari, mentre Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Molise Basilicata e Calabria hanno avuto incrementi inferiori ai 100 ettari.

In termini di incremento percentuale rispetto alla superficie artificiale dell'anno precedente (Figura 22), il valore più elevato è quello dell'Abruzzo (+0,78%), seguono Piemonte (+0,37%) e Campania (+0,34%). Sopra la media nazionale (+0,30%), ci sono anche Emilia-Romagna, Puglia, Lombardia, Veneto e Molise (Tabella 12).

Nel grafico a dispersione di Figura 23 si mettono in relazione gli ettari di suolo già consumato e la variazione 2020-2021. In questo modo si possono evidenziare raggruppamenti omogenei di regioni sulla base dei valori graficati e al tempo stesso delineare differenze sostanziali tra le stesse, come ad esempio, la discrepanza tra i valori di Abruzzo (nella parte destra del grafico) e regioni come Marche e Toscana (a sinistra).

L'andamento a livello regionale del consumo di suolo netto negli anni tra il 2006 e il 2021 è riportato in Figura 25.

Nell'ultimo anno il Sud (+0,34%) registra il valore di crescita percentuale del consumo di suolo più alto (Figura 22), seguono il Nord-Ovest e Nord-Est con valori simili (0,31% e 0,29%). Le altre ripartizioni si attestano allo 0,27% (Isole) e 0,24% (Centro), ben al di sotto del valore nazionale (0,30%).

La densità dei cambiamenti netti del 2021, ovvero il consumo di suolo rapportato alla superficie territoriale, rende

evidente il peso del Sud che consuma 2,21 m² per ogni ettaro di territorio e, soprattutto, delle ripartizioni del Nord che insieme consumano come dato aggregato 2,56 m²/ha (2,70 nel Nord-Ovest e 2,45 nel Nord-Est), contro una media nazionale che nell'ultimo anno è stata di 2,10 m²/ha (Tabella 12). Tra le regioni, la densità del consumo di suolo è più alta in Abruzzo (3,88 m²/ha), Veneto (3,73 m²/ha), Lombardia (3,70 m²/ha) e Campania (3,60

m²/ha). Gli stessi indicatori sopracitati, valutati nell'intera disponibilità della serie storica 2006-2021, evidenziano dati sotto la media negli ultimi anni, nonostante la ripresa del fenomeno nell'ultima rilevazione, ma una situazione cumulata che riporta un trend che sarà difficile da contenere in ottica degli obiettivi di sviluppo sottoscritti dal nostro Paese in ambito comunitario e internazionale.

Tabella 12. Indicatori di consumo di suolo a livello regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato 2021 (ha)	Suolo consumato 2021 (%)	Consumo di suolo netto 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo netto 2020-2021 (%)	Consumo di suolo netto 2006-2021 (ha)	Densità consumo di suolo netto 2020-2021 (m ² /ha)	Densità consumo di suolo netto 2006-2021 (m ² /ha)
Piemonte	169.655	6,68	629,88	0,37	8.792	2,48	34,61
Valle d'Aosta	7.001	2,15	10,52	0,15	201	0,32	6,17
Lombardia	289.386	12,12	882,98	0,31	13.858	3,70	58,04
Liguria	39.299	7,25	39,30	0,10	824	0,73	15,20
Nord-Ovest	505.341	8,72	1.562,68	0,31	23.675	2,70	40,85
Friuli-Venezia Giulia	63.375	8,00	98,44	0,16	2.722	1,24	34,37
Trentino-Alto Adige	41.624	3,06	87,78	0,21	1.835	0,65	13,49
Emilia-Romagna	200.320	8,90	658,16	0,33	10.351	2,92	46,00
Veneto	218.230	11,90	683,58	0,31	12.309	3,73	67,13
Nord-Est	523.549	8,40	1.527,96	0,29	27.217	2,45	43,64
Umbria	44.543	5,27	111,97	0,25	2.636	1,32	31,18
Marche	64.751	6,94	137,95	0,21	3.755	1,48	40,27
Toscana	141.827	6,17	293,75	0,21	4.238	1,28	18,44
Lazio	139.918	8,13	407,42	0,29	8.610	2,37	50,05
Centro	391.039	6,75	951,09	0,24	19.239	1,64	33,19
Basilicata	31.701	3,17	76,95	0,24	2.258	0,77	22,59
Molise	17.414	3,92	54,09	0,31	751	1,22	16,91
Abruzzo	54.210	5,02	418,69	0,78	3.428	3,88	31,75
Calabria	76.319	5,06	83,68	0,11	4.475	0,55	29,67
Puglia	158.695	8,20	498,60	0,32	13.752	2,58	71,05
Campania	142.625	10,49	490,04	0,34	6.984	3,60	51,36
Sud	480.963	6,56	1.622,05	0,34	31.648	2,21	43,20
Sardegna	80.029	3,32	180,49	0,23	3.591	0,75	14,89
Sicilia	167.590	6,52	487,17	0,29	9.898	1,89	38,48
Isole	247.619	4,97	667,66	0,27	13.489	1,34	27,07
ITALIA	2.148.512	7,13	6.331,44	0,30	115.268	2,10	38,24

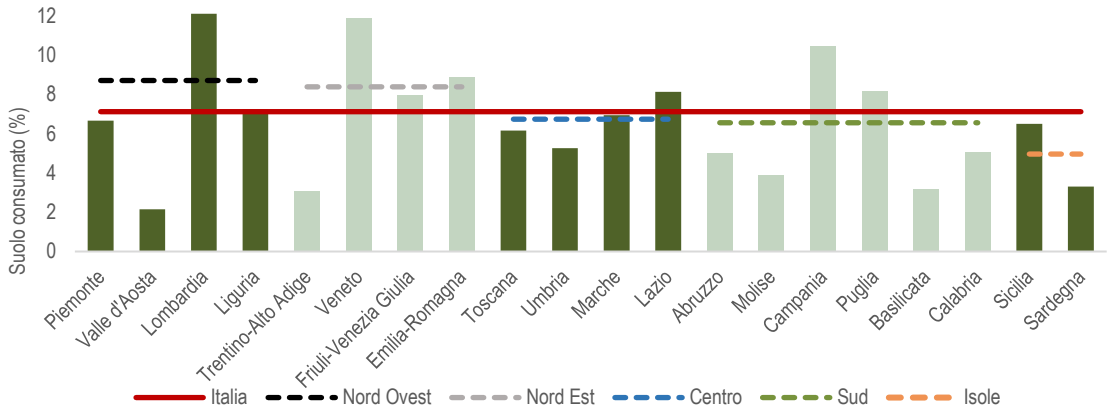


Figura 21. Suolo consumato a livello regionale e di ripartizione geografica (% 2021). In rosso la percentuale nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

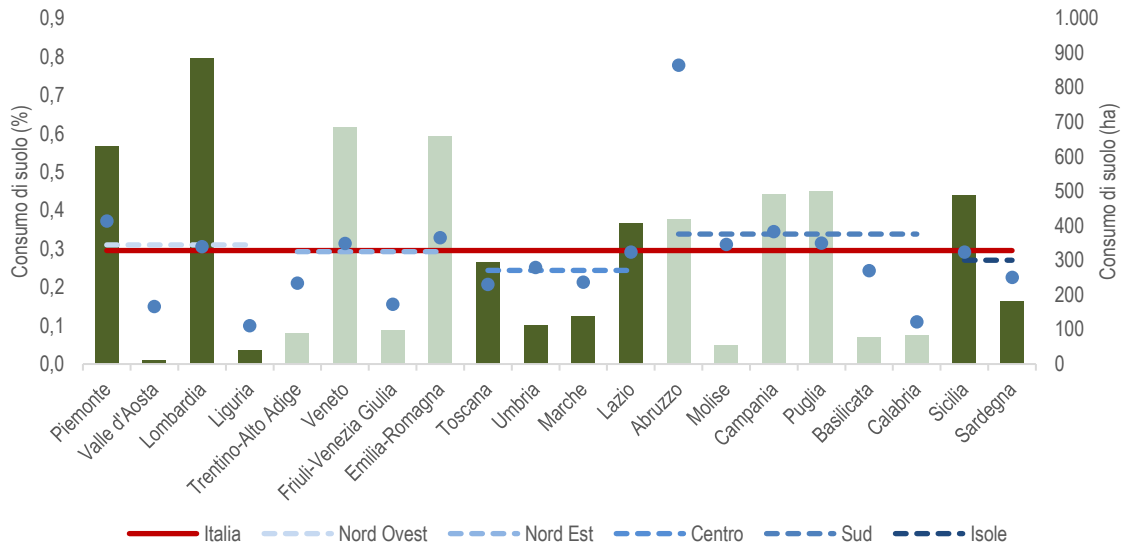


Figura 22. Consumo di suolo netto a livello regionale. Incremento percentuale (in azzurro) e in ettari (verde) tra il 2020 e il 2021. È dato anche l'incremento percentuale nazionale (rosso) e per ripartizione geografica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

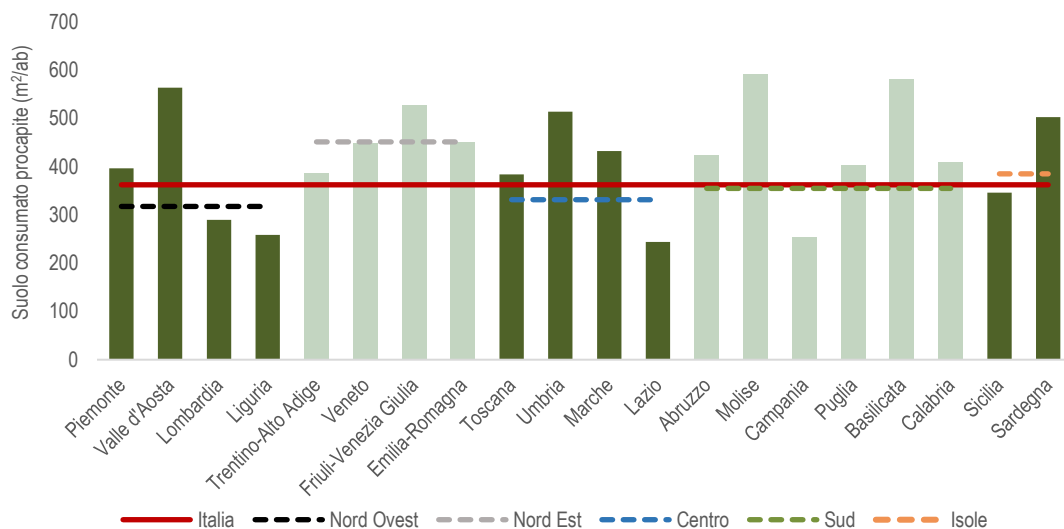


Figura 23. Suolo consumato pro capite nel 2021 in metri quadrati per abitante, con valore nazionale (in rosso) e per ripartizione geografica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati di popolazione Istat

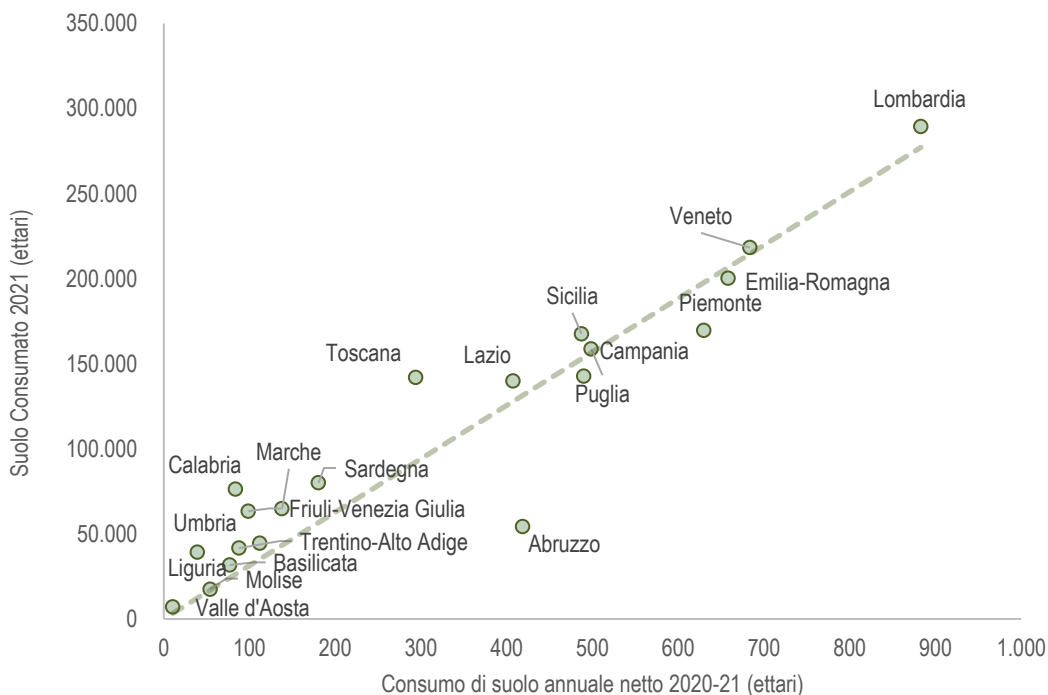


Figura 24. Relazione tra suolo consumato e consumo di suolo annuale netto per regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

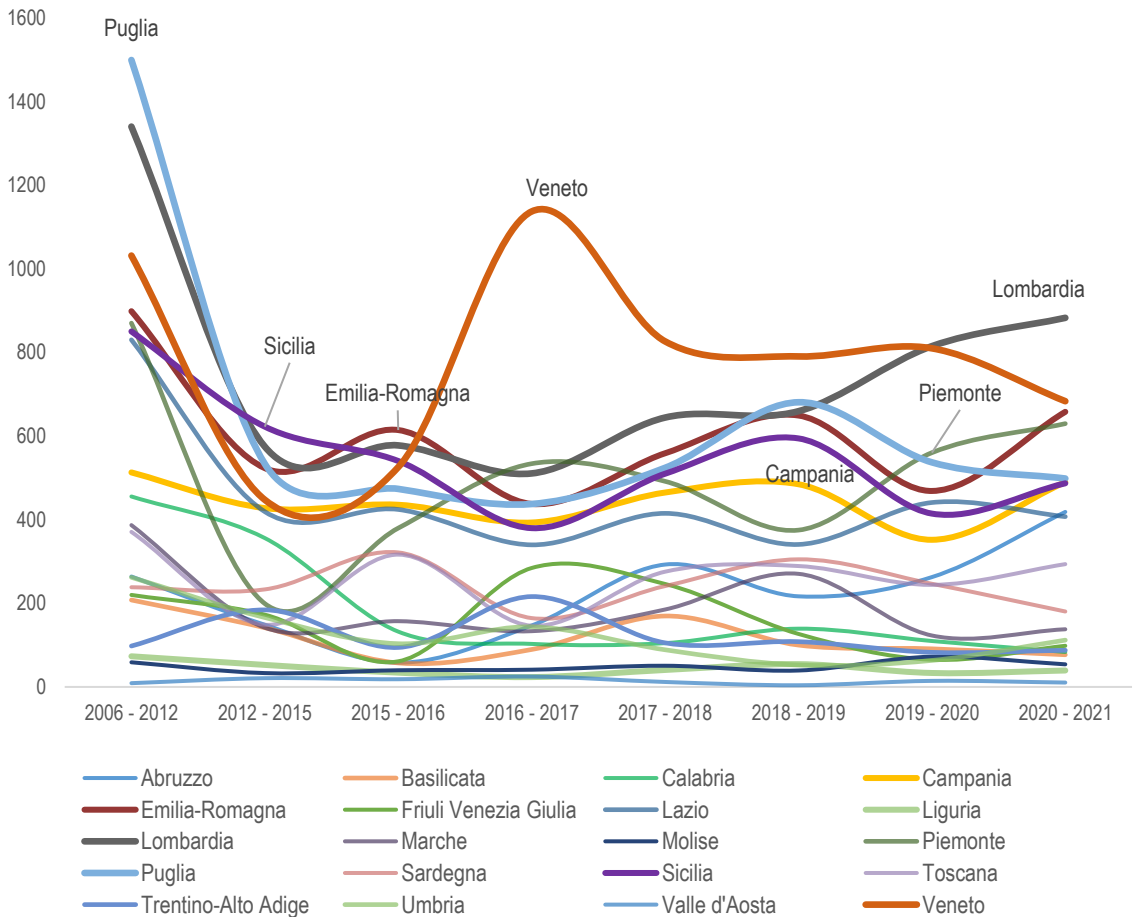


Figura 25. Andamento del consumo di suolo annuale netto a livello regionale dal 2006 al 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Una misura dell'efficacia del consumo di suolo in relazione alle esigenze demografiche è offerta da diversi indicatori (Tabella 13). In termini di suolo consumato pro capite, i valori regionali più alti risentono della bassa densità abitativa tipica di alcune regioni. Il Molise presenta il valore più alto (578 m²/ab) quasi 200 m² in più rispetto al valore nazionale (359 m²/ab), seguita da Basilicata (572 m²/ab) e Valle d'Aosta (559 m²/ab). Lazio, Campania, Liguria e Lombardia presentano i valori più bassi e al di sotto del valore nazionale.

Limitandosi alla crescita annuale, risaltano anche in questo caso i valori elevati dell'Abruzzo (3,27 m²/ha), superiori al triplo del dato nazionale sul consumo di suolo pro capite (1,07 m²/ab). Mentre nel Lazio si registra il valore più basso (0,71 m²/ab).

L'indicatore di consumo di suolo marginale evidenzia che, in un periodo storico di eccezionale decrescita della popolazione, dovuto in parte alla recessione demografica e in parte all'eccedenza di mortalità causata dalla pandemia, regioni con valori alti di consumo di suolo e decrescita demografica restituiscono i valori (negativi) relativi alla minore sostenibilità. Si tratta ad esempio di Veneto e

Abruzzo con valori negativi oltre il valore nazionale (-161 m²/ab), sintomo di consumi di suolo elevati a fronte di decrescite della popolazione. A questa scala di analisi, valori positivi si registrano solamente dove gli abitanti residenti sono in aumento rispetto allo scorso anno. Nel confronto tra il 2020 e il 2021, questa situazione si manifesta solo in Toscana, dove per ogni “nuovo abitante” si sono consumati quasi un ettaro di suolo, ragion per cui il valore dell’indicatore ha raggiunto per l’ultimo periodo di cambiamento quota 9.476 m²/ab. L’anno scorso valori positivi per questo indicatore si erano registrati per cinque regioni in totale a conferma dell’influenza preponderante dell’andamento demografico. Anche l’indicatore

SDG 11.3.1 *Ratio of land consumption rate to population growth rate* (cfr. § Il livello nazionale) indica situazioni di significativo sbilanciamento tra consumo e popolazione, assumendo il valore positivo massimo, in analogia con il precedente indicatore, pari a 24,72, in Toscana, dove si registra un incremento della popolazione di circa 300 abitanti e un incremento del suolo consumato di quasi 3 km², con un tasso di variazione del consumo di suolo maggiore del tasso di variazione della popolazione. Il valore negativo minimo pari a -1,65 è in Veneto, con una diminuzione della popolazione residente di oltre 9.300 abitanti e un incremento del suolo consumato di quasi 6,8 km².

Tabella 13. Consumo di suolo e andamenti demografici regionali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato pro capite 2020 (m ² /ab)	Suolo consumato pro capite 2021 (m ² /ab)	Consumo di suolo pro capite 2020-2021 (m ² /ab)	Consumo di suolo marginale 2020-2021 (m ² /ab)	Ratio of land consumption rate to population growth rate
Piemonte	392	397	1,47	-174	-0,44
Valle d'Aosta	559	564	0,85	-111	-0,20
Lombardia	288	290	0,88	-193	-0,67
Trentino-Alto Adige	389	386	0,81	105	0,27
Veneto	446	448	1,40	-735	-1,65
Friuli-Venezia Giulia	525	527	0,82	-209	-0,40
Liguria	257	259	0,26	-62	-0,24
Emilia-Romagna	447	451	1,48	-261	-0,58
Toscana	383	384	0,80	9.476	24,72
Umbria	511	515	1,29	-238	-0,46
Marche	428	433	0,92	-108	-0,25
Lazio	242	244	0,71	-161	-0,66
Abruzzo	416	423	3,27	-324	-0,78
Molise	578	592	1,84	-87	-0,15
Campania	249	254	0,87	-56	-0,22
Puglia	400	403	1,27	-255	-0,64
Basilicata	572	582	1,41	-95	-0,16
Calabria	402	410	0,45	-25	-0,06
Sicilia	343	347	1,01	-117	-0,34
Sardegna	495	503	1,14	-84	-0,17
ITALIA	362	366	1,08	-160	-0,44

Un'analisi della distribuzione in relazione alla dimensione economica regionale è effettuata attraverso il confronto del suolo consumato e del consumo 2020-2021 con il PIL regionale³⁷ e il numero di addetti all'industria³⁸ (Tabella 14). Questa analisi evidenzia che il suolo consumato per unità di PIL ha una notevole variabilità tra le regioni, con i valori più elevati dell'indicatore in Molise (2,90 ha/mln di € di PIL) e in Basilicata (2,76 ha/mln di € di PIL), più del doppio del valore nazionale (1,20 ha/mln di €) e di Trentino-Alto Adige, Liguria, Lombardia e Lazio che hanno valori sotto l'unità. Il consumo dell'ultimo anno vede in testa l'Abruzzo (137 m²/mln di € di PIL), a seguire Molise (90 m²/mln di €) e Sardegna (72 m²/mln di €).

Calabria, Sardegna Molise e Basilicata registrano i valori più alti di suolo consumato rispetto al numero di addetti impiegati nell'industria, nella variazione annuale il Molise è al primo posto invece con 75 m² di suolo consumato per ogni addetto molto di più della media italiana di 16,8 m²/addetto. Concentrando l'analisi solo sugli addetti nel settore delle costruzioni la Calabria risulta essere la regione con più suolo consumato per ogni addetto alle costruzioni (2,93 ettari per addetto), mentre l'Abruzzo è quella che ha consumato di più nell'ultimo anno per addetto in questo settore (126 m² per addetto alle costruzioni).

Tabella 14. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale netto (2020-2021) per € di PIL e per addetto all'industria. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato 2021 (ha/mln € di PIL)	Suolo consumato 2021 (ha/addetto industria)	Suolo consumato 2021 (ha/addetto costruzioni)	Consumo di suolo 2020-2021 (m ² / mln € di PIL)	Consumo di suolo 2020-2021 (m ² /addetto industria)	Consumo di suolo 2020-2021 (m ² /addetto costruzioni)
Piemonte	1,34	0,43	1,69	49,84	15,93	62,88
Valle d'Aosta	1,55	1,63	1,53	23,26	24,55	23,09
Liguria	0,85	0,63	1,05	8,51	6,29	10,54
Lombardia	0,79	0,30	1,09	24,05	9,15	33,24
Trentino-Alto Adige	0,95	0,59	1,05	20,03	12,39	22,13
Veneto	1,43	0,41	1,73	44,87	12,88	54,32
Friuli-Venezia Giulia	1,72	0,58	2,38	26,74	8,96	37,08
Emilia-Romagna	1,34	0,44	1,78	43,98	14,54	58,62
Toscana	1,27	0,49	1,62	26,32	10,09	33,61
Umbria	2,09	0,80	2,18	52,47	20,05	54,92
Marche	1,64	0,44	1,95	35,00	9,36	41,59
Lazio	0,75	0,88	1,14	21,87	25,55	33,43
Abruzzo	1,77	0,72	1,62	136,55	55,30	126,28
Molise	2,90	2,42	2,60	90,03	75,07	80,93
Campania	1,39	0,87	1,53	47,71	29,81	52,91
Puglia	2,25	1,31	2,14	70,79	41,06	67,50
Basilicata	2,76	2,42	2,44	67,03	58,73	59,47
Calabria	2,48	3,04	2,93	27,20	33,35	32,20
Sicilia	2,02	2,05	2,45	58,65	59,62	71,36
Sardegna	2,49	2,72	2,47	56,19	61,27	55,94
Italia	1,20	0,57	1,62	28,60	13,60	38,76

³⁷ Prodotto interno lordo ai prezzi di mercato, dati riferiti all'anno 2020, edizione dicembre 2021.

³⁸ Addetti alle costruzioni e addetti alle industrie riferiti all'anno 2019 fonte: Registro Statistico delle Imprese Attive (ASIA).

IL LIVELLO PROVINCIALE

I dati relativi al suolo consumato (2021) e al consumo netto di suolo annuale (2020-2021) a livello provinciale sono riportati in Tabella 15. Monza e Brianza si conferma la provincia con la percentuale di suolo artificiale più alta, con circa il 41% di suolo consumato in rapporto alla superficie provinciale e un ulteriore incremento di 9,6 ettari, dopo i quasi 30 dello scorso anno. Sopra il 30% troviamo le province di Napoli (35%) e Milano (32%), mentre sopra al 20% ci sono Trieste (21%) e Varese (21%) e, poco al di sotto, Padova (19%) e Treviso (17%). Numeri che rispecchiano la realtà di quelle conformazioni e agglomerati sovracomunali che hanno quasi saturato o stanno saturando il proprio territorio. La crescita percentuale maggiore è avvenuta nell'ultimo anno a Chieti, Pescara e Novara, con valori di incremento percentuale prossimi all'unità, rispettivamente 1,05%, 0,96% e 0,94%. Valori elevati se rapportati alla media nazionale dello 0,30%.

Le province dove il consumo di suolo netto è cresciuto di più tra il 2020 e il 2021 sono Brescia (+307 ettari), Roma (+216 ettari) e Napoli (+204 ettari). Tra quelle che hanno consumato di meno si registrano le province di Trieste, Gorizia e Ancona, dove anche alcune azioni di ripristino del suolo già consumato hanno contribuito a mantenere il consumo di suolo al di sotto dei 10 ettari.

In termini assoluti, la città metropolitana di Roma si conferma quella con la maggiore superficie consumata al 2021, con oltre 70.100 ettari, anche grazie agli ulteriori 216 ettari dell'ultimo anno, di cui oltre 95 nel territorio comunale della Capitale. La provincia di Roma è seguita da Torino (circa 58.075 ettari), con un incremento di 162 ettari. Milano si avvicina, nel 2021, alla soglia dei 50.000 ettari (75 in più nell'ultimo anno), ma viene superata da Brescia con una superficie consumata di poco superiore (50.022 ettari) grazie ai 307 ettari di consumo dell'ultimo

anno. Verona (+184 ettari), Treviso (+119 ettari) e Napoli (+204 ettari) hanno valori compresi tra i 40.000 e i 42.000 ettari. Più di un quinto (il 22%, oltre 4.600 km²) del suolo artificiale in Italia nel 2021, è concentrato nel territorio amministrato dalle 14 città metropolitane.

La densità di consumo di suolo per l'area delle città metropolitane, considerando l'area provinciale (Figura 26) assume il valore più alto quest'anno a Napoli (17 m²/ha). Segue Novara (10 m²/ha), confermando il valore elevato dell'anno scorso (nel quale era la prima provincia per metri quadri consumati per ogni ettaro di territorio). Pescara e Chieti, con 6,8 e 6,6 m²/ha, confermano l'andamento regionale. Tra le città metropolitane, Genova e Reggio Calabria registrano anche quest'anno valori bassi per questo indicatore con 0,42 e 0,40 m²/ha.

Le tavole alle pagine seguenti riportano la percentuale di suolo consumato (2021; Figura 28), il suolo consumato pro capite (2021; Figura 29), la densità di consumo di suolo netto annuale (2020-2021; Figura 30) e il consumo di suolo netto pro capite (2020-2021; Figura 31) a livello provinciale. Analizzando la distribuzione territoriale del consumo di suolo (Figura 30), è evidente come, al di là delle maggiori aree metropolitane, le province della pianura Emiliana-Lombardo-Veneta presentino densità del consumo di suolo generalmente sopra la media nazionale, con poche eccezioni. Sempre sopra la media molte province della costa adriatica, di Roma, della Campania settentrionale, della Puglia meridionale e della Sicilia.

Come già ricordato, nell'ambito delle attività di aggiornamento dei dati, è in corso anche la revisione della serie storica per l'adeguamento al rinnovato sistema di monitoraggio. In Figura 27 sono riportati gli andamenti del consumo di suolo annuale netto nelle città metropolitane.

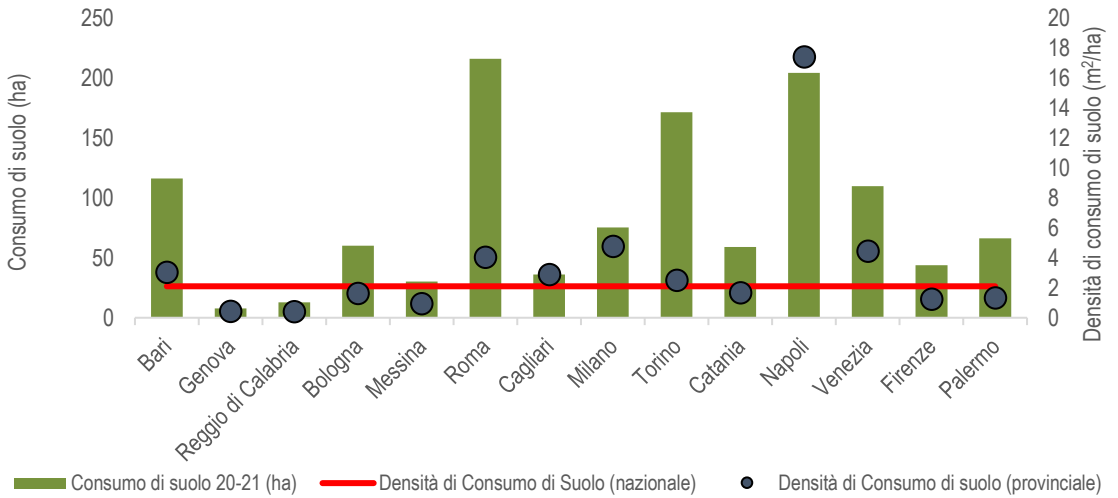


Figura 26. Consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro (densità di CDS) nelle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

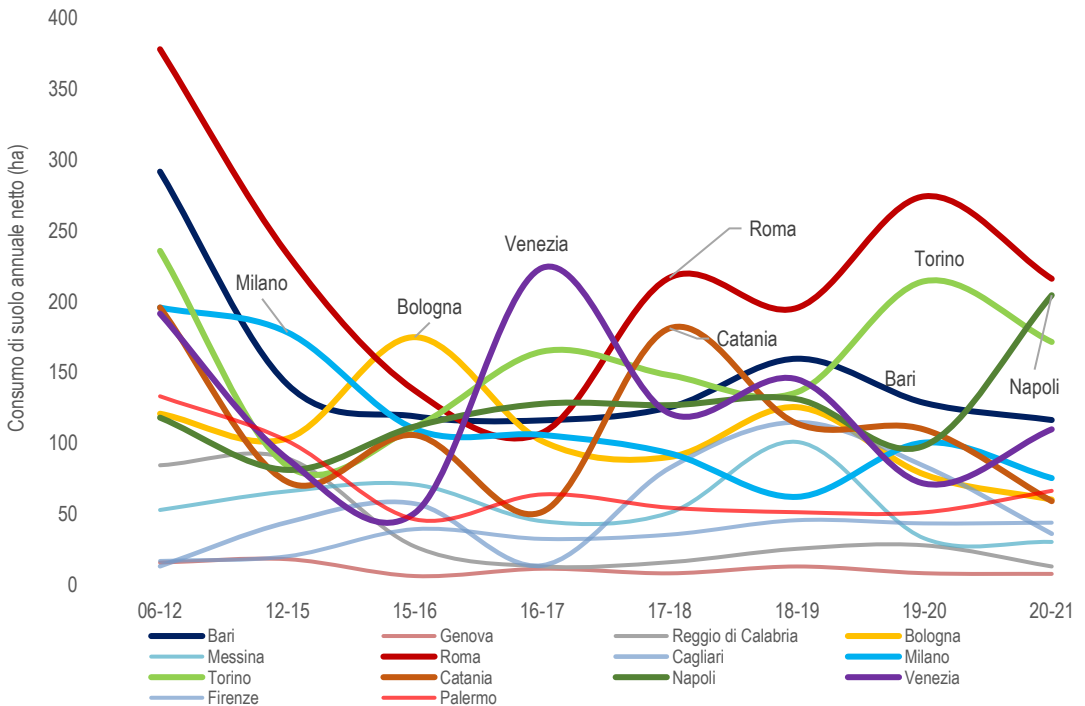


Figura 27. Consumo di suolo annuale netto in ettari tra il 2006 e il 2021 nelle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 15. Suolo consumato (2021) e consumo netto di suolo annuale (2020-2021) a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2021 (ha)	Suolo Consumato 2021 (%)	Suolo Consumato pro capite 2021 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 (%)	Consumo di suolo pro capite 2020-2021 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha/anno)
Torino	58.359	8,54	263	172	0,29	0,77	2,51
Vercelli	10.332	4,96	620	33	0,32	2,00	1,60
Novara	14.862	11,08	410	140	0,95	3,84	10,40
Cuneo	36.477	5,29	627	117	0,32	2,02	1,70
Asti	10.935	7,24	522	42	0,39	2,01	2,79
Alessandria	25.164	7,07	615	100	0,40	2,44	2,81
Biella	7.223	7,90	423	16	0,22	0,93	1,73
Verbano-Cusio-Ossola	6.303	2,79	407	10	0,16	0,65	0,44
Piemonte	169.655	6,68	397	630	0,37	1,47	2,48
Aosta	7.001	2,15	564	11	0,15	0,85	0,32
Valle d'Aosta	7.001	2,15	564	11	0,15	0,85	0,32
Varese	25.155	20,98	286	31	0,12	0,35	2,57
Como	15.642	12,22	262	16	0,10	0,27	1,25
Sondrio	8.471	2,65	474	18	0,21	0,99	0,55
Milano	49.944	31,68	154	75	0,15	0,23	4,78
Bergamo	32.806	11,90	297	143	0,44	1,30	5,20
Brescia	50.022	10,45	398	307	0,62	2,45	6,42
Pavia	28.221	9,50	527	39	0,14	0,72	1,30
Cremona	18.570	10,48	527	75	0,40	2,12	4,23
Mantova	24.826	10,60	611	95	0,38	2,34	4,05
Lecco	9.692	12,02	291	31	0,32	0,92	3,81
Lodi	9.543	12,18	420	44	0,46	1,93	5,60
Monza e della Brianza	16.494	40,65	190	10	0,06	0,11	2,36
Lombardia	289.386	12,12	290	883	0,31	0,88	3,70
Bolzano	20.107	2,72	376	50	0,25	0,93	0,67
Trento	21.517	3,47	397	38	0,18	0,70	0,61
Trentino-Alto Adige	41.624	100,21	386	88	0,21	0,81	21,13
Verona	41.199	13,30	444	185	0,45	1,99	5,96
Vicenza	34.400	12,64	402	108	0,32	1,27	3,98
Belluno	10.163	2,82	509	15	0,15	0,77	0,43
Treviso	41.503	16,75	471	119	0,29	1,36	4,82
Venezia	35.571	14,40	422	110	0,31	1,30	4,45
Padova	40.058	18,69	430	123	0,31	1,32	5,76
Rovigo	15.334	8,43	664	23	0,15	0,98	1,24
Veneto	218.230	11,90	448	684	0,31	1,40	3,73
Udine	33.765	6,81	648	50	0,15	0,96	1,01
Gorizia	6.142	12,95	442	1	0,02	0,09	0,26
Trieste	4.368	20,61	189	2	0,04	0,08	0,92
Pordenone	19.101	8,40	615	45	0,24	1,46	1,99
Friuli-Venezia Giulia	63.375	8,00	527	98	0,16	0,82	1,24
Imperia	7.340	6,35	351	4	0,06	0,20	0,36
Savona	10.339	6,68	383	12	0,12	0,44	0,77
Genova	14.603	7,96	177	8	0,05	0,09	0,42
La Spezia	7.016	7,96	325	15	0,22	0,71	1,75

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2021 (ha)	Suolo Consumato 2021 (%)	Suolo Consumato pro capite 2021 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 (%)	Consumo di suolo pro capite 2020-2021 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha/anno)
Liguria	39.299	7,25	259	39	0,10	0,26	0,73
Piacenza	19.719	7,62	695	103	0,52	3,63	3,98
Parma	26.320	7,63	585	41	0,16	0,91	1,19
Reggio nell'Emilia	25.413	11,09	482	96	0,38	1,81	4,17
Modena	29.587	11,00	420	135	0,46	1,92	5,02
Bologna	32.981	8,91	325	60	0,18	0,59	1,63
Ferrara	18.720	7,13	547	56	0,30	1,64	2,14
Ravenna	18.890	10,17	489	114	0,61	2,95	6,13
Forlì-Cesena	17.274	7,27	440	51	0,29	1,29	2,13
Rimini	11.417	12,40	336	3	0,03	0,08	0,31
Emilia-Romagna	200.320	8,90	451	658	0,33	1,48	2,92
Massa-Carrara	8.442	7,31	445	4	0,05	0,23	0,38
Lucca	16.201	9,13	422	14	0,09	0,36	0,79
Pistoia	9.870	10,23	340	9	0,09	0,29	0,89
Firenze	25.761	7,33	258	44	0,17	0,44	1,25
Livorno	12.203	10,05	371	31	0,25	0,94	2,54
Pisa	17.114	7,00	409	34	0,20	0,81	1,38
Arezzo	17.209	5,33	511	51	0,30	1,52	1,58
Siena	15.540	4,07	589	57	0,37	2,16	1,49
Grosseto	14.269	3,17	655	36	0,26	1,67	0,81
Prato	5.218	14,27	197	14	0,27	0,53	3,84
Toscana	141.827	6,17	384	294	0,21	0,80	1,28
Perugia	34.659	5,48	537	97	0,28	1,50	1,53
Terni	9.884	4,65	449	15	0,16	0,70	0,72
Umbria	44.543	5,27	515	112	0,25	1,29	1,32
Pesaro e Urbino	16.820	6,71	479	33	0,19	0,93	1,30
Ancona	17.670	9,02	380	-6	-0,03	-0,12	-0,29
Macerata	15.679	5,65	510	64	0,41	2,08	2,30
Ascoli Piceno	7.830	6,39	385	21	0,27	1,04	1,73
Fermo	6.752	7,85	398	26	0,39	1,53	3,03
Marche	64.751	6,94	433	138	0,21	0,92	1,48
Viterbo	16.503	4,57	534	82	0,50	2,65	2,26
Rieti	8.578	3,12	567	31	0,36	2,04	1,13
Roma	70.155	13,10	166	216	0,31	0,51	4,04
Latina	22.412	9,96	396	41	0,18	0,72	1,82
Frosinone	22.271	6,88	471	38	0,17	0,80	1,17
Lazio	139.918	8,13	244	407	0,29	0,71	2,37
L'Aquila	15.893	3,16	547	66	0,42	2,28	1,32
Teramo	13.055	6,70	434	97	0,75	3,22	4,98
Pescara	8.798	7,18	280	84	0,97	2,68	6,86
Chieti	16.463	6,36	439	171	1,05	4,56	6,61
Abruzzo	54.210	5,02	423	419	0,78	3,27	3,88
Campobasso	12.272	4,22	576	44	0,36	2,07	1,51
Isernia	5.143	3,36	632	10	0,20	1,24	0,66
Molise	17.414	3,92	592	54	0,31	1,84	1,22
Caserta	27.238	10,31	302	124	0,46	1,38	4,70

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2021 (ha)	Suolo Consumato 2021 (%)	Suolo Consumato pro capite 2021 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 (%)	Consumo di suolo pro capite 2020-2021 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha/anno)
Benevento	15.013	7,25	563	34	0,23	1,29	1,66
Napoli	40.670	34,64	136	205	0,51	0,68	17,42
Avellino	20.536	7,36	510	47	0,23	1,16	1,67
Salerno	39.168	7,95	367	80	0,21	0,75	1,63
Campania	142.625	10,49	254	490	0,34	0,87	3,60
Foggia	27.659	3,97	459	96	0,35	1,60	1,38
Bari	37.050	9,69	301	116	0,32	0,95	3,04
Taranto	23.613	9,68	420	55	0,23	0,98	2,25
Brindisi	19.858	10,80	520	41	0,21	1,07	2,23
Lecce	39.521	14,32	509	137	0,35	1,76	4,96
Barletta-Andria-Trani	10.993	7,18	288	53	0,49	1,40	3,48
Puglia	158.695	8,20	403	499	0,32	1,27	2,58
Potenza	22.506	3,44	638	62	0,28	1,77	0,95
Matera	9.195	2,67	477	15	0,16	0,75	0,42
Basilicata	31.701	3,17	582	77	0,24	1,41	0,77
Cosenza	29.089	4,37	430	33	0,11	0,49	0,49
Catanzaro	15.632	6,53	454	8	0,05	0,24	0,34
Reggio di Calabria	18.461	5,80	352	13	0,07	0,25	0,41
Crotone	6.495	3,78	396	23	0,36	1,41	1,35
Vibo Valentia	6.642	5,82	436	7	0,10	0,43	0,58
Calabria	76.319	5,06	410	84	0,11	0,45	0,55
Trapani	19.120	7,76	457	43	0,23	1,03	1,75
Palermo	28.419	5,69	235	66	0,23	0,55	1,33
Messina	19.572	6,03	324	30	0,16	0,50	0,93
Agrigento	17.603	5,78	423	27	0,16	0,66	0,90
Caltanissetta	10.209	4,79	402	36	0,36	1,42	1,70
Enna	8.215	3,21	521	66	0,81	4,19	2,58
Catania	28.118	7,91	262	59	0,21	0,55	1,66
Ragusa	17.116	10,60	544	97	0,57	3,07	5,98
Siracusa	19.217	9,10	498	62	0,32	1,61	2,95
Sicilia	167.590	6,52	347	487	0,29	1,01	1,89
Sassari	27.916	3,63	586	52	0,19	1,10	0,68
Nuoro	13.111	2,32	651	37	0,28	1,82	0,65
Cagliari	9.872	7,90	234	36	0,37	0,86	2,89
Oristano	10.614	3,55	696	9	0,09	0,59	0,30
Sud Sardegna	18.517	2,83	547	46	0,25	1,37	0,71
Sardegna	80.029	3,32	503	180	0,23	1,14	0,75
Italia	2.148.512	7,13	366	6.331	0,30	1,08	2,10

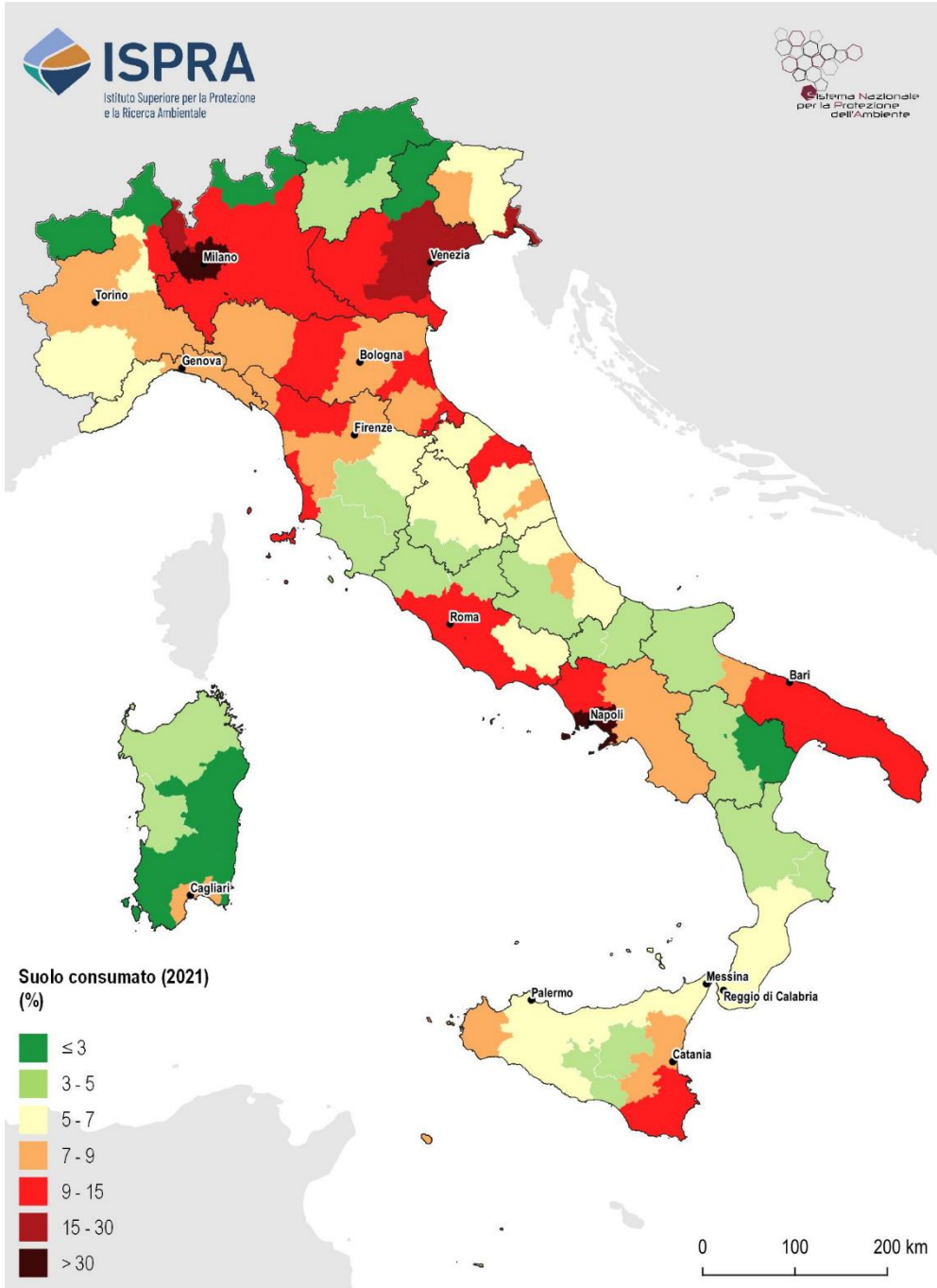


Figura 28. Suolo consumato a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

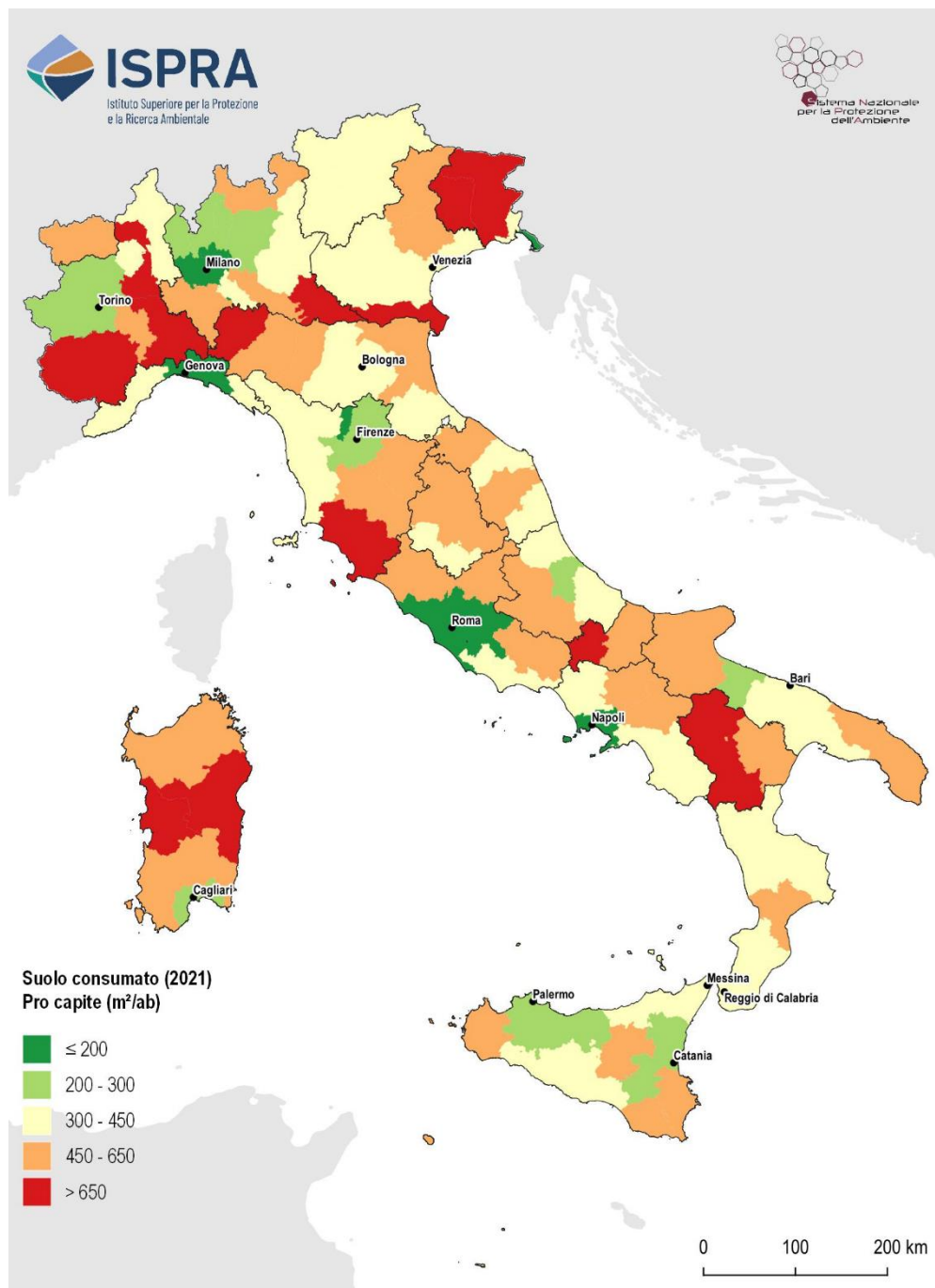


Figura 29. Suolo consumato pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

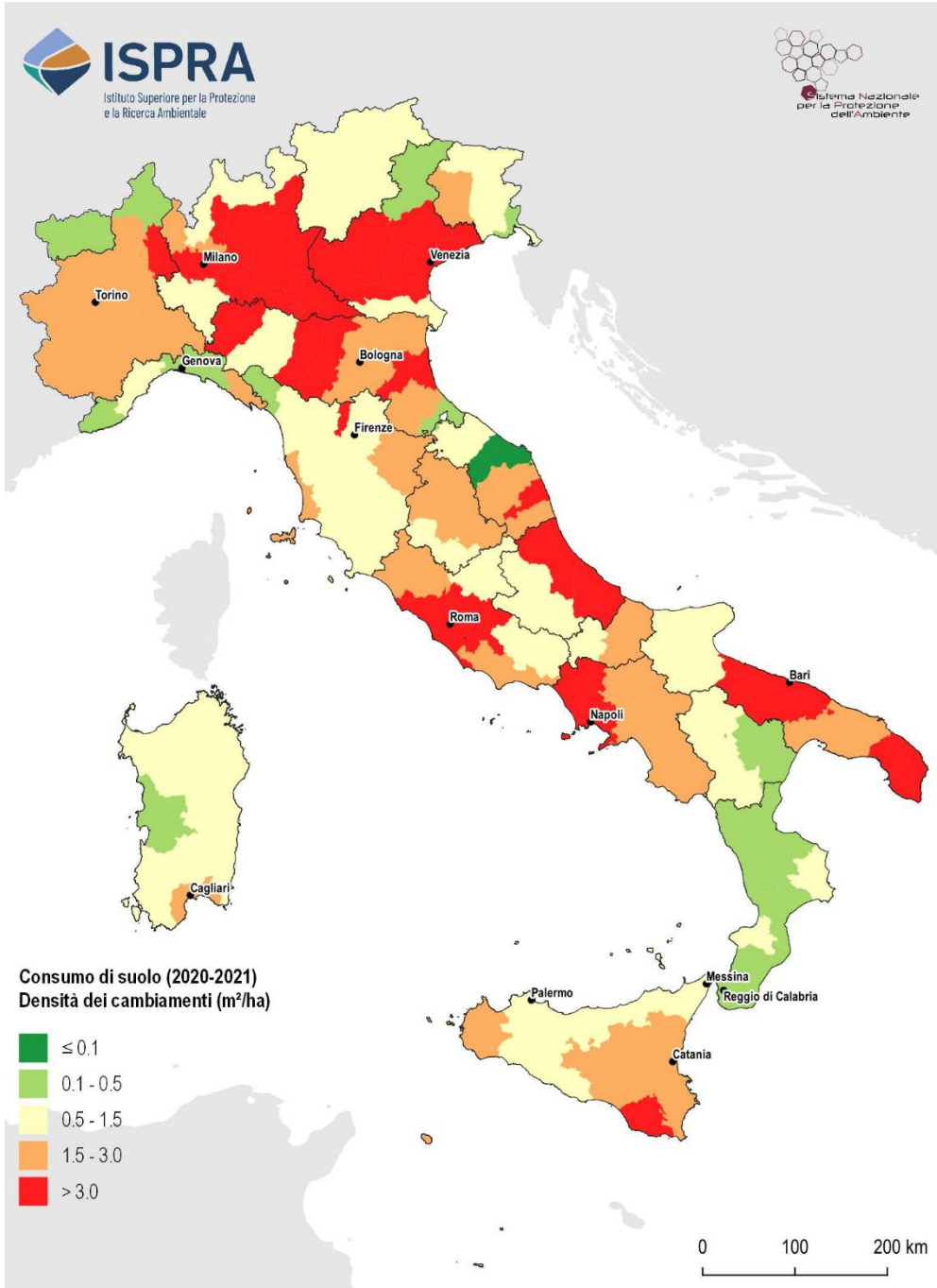


Figura 30. Densità di consumo di suolo netto annuale a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

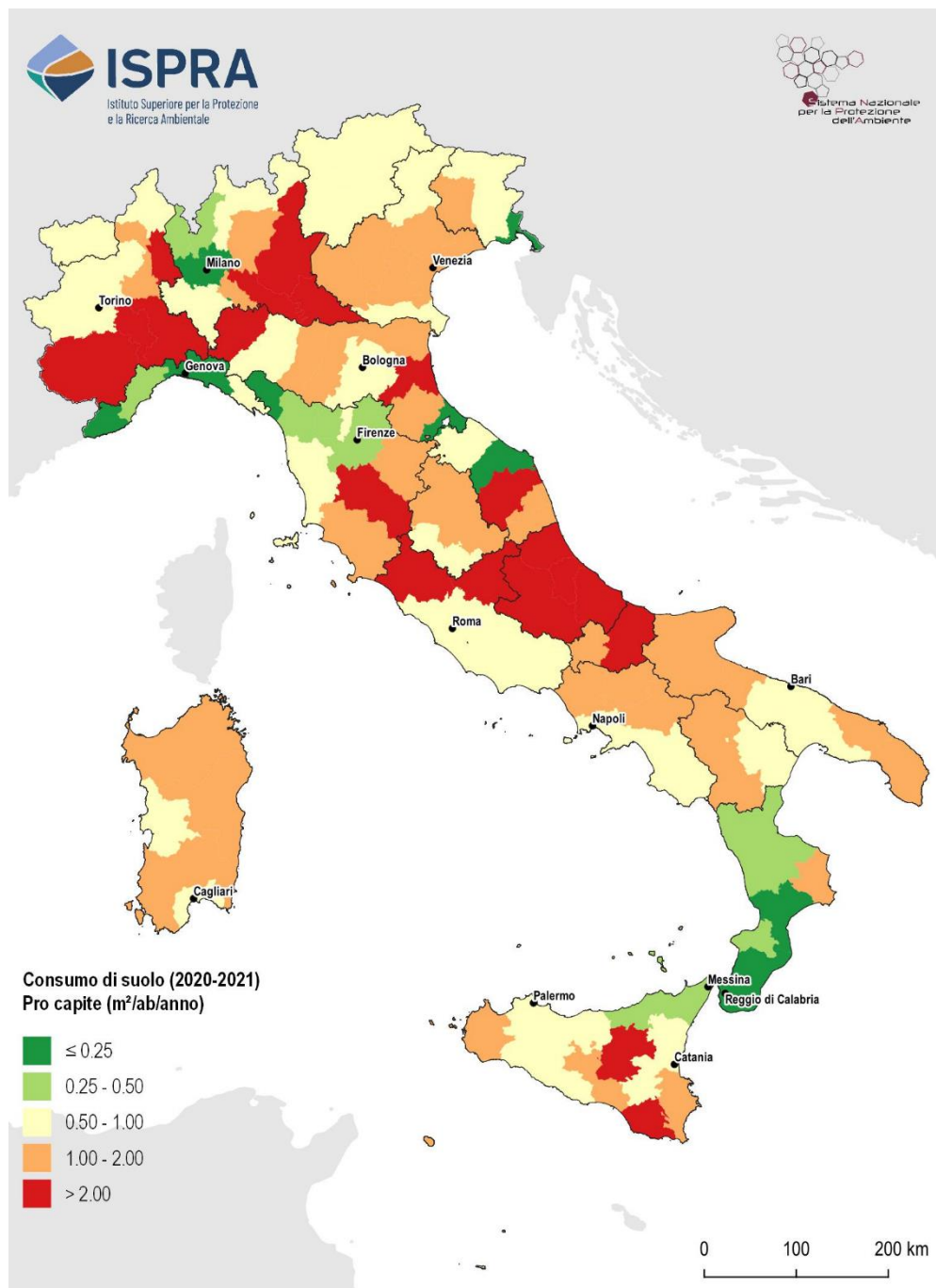


Figura 31. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO COMUNALE

Roma conferma la tendenza dell'ultimo periodo e anche quest'anno consuma più suolo di tutte le altre città italiane. Nonostante, infatti, un calo rispetto al periodo precedente, anche quest'anno la Capitale perde 95 ettari di suolo precedentemente naturale o seminaturale (Tabella 16). Più della metà del consumo di suolo di Roma può essere ricondotto a una forma di transizione classificata come aree di cantiere, sintomo di una notevole dinamicità del fenomeno. Nell'ultimo anno Roma ha consumato suolo anche per nuove aree edificate e per l'espansione di aree di cava e di aree asfaltate destinate a parcheggi o piazzali, in questi ultimi casi con percentuali vicine al 12% dei cambiamenti totali. Roma risulta essere in questa posizione dal biennio di rilevazione 2017-2018 ed è importante sottolineare come sia la città che dal 2006 ad

oggi abbia consumato in media, più suolo di tutte le altre città (più di 90 ha/anno).

Insieme a Roma, i comuni che hanno consumato più suolo nell'ultimo anno sono Ravenna e Vicenza, rispettivamente con circa 68 e 42 ettari in più. A Ravenna, gran parte del consumo è dovuto ai cantieri del nuovo tracciato del metanodotto, nelle campagne ad ovest della città (Figura 33). Per la città veneta invece il cantiere più grande (di quasi 30 ettari), è dovuto ai lavori per un grande parco nella parte nord del comune (Figura 35). In entrambi i casi le trasformazioni sono state classificate come processi reversibili, per i quali la situazione verrà verificata nei prossimi monitoraggi al fine di riassegnare lo stato di naturalità ad avvenuto ripristino.



Figura 32. Esempi di consumo di suolo nel comune di Roma (immagini 2020 a sinistra, 2021 a destra)



Figura 33. Esempio di consumo di suolo reversibile di 5 ettari a Ravenna per uno dei cantieri del metanodotto (immagini 2020 e 2021)

Tra gli altri comuni con più consumo ci sono Reggio nell'Emilia, Catania e Novara tutte e tre con cambiamenti rilevati intorno ai 35 ettari. Catania deve la quasi totalità dei nuovi cambiamenti ai cantieri del polo intermodale dell'interporto e del polo logistico adiacente, per un totale che sfiora i 30 ettari (Figura 37). A Novara la maggiore quota di trasformazione del territorio è dovuta al completamento di un fabbricato di una superficie stimata di 10 ettari, destinato all'e-commerce, e altri 17 ettari circa destinati a cantieri per nuove infrastrutture (Figura 38). Inoltre, fra i primi dieci comuni con incremento maggiore negli ultimi 12 mesi troviamo tre comuni con popolazione inferiore ai 30 mila abitanti: Desenzano del Garda (quasi 34 ha), Palo del Colle (+32 ha), Ghedi (+32 ha) e Ostellato (+30 ha). Per Palo del Colle il consumo è legato a un grande impianto fotovoltaico, la cui entità verrà approfondita nel capitolo dedicato del presente rapporto; Ghedi invece deve quasi la metà del nuovo suolo consumato ai lavori di ampliamento dell'aeroporto militare; infine Desenzano del Garda, come si osserva in Figura 39, deve i suoi numeri ai cantieri per l'alta velocità, nelle adiacenze

dell'autostrada oltre a interventi puntuali di densificazione urbana. Tra i capoluoghi regionali (Tabella 16), oltre a Roma, già menzionata, troviamo Venezia con valori significativamente più bassi rispetto alla prima in classifica (+23), e altre 4 città che consumano dai 10 a i 20 ettari: Milano (quasi 19 ettari), Napoli (quasi 18), Perugia (13), L'Aquila (12).

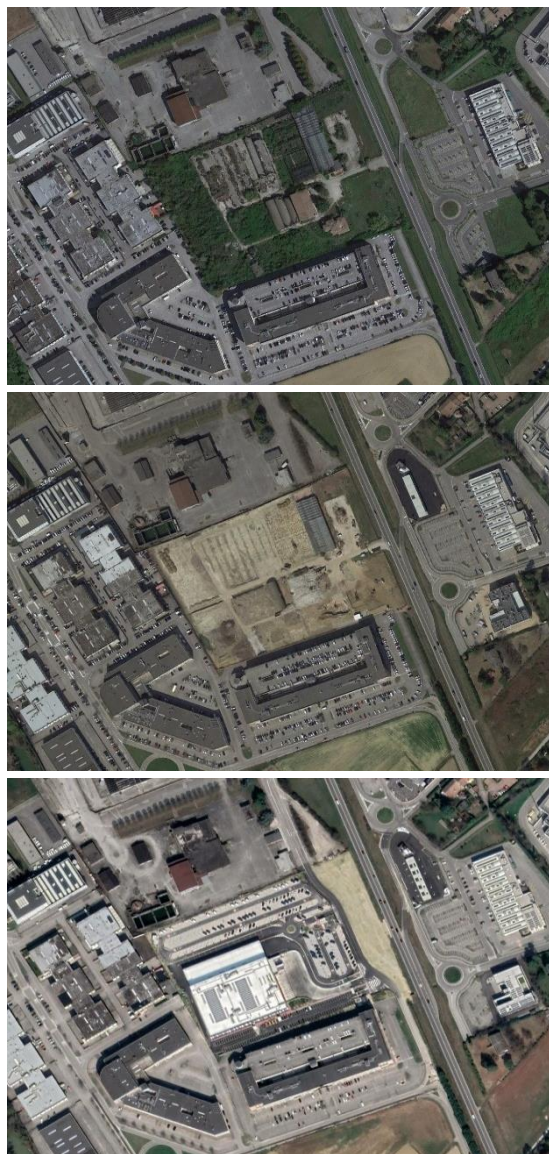


Figura 34. Esempio di consumo di suolo a Vicenza per circa 3,3 ettari (immagini 2020, 2021, 2022)



Figura 35. Cantiere di circa 30 ettari a Vicenza (immagini 2020 e 2021) per la realizzazione di un parco cittadino sull'area dell'ex aeroporto, a compensazione per la costruzione della vicina caserma militare americana

Tabella 16. Indicatori di consumo di suolo (2020-2021) per i 21 Comuni capoluogo di regione e delle province autonome. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 (%)	Densità del consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha)
Torino	3,08	0,04	2,37
Aosta	0,78	0,13	3,65
Genova	5,39	0,09	2,24
Milano	18,68	0,18	10,27
Bolzano	1,69	0,12	3,23
Trento	4,07	0,15	2,58
Venezia	23,80	0,33	5,73
Trieste	0,87	0,03	1,02
Bologna	3,00	0,06	2,13
Ancona	3,90	0,18	3,13
Firenze	3,25	0,08	3,18
Perugia	12,87	0,25	2,87
Roma	95,05	0,31	7,39
Napoli	17,83	0,24	15,05
L'Aquila	11,95	0,47	2,53
Campobasso	4,06	0,37	7,27
Bari	2,17	0,04	1,87
Potenza	2,20	0,12	1,26
Catanzaro	0,65	0,03	0,58
Palermo	6,04	0,10	3,77
Cagliari	9,26	0,44	10,94

Guardando le porzioni di territorio rinaturalizzate si conferma la tendenza degli scorsi anni, con la maggior parte delle superfici che sono cantieri terminati e parzialmente ripristinati. È il caso, ad esempio, di due comuni in provincia di Ancona: Polverigi, per cui, in continuità rispetto allo scorso anno, risultano rinaturalizzati alcuni cantieri del metanodotto, e Osimo, nel quale tornano naturali quasi 30 ettari per lo stesso motivo (è il secondo comune italiano per superfici rinverdite). Il comune in cui si registrano le superfici ripristinate più estese è invece Trissino in provincia di Vicenza, nel quale sono stati rinaturalizzati gran parte dei terreni sottoposti a escavazione per la realizzazione di un bacino di laminazione del fiume Agnoguà. Infine è importante notare la rinaturalizzazione di circa 3 ettari nel comune di Marano di Valpolicella (provincia di Verona), non particolarmente estesa come su-

perficie, ma dovuta al recupero di aree estrattive appartenenti a un ex cementificio e adesso destinate a un parco della biodiversità (Figura 36).

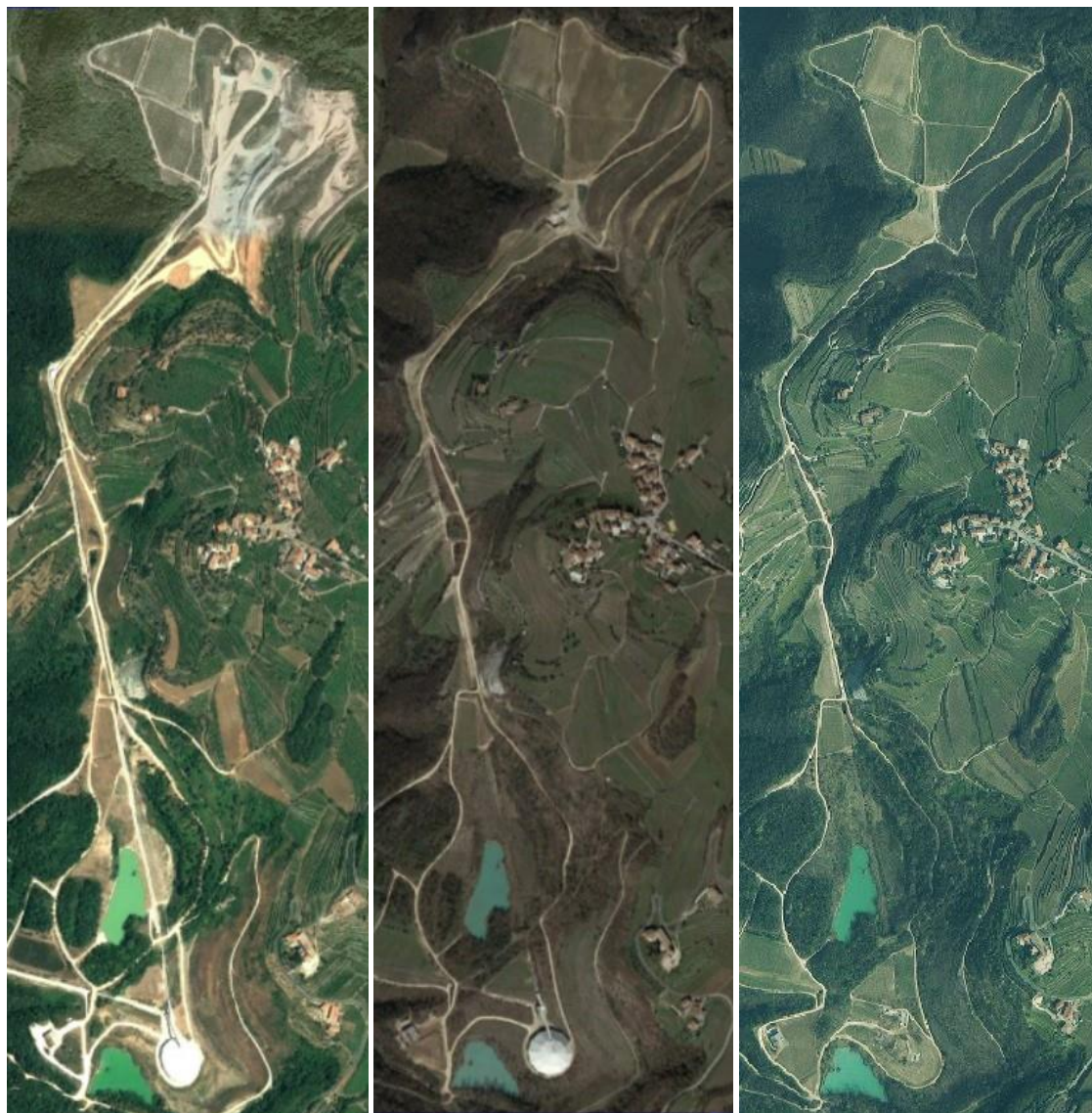


Figura 36. Rinaturalizzazione di alcune aree di cava nel comune di Marano di Valpolicella (immagini 2011, 2018 e 2021)



Figura 37. Esempio di consumo di suolo a Catania di circa 30 ettari (immagini 2020, 2021 e 2022)

Fra i comuni capoluogo di provincia, è interessante notare come l'Aquila sia tra gli ultimi 100 comuni per territorio consumato in percentuale, con appena 2.500 ettari che costituiscono il 5% dell'intera superficie comunale. Peculiarità e conformazioni morfologiche dei territori sono ovviamente da tenere in considerazione quando si affrontano analisi di dettaglio come nel caso appena citato e in quelli che seguono.



Figura 38. Esempio di consumo di suolo a Novara di circa 14 ettari (immagini 2020 e 2021)

Tra i capoluoghi di provincia con una percentuale inferiore al 15% troviamo inoltre Potenza (10%) e Perugia (11%).

In Tabella 22 l'indicatore di suolo consumato in percentuale sul territorio comunale è valutato al netto della superficie occupata dai corpi idrici permanenti. La cartografia di dettaglio sulla copertura del suolo elaborata da ISPRA verrà analizzata nel prossimo capitolo, in questo paragrafo è utile notare invece le differenze sostanziali di superficie consumata in percentuale laddove la presenza di corpi idrici quali laghi, lagune e aree umide ha un peso importante nel limitare e indirizzare le trasformazioni urbane verso quei suoli effettivamente consumabili.



Figura 39. Esempio di consumo di suolo di oltre 30 ettari a Desenzano del Garda, in provincia di Brescia

Tabella 17. Consumo di suolo annuale netto in ettari (incremento 2020-2021) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)
Piemonte	Novara	34,58
	Trecale	28,30
	San Pietro Mosezzo	25,04
Valle d'Aosta	Valtournenche	1,68
	Courmayeur	1,02

Regione	Comune	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)
Lombardia	Ayas	0,84
	Desenzano del Garda	33,77
	Ghedi	31,67
	Civitate al Piano	20,14
Trentino-Alto Adige	Trento	4,07
	Merano	2,43
	Mori	1,90
Veneto	Vicenza	42,28
	Sommacampagna	29,95
	Arzignano	28,70
Friuli-Venezia Giulia	Morsano al Tagliamento	11,73
	Rivignano Teor	11,24
	Cordovado	8,86
Liguria	La Spezia	7,67
	Genova	5,39
	Arcola	4,78
Emilia-Romagna	Ravenna	68,66
	Reggio nell'Emilia	35,44
	Ostellato	30,26
Toscana	Bagno a Ripoli	26,44
	Badia Tedalda	26,31
	Grosseto	14,14
Umbria	Perugia	12,87
	Gualdo Tadino	11,08
	Spoletto	9,70
Marche	Matelica	25,90
	Fano	24,11
	Fermo	10,29
Lazio	Roma	95,05
	Fiumicino	23,77
	Fara in Sabina	17,22
Abruzzo	Lanciano	26,48
	Teramo	12,87
	Orsogna	12,30
Molise	Larino	7,46
	Campobasso	4,06
	Termoli	3,08
Campania	Presenzano	22,94
	Acerra	21,15
	Napoli	17,83
Puglia	Palo del Colle	32,37
	Nardò	19,26
	Foggia	17,82
Basilicata	Melfi	13,61
	Lauria	8,07
	Balvano	4,04
Calabria	Crotone	7,21
	Corigliano-Rossano	5,84
	Cassano all'Jonio	5,74

Regione	Comune	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)
Sicilia	Catania	34,62
	Modica	24,20
	Carini	19,93
Sardegna	Olbia	10,74
	Cagliari	9,26
	Sassari	8,64

Tabella 18. Consumo di suolo annuale netto (incremento 2020-2021) a livello comunale (primi 20 comuni con più di 100.000 abitanti).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)
Roma	95,05
Ravenna	68,66
Vicenza	42,28
Reggio nell'Emilia	35,44
Catania	34,62
Novara	34,58
Modena	28,04
Forlì	27,34
Venezia	23,80
Milano	18,68
Napoli	17,83
Foggia	17,82
Taranto	16,41
Piacenza	15,24
Verona	14,07
Giugliano in Campania	13,40
Perugia	12,87
Siracusa	12,42
Parma	11,20
Cagliari	9,26

Tabella 19. Suolo consumato in percentuale sulla superficie comunale (2021), primi tre comuni per ogni regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato 2021 (%)
Piemonte	Torino	65,0
	Beinasco	57,9
	Grugliasco	55,4
Valle d'Aosta	Aosta	29,2
	Pont-Saint-Martin	17,7
	Verrès	14,6
Lombardia	Lissone	71,3
	Sesto San Giovanni	68,8

Regione	Comune	Suolo consumato 2021 (%)
	Lallio	66,9
	Lavis	27,2
Trentino-Alto Adige	Bolzano	25,9
	Merano	22,8
	Padova	49,6
Veneto	Spinea	43,6
	Noventa Padovana	43,2
	Monfalcone	45,9
Friuli-Venezia Giulia	Udine	42,5
	Pordenone	40,6
	San Lorenzo al Mare	37,2
Liguria	Diano Marina	33,3
	Vallecrosia	32,8
	Cattolica	61,4
Emilia-Romagna	Riccione	51,2
	Fiorano Modenese	36,3
	Forte dei Marmi	46,2
Toscana	Firenze	42,0
	Viareggio	38,5
	Bastia Umbra	26,1
Umbria	Corciano	14,8
	Terni	12,6
	Marche	San Benedetto del Tronto
Porto San Giorgio		36,9
Gabicce Mare		32,3
Lazio	Ciampino	42,5
	Anzio	35,0
	Frosinone	29,6
Abruzzo	Pescara	51,5
	Montesilvano	34,2
	Martinsicuro	33,0
Molise	Campobasso	20,0
	Termoli	18,0
	Isernia	8,6
Campania	Casavatore	91,1
	Arzano	83,3
	Melito di Napoli	81,2
Puglia	Bari	43,1
	Modugno	42,0
	Aradeo	28,5
Basilicata	Potenza	10,7
	Melfi	8,7
	Policoro	8,5
Calabria	Tropea	35,0
	Villa San Giovanni	27,9
	Soverato	27,3
Sicilia	Isola delle Femmine	54,0
	Gravina di Catania	50,4
	Villabate	48,6
Sardegna	Monserrato	41,8

Regione	Comune	Suolo consumato 2021 (%)
	Elmas	31,4
	Cagliari	24,7

Tabella 20. Suolo consumato in percentuale sulla superficie comunale (2021), primi 30 comuni con più di 100.000 abitanti. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Suolo consumato 2021 (%)
Torino	65,0
Napoli	63,3
Milano	58,3
Pescara	51,5
Padova	49,6
Monza	49,4
Bergamo	44,6
Brescia	44,1
Bari	43,1
Firenze	42,0
Palermo	39,6
Salerno	34,6
Bologna	33,8
Vicenza	33,3
Prato	33,2
Trieste	32,4
Catania	28,8
Verona	28,3
Livorno	27,6
Rimini	27,1
Giugliano in Campania	26,2
Bolzano	25,9
Modena	25,2
Cagliari	24,7
Piacenza	24,7
Genova	23,7
Roma	23,6
Taranto	21,6
Parma	21,6
Reggio nell'Emilia	21,2

Rimanendo sul dettaglio comunale, ma in termini di suolo consumato stimato al 2021 (Tabella 21), i valori più elevati si riscontrano a Roma, che sfiora i 30.300 ettari di suolo a copertura artificiale, Milano (più di 10.600 ettari), Torino (quasi 8.500 ettari), Napoli (7.500 ettari), Venezia (quasi 7.200 ettari), Ravenna (7.100 ettari), Palermo, Genova, Verona, Parma, Taranto, Catania, Perugia, Ferrara, Bari, Reggio nell'Emilia, Bologna, Brindisi, Modena,

Padova, Firenze, Latina Sassari e Foggia (con valori compresi tra i 4.000 e i 7.000 ettari).

Tabella 21. Suolo consumato in ettari (2021) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato 2021 (ha)
Piemonte	Torino	8.460
	Alessandria	3.191
	Novara	2.136
Valle d'Aosta	Aosta	625
	Quart	233
	Courmayeur	207
Lombardia	Milano	10.609
	Brescia	3.989
	Cremona	1.974
Trentino-Alto Adige	Trento	2.635
	Bolzano	1.357
	Rovereto	884
Veneto	Venezia	7.179
	Verona	5.636
	Padova	4.612
Friuli-Venezia Giulia	Trieste	2.753
	Udine	2.423
	Pordenone	1.549
Liguria	Genova	5.695
	La Spezia	1.468
	Sanremo	1.040
Emilia-Romagna	Ravenna	7.113
	Parma	5.620
	Ferrara	5.081
Toscana	Firenze	4.292
	Arezzo	3.273
	Prato	3.236
Umbria	Perugia	5.092
	Termi	2.677
	Città di Castello	2.189
Marche	Pesaro	2.484
	Ancona	2.176
	Fano	2.171
Lazio	Roma	30.294
	Latina	4.221
	Fiumicino	2.987
Abruzzo	L'Aquila	2.538
	Pescara	1.763
	Teramo	1.512
Molise	Campobasso	1.116
	Termoli	996
	Isernia	595
Campania	Napoli	7.503

	Giugliano in Campania	2.471
	Salerno	2.062
Puglia	Taranto	5.337
	Bari	5.012
	Brindisi	4.658
Basilicata	Matera	2.189
	Potenza	1.871
	Melfi	1.773
Calabria	Reggio di Calabria	3.392
	Corigliano-Rossano	2.718
	Lamezia Terme	2.377
Sicilia	Palermo	6.350
	Catania	5.235
	Ragusa	3.793
Sardegna	Sassari	4.115
	Olbia	2.914
	Cagliari	2.094

Tabella 22. Suolo consumato in percentuale sul territorio comunale al netto dei corpi idrici, 2021. Primi tre comuni per ogni regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato al netto dei corpi idrici 2021 (%)
Piemonte	Torino	66,4
	Beinasco	58,5
	Grugliasco	55,4
Valle d'Aosta	Aosta	29,4
	Pont-Saint-Martin	18,0
	Verrès	15,0
Lombardia	Lissone	71,3
	Sesto San Giovanni	69,3
	Lallio	66,9
Trentino-Alto Adige	Lavis	28,2
	Bolzano	26,5
	Merano	23,0
Veneto	Padova	50,4
	Noventa Padovana	44,8
	Spinea	43,7
Friuli-Venezia Giulia	Monfalcone	47,3

	Udine	42,8
	Pordenone	41,2
Liguria	San Lorenzo al Mare	38,1
	Diano Marina	33,5
	Vallecrosia	33,1
Emilia-Romagna	Cattolica	61,8
	Riccione	51,5
	Fiorano Modenese	36,4
Toscana	Forte dei Marmi	46,3
	Firenze	42,5
	Viareggio	40,6
Umbria	Bastia Umbra	26,2
	Corciano	14,9
	Terni	12,8
Marche	San Benedetto del Tronto	37,6
	Porto San Giorgio	37,1
	Gabicce Mare	32,5
Lazio	Ciampino	42,5
	Anzio	35,1
	Frosinone	29,6
Abruzzo	Pescara	52,0
	Montesilvano	34,4
	Martinsicuro	33,6
Molise	Campobasso	20,0
	Termoli	18,1
	Isernia	8,7
Campania	Casavatore	91,1
	Arzano	83,3
	Melito di Napoli	81,2
Puglia	Bari	43,2
	Modugno	42,0
	Aradeo	28,5
Basilicata	Potenza	10,7
	Melfi	8,7
	Policoro	8,6
Calabria	Tropea	35,8
	Villa San Giovanni	28,2
	Soverato	27,6
Sicilia	Isola delle Femmine	54,6
	Gravina di Catania	50,4
	Villabate	48,6
Sardegna	Mon serrato	41,8
	Elmas	39,4
	Cagliari	32,2

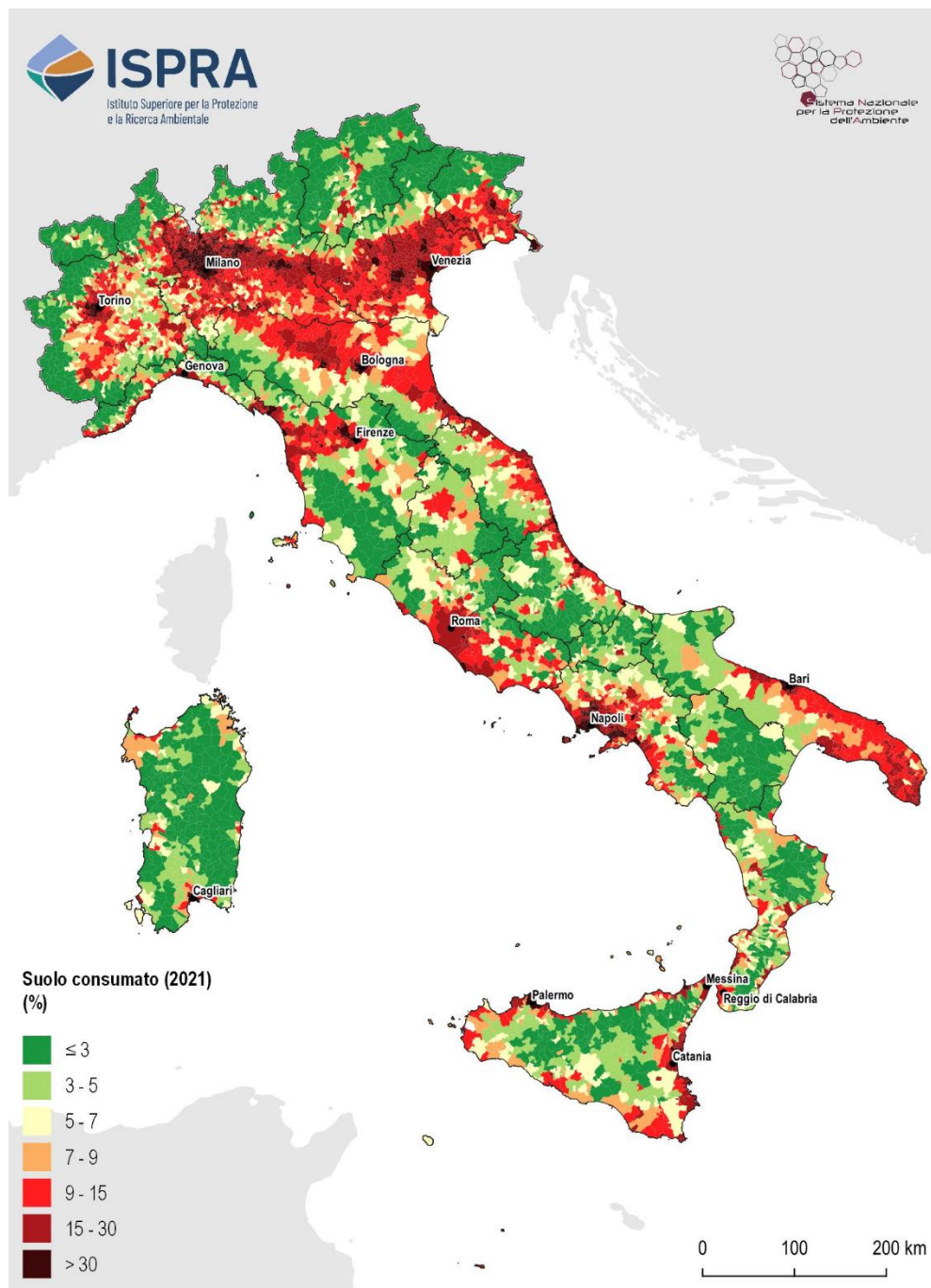


Figura 40. Suolo consumato a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

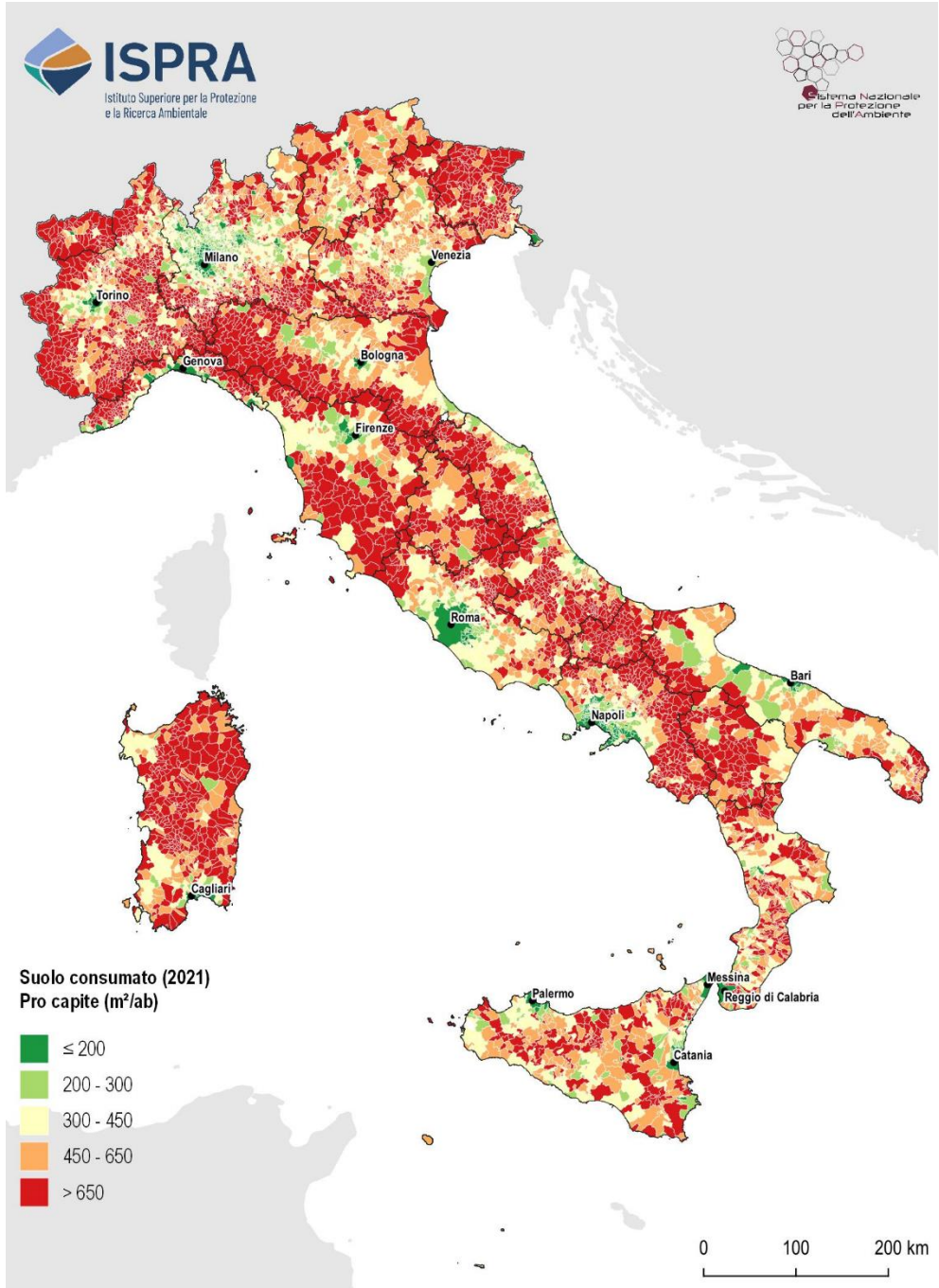


Figura 41. Suolo consumato pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

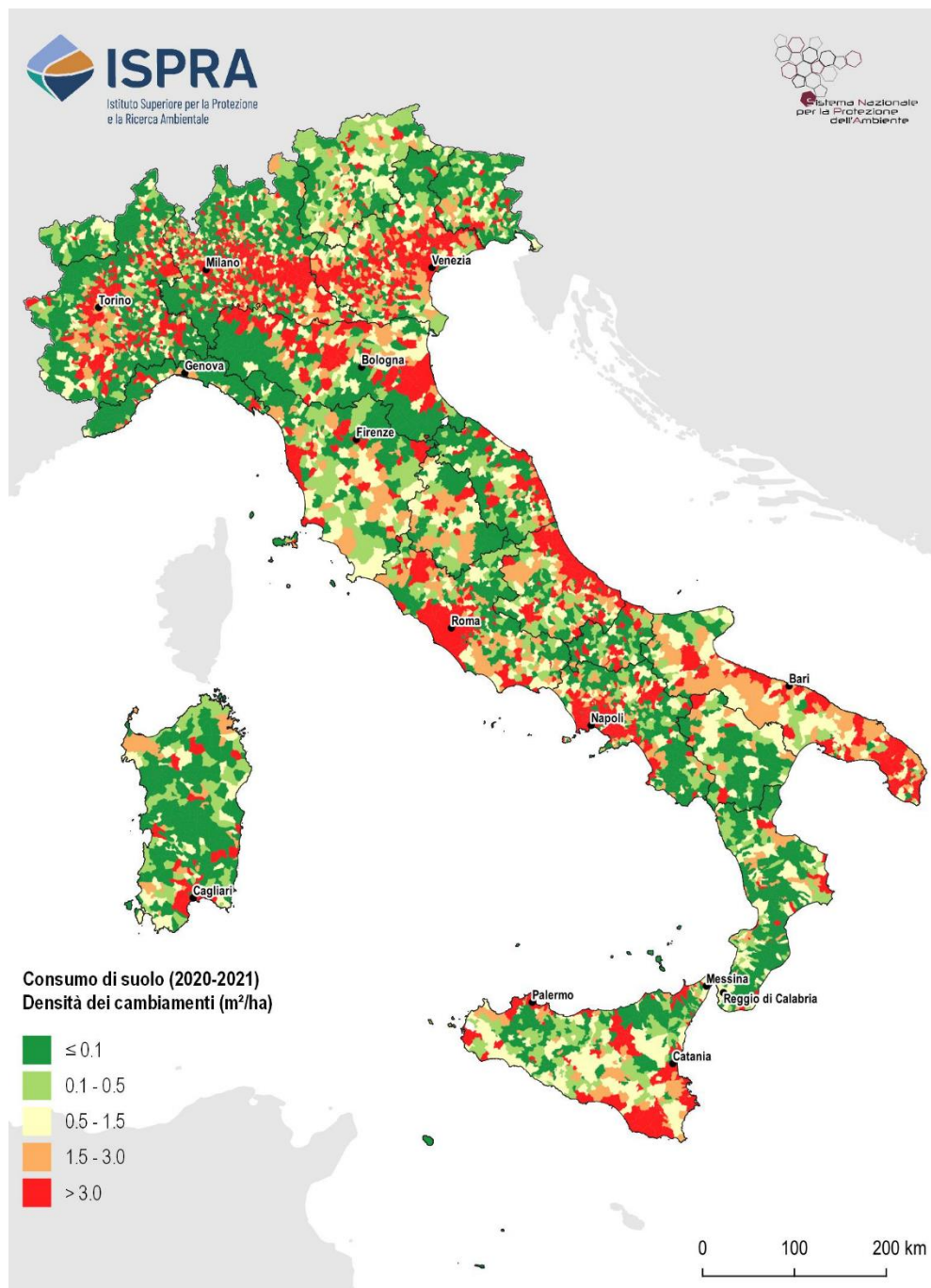


Figura 42. Densità del consumo di suolo annuale netto a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

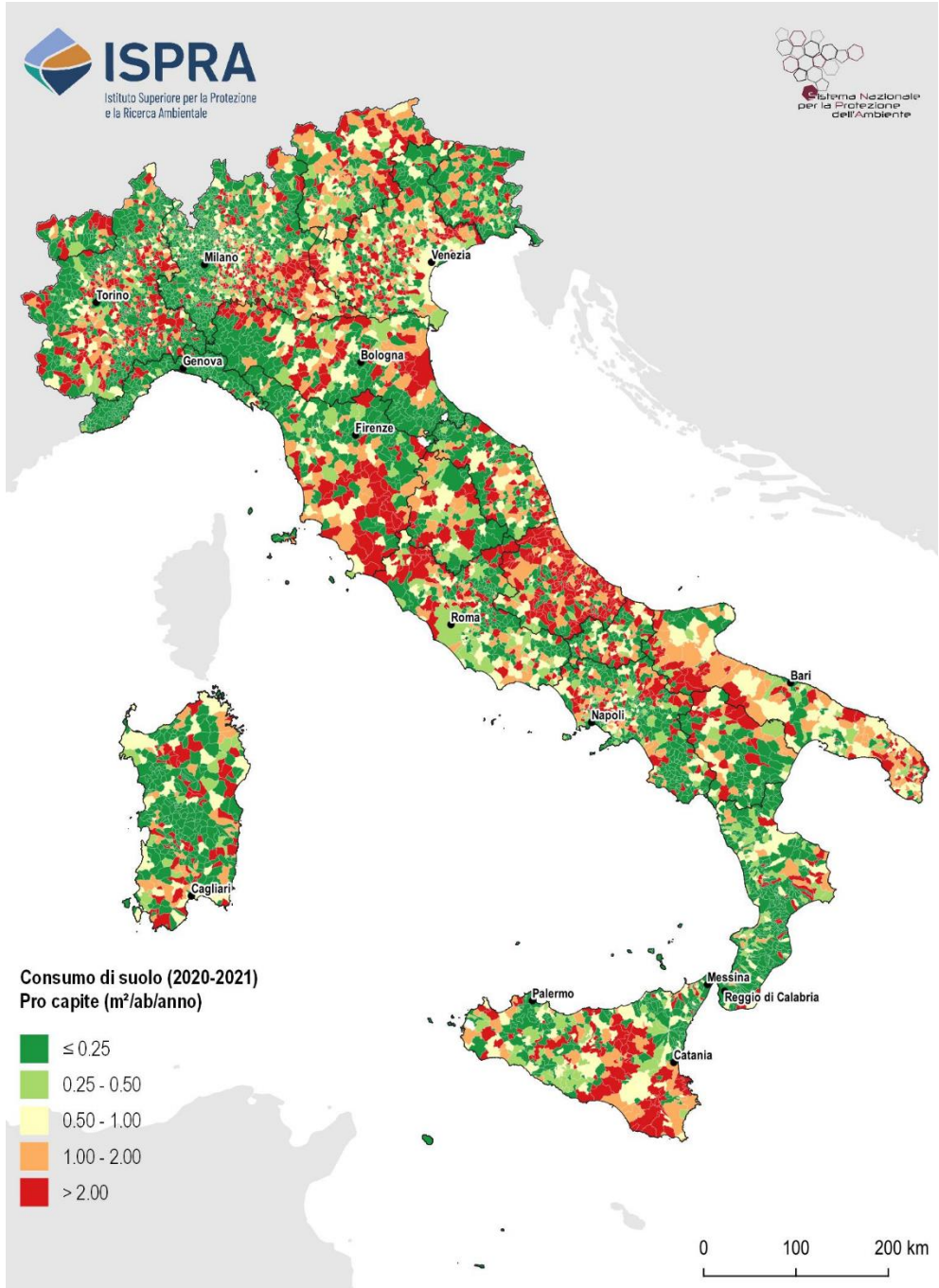


Figura 43. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il termine di *land use efficiency* viene adoperato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente per indicare l'utilizzo delle superfici artificiali nelle aree funzionali urbane (FUAs) in rapporto al numero di abitanti e viene quantificato attraverso l'indicatore suolo consumato pro capite (EEA, 2021). Lo stesso è anche utilizzato per il calcolo dell'SDG 11.3.1 ed è infatti in tale contesto che il *land use efficiency* viene analizzato, anche per valutare il ruolo della presenza (o assenza) di aree verdi urbane che non sono considerate aree artificiali (EEA, 2021). Bassi valori di *land use efficiency* indicano che poche persone utilizzano vaste aree artificiali, come nel caso di aree a bassa densità. Al contrario, alti valori di *land use efficiency* indicano che una superficie limitata di aree artificiali è utilizzata da un elevato numero di abitanti, come nelle aree densamente urbanizzate delle grandi città. Analogamente a quanto presentato nel rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, vengono qui riportate alcune analisi sull'indicatore effettuate sia a livello nazionale che a scala comunale considerando le tre classi di comuni individuate dal numero degli abitanti (piccoli, con popolazione inferiore ai 10.000 abitanti; medi, tra 10.000 e 50.000 abitanti; grandi, con più di 50.000 abitanti).

La Figura 44 mostra come i circa 60 milioni di abitanti siano distribuiti in maniera abbastanza omogenea nelle tre classi di comuni; infatti, il 31% della popolazione risiede nei comuni piccoli, il 35% nei comuni medi e il 34% nei comuni grandi. Tuttavia, i piccoli rappresentano l'84% del totale dei comuni italiani e coprono il 71% della superficie territoriale del Paese.

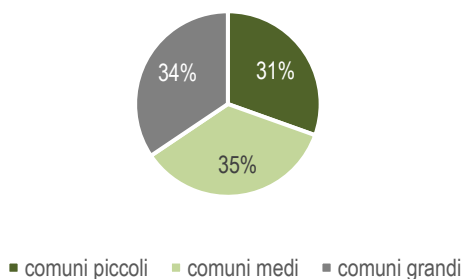


Figura 44. Distribuzione percentuale della popolazione nelle tre classi di comuni nel 2021

Il valore positivo di *land use efficiency* si registra quest'anno solamente per 1313 municipalità, di questi solamente 978 comuni possono considerarsi come "virtuosi" secondo le chiavi di lettura dell'SDG 11.3.1. Il consumo di suolo pro-capite medio maggiore si riscontra nei piccoli comuni, con valori sempre superiori ai 540 m²/ab. Infatti, dal 2012 al 2018 c'è stato un incremento di suolo consumato pro-capite di circa 19 m²/ab mentre dal 2018 al 2021 l'incremento è stato di circa 14 m²/ab. I comuni grandi riportano invece i valori più bassi di suolo consumato pro-capite (inferiori a 200 m²/ab).

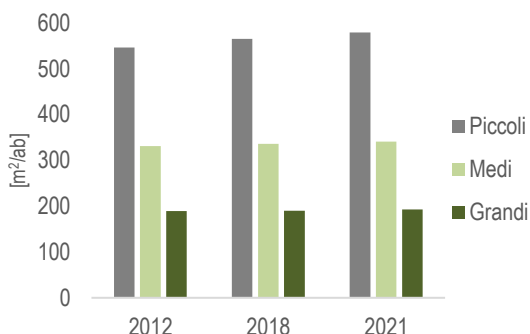


Figura 45. Suolo consumato pro capite nelle tre classi di comuni negli anni 2012, 2018 e 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il **consumo marginale di suolo** è stato elaborato a livello comunale e con riferimento alla fascia demografica (Figura 46) e alla tipologia dei comuni così come considerati nella Strategia Nazionale Aree Interne (Figura 47). In assoluto il valore dell'indicatore assume il valore massimo per il comune di Laterza, nel quale a fronte di un solo abitante in più sono stati consumati 16 ettari. Sono 1.316 i comuni che hanno valori positivi, mentre quelli in cui il consumo di suolo aumenta anche quando la popolazione diminuisce sono 3.438. I casi di ripristino del suolo a fronte di una crescita di popolazione è un'evenienza registrata quest'anno per 54 comuni.

Limitando l'analisi ai comuni nei quali la popolazione è cresciuta, il picco più elevato di consumo marginale di suolo si registra nella fascia di popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti, interessante notare come i valori sotto la media nazionale siano quelli delle fasce demografiche sopra i 20 mila abitanti. Complessivamente, il maggior contributo al consumo di suolo tra il

2020 e il 2021 è dato dai comuni con popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti (Figura 46).

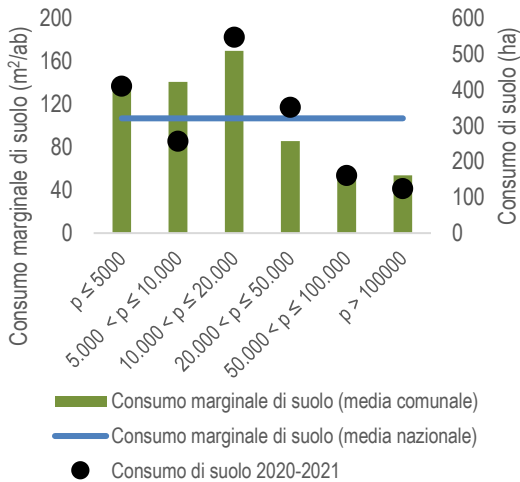


Figura 46. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2020 e il 2021, per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Analizzando l'andamento del consumo marginale di suolo per tipologia di comune, limitandoci anche in questa analisi ai comuni con variazione demografica positiva, si nota, che i valori più elevati dell'indicatore registrati per il biennio 2020-2021, si rilevano nei comuni di intermedi, periferici e di cintura, mentre la tipologia di polo intercomunale mostra il consumo marginale di suolo minore. Considerando il contributo complessivo delle diverse tipologie di comuni al consumo di suolo tra il 2020 e il 2021, il valore più elevato si ha nei comuni di periferia considerati già come aree interne, i quali contribuiscono con appena 94 ettari al consumo di suolo complessivo dei comuni con popolazione crescente (Figura 47).

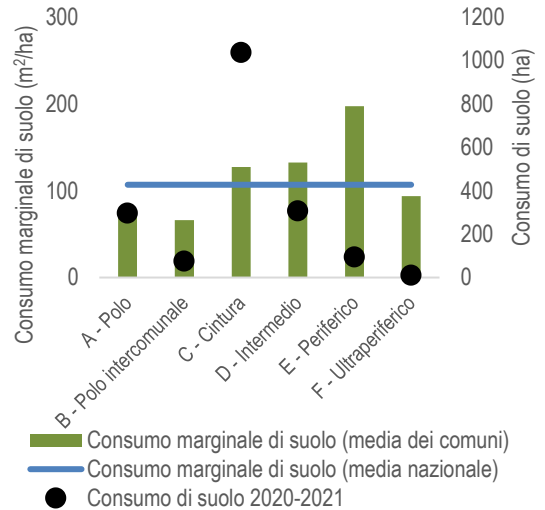


Figura 47. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2020 e il 2021, per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

L'analisi sui capoluoghi di regione è stata approfondita valutandone sia la densità di consumo di suolo (Figura 48), sia il consumo marginale (Figura 49). Il valore più alto di densità di consumo si registra a Napoli, con circa 15,1 m² di nuovo suolo consumato per ettaro di superficie. Gli ettari consumati a Napoli nell'ultimo anno sono 17,8. Le città che presentano il valore più basso di densità sono Bologna, Trieste e Catanzaro, con un valore, inferiore al metro quadro per ettaro. Roma, che è la città che presenta il maggior numero di ettari di consumo di suolo (95) mostra un valore di densità di circa 7,4 m²/ha.

Considerando il consumo marginale (Figura 49), Ancona è il capoluogo che presenta il valore più alto (circa 199 m²/ab), avendo consumato, nell'ultimo anno, 3,9 ettari di suolo e avendo avuto un aumento di popolazione di 39 abitanti. Il valore più basso di consumo marginale lo fa registrare Perugia (-809 m²/ab), che ha consumato 13 ettari a fronte di una perdita di 159 abitanti nell'ultimo anno. Solamente cinque capoluoghi presentano un valore di questo indicatore positivo, a testimonianza di processi di regressione demografica anche in contesti medio grandi.

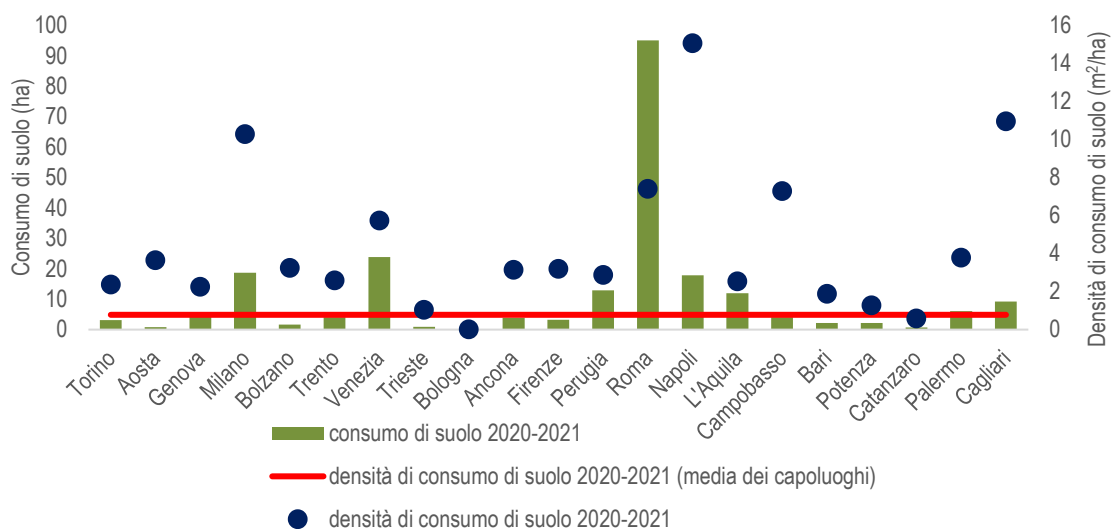


Figura 48. Consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro nei capoluoghi di regione e province autonome. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

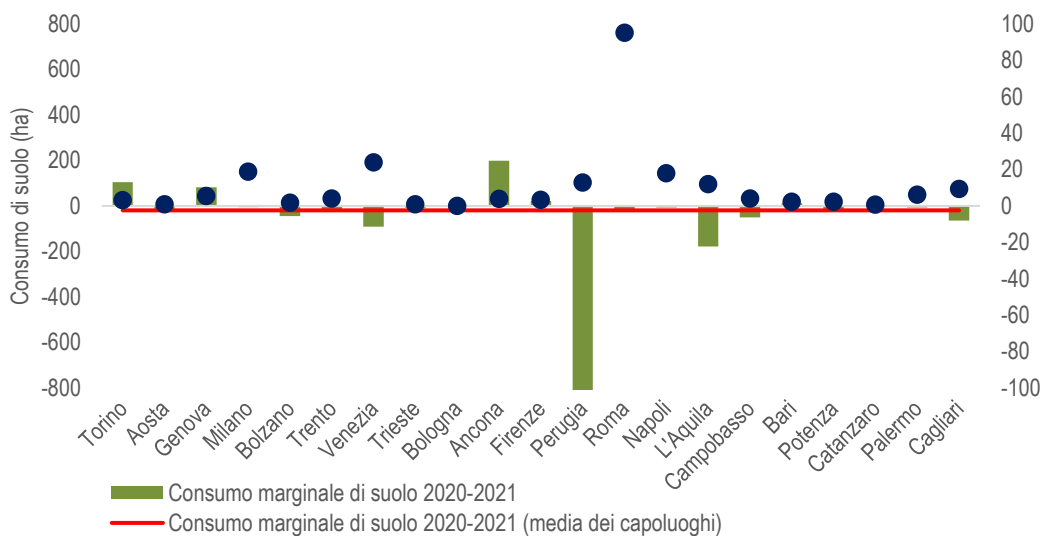


Figura 49. Consumo marginale di suolo per i capoluoghi di regione tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

Analizzando la perifericità dei comuni, si evidenzia che quelli di cintura, indipendentemente dalla loro dimensione demografica, sono sede di oltre il 39% del consumo di suolo nazionale (Figura 51).

La densità dei cambiamenti, ovvero il consumo di suolo rapportato alla superficie territoriale, è inferiore alla media nazionale solo nei comuni esterni alla cintura e raggiunge il suo massimo nei poli e il minimo dei comuni ultraperiferici.

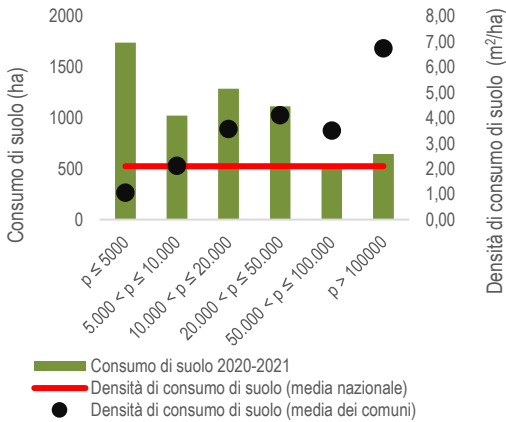


Figura 50. Consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

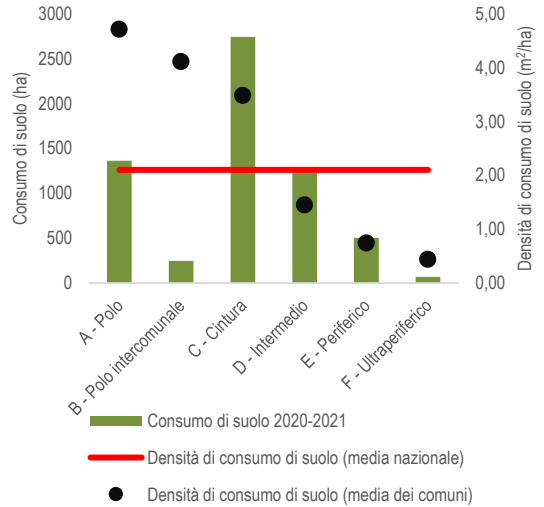


Figura 51. Consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

Un'ultima categorizzazione dei comuni è stata fatta considerando la **variazione demografica** fra la popolazione residente relativa al 1° gennaio 2020 e quella al 1° gennaio 2021. Le variazioni percentuali sono state raggruppate in 5 classi, la prima contiene l'apporto maggiore di consumo di suolo con oltre 2,5 mila ettari (Tabella 23).

Tabella 23. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale netto (ettari 2020-2021), densità di consumo di suolo annuale netto (m²/ha 2020-2021) e consumo marginale (m²/nuovi abitanti 2020-2021) per classe di variazioni demografiche. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Classi di variazione demografica (%)	Numero di comuni	Suolo consumato (km²)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)	Consumo marginale (m²/ab)
p < -1	3.891	9.198	2.561	1,57	-54
-1 ≤ p < -0,5	1.023	3.266	991	2,50	-149
-0,5 ≤ p < 0,5	1.631	5.358	1.632	2,80	4.767
0,5 ≤ p < 1	497	1.530	410	2,72	136
p ≥ 1	862	2.133	738	2,88	63

CONCORSO PER IL TITOLO DI “COMUNE RISPARMIA SUOLO” 2022

Per un'analisi complessiva della sostenibilità dello sviluppo territoriale a livello comunale, sulla base dei dati storici relativi ai 15 anni di monitoraggio del consumo di suolo a cura del SNPA (2006-2021), è stata messa a punto una metodologia multicriteri di valutazione.

I comuni sono stati suddivisi in 3 categorie sulla base della dimensione demografica, secondo il dato di popolazione residente ISTAT per il 2021.

- a. “Piccolo” (popolazione < 10.000 abitanti);
- b. “Medio” (popolazione compresa tra 10.000 e 50.000 abitanti);
- c. “Grande” (popolazione > di 50.000 abitanti).

Successivamente, si è reso necessario adottare alcuni criteri di esclusione per distinguere comportamenti virtuosi da andamenti dipendenti invece da limiti allo sviluppo urbano di natura demografica (recessione demografica nel lungo periodo) e morfologica (presenza di elevata percentuale di artificializzazione al netto dei corpi idrici). Per discriminare i primi ed escludere i secondi sono stati utilizzati i seguenti parametri:

1. Variazione percentuale della popolazione tra il 2006 e il 2021 maggiore del -1%;
2. SDG 11.3.1 (*Sustainable Development Goal - Ratio of land consumption rate to population growth rate*) <1;

3. Percentuale di suolo consumato 2021 al netto dei corpi idrici minore del 50%;

4a. Consumo di suolo netto dell'ultimo anno preso in esame (2020-2021) minore di 0,5 ettari (per i comuni grandi);

4b. Consumo di suolo netto dell'ultimo anno preso in esame (2020-2021) minore di 0,25 ettari (per i comuni medi);

4c. Consumo di suolo netto dell'ultimo anno preso in esame (2020-2021) minore di 0 ettari (per i comuni piccoli);

5. Consumo di suolo netto medio degli ultimi 15 anni < 2 ettari l'anno.

Le soglie utilizzate sono state selezionate per escludere quei comuni il cui basso valore del consumo di suolo sia giustificato da una marcata decrescita demografica o da un territorio già molto compromesso.

In ultima analisi i dati ottenuti sono stati ordinati per valori crescenti di consumo di suolo 2006-2021; identificando i comuni più “virtuosi” per ogni categoria:

- tra i comuni grandi: **Como**;
- tra i comuni medi: **Impruneta** (in provincia di Firenze);
- tra i comuni piccoli: **Marano di Valpolicella** (in provincia di Verona).

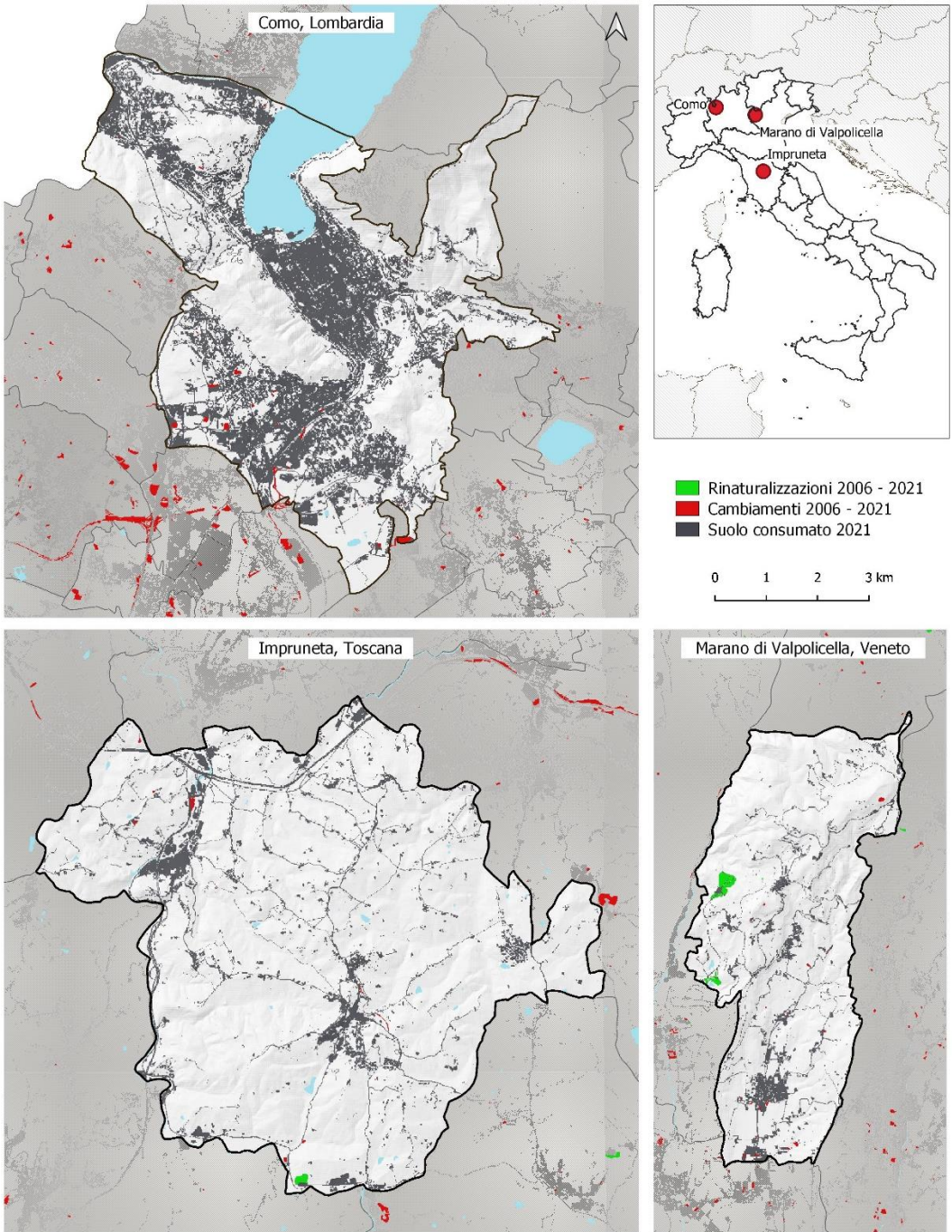


Figura 52. I comuni di Como, Impruneta e Marano di Valpolicella che hanno riportato la migliore valutazione in termini di consumo di suolo tra i comuni grandi, medi e piccoli

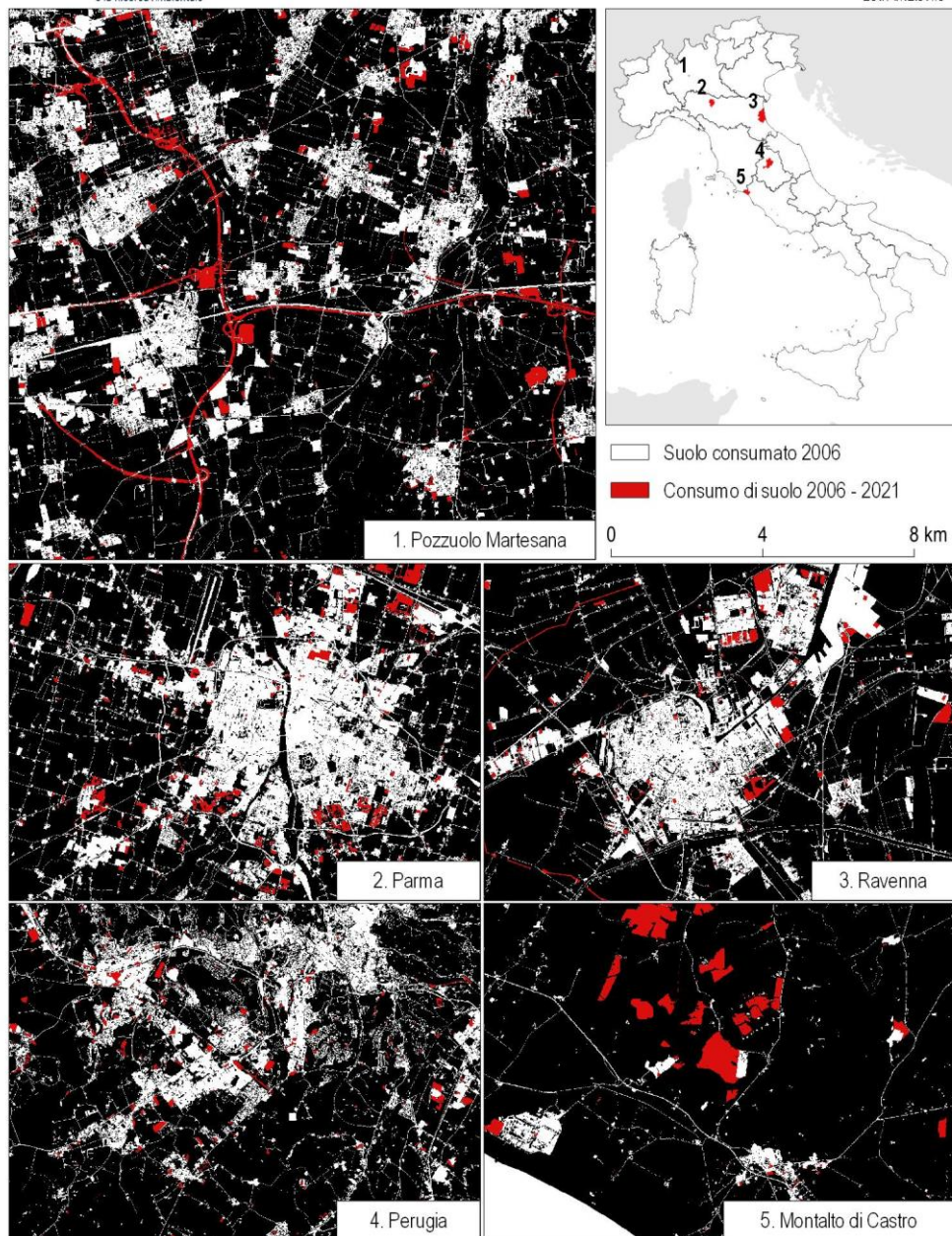


Figura 53. Suolo consumato (2006) e consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 in alcune aree del territorio. Fonte: cartografia SNPA

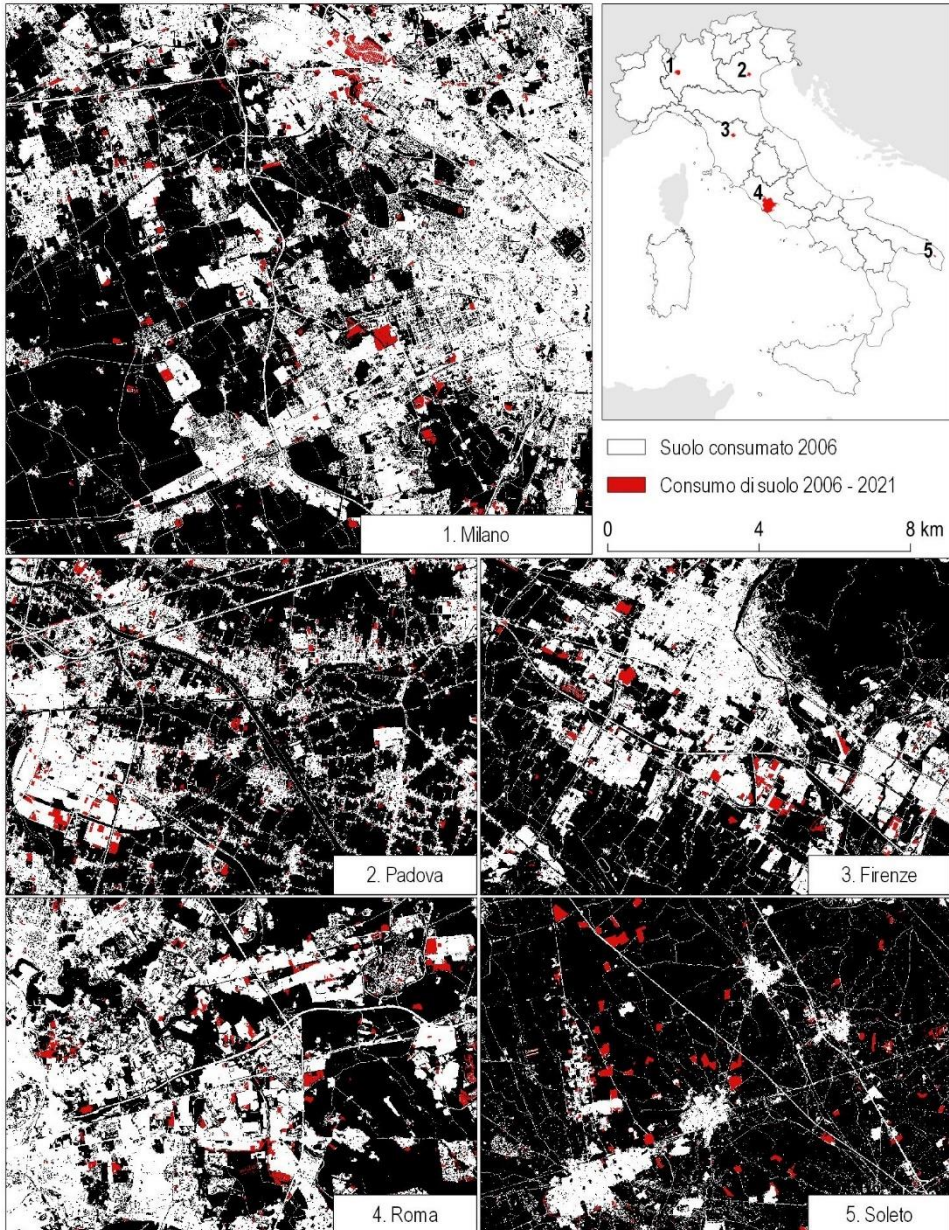


Figura 54 Suolo consumato (2006) e consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 in alcune aree del territorio. Fonte: cartografia SNPA

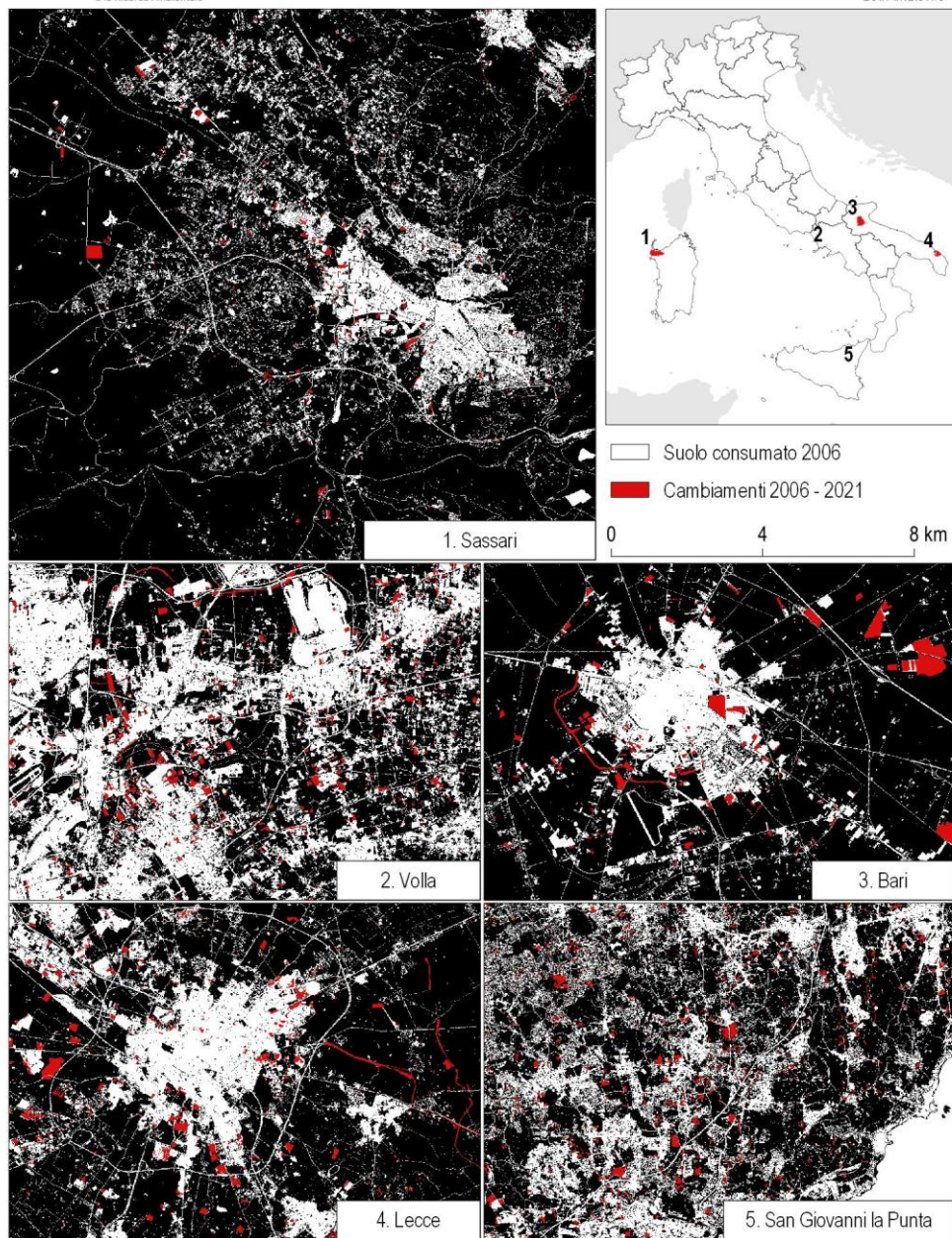


Figura 55. Suolo consumato (2006) e consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 in alcune aree del territorio. Fonte: cartografia SNPA

STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

USO E COPERTURA DEL SUOLO

Uso e copertura del suolo sono due ambiti estremamente correlati nell'analisi dei fenomeni e dei processi che caratterizzano l'evoluzione del territorio. Queste trasformazioni hanno conseguenze sostanziali sul benessere dell'uomo e sullo stato dell'ambiente a livello globale, regionale e locale, è quindi necessario lo sviluppo di strumenti di supporto al monitoraggio in grado di sostenere in modo organico la definizione e l'implementazione di adeguate politiche di governo e gestione sostenibile del territorio.

In questo senso, sebbene alcune dinamiche, come il consumo di suolo, siano ben conosciute, nel nostro Paese è storicamente limitata la disponibilità di un sistema di monitoraggio e di valutazione integrata dello stato e delle dinamiche evolutive della copertura del suolo e del suo utilizzo.

D'altro canto, la crescente necessità di informazioni ad alta risoluzione spaziale temporale e tematica, indispensabili per la descrizione delle complesse dinamiche territoriali contemporanee, ha portato alla creazione di numerosi prodotti indipendenti tra loro, a livello globale, europeo, nazionale e locale, caratterizzati da sistemi di classificazione specifici, diverso livello di dettaglio geometrico e basati su diverse relazioni tra uso e copertura del suolo.

Le analisi riportate in questo paragrafo hanno lo scopo di illustrare i principali strati di uso e copertura del suolo disponibili per il territorio nazionale, con particolare riferimento ai dati del Programma Copernicus, e di descrivere le attività e i nuovi prodotti proposti da ISPRA in questo ambito.

A livello europeo (sia per gli Stati membri dell'Unione Europea che per gli Stati non afferenti all'UE) i principali strumenti per la descrizione dell'uso e della copertura del suolo afferiscono al Servizio di monitoraggio del territorio

del Programma Copernicus (*Copernicus Land Monitoring Service* - CLMS). Il CLMS offre informazioni geografiche sul suolo e su numerose variabili ad esso correlate, raccolte e organizzate secondo criteri che ne consentano e ne agevolino la comparazione e l'intercambio.

All'interno del CLMS i dati spaziali vengono suddivisi in tre componenti, definite "Globale", "Pan-Europea" e "Locale", in funzione dell'estensione degli ambiti territoriali di riferimento dei dati stessi. Con particolare riferimento all'uso e alla copertura del suolo, le tre le componenti del CLMS offrono un significativo numero di prodotti, brevemente descritti nel seguito (Tabella 24).

Nell'ambito della componente Globale del servizio³⁹ è disponibile una mappatura di uso/copertura del suolo a scala planetaria con risoluzione spaziale di 100 metri e aggiornamento annuale a partire dal 2015. Il dato presenta un sistema di classificazione con 23 classi di uso e copertura del suolo ed è affiancato da un secondo strato relativo alla percentuale di copertura vegetale presente in ciascun pixel.

Alla componente Pan-Europea⁴⁰ del CLMS afferiscono prodotti di uso e copertura del suolo relativi al territorio europeo. Il dato CORINE *Land Cover* è un caposaldo per l'analisi dell'uso e della copertura del suolo a scala nazionale ed europea, anche grazie alla lunga serie storica (la prima versione è riferita al 1990), al dettagliato sistema di classificazione (44 classi di uso e copertura del suolo) e alla capacità di offrire un'informazione omogenea per tutto il territorio europeo. La ridotta risoluzione spaziale (minima unità mappabile di 25 ettari) e la bassa frequenza di aggiornamento (6 anni) ne limitano però l'applicabilità nelle attività di monitoraggio a scala locale o che necessitano di dati dettagliati e/o aggiornati con elevata frequenza.

³⁹ <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

⁴⁰ <https://land.copernicus.eu/pan-european>

Tabella 24. Dati di uso e copertura del suolo afferenti alla componente Globale, Pan-Europea e Locale del CLMS. Gli High Resolution Layers sono disponibili rispetto al 2015 e al 2018 per tutti i 4 tematismi, rispetto al 2012 per foreste e grado di impermeabilizzazione e rispetto al 2006 per il solo grado di impermeabilizzazione. Le informazioni inerenti CLC+ Backbone riportate in tabella fanno riferimento alla versione raster del dato, il vettoriale è ancora in fase di ultimazione

	GLOBALI	PAN-EUROPEI			LOCALI			
Prodotto	Global Land Cover	CORINE Land Cover	High Resolution Layers	CLC Backbone	Urban Atlas	Riparian Zones	Natura 2000	Coastal Zones
Formato	Raster	Vettoriale	Raster	Raster	Vettoriale	Vettoriale		
Risoluzione spaziale	100 m	MMU 25 ha (stato) 5 ha (cambiamenti)	10 m	10 m	0,25 ha (urbano) 1 ha (naturale)	0,5 ha		
Sistema di classificazione	Uso-copertura, 23 classi	Uso-copertura, 44 classi	Copertura, 4 classi	Copertura, 12 classi	Uso-copertura, 27 classi	Uso-copertura, 55 classi		
Frequenza di aggiornamento	Annuale	6 anni	3 anni	3-6 anni	6 anni	6 anni		
Anno di riferimento	2015-2019	1990, 2000, 2006, 2012, 2018	2006, 2009, 2012, 2015, 2018	2018	2006, 2012, 2018	2012, 2018	2006, 2012, 2018	2012, 2018

L'introduzione dei dati raster *High Resolution Layers* (HRL) ha permesso di disporre di informazioni dall'elevato dettaglio spaziale (pixel di 20 metri nelle prime versioni e di 10 metri per il più recente aggiornamento al 2018) per un limitato numero di classi di copertura del suolo: superfici impermeabili, foreste, prati, corpi idrici e zone umide.

Il prodotto di più recente introduzione nella componente Pan-Europea del CLMS è il CLC+ *Backbone*, uno strato a alta risoluzione disponibile per l'intero territorio europeo, con sistema di classificazione basato su classi di copertura del suolo in linea con il modello EAGLE. Il dato è stato realizzato in formato vettoriale (non ancora pubblicato) con legenda a 18 classi e in formato raster con risoluzione spaziale di 10 metri e sistema di classificazione a 12 classi. Il *Backbone* è il primo dato ufficiale della famiglia CLC+ e costituirà un riferimento per i futuri prodotti CLMS.

Alla componente Locale⁴¹ del CLMS fanno capo diversi strati ad alta risoluzione introdotti allo scopo di fornire informazioni su ambiti territoriali critici dal punto di vista ambientale, territoriale e ecosistemico, che necessitano di strumenti di monitoraggio specifici e dettagliati. Attualmente questa componente del servizio offre dati di uso e

copertura del suolo in formato vettoriale con frequenza di aggiornamento di sei anni per quattro categorie di aree. *Urban Atlas* fornisce una mappatura delle aree urbane per il 2006, 2012 e 2018, con dettaglio geometrico superiore all'ettaro e con un sistema di classificazione basato su quello *CORINE Land Cover* (con livello di dettaglio aumentato nelle classi di urbano). *Riparian Zones*, *Coastal Zones* e *Natura 2000* utilizzano un sistema di classificazione basato sul *Mapping Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES, anch'esso di derivazione *CORINE Land Cover*) per la mappatura a alta risoluzione delle zone ripariali, della fascia costiera e delle aree protette Natura 2000.

La nuova cartografia ISPRA di uso e copertura del suolo da integrazione di dati Copernicus

In questa edizione del rapporto vengono presentati i nuovi prodotti realizzati da ISPRA per il monitoraggio dell'uso e della copertura del suolo. I prodotti sono realizzati tramite integrazione di dati esistenti, con particolare riferimento a quelli del Servizio di *Land Monitoring* del Programma Copernicus (CLMS) e al monitoraggio SNPA. Il recente aggiornamento geometrico e tematico cui è stata sottoposta la serie storica dei dati CLMS di uso e copertura del suolo (e in particolare quelli afferenti

⁴¹ <https://land.copernicus.eu/local>

alla componente Locale del servizio) ha garantito un aumento della coerenza geometrica e dell'omogeneità tematica tra gli strati, rendendoli più interoperabili e fruibili.

Contestualmente alla revisione delle metodologie (De Fioravante *et al.*, 2021) per la produzione delle mappe di uso e di copertura del suolo sono stati anche aggiornati i sistemi di classificazione delle carte, nell'ottica di aumentarne la coerenza con le indicazioni del modello EAGLE (EIONET *Action Group on Land monitoring in Europe*). In ambito europeo, l'introduzione del modello EAGLE si è resa necessaria a seguito del moltiplicarsi di strumenti di mappatura dell'uso e della copertura del suolo con caratteristiche geometriche, spaziali e tematiche eterogenee. EAGLE fornisce una metodologia per la classificazione e l'archiviazione delle informazioni di uso e copertura del suolo secondo un modello dati consistente, rendendo più agevole la comparazione e l'integrazione tra dati provenienti da diverse fonti o realizzati secondo approcci diversi. L'utilizzo del modello EAGLE consente la creazione di flussi di dati omogenei e coerenti, valorizzando l'integrazione tra le attività nazionali e le iniziative europee di land monitoring. Lo schema proposto dal Gruppo EAGLE prevede un sistema di modellazione dei dati basato su una netta distinzione tra le componenti di copertura del suolo e gli attributi di uso del suolo, applicabile a diverse scale e su dati provenienti da diverse fonti, mantenendo la compatibilità con i database esistenti e senza la perdita di contenuto informativo significativo. Il modello EAGLE permette di descrivere il territorio a partire dalla definizione di tre blocchi distinti di informazioni, detti "categorie":

- Componenti di copertura del suolo (*Land Cover Components - LCC*)

Sono mutuamente esclusive ed esaustive e vengono riferite alla definizione di copertura del suolo fornita dalla direttiva INSPIRE 2007/2/CE, ovvero la "copertura biofisica della superficie terrestre".

- Attributi di uso del suolo (*Land Use Attributes - LUA*)

Si basano sulla definizione di "uso del suolo" fornita dalla direttiva INSPIRE 2007/2/CE, ovvero la "classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro";

- Caratteristiche del paesaggio (*Landscape Characteristics - CH*)

Forniscono informazioni su specifiche proprietà delle unità territoriali, esplicitandole con un livello di dettaglio superiore a quello che si raggiungerebbe facendo riferimento alle sole classi di copertura e uso del suolo. Permettono ad esempio di distinguere le diverse tipologie di aree agricole, i boschi di conifere da quelli di latifoglie o la persistenza di una certa tipologia di uso o copertura del suolo.

EAGLE costituisce quindi uno strumento di supporto per la creazione di nuovi sistemi di classificazione e per la disambiguazione di conflitti semantici dovuti alla sovrapposizione di informazioni di uso e copertura del suolo nei sistemi di classificazione esistenti.

In Tabella 25 è riportato il sistema di classificazione adottato per la nuova carta di copertura del suolo, che risulta coerente con le componenti di copertura del suolo della matrice EAGLE e in linea con le classi adottate in ambito Copernicus dal nuovo CORINE *Backbone*.

Tabella 25. Sistema di classificazione adottato per la nuova carta di copertura del suolo ISPRA basata su dati Copernicus

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edifici
1.1.1	Superfici impermeabilizzate
1.1.2	Superfici non impermeabilizzate
1.2	Superfici abiotiche naturali
1.2.1	Superfici abiotiche consolidate
1.2.2	Superfici abiotiche non consolidate
2	Superfici vegetate
2.1	Vegetazione legnosa
2.1.1	Vegetazione arborea
2.1.1.1	Latifoglie
2.1.1.2	Conifere
2.1.2	Vegetazione arbustiva
2.2	Vegetazione erbacea
2.2.1	Erbaceo periodico
2.2.2	Erbaceo permanente
3	Corpi idrici
3.1	Corpi idrici permanenti
3.2	Ghiacci e nevi perenni
4	Zone umide

Il primo livello di classificazione presenta quattro macroclassi, tre delle quali direttamente riconducibili alle com-

ponenti di copertura del suolo della matrice EAGLE (superfici non vegetate, superfici vegetate e corpi idrici e ghiacci), cui si aggiunge una quarta classe per la descrizione delle zone umide. Quest'ultima è presente in tutti i dati di input ma risulta difficilmente convertibile in classi di pura copertura del suolo in linea con EAGLE senza l'ausilio di ulteriori dati ancillari. In questo senso il mantenimento della classe è volto a preservare il contenuto informativo dei dati di input.

- Superfici abiotiche – non vegetate

La classe include tutte le superfici prive di copertura vegetale, distinte al secondo livello di classificazione tra superfici abiotiche artificiali e naturali.

Le superfici abiotiche artificiali vengono ulteriormente distinte in impermeabilizzate e non impermeabilizzate. Questa distinzione è in linea con la differenziazione tra suolo consumato permanente e reversibile definita a livello nazionale da SNPA, con l'eccezione delle ferrovie (classificate come abiotico artificiale permeabile da EAGLE e come suolo consumato permanente da SNPA), degli impianti fotovoltaici a terra (considerate abiotico artificiale impermeabile da EAGLE e suolo consumato reversibile da SNPA), delle serre non pavimentate (attribuite all'abiotico artificiale impermeabile da EAGLE e al suolo non consumato da SNPA) e delle aree estrattive (considerate rocce nude da EAGLE e assimilate a superfici abiotiche artificiali permeabili da SNPA, per via della forte alterazione subita da tali aree a causa dell'azione antropica).

Le aree abiotiche naturali includono aree naturali prive di vegetazione, distinte in funzione dello stato di aggregazione in consolidate (rocce nude, rupi, falesie e affioramenti) e non consolidate (spiagge, dune e sabbie).

- Superfici vegetate

La classe include tutte le superfici terrestri coperte da vegetazione spontanea, semi-naturale o artificiale, indipendentemente dalla presenza di attività antropica. La vegetazione viene distinta al secondo livello di classificazione in legnosa ed erbacea. La vegetazione legnosa è ulteriormente suddivisa in vegetazione arborea (distinguendo latifoglie e conifere) e arbustiva (con altezza inferiore a 5 metri). La vegetazione erbacea è invece distinta in permanente e periodica, in funzione della persistenza della copertura erbacea nel *pixel* nel corso dell'anno. In particolare, l'erbaceo permanente presenta

una copertura continua nel corso dell'anno, mentre per l'erbaceo periodico è ravvisabile nel corso dell'anno almeno una transizione tra copertura erbacea e suolo nudo. Questa distinzione è in linea con quella proposta dal dato CLC+ *Backbone*.

- Corpi idrici

La classe include specchi d'acqua e corsi d'acqua sia di origine naturale che artificiale e ghiacciai e nevi perenni.

- Zone umide

Come premesso, la classe non presenta una diretta corrispondenza con le LCC di EAGLE, tuttavia è stata mantenuta per preservare il contenuto informativo offerto dai dati di input. In questo senso, per la classe valgono le definizioni fornite dai dati Copernicus.

Riguardo l'uso del suolo, è stato adottato il sistema di classificazione di Tabella 26, anch'esso in linea con gli attributi di uso del suolo della matrice EAGLE e con i prodotti preliminari introdotti in ambito europeo per la descrizione sistematica dell'uso del suolo.

Tabella 26. Sistema di classificazione adottato per la nuova carta di uso del suolo ISPRA basata su dati Copernicus

Classe	Uso del suolo	
1	Agricolo	
1.1		Seminativi
1.2		Foraggiere
1.3		Colture permanenti
1.4		Aree agroforestali
1.5		Altre aree agricole
2	Foreste e arboricoltura da legno	
3	Cave e miniere	
4	Urbano e aree assimilate	
5	Usi d'acqua	
6	Usi non economici	
6.1		Zone umide
6.2		Altri usi non economici

- Uso agricolo

Include le aree definite da EAGLE come demandate alla produzione agricola per scopi alimentari, zootecnici, commerciali o energetici. Al secondo livello di classificazione vengono distinti seminativi (irrigui e non irrigui), foraggiere, colture permanenti (uliveti, frutteti, vigneti), aree agroforestali e altre aree agricole. Quest'ultima classe in-

clude le aree con colture annuali associate a colture permanenti, i sistemi colturali e particellari complessi e le aree agricole con presenza di spazi naturali importanti.

- Foreste e arboricoltura da legno

Include le attività connesse con le produzioni primarie associate al legno, come legname, legna da ardere, carbone. Sono inclusi anche i vivai forestali, le aree di stoccaggio e trasporto associate ad attività di disboscamento e le piante legnose per i biocombustibili. Queste attività possono essere svolte in foreste naturali o impianti artificiali.

- Cave e miniere

Aree destinate ad attività di estrazione di minerali e materiali presenti in natura come solidi (carbone, minerali, ghiaia, sabbia, sale), liquidi (petrolio), gas (gas naturale) o biomassa (torba).

- Urbano e aree assimilate

La classe include le aree mappate come consumate dalla carta nazionale del consumo di suolo e tutta la classe di "superfici artificiali" dei dati Copernicus, incluse aree residenziali, industriali, commerciali, verde urbano, infrastrutture viarie, discariche, cantieri.

- Usi d'acqua

La classe include i corpi idrici, intesi come specchi d'acqua, corsi d'acqua e acque costiere, valorizzati per finalità economiche (ad esempio acquacoltura) o prive di utilizzi per scopi socioeconomici.

- Usi non economici

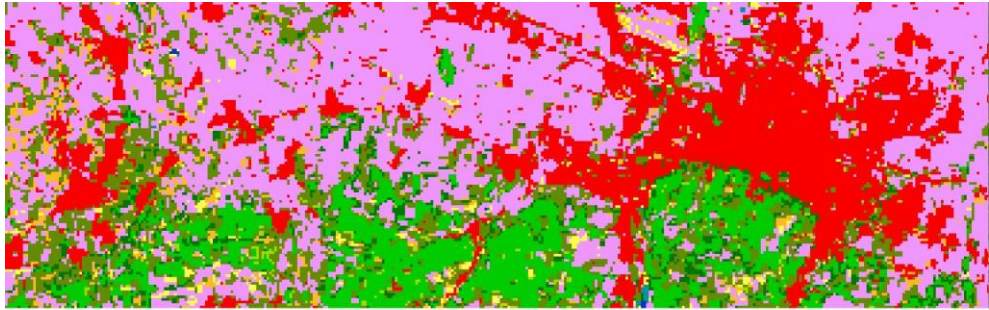
Riguarda aree allo stato naturale, non soggette a utilizzi per scopi socioeconomici. Nello specifico, al secondo livello vengono distinte le zone umide dagli altri usi non economici, in cui ricadono i prati stabili, la vegetazione sclerofilla, la macchia mediterranea e i cespuglieti, nonché le aree con vegetazione rada o assente (spiagge, dune e sabbie, rocce nude, aree incendiate, ghiacci e nevi).

I due prodotti di uso e copertura del suolo sono stati derivati per il 2012 e il 2018 a partire dal medesimo set di dati Copernicus, riclassificati secondo le classi di Tabella 25 e Tabella 26 in modo da considerare in un caso gli aspetti riconducibili alla copertura del suolo e nell'altro gli attributi di uso del suolo.

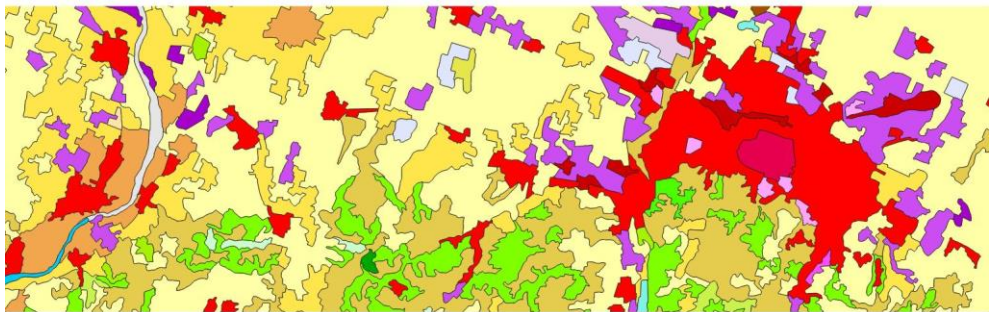
Lo studio è stato orientato alla realizzazione di prodotti cartografici in grado di coprire l'intero territorio nazionale, superando il più possibile i limiti di risoluzione spaziale del CORINE *Land Cover*. In questo senso sono stati innanzitutto analizzati, riclassificati, convertiti in raster e infine mosaicati, i principali dati della componente Locale del CLMS, ossia *Urban Atlas*, *Coastal Zones*, *Riparian Zones* e *Natura 2000*.

Nelle aree non coperte da questi dati è stato utilizzato il CORINE *Land Cover*, mentre per la mappatura delle superfici abiotiche artificiali è stato fatto riferimento alla Carta nazionale del consumo di suolo SNPA.

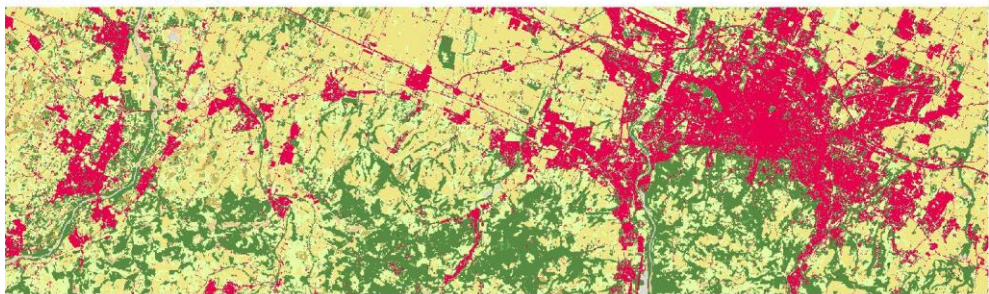
Particolare attenzione è stata rivolta alla conversione dei dati di input nelle corrispondenti classi di uso e di copertura di ISPRA. Il CORINE *Land Cover* presenta un sistema di classificazione specifico, caratterizzato da classi a copertura mista arborea, arbustiva ed erbacea, con uso del suolo naturale o agricolo. Tale circostanza si ritrova anche nei dati Locali, tutti basati su sistemi di classificazione derivati da quello CLC (*Urban Atlas*) o armonizzati rispetto ad esso (*Riparian Zones*, *Coastal Zones* e *Natura 2000*). In questo senso, è stato utilizzato il nuovo dato CLC+ *Backbone* 2018 per la distinzione della componente arborea, erbacea e arbustiva all'interno delle classi miste, consentendone la disambiguazione. Per la descrizione dell'uso del suolo si è fatto riferimento alla legenda proposta dall'EEA per l'inventario dei dati di uso; questa definisce delle corrispondenze con il sistema di classificazione del CLC, che sono state adottate e estese anche ai sistemi di classificazione degli altri dati considerati.



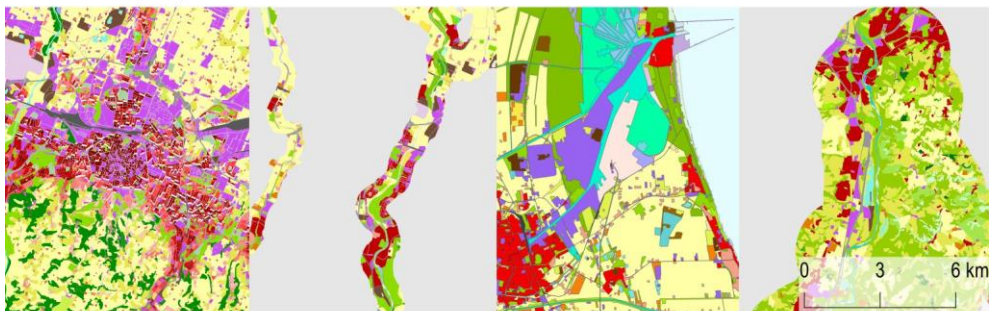
Global Land Cover (2019)



CORINE Land Cover (2018)



CLC+ Backbone (2018)



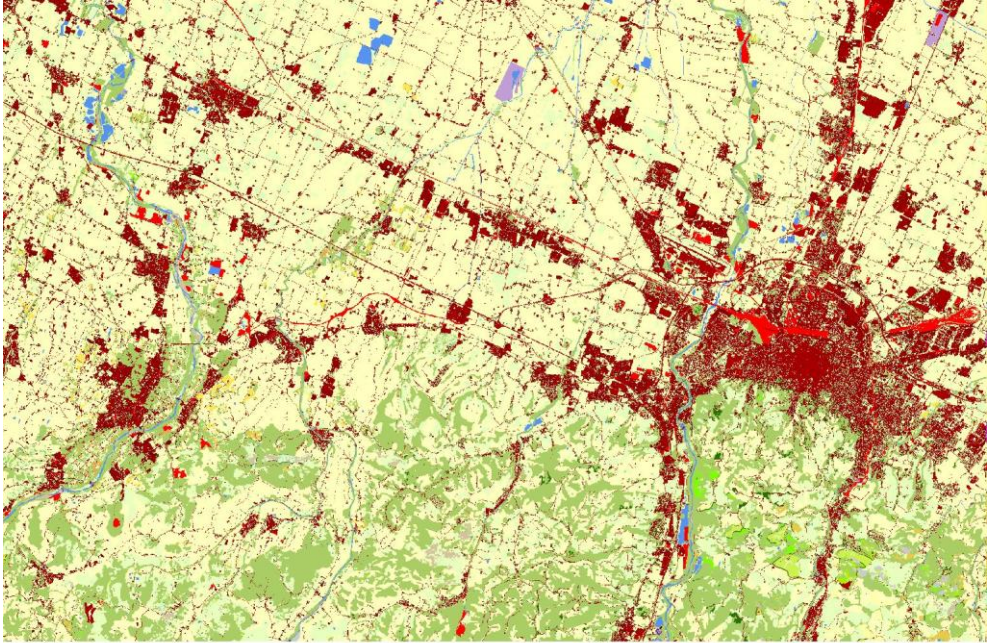
Urban Atlas (2018)

Riparian Zones (2018)

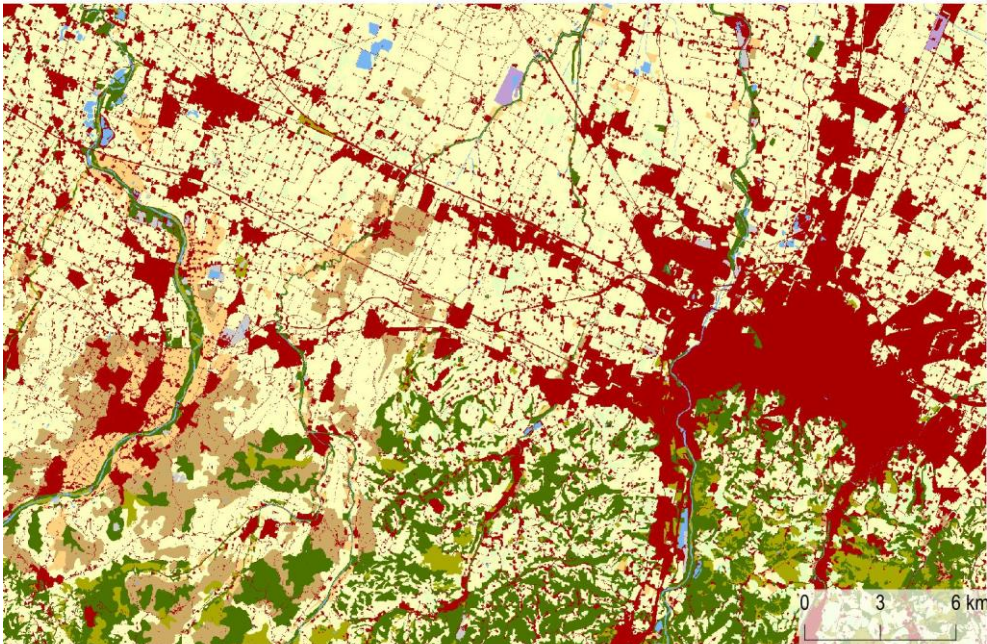
Coastal Zones (2018)

Natura 2000 (2018)

Figura 56. Panoramica dei principali dati di uso e copertura del suolo del Programma Copernicus



Carta Nazionale di Copertura del Suolo (2018) ISPRA



Carta Nazionale di Uso del Suolo (2018) ISPRA

Figura 57. Dettaglio delle carte di copertura e uso del suolo prodotte da ISPRA tramite integrazione di dati Copernicus e della Carta Nazionale del Consumo di Suolo

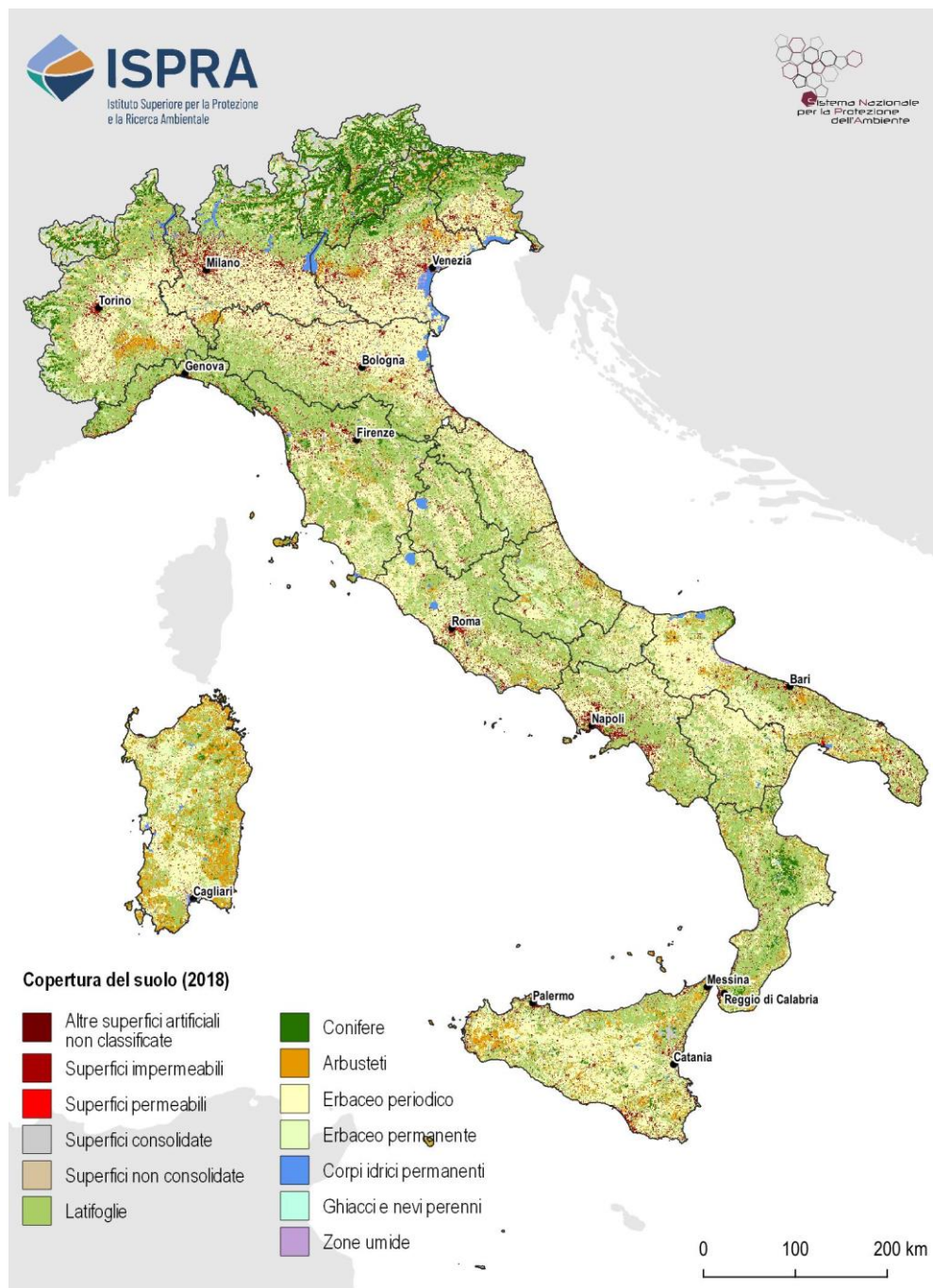


Figura 58. Copertura del suolo (2018)

Analisi della copertura del suolo in Italia al 2018

Dall'analisi al primo livello di classificazione della carta di copertura del suolo 2018 (Figura 58, Figura 59), quasi l'89% della superficie nazionale risulta occupato dalle superfici vegetate, seguite da quelle abiotiche (9,64%) e da corpi idrici e zone umide (1,57 e 0,18%). Al secondo livello di classificazione, nell'abiotico prevale la componente artificiale, che occupa circa i tre quarti della classe e il 7,24% del totale. Per quanto riguarda la vegetazione, questa è ripartita equamente tra componente legnosa e erbacea (rispettivamente 44,40% e 44,20% della superficie nazionale; Tabella 27; Tabella 28).

Tabella 27. Copertura del suolo al primo e secondo livello di classificazione

Classe	Copertura del suolo (2018)	ha	%	% sulla classe
1	Superfici abiotiche non vegetate	2.905.356	9,64	-
1.1	Superfici artificiali ed edifici	2.180.908	7,24	75,07
1.2	Superfici abiotiche naturali	724.448	2,40	24,93
2	Superfici vegetate	26.705.165	88,60	-
2.1	Vegetazione legnosa	13.382.077	44,40	50,11
2.2	Vegetazione erbacea	13.323.087	44,20	49,89
3	Corpi idrici	474.582	1,57	-
3.1	Corpi idrici permanenti	441.374	1,46	93,00
3.2	Ghiacci e nevi perenni	33.208	0,11	7,00
4	Zone umide	54.873	0,18	-

Tabella 28. Copertura del suolo al massimo livello di dettaglio tematico

	ha	%
Superfici impermeabilizzate	1.331.356	4,42
Superfici non impermeabilizzate	159.907	0,53
Altre superfici artificiali non classificate	689.645	2,29
Superfici abiotiche consolidate	425.289	1,41
Superfici abiotiche non consolidate	299.160	0,99
Latifoglie	9.525.268	31,60
Conifere	1.872.749	6,21
Vegetazione arbustiva	1.984.060	6,58
Erbaceo periodico	8.612.858	28,58
Erbaceo permanente	4.710.229	15,63
Corpi idrici permanenti	441.374	1,46
Ghiacci e nevi perenni	33.208	0,11
Zone umide	54.873	0,18

Considerando il massimo dettaglio tematico (Tabella 28), nella vegetazione legnosa prevale la componente arborea, e in particolare le latifoglie (che occupano il 31,60% della superficie nazionale) seguiti dall'erbaceo periodico (28,58%). Delle restanti 11 classi, 10 occupano meno del 10% della superficie nazionale. Nelle coperture abiotiche artificiali prevalgono le superfici impermeabilizzate.

L'analisi della copertura del suolo per il 2018 a livello regionale mostra i risultati riportati in Figura 60. Le superfici abiotiche artificiali occupano oltre il 10% del territorio regionale in Lombardia (12,18%), Veneto (11,92%) e Campania (11,18%). Complessivamente la classe assume valori superiori alla media nazionale in 8 delle 20 regioni, mentre i valori minimi si registrano in Valle d'Aosta (2,14%) e Trentino-Alto Adige (3,05%), che sono anche le due regioni con la più elevata percentuale di territorio coperto da superfici abiotiche naturali e da ghiacci e nevi perenni. All'interno dell'abiotico artificiale, prevale la componente impermeabilizzata, che supera il 5% del territorio in Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Lazio e Campania, mentre la componente non impermeabilizzata raggiunge l'1% del territorio regionale solo in Emilia-Romagna. Le altre superfici artificiali non classificate (ossia l'abiotico artificiale che non è stato possibile distinguere in impermeabilizzato e non impermeabilizzato) interessa meno del 2% del territorio in 8 regioni, e non raggiunge il 5% nelle restanti. Il Veneto è la regione con la maggiore presenza di corpi idrici permanenti (5,13%) e zone umide (0,92%); la presenza di corpi idrici supera il 2% del territorio anche in Lombardia (3,43%) e Friuli-Venezia Giulia (2,62%), mentre le zone umide si mantengono al di sotto dello 0,5% del territorio in tutte le rimanenti regioni. Le superfici vegetate occupano oltre tre quarti del territorio in 19 delle 20 regioni, con l'eccezione della Valle d'Aosta (64,63%), superano il 90% del territorio in 11 regioni e il 95% in Basilicata (95,08%) e Molise (95,32%). Le aree vegetate sono coperte prevalentemente da vegetazione erbacea e arborea, mentre quella arbustiva supera il 10% solo in Sardegna (dove occupa più di un quarto del territorio regionale) e Sicilia (12,72% del territorio). La vegetazione arborea si concentra nell'area alpina e appenninica, coprendo tre quarti del territorio in Liguria e oltre il 50% in Calabria (59,06%), Trentino-Alto Adige (53,96%) e Toscana (52,96%), scendendo al di sotto del 25% solo in Veneto (24,57%) e Sicilia (24,34%). L'erbaceo è presente soprattutto in Pianura Padana e nelle zone costiere, occupando oltre la metà

del territorio regionale di Marche (58,46%), Emilia-Romagna (57,27%), Molise (54,93%), Sicilia (53,82%), Basilicata (53,66%) e Puglia (51,16%). Tra le classi di erbaceo, il periodico prevale sul permanente in 16 delle 20 regioni, in particolare in Emilia Romagna, Marche e Puglia il rapporto tra le due classi è di 4:1. Configurazione opposta si ha in Valle d'Aosta, dove l'erbaceo periodico è marginale e in Trentino Alto-Adige e Liguria, dove il permanente è significativamente più esteso del periodico. Nelle Marche, in Emilia-Romagna e in Puglia l'estensione delle due classi è pressoché equivalente.

L'analisi delle variazioni di copertura per il periodo 2012-2018 (Tabella 29) mostra un incremento delle superfici abiotiche di 51.073 ettari, associato a una contrazione delle altre classi naturali; in particolare, la vegetazione subisce una riduzione ripartita equamente tra componente erbacea (-25.033 ettari) e vegetazione legnosa (-23.271 ettari).

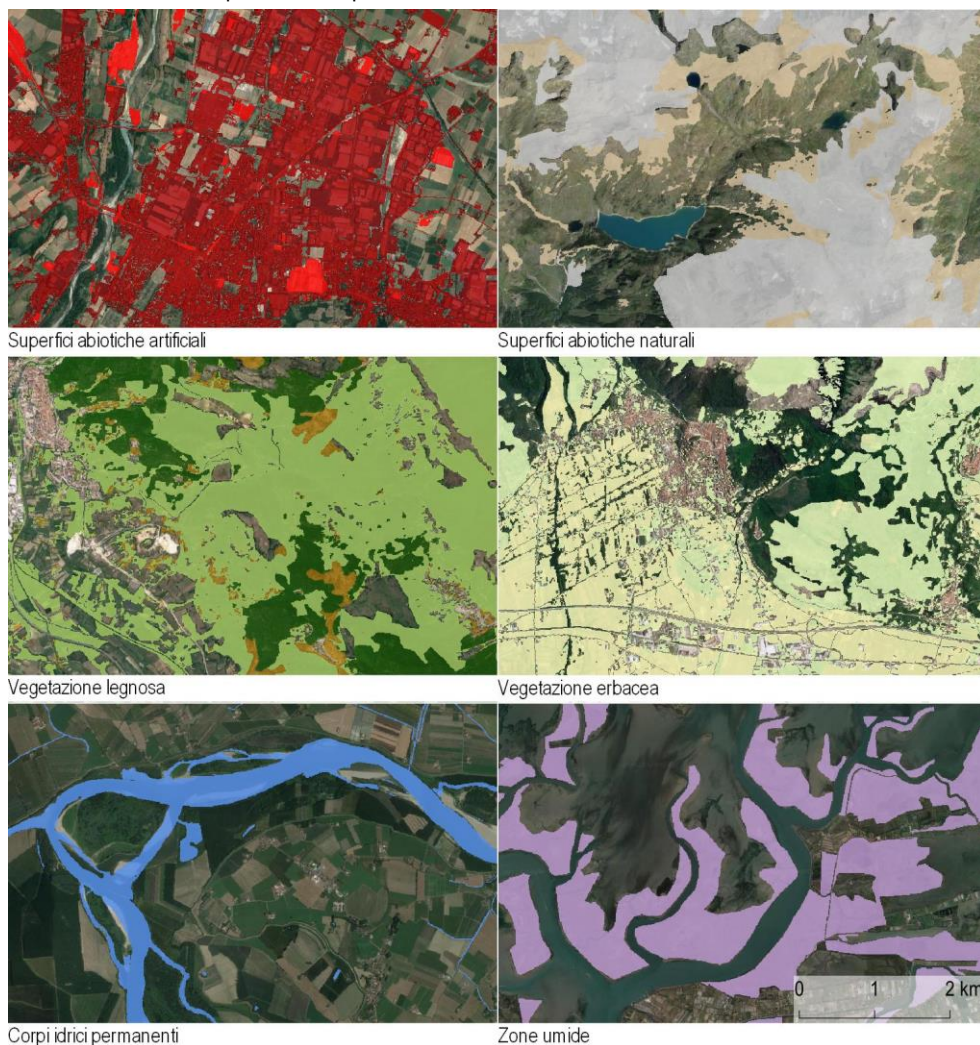


Figura 59. Esempi di classi di copertura del suolo ottenuti da integrazione di dati Copernicus e SNPA

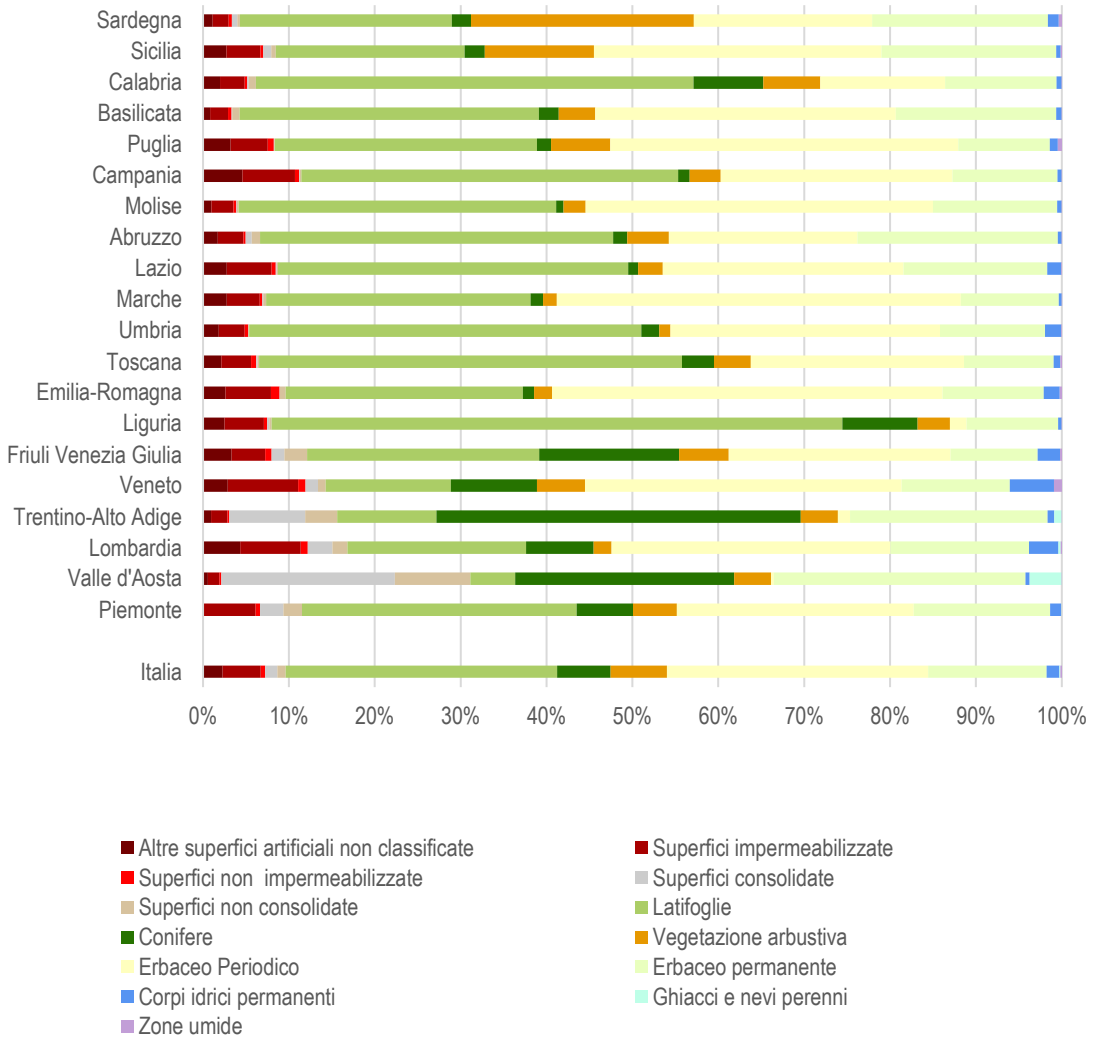


Figura 60. Copertura del suolo (2018), in termini di percentuale della superficie regionale occupata da ciascuna classe. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Tabella 29. Variazioni di copertura del suolo (2012–2018)

Classe	Cambiamenti di Copertura (2012-2018)	ha	%
1	Superfici abiotiche - non vegetate	51.073	1,79
1.1	Superfici artificiali ed edifici	44.623	2,09
1.2	Superfici abiotiche naturali	6.451	0,90
2	Superfici vegetate	-48.304	-0,18
2.1	Vegetazione legnosa	-23.271	-0,17
2.2	Vegetazione erbacea	-25.033	-0,19
3	Corpi idrici	-2.827	-0,59
3.1	Corpi idrici permanenti	-1.147	-0,26
3.2	Ghiacci e nevi perenni	-1.680	-4,82
4	Zone umide	57	0,10

Allo scopo di comprendere meglio le dinamiche evolutive del territorio italiano nel periodo 2012-2018 è utile analizzare i flussi di cambiamento che hanno coinvolto tutte le classi al massimo dettaglio tematico, riportati in ettari in Tabella 30.

Il consumo di suolo nel periodo 2012-2018 può essere osservato in termini di incremento delle superfici abiotiche artificiali. Tale flusso ha riguardato nel complesso 47.412 ettari, dei quali quasi 35.000 localizzati nelle aree che nel 2012 risultavano a copertura erbacea, in particolare l'erbaceo permanente. I flussi di rinaturalizzazione hanno riguardato la conversione di 2.789 ettari di suolo consumato in aree naturali, con la predominanza

di cambiamenti verso erbaceo permanente. Più nel dettaglio, se si esclude il 19% dei cambiamenti per i quali non si dispone di una distinzione in permeabile o impermeabile, poco meno della metà del nuovo consumo di suolo ha riguardato la conversione di aree naturali in superfici impermeabili, mentre il 32% è associato alla comparsa di nuove superfici artificiali permeabili.

I cambiamenti che coinvolgono le superfici abiotiche naturali consolidate (rocce nude) sono associati per la maggior parte alla riduzione di ghiacci e nevi perenni (tale classe nel periodo di riferimento mostra una riduzione di poco meno di 2.000 ettari e nessun incremento). In particolare, questo flusso di cambiamento interessa circa 1.600 ettari sul totale dei quasi 1.900 di incremento della classe; le diminuzioni dell'abiotico naturale consolidato hanno invece entità marginale e si limitano a poche decine di ettari.

Per quanto riguarda l'abiotico naturale non consolidato (spiagge, dune e sabbie) e i corpi idrici permanenti, i principali cambiamenti sono ascrivibili alle variazioni cui è naturalmente soggetto il corso dei fiumi e torrenti; tali variazioni coinvolgono anche tutte le classi vegetate (Figura 61, in alto).

I principali cambiamenti verificatisi nelle zone umide si concentrano nella laguna di Venezia, e interessano per la quasi totalità il cambiamento riportato in basso in Figura 61.

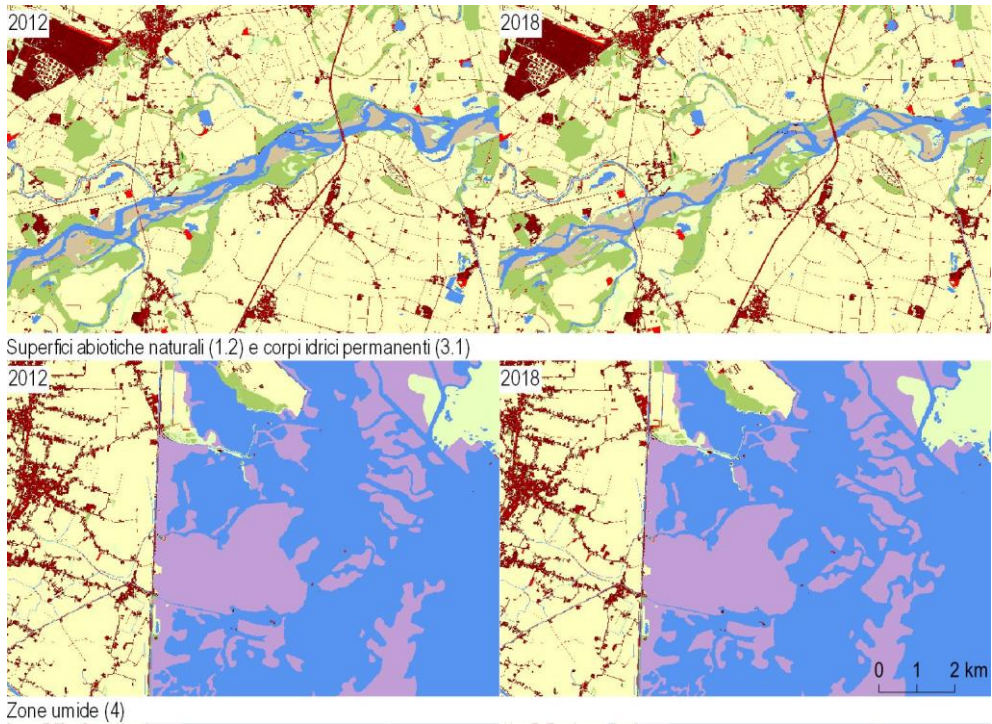


Figura 61. Esempio di cambiamento di copertura de suolo relativi a superfici abiotiche naturali non consolidate e corpi idrici (in alto) e a corpi idrici e zone umide (in basso)

Tabella 30. Flussi di cambiamento tra le classi di copertura del suolo tra il 2012 e il 2018. I cambiamenti sono espressi in ettari, escludendo quelli di dimensione inferiore all'ettaro

2012 \ 2018	Altre superfici artificiali non classificate	Superfici impermeabili	Superfici non impermeabili	Superfici consolidate	Superfici non consolidate	Latifoglie	Conifere	Vegetazione arbustiva	Erbaceo Periodico	Erbaceo permanente	Corpi idrici permanenti	Ghiacci e nevi perenni	Zone umide	Totale
Altre superfici artificiali non classificate	-	8.535	6.412	-	-	23	-	6	63	132	-	-	-	15.177
Superfici impermeabili	-	-	248	-	-	10	-	6	219	91	-	-	-	581
Superfici non impermeabili	8	1.267	-	-	9	238	21	58	655	1.208	33	-	-	3.502
Superfici Consolidate	12	-	32	-	33	6	-	-	9	18	18	-	7	141
Superfici non consolidate	23	12	69	-	-	481	-	263	343	1.265	1.247	-	-	3.710
Latifoglie	786	976	1.257	67	2.383	-	-	3.567	5.033	15.887	355	-	45	30.356
Conifere	79	48	177	22	222	7	-	1.745	68	4.334	15	-	-	6.717
Vegetazione arbustiva	238	244	324	103	634	1.467	479	-	1.402	3.976	24	-	-	8.892
Erbaceo periodico	3.162	10.279	5.091	7	448	3.892	22	4.491	-	7.084	133	-	70	34.680
Erbaceo permanente	4.814	11.351	8.099	60	2.441	3.357	380	1.965	8.154	-	246	-	112	40.978
Corpi idrici permanenti	55	38	233	10	2.174	117	-	28	145	387	-	-	339	3.526
Ghiacci e nevi perenni	-	-	-	1.607	69	-	-	-	-	-	-	-	-	1.680
Zone umide	-	-	7	-	-	55	-	-	123	28	299	-	-	523
Totale	9.180	32.757	21.947	1.884	8.418	9.652	910	12.131	16.215	34.410	2.379	0	580	-

Il principale cambiamento di copertura del suolo che coinvolge la vegetazione riguarda la riduzione della componente arborea, con particolare riferimento al passaggio di circa 15.800 ettari di latifoglie in erbaceo permanente; importanti anche i flussi da latifoglie a erbaceo periodico (5.033 ettari) e da conifere a erbaceo permanente (4.334 ettari). L'aumento di vegetazione arborea interessa circa 10.500 ettari tra conifere e latifoglie, soprattutto per passaggi di classe a partire dall'erbaeeo periodico (3.892 ettari di tale classe passano in boschi di latifoglie nel periodo di riferimento) e permanente (3.357 ettari). Complessivamente la contrazione della copertura

arborea mostrata dal confronto tra i dati 2012 e 2018 può essere associata a tre fattori principali:

- Presenza di aree incendiate e di aree destinate a arboricoltura o soggette a taglio del bosco

Nelle aree del mosaico coperte dai soli dati CORINE Land Cover, sono presenti circa 30.000 ettari di superficie mappata al 2012 come vegetazione arborea o arbustiva che è stata interessata a ridosso del 2017 (anno di riferimento per la fotointerpretazione dei dati CLC 2018) da incendi. L'analisi della copertura del suolo di tali aree tramite CLC Backbone mostra al 2018 comparsa di vegetazione erbacea, arbustiva e arborea associata alle

fasi di ripresa vegetativa. I cambiamenti associati agli incendi da soli incidono per una grossa percentuale sulle riduzioni totali della vegetazione arborea. Importanti sono anche le variazioni associate ad attività di utilizzazione forestale, in particolare nelle aree destinate ad arboricoltura nei pressi della Pianura Padana.



Figura 62. Esempio di aumento di copertura arborea associato a nuovi impianti di arboricoltura da legno

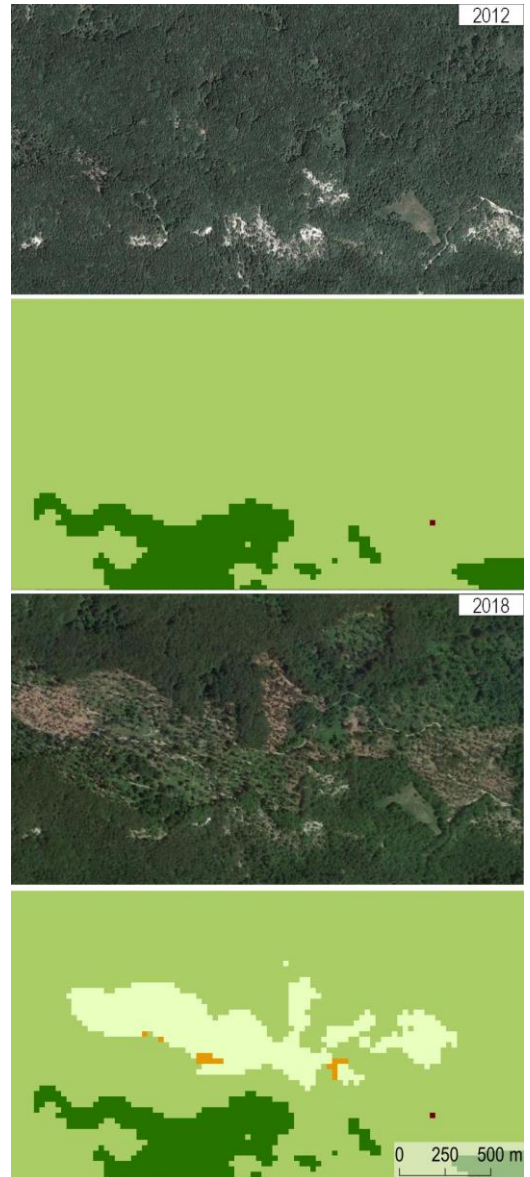


Figura 63. Esempio di riduzione di copertura arborea

- Frequenza di aggiornamento e risoluzione geometrica e tematica dei dati di input

Nelle zone coperte dal solo CORINE Land Cover, il dato è poco sensibile all'individuazione delle aree con bassa densità di alberi ai bordi delle aree boscate. Tale circo-

stanza è legata in primo luogo alla minima unità mappabile di 5 ettari del dato CLC, che rispetto ai dati Locali non permette di individuare piccole aree di cambiamento.

Un secondo aspetto riguarda le soglie di densità di copertura arborea considerate per la definizione delle aree boscate; i dati della componente locale di Copernicus individuano le classi di “bosco di conifere” e “bosco di latifoglie” a partire dalla definizione fornita dalla FAO, che fa riferimento a una densità arborea minima nella *patch* del 10%. Il dato CLC utilizza una soglia più alta per definire le classi di bosco, pari al 30%, che comporta l'esclusione dalle zone con bassa densità di alberi poste ai bordi delle aree a copertura arborea, dove è più probabile riscontrare l'espansione del bosco.

Più nel dettaglio, per valutare la differente attitudine dei dati Locali a mappare le aree con bassa densità di copertura arborea rispetto al CLC, la carta di copertura del suolo è stata confrontata con il dato HRL *Tree Cover Density* (TCD), che fornisce un'informazione sulla percentuale di copertura arborea nei *pixel*. Dal dato HRL DLT sono state selezionate e confrontate con la carta ISPRA le aree con copertura arborea compresa tra 10 e 30%. Nelle aree della carta di copertura dove è presente un dato Locale queste aree vengono omesse dalle classi di vegetazione arborea per poco meno del 10%, mentre il valore delle omissioni sale al 60% nelle aree dove la carta è basata sul solo dato CORINE *Land Cover*. Le omissioni per le aree con densità di copertura arborea compresa tra 1 e 10% si attesta sul 55-60% sia nelle aree coperte da CLC che in quelle coperte da dati Locali.

- Frequenza di aggiornamento dei dati di input

Il periodo di riferimento dei dati permette di analizzare i cambiamenti su un intervallo di tempo di sei anni, non sufficiente a mostrare un netto aumento della presenza e della densità di copertura arborea.

Analisi dell'uso del suolo in Italia al 2018

Con riferimento al primo livello di classificazione dell'uso del suolo 2018 (Figura 64), oltre tre quarti del territorio nazionale sono destinati a foreste e arboricoltura da legno (30,66%) o agricolo (43,23%); in particolare, circa un quarto della superficie italiana (e metà delle aree agricole) è adibito a seminativi, mentre le restanti classi a uso agricolo occupano ciascuna meno del 10% del territorio. Gli usi urbani e aree assimilate coprono poco meno del 10% del territorio nazionale, gli “altri usi non economici” poco meno del 15%. In quest'ultima classe ricadono le zone umide, tutte le aree con vegetazione rada o assente (spiagge, rocce, aree con vegetazione rada, aree incendiate, ghiacci e nevi perenni) e le aree con vegetazione naturale non arborea (prati stabili, arbusti, vegetazione sclerofilla; Tabella 31).

Tabella 31. Uso del suolo (2018)

Classe	Uso del suolo (2018)	ha	%	% sulla classe
1	Agricolo	13.029.441	43,23	-
1.1	Seminativi	7.752.868	25,72	59,48
1.2	Foraggiere	889.955	2,95	6,83
1.3	Culture permanenti	2.227.217	7,39	17,09
1.4	Aree agroforestali	161.365	0,54	1,24
1.5	Altre aree agricole	1.998.036	6,63	15,33
2	Foreste e arboricoltura da legno	9.239.660	30,66	-
3	Cave e miniere	47.740	0,16	-
4	Urbano e aree assimilate	3.006.130	9,97	-
5	Usi d'acqua	441.379	1,46	-
6	Usi non economici	4.375.625	14,52	-
6.1	Zone umide	54.873	0,18	1,25
6.2	Altri usi non econom.	4.320.752	14,34	98,78

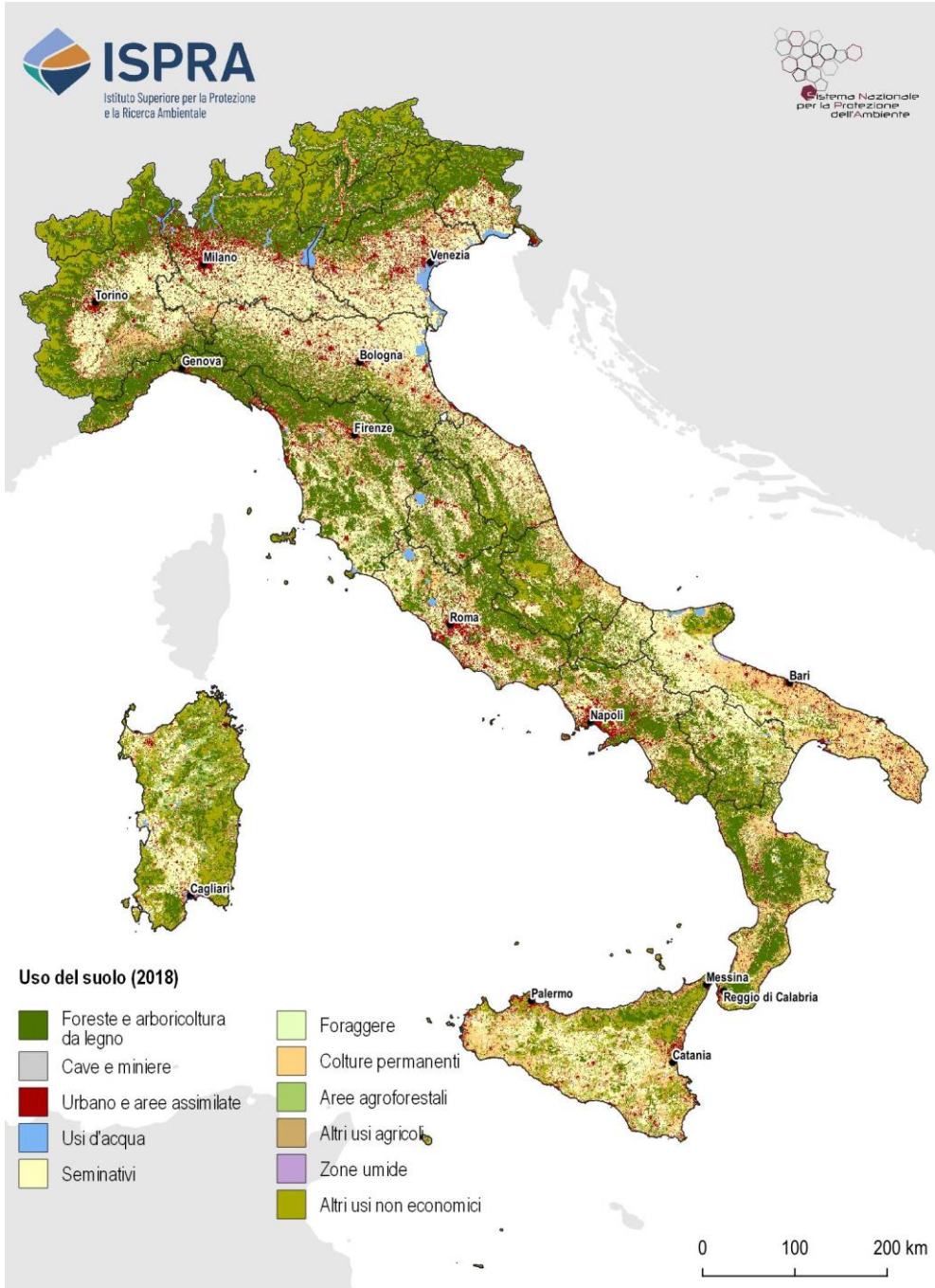


Figura 64. Uso del suolo (2018)

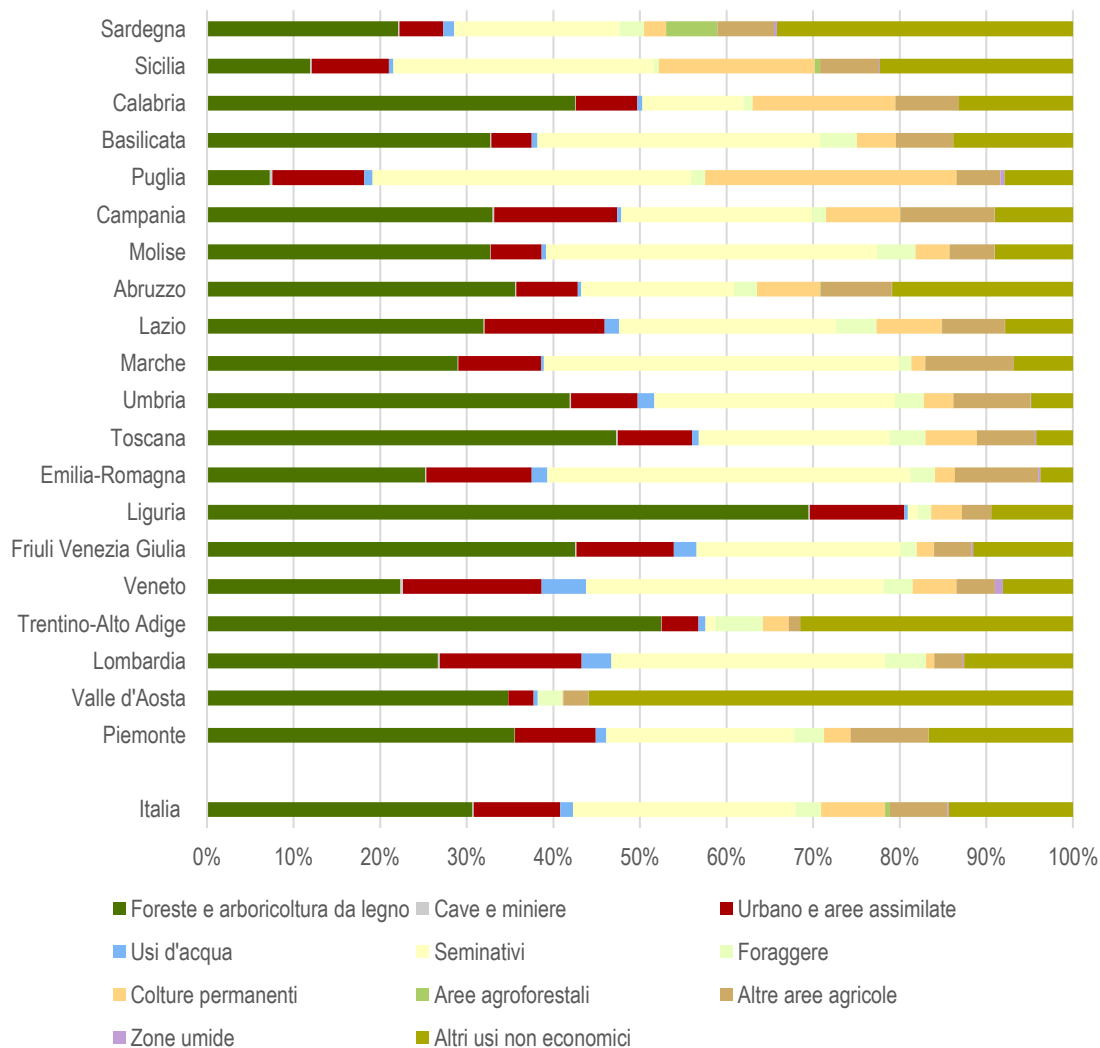


Figura 65. Uso del suolo (2018), in termini di percentuale della superficie regionale occupata da ciascuna classe. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

A livello regionale (Figura 65), la classe di foreste e arboricoltura da legno occupa più della metà del territorio di Trentino-Alto Adige e Liguria (52,45 e 69,48% rispettivamente) e meno di un quarto di quello di Sardegna (22,07%), Veneto (22,33%), Sicilia (11,91%) e Puglia

(7,23%), mentre le altre regioni presentano una superficie occupata da foreste e arboricoltura da legno compresa tra il 25 e il 50% del territorio. L'uso urbano e aree assimilate interessa oltre il 10% del territorio in 8 regioni mentre in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Basilicata e

Sardegna non raggiunge il 5%. I seminativi occupano oltre il 30% della superficie totale di 8 delle 20 regioni, superando il 40% in Emilia-Romagna (41,93%) e nelle Marche (41,09%), mentre risulta marginale in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige e Liguria (con estensioni inferiori al 2%). Le colture permanenti (per la maggior parte oliveti, frutteti e vigneti) occupano importanti porzioni di territorio in Puglia, Calabria e Sicilia, in queste tre regioni si concentrano quasi due terzi della classe. Le "altre aree agricole" interessano percentuali del territorio regionale comprese tra il 2 e il 10%, con valori più bassi nelle regioni settentrionali e più alti nel centro. In tale classe ricadono le aree caratterizzate da usi del suolo misti, con particelle agricole fittamente alternate a filari di alberi o aree naturali. Gli "altri usi non economici" interessano circa un terzo del territorio del Trentino-Alto Adige, della Sardegna e più della metà di quello della Valle d'Aosta, mantenendosi comunque oltre il 10% del territorio anche in altre 7 regioni. Nelle regioni del Nord concorrono a questa classe soprattutto le aree coperte da ghiacci e nevi e da rocce nude, mentre in Sicilia e Sardegna la componente principale è rappresentata da macchia mediterranea e arbusteti.

L'analisi dei cambiamenti di uso del suolo consente di leggere da un diverso punto di vista gran parte delle trasformazioni individuate nell'analisi della copertura del suolo (Tabella 32). Il principale flusso di cambiamento riguarda l'espansione delle aree urbane e delle aree destinate ad attività estrattive, soprattutto in conseguenza dell'aumento del consumo di suolo. Le colture permanenti fanno registrare un aumento di circa 3.400 ettari, e le altre aree con usi non economici un aumento di poco più di 1.300 ettari, mentre i seminativi e gli usi forestali mostrano una riduzione di 14.355 e 11.870 ettari rispettivamente.

Andando più nel dettaglio dei singoli flussi di cambiamento di uso del suolo (Tabella 33), le principali trasformazioni sono associate alla diminuzione dei seminativi, che da un lato si trasformano in aree a uso urbano (13.348 ettari) e dall'altro sono interessate dalla conversione verso altre tipologie di usi agricoli, in primo luogo colture permanenti (9.981 ettari), in particolare si è assistito alla creazione di numerose nuove aree di vigneto nel Veneto. Particolarmente dinamiche anche le aree

agricole nei pressi della costa ionica della Basilicata e delle coste pugliesi. La diminuzione di aree agricole associata all'espansione delle aree urbane è ravvisabile anche con riferimento a foraggere e colture permanenti, che tra il 2012 e il 2018 hanno subito nel complesso una diminuzione di oltre 5.000 ettari, passati a uso urbano.

Tabella 32. Cambiamenti di uso del suolo (2012-2018)

Classe	Cambiamenti di uso (2012-2018)	ha	%
1	Agricolo	-5.987	-0,05
1.1	Seminativi	-14.355	-0,18
1.2	Foraggere	-1.204	-0,14
1.3	Colture permanenti	3.442	0,15
1.4	Aree agroforestali	-202	-0,12
1.5	Altre aree agricole	6.332	0,32
2	Foreste e arboricoltura da legno	-11.877	-0,13
3	Cave e miniere	5.481	12,97
4	Urbano e aree assimilate	12.157	0,41
5	Usi d'acqua	-1.147	-0,26
6	Usi non economici	1.373	0,03
6.1	Zone umide	57	0,10
6.2	Altri usi non economici	1.316	0,03

Un secondo importante flusso di cambiamento riguarda la diminuzione della classe di foreste e arboricoltura da legno, in primo luogo a causa degli incendi boschivi di cui si è discusso nell'analisi della copertura del suolo. Tale cambiamento riguarda gran parte degli 11.000 ettari di trasformazioni da foreste e arboricoltura da legno a altri usi non economici. Circa 2.300 ettari di diminuzione delle aree a uso forestale sono invece connessi con l'espansione delle aree urbane. Gli oltre 8.000 ettari di aumento di foreste e arboricoltura da legno sono invece legati a fenomeni di rinaturalizzazione delle aree agricole e di crescita del bosco nelle aree con copertura arbustiva o soggette a incendi nel 2012, e quindi interessate da ripresa vegetativa.

Importanti anche le conversioni delle aree a uso forestale in usi agricoli. Tali cambiamenti si concentrano per la gran parte nei pressi della Pianura Padana e riguardano aree destinate al 2012 ad arboricoltura da legno, che nei 6 anni di riferimento sono stati interessati da una conversione in seminativi o foraggere.

Tabella 33. Flussi di cambiamento tra le classi di uso del suolo tra il 2012 e il 2018. I cambiamenti sono espressi in ettari, escludendo quelli di dimensione inferiore a un ettaro. I flussi contrassegnati con asterisco (*) sono legati a variazioni tecniche connesse con il progressivo aggiornamento al terzo livello di classificazione⁴²

2012 \ 2018	Seminativi	Foraggere	Culture permanenti	Aree agroforestali	Altre aree agricole	Foreste e arboricoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Zone umide	Altri usi non economici	Totale
Seminativi	-	32	9.981	-	5.341	1.630	592	13.348	132	66	1.336	32.459
Foraggere	352	-	399	-	92	348	74	1.577	14	12	194	3.062
Culture permanenti	4.044	87	-	8	708	158	113	3.848	11	-	542	9.518
Aree agroforestali	54	-	-	-	-	-	8	143	-	-	14	222
Altre aree agricole	677	8	587	-	-	71	116	2.770	-	5	141	4.379
Foreste e arboricoltura da legno	4.689	491	667	10	183	-	304	2.309	426	56	11.259	20.395
Cave e miniere	191	126	42	-	55	164	-	357	31	49	279	1.293
Urbano e aree assimilate	1.784	682	161	-	4.174*	1.061	5.087*	-	72	8	2.172	15.203
Usi d'acqua	145	70	-	-	16	286	185	170	-	339	2.314	3.526
Zone umide	123	-	7	-	-	54	-	19	299	-	21	523
Altri usi non economici	6.045	362	1.113	-	141	4.744	294	2.819	1.390	45	-	16.956
Totale	18.104	1.857	12.960	20	10.711	8.517	6.774	27.360	2.379	580	18.272	-

Relazione tra uso e copertura del suolo

Analizzando la composizione del territorio nazionale considerando congiuntamente carta di uso e carta di copertura del suolo è possibile verificare la ripartizione delle diverse classi di copertura tra le tipologie di uso (Tabella 34). Le superfici abiotiche artificiali sono collocate prevalentemente in corrispondenza di aree a uso urbano o assimilate; una parte delle superfici abiotiche non impermeabili è posta in corrispondenza delle attività estrattive, mentre il 3,82% delle superfici abiotiche impermeabili è relativo alle serre presenti nella classe di uso di "altre aree agricole". Alle aree a uso urbano afferiscono anche porzioni di territorio a copertura naturale, principalmente vegetazione erbacea (il 14,16% dell'erbaceo permanente ricade nelle aree a uso urbano), concentrati nelle aree verdi urbane e nelle aree ricreative. Le conifere si

concentrano per oltre il 98% nella classe di foreste e arboricoltura da legno, mentre il 15,41% delle latifoglie è costituito da colture permanenti in area agricola e in misura minore di alberi in aree urbane (2,14% delle latifoglie nazionali). I vigneti vengono assimilati dal punto di vista della pura copertura del suolo alla vegetazione arbustiva, di cui costituiscono circa un quarto (il 23,09% degli arbusteti è classificato come coltura permanente dal punto di vista dell'uso del suolo); i restanti arbusteti ricadono principalmente nelle aree di macchia mediterranea, ai confini delle aree boscate e nelle aree interessate da ricrescita della vegetazione a seguito di incendi, disboscamenti o tagli del bosco. Le aree con vegetazione erbacea periodica ricadono in corrispondenza degli usi agricoli, principalmente assimilabili a seminativi, mentre l'erbaceo permanente include per quasi un quinto aree

⁴² La carta del consumo di suolo è il principale dato utilizzato per la mappatura della classe di "urbano e aree assimilate", di "cave e miniere" e per le serre afferenti alle "altre aree agricole". Circa la metà dei 5.087 ettari di cambiamento da "urbano e aree assimilate" a "cave e miniere" si concentra in Veneto, e riguarda la riclassificazione al terzo livello di cave in falda precedentemente mappate al primo livello di classificazione e ricadenti classe di "urbano e aree assimilate".

verdi in ambito urbano, per circa il 18% foraggiere e per poco meno della metà prati stabili. Le restanti classi di ghiacci e nevi perenni, zone umide e superfici abiotiche

naturali ricadono nelle classi di “altri usi non economici”, mentre i Corpi idrici permanenti ricadono nella corrispondente classe di “usi idrici”.

Tabella 34. Relazione tra uso e copertura del suolo (2018). Le superfici sono espresse in ettari, tra parentesi sono riportate le percentuali riferite alla ripartizione di ciascuna classe di copertura tra le classi di uso

Uso / Copertura	Seminativi	Foraggiere	Culture permanenti	Aree agroforestali	Altre aree agricole	Foreste e arboricoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Zone umide	Altri usi non economici	Totale
Altre sup. artificiali non classificate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	6896 (100%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	6896 (100%)
Superfici impemeab.	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	508 (3,82%)	0 (-)	0 (-)	12805 (96,18%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	13314 (100%)
Superfici non impemeab.	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	386 (24,14%)	1213 (75,86%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1599 (100%)
Superfici consolidate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	4253 (100%)	4253 (100%)
Superfici non consolidate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	2991 (100%)	2992 (100%)
Latifoglie	2 (-)	1 (-)	14679 (15,41%)	493 (0,52%)	6518 (6,84%)	71239 (74,79%)	17 (-)	2274 (2,39%)	0 (-)	0 (-)	30 (-)	95253 (100%)
Conifere	0 (-)	0 (-)	13 (-)	0 (-)	148 (0,79%)	18379 (98,14%)	1 (-)	182 (0,97%)	0 (-)	0 (-)	3 (-)	18727 (100%)
Vegetazione arbustiva	0 (-)	0 (-)	4581 (23,09%)	76 (0,39%)	1212 (6,11%)	534 (2,69%)	0 (-)	19 (-)	0 (-)	0 (-)	13418 (67,63%)	19841 (100%)
Erbaceo periodico	77527 (90,01%)	0 (-)	904 (1,05%)	0 (-)	7695 (8,93%)	0 (-)	0 (-)	3 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	86129 (100%)
Erbaceo permanente	0 (-)	8899 (18,89%)	2095 (4,45%)	1043 (2,22%)	3899 (8,28%)	2245 (4,77%)	73 (0,16%)	6669 (14,16%)	0 (-)	0 (-)	22180 (47,09%)	47102 (100%)
Corpi idrici permanenti	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	4414 (100%)	0 (-)	0 (-)	4414 (100%)
Ghiacci e nevi perenni	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	332 (100%)	332 (100%)
Zone umide	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	549 (100%)	0 (-)	549 (100%)
Totale	77529 (25,72%)	8900 (2,95%)	22272 (7,39%)	1614 (0,54%)	19980 (6,63%)	92397 (30,66%)	477 (0,16%)	30061 (9,97%)	4414 (1,46%)	549 (0,18%)	43208 (14,34%)	301400 (100%)

Relazione tra carta di copertura del suolo ISPRA e prodotti Copernicus

La carta di copertura del suolo prodotta da ISPRA a partire dall'integrazione di dati esistenti è stata concepita allo scopo di valorizzare i punti di forza dei principali prodotti disponibili nell'ambito di Copernicus, favorendone l'integrazione in un unico strumento coerente con le specifiche EAGLE. Allo scopo di comprendere appieno gli elementi di interesse introdotti da questa nuova carta, è opportuno mettere in relazione tale prodotto con i principali dati di copertura del suolo disponibili per il territorio nazionale.

I dati Locali del CLMS hanno un ruolo centrale nella metodologia definita da ISPRA, essendo tra gli strati più dettagliati disponibili a scala nazionale. Il fatto che tutti i prodotti siano riferiti agli stessi anni (il 2012 e il 2018), e che tre su quattro adottino il medesimo sistema di classificazione, ne agevola il confronto e l'integrazione e ne evidenzia due principali limiti: la ridotta frequenza di aggiornamento e la presenza di classi miste (con copertura arborea, erbacea e arbustiva a destinazione agricola o naturale). Per quanto concerne l'aspetto tematico, l'utilizzo del nuovo dato *Backbone* ha consentito la disambiguazione della copertura del suolo delle classi miste, migliorando la descrizione del territorio in queste aree e rendendo i prodotti più in linea con le indicazioni EAGLE.

I dati locali risultano limitati anche per quanto riguarda l'estensione della copertura, circoscritta ad ambiti territoriali specifici che, sebbene risultino di rilievo dal punto di vista ecosistemico e caratterizzati da grande complessità e fragilità, escludono importanti porzioni del territorio nazionale (Figura 66).

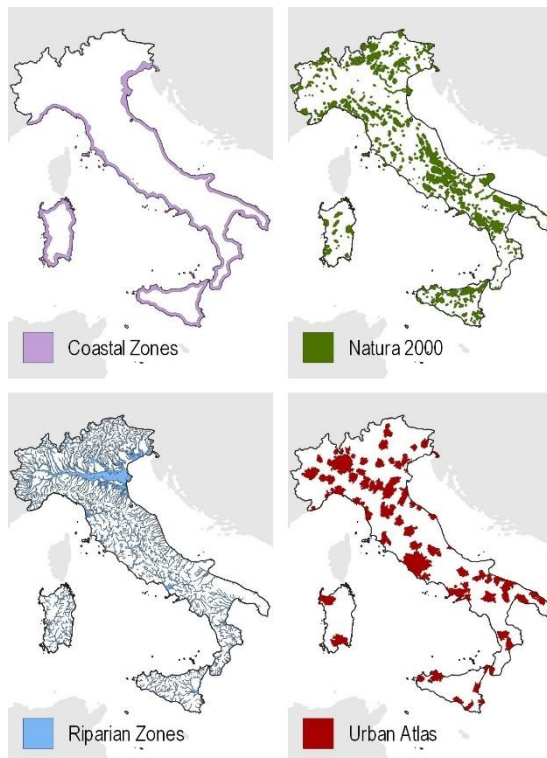


Figura 66 Estensione dei dati Locali Copernicus di uso e copertura del suolo (2018) rispetto alla superficie nazionale

Confrontando la carta di copertura con il CLC 2018, che rimane tutt'ora un caposaldo nella rappresentazione dell'uso e della copertura del suolo a scala nazionale, sono evidenti importanti miglioramenti nella qualità della mappatura nelle aree coperte da dati Locali e dalla carta del consumo di suolo; anche nelle aree mappate con il solo dato CLC la rappresentazione del territorio è migliorata, grazie alla disambiguazione delle classi miste.

In dettaglio, le superfici abiotiche artificiali della carta di copertura mostrano buona corrispondenza con le classi CLC di urbano e con le aree industriali e commerciali. La corrispondenza è maggiore nelle aree densamente edificate, mentre la carta di copertura risulta più sensibile nell'individuazione delle aree periurbane e delle infrastrutture. In questo senso è importante la presenza di abiotico artificiale nelle aree agricole CLC (in particolare nelle classi di "seminativi", "sistemi colturali e particellari complessi", "aree agricole con presenza di spazi naturali importanti"), dove la limitata minima unità mappabile del

CLC comporta l'omissione di numerosi agglomerati urbani di piccole dimensioni, edifici sparsi e strade. L'utilizzo della Carta nazionale del consumo di suolo per la mappatura delle superfici abiotiche artificiali garantisce a questa classe una copertura omogenea e dettagliata per tutto il territorio nazionale.

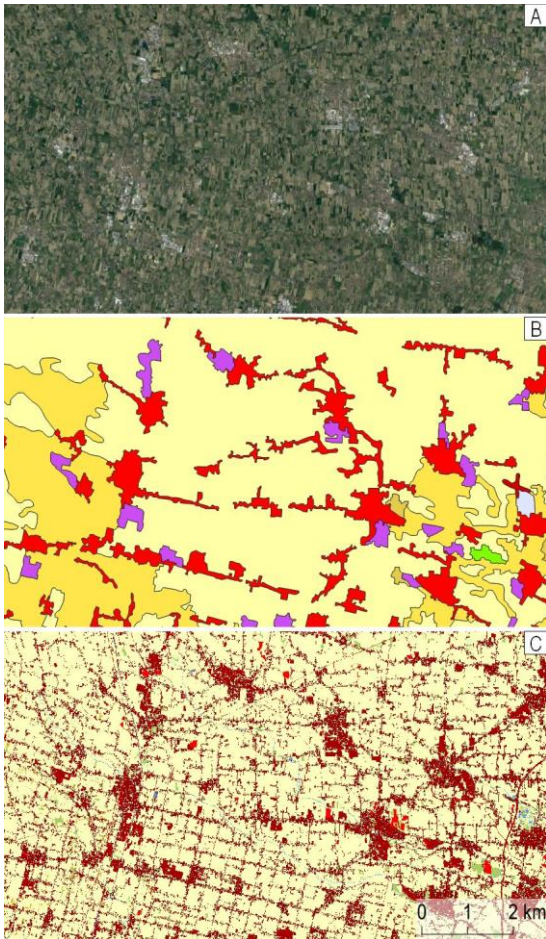


Figura 67. Esempio di periurbano (A) rappresentato tramite CORINE Land Cover (B) e la nuova Carta di Copertura del Suolo di ISPRA (C)

Le superfici abiotiche naturali consolidate e non consolidate mostrano buona corrispondenza con le omologhe classi CLC (“rocce nude” e “aree con vegetazione sparsa” nel primo caso e “spiagge, dune e sabbie” nel secondo). Le principali differenze si riscontrano con riferimento all'abiotico naturale non consolidato, posto prevalentemente sulla fascia costiera e nei pressi dei corsi

d'acqua. Tali aree sono tra le più dinamiche per presenza di cambiamenti di copertura del suolo e beneficiano dell'aumento di risoluzione spaziale garantito dall'introduzione dei prodotti Locali. L'utilizzo del CLC *Backbone* ha consentito poi un significativo miglioramento nella rappresentazione dei piccoli invasi destinati all'irrigazione delle aree agricole.

La vegetazione erbacea periodica coincide per la gran parte con le classi agricole del CLC (seminativi, foraggere), mentre l'erbaceo permanente è presente soprattutto in corrispondenza dei prati naturali nelle aree montane, ma anche nelle aree verdi urbane e nelle zone vegetate dei poligoni CLC di “vegetazione sparsa”.

La vegetazione arborea coincide in gran parte con le “zone boscate” del CLC e con le colture permanenti, in particolare uliveti e frutteti, mentre i vigneti si concentrano in corrispondenza della classe a copertura arbustiva. L'incrocio tra carta di copertura e di uso consente di discriminare efficacemente la vegetazione legnosa naturale da quella per scopi agricoli.

Il CLC *Backbone* ha un ruolo fondamentale nella produzione della carta di copertura, in quanto migliora la rappresentazione dei corpi idrici e consente la disambiguazione delle componenti arbustiva e arborea nelle aree agricole e nelle classi miste, rendendo la descrizione di queste aree significativamente migliore rispetto al CLC tradizionale. Se nelle aree coperte da dati locali la carta di copertura fornisce risultati paragonabili a quelli del CLC *Backbone*, quest'ultimo risulta più accurato nella mappatura di piccole *patch* all'interno delle aree dove la carta di copertura si basa sulle sole classi omogenee del CLC tradizionale. Discorso diverso per le superfici abiotiche artificiali, dove l'utilizzo della Carta nazionale del consumo di suolo garantisce una copertura omogenea e dettagliata per tutto il territorio nazionale con accuratezza superiore a quella di tutti gli altri dati considerati.

La sensibilità della carta di copertura rispetto alla capacità di identificare i cambiamenti è un altro aspetto rilevante, soprattutto se messo a confronto con il CLC tradizionale; l'integrazione degli strati di cambiamento con gli strati di stato dei dati Locali e l'uso della carta del consumo di suolo consente infatti di intercettare variazioni della copertura del suolo di dimensioni nell'ordine dell'ettaro (fino a 0,1 ettari nel caso di *Urban Atlas* e inferiori a 100 m² per la carta del consumo di suolo), rispetto ai 5 ettari CORINE *Land Cover*.

Con riferimento al dato globale “*Global Land Cover*”, esso offre un’informazione pregevole per quanto riguarda la disponibilità a scala globale e l’aggiornamento con frequenza annuale. L’accuratezza della mappatura è buona nelle aree dove la copertura del suolo è omogenea, qui il dato è in linea con la carta di copertura ma con CLC tradizionale e *Backbone*; la classificazione risulta invece meno attendibile nelle aree molto eterogenee, come le zone agricole con presenza di aree naturali importanti o le zone di transizione ai margini delle aree boscate, o ancora dove le patch di copertura presentano forma allungate, come in corrispondenza della vegetazione ripariale.

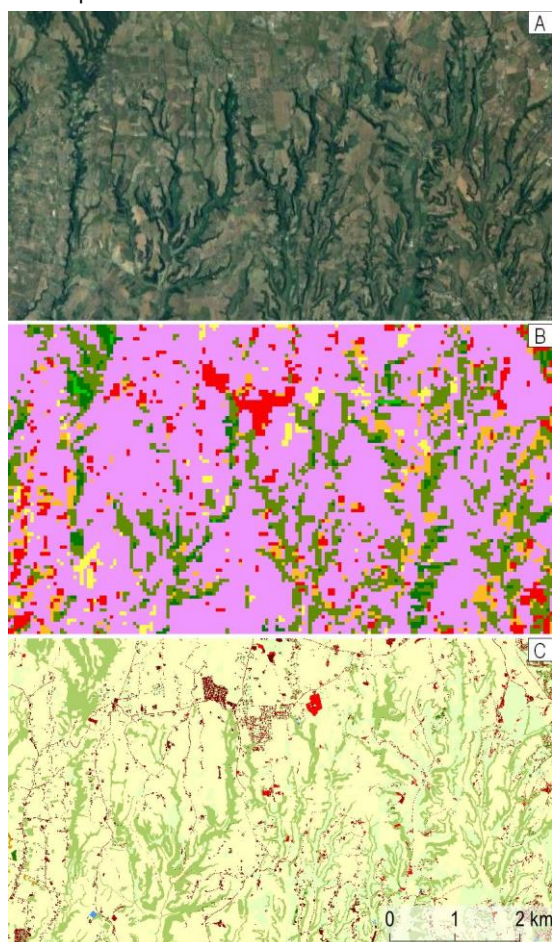


Figura 68. Rappresentazione dell’area a sud di Bracciano (A) con riferimento al dato *Global Land Cover* (B) e alla nuova Carta di Copertura del suolo di ISPRa (C)

Complessivamente le carte di copertura e uso del suolo di ISPRa garantiscono un miglioramento nella rappresentazione del territorio rispetto ai dati preesistenti, in primo luogo il *CORINE Land Cover*, sia per quanto riguarda la descrizione dello stato che l’individuazione delle variazioni. I prodotti portano con sé alcuni dei limiti legati ai dati di input, come la ridotta frequenza di aggiornamento, ma ne rappresentano un passo in avanti per quanto riguarda l’allineamento dal punto di vista tematico con quadro europeo proposto da EAGLE. In questo senso questi prodotti costituiscono un elemento di transizione e di congiunzione tra i vecchi dati di uso e copertura del suolo e il nuovo quadro nazionale ed europeo, caratterizzato da iniziative quali CLC+ e il *Mirror Copernicus*, orientate verso l’adozione di dati interoperabili, compatibili, integrabili e aggiornati con elevata frequenza.

Altre iniziative di ISPRa nella mappatura della copertura del suolo

Le nuove carte di uso e copertura del suolo proposte da ISPRa introducono importanti migliorie rispetto agli altri strati analoghi disponibili a scala nazionale in ambito Copernicus, sia per quanto riguarda il dettaglio geometrico che la consistenza tematica. D’altro canto, permangono alcuni limiti legati all’uso di dati esistenti, come la ridotta frequenza di aggiornamento, i sistemi di classificazione misti, la disomogeneità della copertura.

In questo senso ISPRa porta avanti diverse attività orientate allo sviluppo di metodologie per la classificazione della copertura del suolo, anche svincolati dai dati esistenti e basati sul processamento di immagini satellitari. L’obiettivo primario è quello di ottenere strati di copertura del suolo con elevata frequenza di aggiornamento (annuale) e alta risoluzione spaziale, che possano essere un riferimento nazionale per la conduzione di analisi sullo stato del territorio e del paesaggio e per lo studio di processi naturali e antropogenici.

- Mappatura della copertura del suolo da classificazione di immagini Sentinel-1 e Sentinel-2 tramite regole decisionali

ISPRa ha sviluppato una metodologia di classificazione della copertura del suolo basata sulla classificazione di immagini multispettrali Sentinel-2 e radar Sentinel-1, concepita nell’ottica di supportare il rapido processa-

mento di una grande mole di dati, consentendo la produzione di dati ad alta risoluzione spaziale ed elevata frequenza di aggiornamento per l'intero territorio nazionale (Figura 69). La metodologia si basa sulla definizione di regole decisionali ed è concepita nell'ottica di risultare versatile e economicamente sostenibile. Il sistema di classificazione utilizzato (Tabella 35) si basa su classi di pura copertura del suolo ed è una versione semplificata di quello adottato per la carta di copertura del suolo da integrazione di dati Copernicus.

Tabella 35. Sistema di classificazione adottato per la carta di copertura del suolo da classificazione di dati Sentinel

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edifici
1.2	Superfici abiotiche naturali
2	Superfici vegetate
2.1	Vegetazione legnosa
2.1.1	Latifoglie
2.1.2	Conifere
2.2	Vegetazione erbacea
2.2.1	Erbaceo periodico
2.2.2	Erbaceo permanente
3	Corpi idrici
3.1	Corpi idrici permanenti
3.2	Ghiacci e nevi perenni

In questo senso, le classi sono in linea il modello EAGLE e compatibili con le principali iniziative previste in ambito nazionale e europeo in tema di mappatura dell'uso e della copertura del suolo, come il *Mirror Copernicus* e l'integrazione con i prodotti previsti nell'ambito del CLC+.

La metodologia si basa sul calcolo di indici multi-temporali e sulla definizione di regole decisionali a partire dalle caratteristiche spettrali e di *backscatter* dei *pixel*. In particolare, sono stati sviluppati tre set di regole decisionali, per ciascuna delle tre macro-classi di copertura del suolo (superfici abiotiche, superfici vegetate, corpi idrici permanenti e ghiacci e nevi perenni). Uno specifico set di regole permette invece l'individuazione dei disturbi forestali verificatisi nel corso dell'anno, a partire dalla variazione di indici spettrali sul *pixel* (NDVI e NBR).

Questa metodologia consente la produzione di strati di copertura del suolo a scala nazionale con aggiornamenti a cadenza annuale, ed è tutt'ora oggetto di studi e ag-

giornamenti, nell'ottica di migliorarne la capacità di individuazione dei cambiamenti di copertura del suolo, anche sfruttando le opportunità offerte dal continuo ampliarsi della serie storica di dati Sentinel. La capacità dei satelliti Sentinel di acquisire immagini ad intervalli regolari nel tempo consente infatti di analizzare le proprietà fenologiche e le variazioni stagionali che caratterizzano la vegetazione ed altri tipi di copertura; ciò consente la caratterizzazione multitemporale della copertura del suolo, per individuare anche aree in cui la classe di copertura varia nel tempo.

- Mappatura delle tipologie di ecosistemi a partire da integrazione di dati Copernicus

Data l'importanza della gestione del territorio per la conservazione del capitale naturale, è necessario un approccio che consenta la possibilità di monitorare nel tempo gli ecosistemi, che necessitano di essere descritti, caratterizzati e localizzati nello spazio. In questo senso è stata sviluppata una mappatura delle principali tipologie di ecosistemi basata su presupposti analoghi a quelli adottati per la realizzazione delle carte di copertura e di uso del suolo presentate nei paragrafi precedenti. In dettaglio, è stato fatto riferimento a un mosaico realizzato a partire dai dati della componente Locale del CLMS (in ordine di priorità: *Coastal Zones, Natura 2000, Riparian Zones, Urban Atlas*), integrati con il CORINE *Land Cover*. I dati sono stati utilizzati previa conversione in raster e riclassificazione secondo le classi di Tabella 36, introducendo la Carta nazionale del consumo di suolo per la mappatura della classe 1 (Insediamenti e altre aree artificiali).

Tabella 36. Sistema di classificazione adottato per la mappatura delle tipologie di ecosistemi

Classe	Tipologie di ecosistemi
1	Insediamenti e altre aree artificiali
2	Aree agricole
3	Pascoli e prati seminaturali e naturali)
4	Foresta e bosco
5	Brughiera e arbusteti
6	Aree con vegetazione rada
7	Zone umide interne
8	Insenature marine e acque di transizione
9	Spiagge costiere, dune e zone umide
10	Ecosistemi marini
11	Fiumi, canali e laghi

La carta delle tipologie di ecosistemi ottenuta dall'applicazione della metodologia suddetta su dati 2018 (Figura 70) mostra una prevalenza delle superfici agricole (Tabella 37), che occupano il 42,47% della superficie nazionale, seguite da foreste e boschi (30,21%).

La carta è stata derivata anche per il 2012 e costituisce un importante dispositivo di supporto per lo studio, la valutazione e il monitoraggio dei servizi ecosistemici.

Tabella 37. Superfici occupate dalle tipologie di ecosistemi al 2018

Classe	Tipologie di ecosistemi	ha	%
1	Insedimenti e altre aree artificiali	2.130.088	7,07
2	Aree agricole	12.800.504	42,47
3	Pascoli e prati seminaturali e naturali)	3.097.255	10,28
4	Foresta e bosco	9.106.868	30,21
5	Brughiera e arbusteti	1.099.431	3,65
6	Aree con vegetazione rada	1.399.520	4,64
7	Zone umide interne	18.011	0,06
10	Insenature marine e acque di transizione	140.650	0,47
11	Spiagge costiere, dune e zone umide	87.863	0,29
12	Ecosistemi marini	12.396	0,04
13	Fiumi, canali e laghi	249.379	0,83

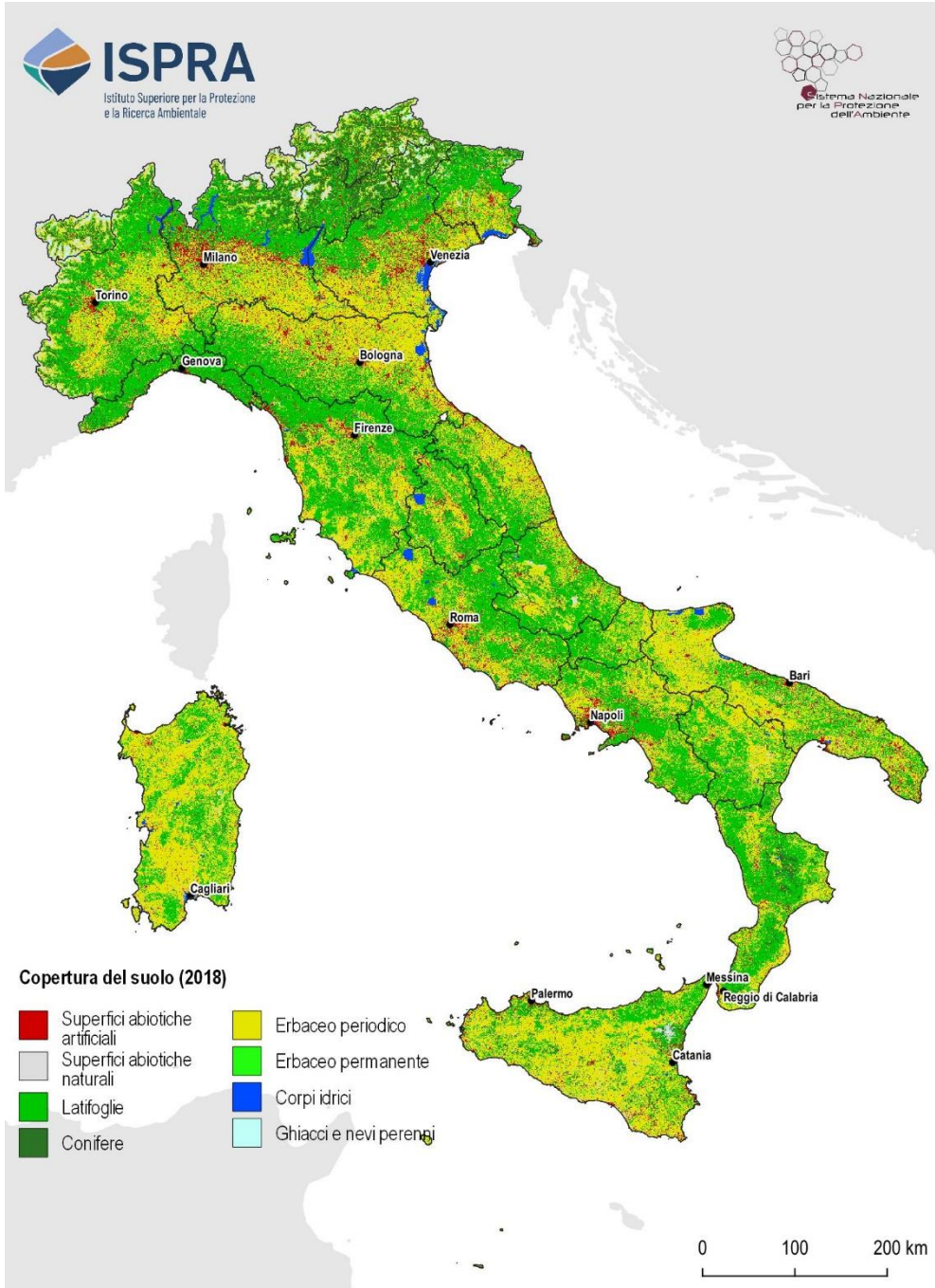


Figura 69. Copertura del suolo da classificazione automatica di dati Sentinel-1 e Sentinel-2



Figura 70. Carta delle tipologie di ecosistemi

- Mappatura della copertura del suolo da classificazione di immagini Sentinel-2 tramite strumenti di *Machine Learning*

Il *Machine Learning* (ML) è una branca dell'Intelligenza Artificiale che effettua previsioni di risultati probabili partendo dall'osservazione dei dati. Tramite l'utilizzo di metodi matematico-computazionali, gli algoritmi di ML generano conoscenza, consentendo di prendere decisioni guidate dai dati stessi. Il recente sviluppo dei *big-data* geografici rende la disciplina promettente per il monitoraggio del territorio. L'obiettivo che si pone ISPRA è definire una metodologia per la mappatura della copertura del suolo basata sull'integrazione di geo-data e strumenti di ML. Avviato recentemente come attività sperimentale, lo studio è stato condotto su un'area del comune di Roma con estensione circa 64 km², utilizzando algoritmi di *Deep Learning* (DL), un sottoinsieme del ML. In questo senso, mentre il ML fa uso di algoritmi tradizionali, l'elemento cardine del DL sono le reti neurali artificiali, degli algoritmi con struttura gerarchica e multistrato, progettati per simulare il funzionamento del cervello umano.

La procedura si basa sulla classificazione automatica della copertura del suolo a partire da immagini multispettrali Sentinel-2, e si articola in cinque fasi: raccolta e pre-processamento dei dati, addestramento del modello predittivo, classificazione, validazione.

Le elaborazioni sono state eseguite su singola data e in multi-temporale, considerando le bande spettrali con risoluzione a 10 m delle immagini Sentinel-2. Per ridurre i tempi di processamento e la complessità dei modelli, è poi stata applicata la PCA (*Principal Component Analysis*) come tecnica per ridurre la dimensionalità del dato. Il sistema di classificazione utilizzato è una versione semplificata di quello definito per la classificazione della copertura del suolo da integrazione di dati Copernicus; le classi risultano anche in questo caso in linea con il modello EAGLE e compatibili con le principali iniziative in ambito nazionale ed europeo nel campo del monitoraggio della copertura del suolo, prima tra tutte il nuovo CLC+ (Tabella 38).

Come set di dati di training, sono stati estratti 150.000 punti dalla carta di copertura del suolo di Roma curata da ISPRA e Roma Capitale. Per la fase di addestramento si

è fatto uso di *Convolutional Neural Network* (CNN), gli algoritmi di DL più diffusi per l'analisi delle immagini.

Tabella 38. Sistema di classificazione adottato per la classificazione della copertura del suolo Sentinel tramite strumenti di machine learning

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edifici
1.2	Superfici naturali
2	Superfici vegetate
2.1	Vegetazione legnosa
2.2	Vegetazione erbacea
3	Corpi idrici

Sono stati impiegati e comparati 2 modelli CNN: VGG16, DenseNet121. Entrambi i modelli sono stati implementati con librerie *Python* per il *Machine Learning* (*TensorFlow*) ed il *Remote Sensing* (*Orfeo ToolBox* e *GDAL*). È stata inoltre adottata la tecnica di *dropout* al fine di evitare problemi di *overfitting*. L'addestramento a 100 epoche di 8 esperimenti ha generato altrettanti modelli predittivi, impiegati per realizzare classificazioni automatiche della copertura del suolo sull'area di studio (Tabella 39). Tutte le classificazioni ottenute sono state poi sottoposte a verifica di accuratezza (Olofsson).

Tabella 39. Dataset e algoritmi di classificazione utilizzati per la conduzione degli 8 esperimenti e accuratezza raggiunta dalla classificazione risultante

Esperimento	Tipo	Algoritmo	Data	Accuratezza
1	Singola data	VGG16	22/03/2019	0.75
2		VGG16	25/07/2019	0.84
3		VGG16	08/10/2019	0.74
4		DenseNet121	22/03/2019	0.67
5		DenseNet121	25/07/2019	0.72
6		DenseNet121	08/10/2019	0.70
7	Multi-temporale	VGG16	22/03/2019	0.87
			25/07/2019	
8		DenseNet121	22/03/2019	0.69
			25/07/2019	
			08/10/2019	



1.1 Superfici artificiali ed edifici



1.2 Superfici naturali (non vegetate)



2.1 Vegetazione legnosa



2.2 Vegetazione erbacea

Figura 71. Esempi di classi di copertura del suolo ottenuti da classificazione automatica di dati Sentinel tramite strumenti di *Machine Learning*

LE AREE URBANE

Le aree urbane rivestono un ruolo centrale nell'analisi delle dinamiche evolutive e nello studio delle alterazioni degli equilibri territoriali; i processi di urbanizzazione sono infatti tra le principali cause dell'aumento di degrado di suolo e habitat e dell'incremento del grado di frammentazione delle aree naturali, con conseguenze sullo stato della copertura del suolo, sugli ecosistemi, sul ciclo idrologico e in generale sulla capacità dei territori di rispondere positivamente ai rischi connessi con i cambiamenti climatici.

Negli ultimi decenni l'evoluzione delle aree urbane è stata caratterizzata da una progressiva accelerazione e da una significativa evoluzione, che hanno portato a una nuova era dei processi urbani. Le aree urbane sono più estese di quanto non lo siano mai state nella storia dell'uomo e mostrano una tendenza inedita all'espansione. Oggi le città ospitano quasi la metà della popolazione mondiale e si prevede che questa quota raggiungerà il 55% entro il 2050 (OECD, 2020). I fenomeni di urbanizzazione avvengono con sempre maggiore intensità ai margini della città consolidata e in contesti agricoli e naturali ad elevata valenza ecologica. Alla tendenza all'addizione successiva dei nuclei urbani consolidati, si associano nuove forme urbane discontinue, eterogenee e frammentate, che generano aree ibride e disperse non definibili propriamente né in termini di area urbana né di area rurale. Tale sfrangiamento dei margini delle aree urbane ne rende più complessa la delimitazione e pone dei

limiti alla definizione di un criterio univoco per circoscriverle.

In questo senso, sono state portate avanti numerose esperienze nella definizione di criteri per individuare la dimensione spaziale delle aree urbane, con riferimento al contesto italiano ma anche a scala europea e globale. Le diverse metodologie differiscono tra loro in primo luogo per l'approccio utilizzato, in alcuni casi riferito a una caratterizzazione basata sull'osservazione della sola presenza e densità del costruito (come nel caso dei dati Copernicus), mentre in altri casi le informazioni sull'uso e copertura del suolo vengono integrate con dati demografici (come nel caso del dato globale GHS-SMOD) o con informazioni di carattere economico (con riferimento alla mappatura OMI dell'Agenzia delle Entrate).

ISPRA propone due diverse metodologie per la rappresentazione delle aree urbane, entrambe basate sulla Carta nazionale del consumo di suolo e sviluppate secondo i due approcci appena descritti. Nel primo caso la delimitazione delle diverse tipologie di tessuto urbano considera esclusivamente elementi legati alla distribuzione spaziale dell'uso e della copertura del suolo, mentre nella seconda rappresentazione vengono presi in considerazione anche dati sulla densità di popolazione. Di seguito è proposta una panoramica dei principali dati disponibili per il territorio italiano e dei due prodotti proposti da ISPRA (Tabella 40).

Tabella 40. Caratteristiche dei dati utilizzati per la delimitazione delle aree urbane

Dato	Fonte	Formato	Copertura	Risoluzione spaziale	Frequenza di Aggiornamento	Sistema di classificazione
Densità delle superfici artificiali	ISPRA	Raster	Nazionale	10 m	1 anno	3 classi
Grado di urbanizzazione	ISPRA	Raster	Nazionale	10 m	1 anno	4 classi
OMI	Agenzia delle Entrate	Vettoriale	Nazionale	1:5.000	6 mesi	5 classi
Corine Land Cover	ISPRA Copernicus	Vettoriale	Europea	UMM 25 ha	6 anni	11 classi
Urban Atlas	Copernicus	Vettoriale	Europea	UMM 0,25 ha	6 anni	17 classi
GHS - SMOD	JRC	Raster	Globale	1 km	5 anni	8 classi

Il contesto nazionale ed europeo

Eurostat propone una metodologia armonizzata per migliorare la qualità delle statistiche urbane a partire dalla classificazione dell'intero territorio nazionale lungo un *continuum* urbano-rurale. Lo schema proposto da Eurostat si basa sulla combinazione di dati di popolazione (rappresentanti rispetto a una griglia di 1 km²) e di densità del costruito, con l'obiettivo di superare la tradizionale dicotomia urbano-rurale definendo una classificazione delle aree urbane secondo un sistema di classificazione articolato su due livelli.

Al primo livello vengono identificate tre classi:

- Centri urbani ad alta densità, con riferimento a celle contigue con una densità di popolazione di almeno 1.500 abitanti per km², una popolazione complessiva di 50.000 abitanti e una superficie artificializzata maggiore o uguale al 50%;
- Gruppi urbani a media densità, in cui la densità di popolazione è compresa tra 300 e 5.000 abitanti per km² e una popolazione minima di 5.000 abitanti;
- Aree rurali, ossia zone che non rientrano nelle classi precedenti e hanno per lo più una densità di popolazione inferiore a 300 abitanti per km².

Il Joint Research Centre (JRC)⁴³ ha implementato la metodologia descritta da Eurostat introducendo, fra il 2008 e il 2011, il concetto di **Global Human Settlement Layer** (GHSL). Questo progetto produce delle informazioni spaziali, su scala globale, basandosi su due fattori quantitativi: la densità di "Built-up"⁴⁴ e la densità di popolazione residente. In base alla combinazione di queste due grandezze individua, in primo luogo, le tre macroclassi appena descritte (GHS Settlement Model grid, GHS-SMOD - Florczyk *et al.*, 2019):

- Centri urbani ad alta densità, nelle zone con densità di popolazione superiori a 1.500 abitanti per km² e densità di built-up superiori al 50%, in aggregati di almeno 50.000 abitanti;
- Gruppi urbani a media densità, con densità di popolazione di almeno 300 abitanti per km² e densità di

built-up superiori al 3% o zone con densità di popolazione superiore a 1.500 abitanti per km² e densità di built-up superiori al 50%, in aggregati di almeno 5.000 abitanti;

- Zone rurali, nelle aree che non rientrano nelle precedenti classi.

Le classi "Gruppi urbani a media densità" e "Zone rurali" vengono approfondite con maggiore dettaglio tematico al secondo livello di classificazione, introducendo per ciascuna 3 sottoclassi (Figura 72).

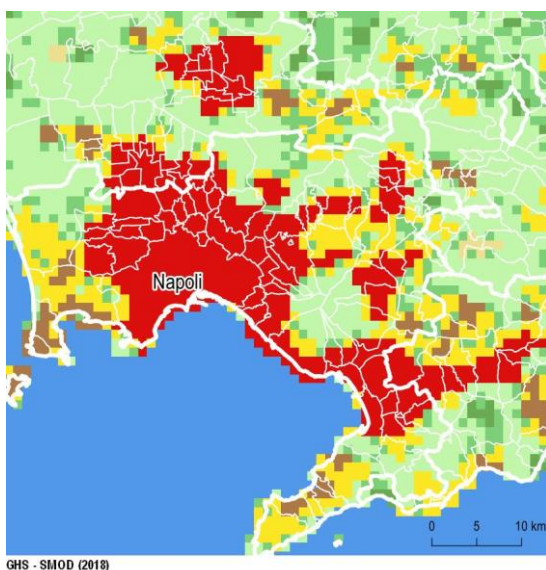


Figura 72. Dato GHS- SMOD sull'area di Napoli

Con riferimento ai "Gruppi urbani a media densità" vengono individuati:

- Gruppi urbani densi, zone con densità di popolazione di almeno 1.500 abitanti per km² e una popolazione complessiva compresa tra 5.000 e 50.000 abitanti;

⁴³ Il Centro Comune di Ricerca è il servizio scientifico interno della Commissione Europea. Fornisce un supporto al processo decisionale dell'UE mediante consulenze scientifiche indipendenti.

⁴⁴ Per "Built-up" viene intesa *tutta l'area che include le costruzioni che si elevano oltre il livello del suolo e che vengono usate come riparo per uomini, animali o cose e per attività produttive o economiche* (Pesaresi *et al.*, 2013).

- Gruppi urbani semi-densi, zone con una densità di popolazione di almeno 300 abitanti per km² e una popolazione complessiva di almeno 5.000 abitanti;
- Aree suburbane o periurbane, zone urbane a media densità che non rientrano nelle precedenti classi;

Le “Zone rurali” vengono invece suddivise in:

- Zone rurali a bassa densità, aree con una densità di popolazione di almeno 50 abitanti per km²;
- Zone rurali a densità molto bassa, aree con una densità di popolazione inferiore a 50 abitanti per km²;
- Acqua, aree in cui la metà della cella è coperta da corpi idrici permanenti e sono assenti sia le superfici artificiali che la popolazione.

L'analisi della versione 2020 del dato mostra una superficie occupata dai centri urbani ad alta densità di costruito e di popolazione pari all'1,4% del territorio nazionale; queste aree si concentrano prevalentemente nel Centro-Nord, in particolare in corrispondenza delle principali infrastrutture viarie e nell'area metropolitana di Milano (quest'ultima è la più estesa insieme a quella di Napoli e Roma). Con riferimento alle aree che descrivono il tessuto insediativo intermedio tra i centri urbani densi e le aree rurali, si riscontra una prevalenza delle aree suburbane o periurbane che occupano oltre tre quarti della classe e si sviluppano come tessuto connettivo tra i centri urbani densi e gruppi urbani densi e semi-densi. Le zone rurali interessano il restante 92% del territorio nazionale, con una prevalenza delle aree rurali a densità molto bassa (Tabella 41).

Tabella 41. Composizione delle aree urbane con riferimento al dato CORINE Land Cover, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie nazionale e all'estensione delle aree urbane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati GHS-SMOD

Classe	Superficie (km ²)	% tot	% classe
Centri urbani	4.176	1,4	-
Gruppi urbani	19.515	6,5	-
Densi	4.033	1,3	20,7
Semi-densi	2.529	0,8	12,9
Suburbano o periurbano	12.953	4,3	66,4
Zone rurali	277.749	92,1	-
Gruppi rurali	7.926	2,6	2,8
Rurale a bassa densità	45.331	15,0	16,3
Rurale a densità molto bassa	222.757	73,9	80,2
Acqua	1.735	0,6	0,6

I dati Copernicus fanno riferimento a una definizione di area urbana che considera le aree stabilmente popolate e le superfici dominate dall'influenza delle attività umane, escludendo quelle a uso agricolo. Queste aree includono tutte le strutture artificiali (edifici, strade, tutte le infrastrutture e le altre aree pavimentate) e le superfici non impermeabilizzate e vegetate ad esse associate.

Il dato **CORINE Land Cover** (CLC) afferisce alla componente Pan-europea del CLMS e dal 1990 garantisce una mappatura dell'uso e della copertura del suolo con dettaglio spaziale di 25 ettari per l'intero territorio europeo (Figura 73). La classe 1 CLC descrive le “Aree artificiali”, distinguendole in funzione dell'uso prevalente, in:

- “Urban fabric”, aree edificate, suddivise in continue (se la copertura artificiale copre oltre l'80% dell'area) e discontinue (se la densità è compresa tra 30 e 80%);
- Aree a uso prevalentemente commerciale e industriale e infrastrutture per il trasporto e la logistica (come porti, aeroporti, strade e ferrovie)
- Cave, discariche e aree di cantiere;
- Aree verdi urbane e strutture ricreative e per attività sportive.

A scala nazionale, il dato mostra un'estensione della copertura artificiale pari al 5,48% della superficie italiana

(circa 16.530 km²). Circa due terzi di tali aree sono classificati come “tessuto urbano discontinuo” (62% del totale delle aree urbane CLC e 3% del territorio nazionale), ossia aree a bassa densità di costruito, caratterizzate dalla presenza di edificato a uso prevalentemente residenziale. Significativa è poi l'estensione delle aree ad uso industriale e commerciale, che occupano circa un quinto del totale delle aree artificiali (18%, pari all'1% della superficie nazionale). Il restante 20% delle aree urbane CLC è occupato per circa la metà dalle aree residenziali ad alta densità di costruito e per la restante quota da aree destinate a infrastrutture, aree verdi urbane, cantieri e servizi di pubblica utilità (aree estrattive e discariche; Tabella 42).

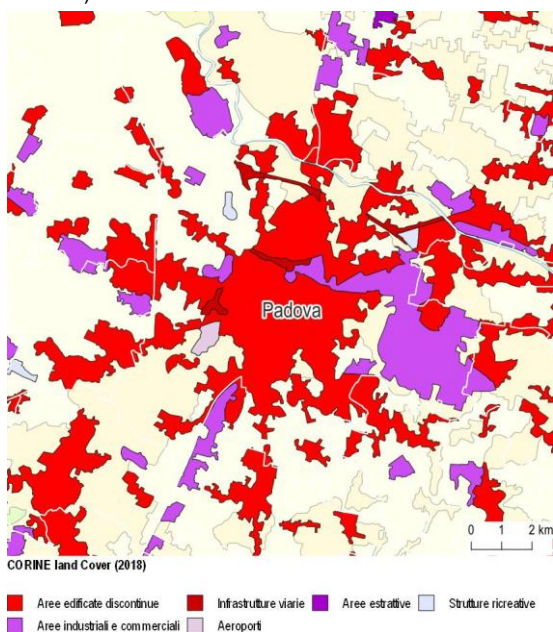


Figura 73. L'individuazione delle aree urbane nel CORINE Land Cover a Padova. Fonte: ISPRA-Copernicus

Tabella 42. Composizione delle aree urbane con riferimento al dato CORINE Land Cover, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie nazionale e all'estensione delle aree urbane. Fonte: ISPRA-Copernicus

Classe	Superficie [km ²]	% sul territorio nazionale	% sul totale delle superfici artificiali
Aree edificate continue (>80%)	1.581,34	0,52	9,57
Aree edificate discontinue (<80%)	10.343,37	3,43	62,59
Aree industriali e commerciali	3.064,98	1,02	18,55
Infrastrutture viarie	193,56	0,06	1,17
Porti	106,66	0,04	0,65
Aeroporti	228,37	0,08	1,38
Aree estrattive	498,66	0,17	3,02
Discariche	43,32	0,01	0,26
Aree di cantiere	33,07	0,01	0,2
Aree verdi urbane	113,35	0,04	0,69
Strutture ricreative	319,88	0,11	1,94
Totale	16.526,56	5,48	-

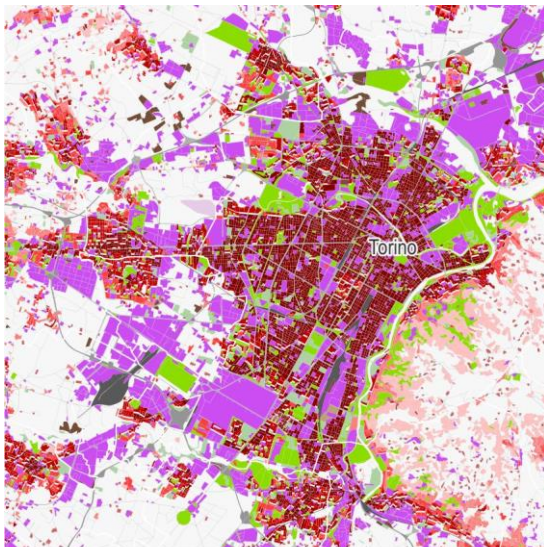
Un secondo dato CLMS di rilievo per la descrizione delle aree urbane è **Urban Atlas**. Il dato afferisce alla componente Locale del CLMS e fornisce una mappatura ad alta risoluzione spaziale per l'uso e la copertura del suolo delle aree urbane funzionali (FUA), definite come l'insieme delle città centrali e delle relative zone di pendolarismo, con riferimento agli anni 2006, 2012 e 2018.

Il dato ha una risoluzione spaziale più alta per le aree urbane (minima unità mappabile di 0,25 ettari) rispetto alle aree naturali (1 ettaro). Sono presenti, inoltre, due strati di cambiamento, relativi al periodo 2006-2012 e 2012-2018; anche l'unità minima mappabile varia in base ai flussi di cambiamento, con un dettaglio maggiore per i cambiamenti riferiti alle classi urbane. Urban Atlas adotta un sistema di classificazione a quattro livelli basato su quello CLC, con dettaglio tematico più elevato per le aree artificiali. In particolare, con riferimento alla classe 1 “aree artificiali”, al secondo livello di classificazione vengono distinte:

- “Urban fabric”, aree edificate, suddivise in continue (se la copertura artificiale copre oltre l'80% dell'area) e discontinue (se la densità di artificiale è

inferiore all'80%, queste aree sono poi ulteriormente caratterizzate in 4 sottoclassi al terzo livello di classificazione) e edifici isolati;

- Aree a uso prevalentemente commerciale e industriale, edifici pubblici e militari e infrastrutture per il trasporto e la logistica (come porti, aeroporti, strade e ferrovie);
- Cave, discariche e aree di cantiere;
- Aree verdi urbane e strutture ricreative e per attività sportive.



Urban Atlas (2018)



Figura 74. L'individuazione dell'area urbana in Urban Atlas per la zona di Torino. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus

La versione 2018 del dato fornisce una mappatura dell'uso e della copertura del suolo per 788 *Functional Urban Areas* (FUA) europee. In Italia il dato è disponibile su 84 FUA, per un'estensione complessiva di 64.805 km², pari al 21,5% della superficie nazionale. Analizzando la composizione dell'uso e della copertura del suolo, si osserva che circa il 18% del territorio mappato

per le FUA Italiane è occupato da superfici artificiali (classe 1 Urban Atlas). Di queste, circa la metà sono aree edificate ad uso prevalentemente residenziale, con una predominanza delle aree edificate a bassa densità di costruito, che complessivamente occupano il 37% della classe 1 Urban Atlas. Gli usi prevalentemente commerciali, industriali, e infrastrutture per il trasporto e la logistica occupano, invece, oltre il 41% delle superfici artificiali (circa 48.000 ettari; Tabella 43).

Tabella 43. Composizione delle aree urbane con riferimento al dato Urban Atlas, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie delle *Functional Urban Areas* (FUA) e all'estensione delle aree urbane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus

Classe	Superficie [km ²]	% su aree FUA	% su superfici artificiali
Aree edificate Continue (> 80%)	609,1	0,9	5,3
Aree edificate discontinue dense	1.307,0	2,0	11,3
Aree edificate discontinue medio dense	1.067,0	1,6	9,3
Aree edificate discontinue a bassa densità	1.104,4	1,7	9,6
Aree edificate discontinue a densità molto bassa	830,7	1,3	7,2
Strutture isolate	747,4	1,1	6,5
Aree a uso prevalentemente commerciale e industriale, edifici pubblici e militari	2.709,6	4,2	23,5
Autostrade e aree artificiali associate	162,6	0,2	1,4
Altre infrastrutture varie	1.583,1	2,4	13,7
Ferrovie	155,5	0,2	1,3
Porti	72,5	0,1	0,6
Aeroporti	115,0	0,2	1,0
Aree estrattive	214,4	0,3	1,9
Aree di cantiere	24,0	0,04	0,2
Aree in attesa	167,1	0,3	1,4
Aree verdi urbane	304,2	0,5	2,6
Strutture ricreative	341,3	0,5	3,0
Totale superfici artificiali	11.514,9	17,8	

L'**Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI)** dell'Agenzia delle Entrate propone un approccio spaziale per descrivere le aree urbane diverso dai precedenti e basato sulla ripartizione degli ambiti amministrativi comunali in insiemi omogenei in termini di comportamento del mercato immobiliare. In altri termini vengono presi in considerazione i caratteri qualitativi degli insediamenti e la presenza di diversi asset in grado di influenzare il valore economico delle unità immobiliari. In particolare, il primo livello di classificazione offre una mappatura degli ambiti amministrativi comunali in 5 fasce con una precisa collocazione geografica (Tabella 44):

- Centrale, è la porzione di territorio comunale coincidente con il centro urbano del comune in grado di attrarre insediamenti limitrofi più ampi e con un aggregato edilizio perimetrabile e distinguibile;
- Semicentrale, immediatamente contigua al centro urbano e connessa per servizi, trasporti e infrastrutture. Queste aree sono presenti prevalentemente in corrispondenza delle principali città metropolitane e sulla costa;
- Periferica, contigua alla fascia centrale o semicentrale; interessa poco meno del 5% del territorio nazionale;
- Suburbana, è la porzione di territorio che contiene le aree urbanizzate separate dall'agglomerato urbano del comune da una barriera naturale o artificiale;
- Extraurbana, caratterizzata da un'attività economica prevalentemente agricola, dalla presenza di edifici a carattere rurali o dove l'edificazione è quasi o del tutto assente. Questa classe è la più estesa e occupa l'87% del territorio nazionale

L'aggiornamento delle zonizzazioni comunali avviene con cadenza semestrale in aree specifiche che hanno subito cambiamenti strutturali del territorio e/o mutamento del mercato immobiliare locale, oppure a cadenza decennale coerentemente con lo sviluppo urbanistico del territorio. Sebbene il dato offra una descrizione della distribuzione spaziale delle aree urbane, è importante considerare che nell'assegnazione di una porzione di territorio a una determinata fascia vengono presi in considerazione anche fattori che vanno oltre la composizione spaziale del territorio e le dinamiche insediative; tali fattori sono legati ad esempio alla variazione complessiva dei

livelli di qualità urbana, i quali possono determinare un mutamento dei valori immobiliari e dei vantaggi ottenibili in termini di rendita fondiaria, incidendo sull'assegnazione ad una determinata classe.

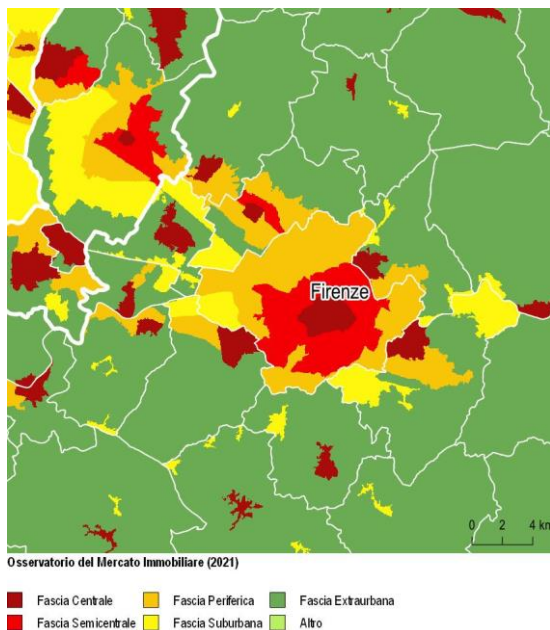


Figura 75. Esempio di classificazione delle aree urbane con i dati OMI

Tabella 44. Composizione delle aree urbane con riferimento al dato OMI, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI

Classe	Superficie [km²]	% sul territorio nazionale
Centrale	9.554,9	3,2
Semicentrale	2.559,8	0,8
Periferica	14.097,6	4,7
Suburbana	12.004,7	4,0
Extraurbana	262.665,3	87,2
Altro	502,9	0,2

Le proposte di ISPRA per la descrizione del continuum urbano-rurale

ISPRA ha svolto una caratterizzazione del *continuum* urbano-rurale secondo due approcci, basati sull'analisi della densità delle superfici artificiali (nel primo caso) e

integrando tale informazione con dati sulla densità demografica (nel secondo).

Il primo approccio descrive la densità delle superfici artificiali a partire dalla carta nazionale del consumo di suolo, considerando la densità media del costruito in un raggio di 300 metri. Il territorio nazionale è stato quindi suddiviso in aree urbane, suburbane e rurali, in accordo con le soglie indicate nell'obiettivo di sviluppo sostenibile numero 11 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. In particolare, vengono individuate le seguenti classi di densità:

- **Artificiale compatto**
Contesto prevalentemente artificiale, caratterizzato da una percentuale di suolo consumato maggiore del 50% in un intorno di 300 metri;
- **Artificiale a media/bassa densità**
Contesto a media o bassa densità di suolo consumato: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato è compresa tra il 10 e il 50%;
- **Artificiale assente o rado**
Contesto prevalentemente agricolo o naturale o costruito a bassissima densità: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato è inferiore al 10%.

La densità delle superfici artificiali all'interno delle aree urbanizzate è un indicatore importante per descrivere le dinamiche connesse con il fenomeno del consumo di suolo. Nell'ambito dell'obiettivo di sviluppo sostenibile 11 dell'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite sono definite delle soglie di densità delle superfici artificiali utilizzabili per distinguere aree urbane (>50%), suburbane (10-50%) e rurali (<10%). Le soglie sono state applicate alla Carta Nazionale del Consumo di Suolo, considerando la densità media del costruito in un raggio di 300 metri e hanno consentito di suddividere il territorio nelle seguenti classi di densità:

1. contesto prevalentemente artificiale: caratterizzato da una percentuale di suolo consumato maggiore del 50% in un intorno di 300 metri (artificiale compatto);
2. contesto a media o bassa densità di suolo consumato: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato compresa tra il 10 e il 50% (artificiale a media/bassa densità);

3. contesto prevalentemente agricolo o naturale o costruito a bassissima densità: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato è minore del 10% (artificiale assente o rado).

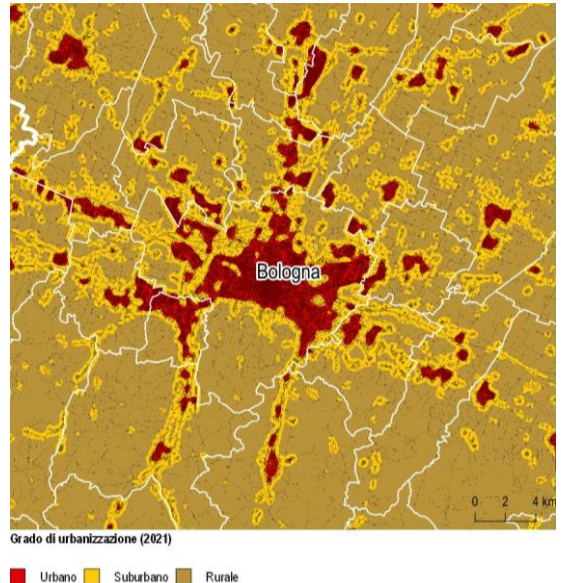


Figura 76. Caratterizzazione del grado di urbanizzazione nell'area di Bologna. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi del dato al 2021 mostra un'estensione delle aree ad alta densità (artificiale compatto) pari al 2,9% della superficie nazionale, mentre le aree artificiali a media/bassa densità coprono il 15,4%. Il restante 81,7% del territorio è occupato da aree rurali con superfici artificiali rade o assenti (Tabella 45). Nel periodo compreso tra il 2006 e il 2021 si è assistito a un'espansione delle aree urbane dense di oltre 800 km², mentre l'espansione del suburbano ha riguardato quasi 2.500 km². Quest'ultima classe è quella più dinamica per una serie di cause, prima tra tutte la predisposizione alla trasformazione delle aree libere rimaste incluse nelle aree urbanizzate o intercluse tra gli assi infrastrutturali o in territori che hanno già perso il carattere di diffusa naturalità.

Tabella 45. Grado di urbanizzazione valutato attraverso la densità delle superfici artificiali. Estensione (km² e percentuale) delle aree nelle classi di densità. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	2006	2021
Aree urbane/artificiale compatto (km ²)	7.900	8.768
Aree urbane/artificiale compatto (%)	2,6	2,9
Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità (km ²)	43.975	46.453
Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità (%)	14,6	15,4
Aree rurali/artificiale assente o rado (km ²)	249.524	246.177
Aree rurali/artificiale assente o rado (%)	82,8	81,7

Analizzando il grado di urbanizzazione a scala regionale (Tabella 46), la Lombardia risulta essere al 2021 la regione con la maggiore estensione delle aree urbane, sia in termini di estensione complessiva (1.749 ettari) che di percentuale del territorio regionale occupato dalla classe. In termini assoluti la Lombardia è anche la regione con la più estesa superficie coperta da aree artificiali a media/bassa densità, mentre la più alta percentuale del territorio regionale classificato come suburbano si riscontra

in Veneto (dove occupa poco meno del 30% del territorio). Importante in Veneto anche la presenza di urbano, che occupa il 5,4% del territorio regionale, anche se con valori assoluti pari a quasi la metà di quelli della Lombardia. In Valle d'Aosta, Molise e Basilicata le aree urbane occupano meno dello 0,5% del territorio regionale; bassi i valori anche in Trentino-Alto Adige Umbria, Abruzzo, Calabria e Sardegna, dove l'artificiale compatto non arriva al 2% del territorio. L'artificiale a media/bassa densità supera il 10% della superficie regionale in 15 delle 20 regioni.

Dal punto di vista delle variazioni di estensione delle classi verificatesi tra il 2006 e il 2021, si registra in tutte le regioni un passaggio delle aree rurali in aree suburbane e urbane (Tabella 47). La maggiore diminuzione delle aree rurali, sia in termini assoluti che di variazione percentuale, si è verificata in Puglia, dove oltre 500 ettari di territorio hanno assistito a un incremento della densità di coperture artificiali, passando a urbano (+12,8%) e suburbano (+15,4%). L'espansione delle aree a alta densità di costruito ha riguardato soprattutto Lombardia (+146 ettari) e Veneto (+117 ettari), dove si concentra quasi un quarto degli 868 ettari di incremento complessivo della classe.

Tabella 46. Grado di urbanizzazione del territorio regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	2021 (km ²)			2021 (%)		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	20.921,24	3.837,00	643,10	82,36	15,11	2,53
Valle d'Aosta	3.054,89	193,37	13,90	93,65	5,93	0,43
Lombardia	16.537,77	5.591,65	1.749,26	69,26	23,42	7,33
Trentino-Alto Adige	12.469,56	1.026,51	108,85	91,65	7,55	0,80
Veneto	11.969,60	5.376,36	991,06	65,28	29,32	5,40
Friuli-Venezia Giulia	6.176,88	1.478,58	264,14	77,99	18,67	3,34
Liguria	4.365,03	903,03	151,90	80,54	16,66	2,80
Emilia-Romagna	17.424,01	4.266,70	811,23	77,43	18,96	3,61
Toscana	19.553,47	2.919,86	514,62	85,06	12,70	2,24
Umbria	7.338,57	1.005,27	110,18	86,81	11,89	1,30
Marche	7.724,71	1.403,61	197,28	82,83	15,05	2,12
Lazio	13.314,41	3.340,61	548,02	77,40	19,42	3,19
Abruzzo	9.364,07	1.286,13	146,95	86,73	11,91	1,36
Molise	4.059,26	359,16	21,76	91,42	8,09	0,49
Campania	9.873,83	3.048,24	677,43	72,60	22,41	4,98
Puglia	15.498,40	3.182,71	673,86	80,07	16,44	3,48

Basilicata	9.376,52	567,36	48,10	93,84	5,68	0,48
Calabria	13.140,59	1.730,59	211,58	87,12	11,47	1,40
Sicilia	21.632,65	3.445,75	640,46	84,11	13,40	2,49
Sardegna	22.382,13	1.491,25	244,76	92,80	6,18	1,01
ITALIA	246.177,59	46.453,73	8.768,43	81,68	15,41	2,91

Tabella 47. Variazione percentuale del grado di urbanizzazione del territorio regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Variazione 2006-2021 (km ²)			Variazione 2006-2021 (%)		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	-256,03	189,09	66,93	-1,21	5,18	11,62
Valle d'Aosta	-7,89	7,29	0,60	-0,26	3,92	4,54
Lombardia	-297,86	152,18	145,68	-1,77	2,80	9,08
Trentino-Alto Adige	-58,66	48,09	10,57	-0,47	4,92	10,75
Veneto	-269,38	152,04	117,34	-2,20	2,91	13,43
Friuli-Venezia Giulia	-69,07	45,82	23,25	-1,11	3,20	9,65
Liguria	-19,25	12,15	7,10	-0,44	1,36	4,91
Emilia-Romagna	-311,57	227,06	84,51	-1,76	5,62	11,63
Toscana	-108,29	72,46	35,83	-0,55	2,54	7,48
Umbria	-83,93	66,81	17,12	-1,13	7,12	18,40
Marche	-151,92	133,55	18,38	-1,93	10,51	10,27
Lazio	-242,47	175,02	67,46	-1,79	5,53	14,04
Abruzzo	-126,52	110,18	16,33	-1,33	9,37	12,50
Molise	-30,95	28,68	2,27	-0,76	8,68	11,67
Campania	-171,67	111,85	59,82	-1,71	3,81	9,69
Puglia	-502,05	425,74	76,31	-3,14	15,44	12,77
Basilicata	-82,64	75,10	7,54	-0,87	15,26	18,60
Calabria	-145,30	118,14	27,16	-1,09	7,33	14,73
Sicilia	-292,32	227,96	64,36	-1,33	7,08	11,17
Sardegna	-118,69	98,98	19,72	-0,53	7,11	8,76
ITALIA	-3346,46	2478,18	868,28	-1,34	5,64	10,99

Seguendo una procedura simile a quella proposta dal JRC è stata combinata la carta della densità di suolo consumato con la carta della densità di popolazione (v. § *Densità e caratteri demografici*), ottenendo un prodotto che è stato poi riclassificato in quattro classi di densità di superficie artificiale e di popolazione. In particolare, sono state considerate le tre classi riconducibili a quelle descritte dallo studio del JRC, più una quarta relativa ad aree con elevata densità di costruito e bassa densità demografica:

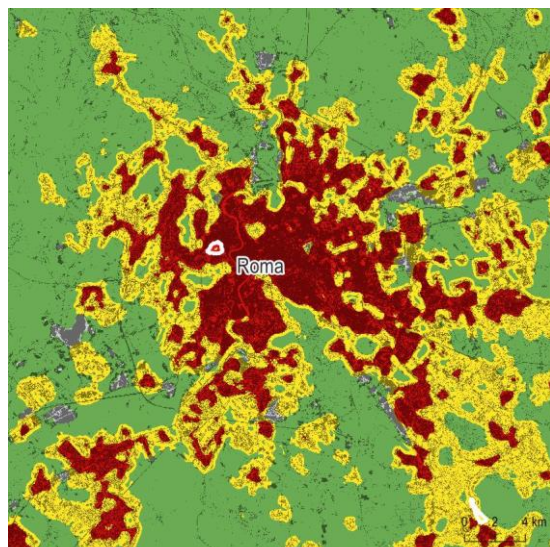
- aree urbane ad alta densità (Classe 1), zone con densità di popolazione superiore a 1.500 abitanti

per km² e densità di suolo consumato superiori al 50%;

- aree urbane a media densità (Classe 2), zone con densità di popolazione comprese tra 300 e 1.500 abitanti per km² e densità di suolo consumato comprese tra il 10% e il 50%;
- zone rurali (Classe 3), comprendono tutte le aree con basse densità sia di popolazione che di suolo consumato;
- zone ad alta densità di suolo consumato (superiori al 50%) e basse densità di popolazione (inferiori a 300 abitanti per km²; Classe 4).

Tabella 48. Composizione delle aree urbane con riferimento al dato grado di urbanizzazione e tipologia di tessuto insediativo, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie nazionale. Fonte: ISPRA

Classe	Superficie (km ²)	% sul territorio nazionale
Aree urbane ad alta densità	5.639	1,9
Aree urbane a media densità	22.183	7,3
Zone rurali	274.795	90,3
Zone ad alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione	1.582	0,5



Grado di urbanizzazione e tipologia di tessuto insediativo (2021)

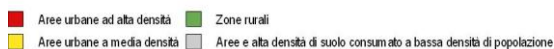


Figura 77. Caratterizzazione delle aree urbane nel comune di Roma. Fonte: ISPRA

L'introduzione dell'informazione sulla densità di popolazione consente, in primo luogo, di distinguere le aree ad alta densità di costruito in due classi in funzione della presenza di popolazione residente: la classe 4 individua aree industriali, destinate ad attività produttive, infrastrutture o servizi (ad esempio quartieri fieristici, aree estrattive, aeroporti) o aree di recente costruzione non ancora abitate, tutte caratterizzate da alta densità del costruito e pochi o nessun abitante residente. I poco meno dei 1.600 km² riconducibili a questa classe possono quindi essere distinti dai 5.639 km² di aree urbane densamente popolate ed edificate, rappresentative del tessuto urbano denso a uso prevalentemente residenziale. Con riferimento alle aree a media densità si nota una decisa riduzione della superficie interessata dalla classe rispetto al risultato ottenuto considerando il solo grado di urbanizzazione (si passa dal 15,4 al 7,3% della superficie nazionale); in questo senso l'utilizzo del dato di popolazione consente di filtrare le porzioni di territorio nelle quali alla presenza di copertura artificiale non sono associati valori significativi di densità di popolazione.

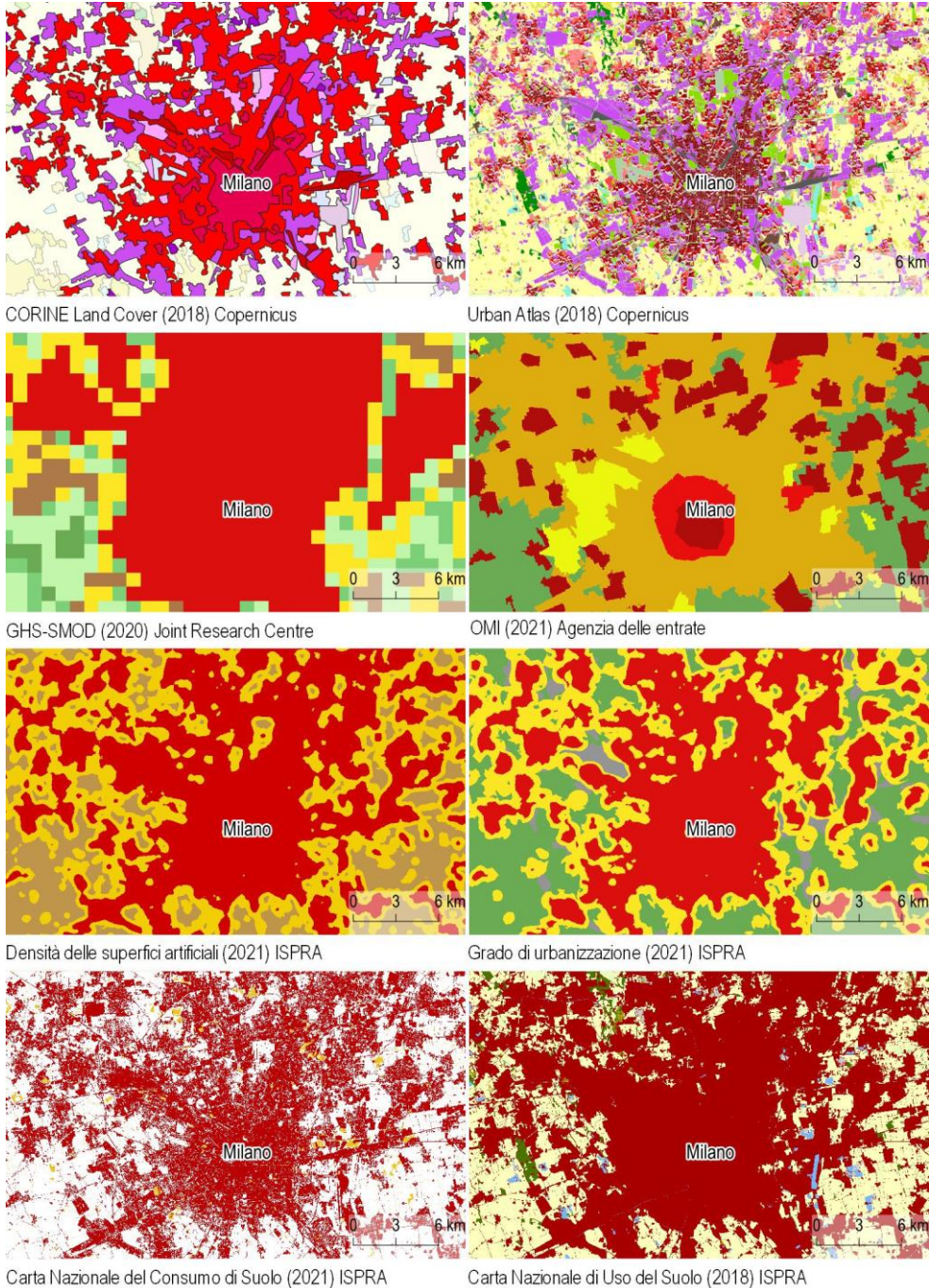


Figura 78 Panoramica dei principali prodotti disponibili per la descrizione delle aree urbane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus, JRC, Agenzia delle entrate e SNPA

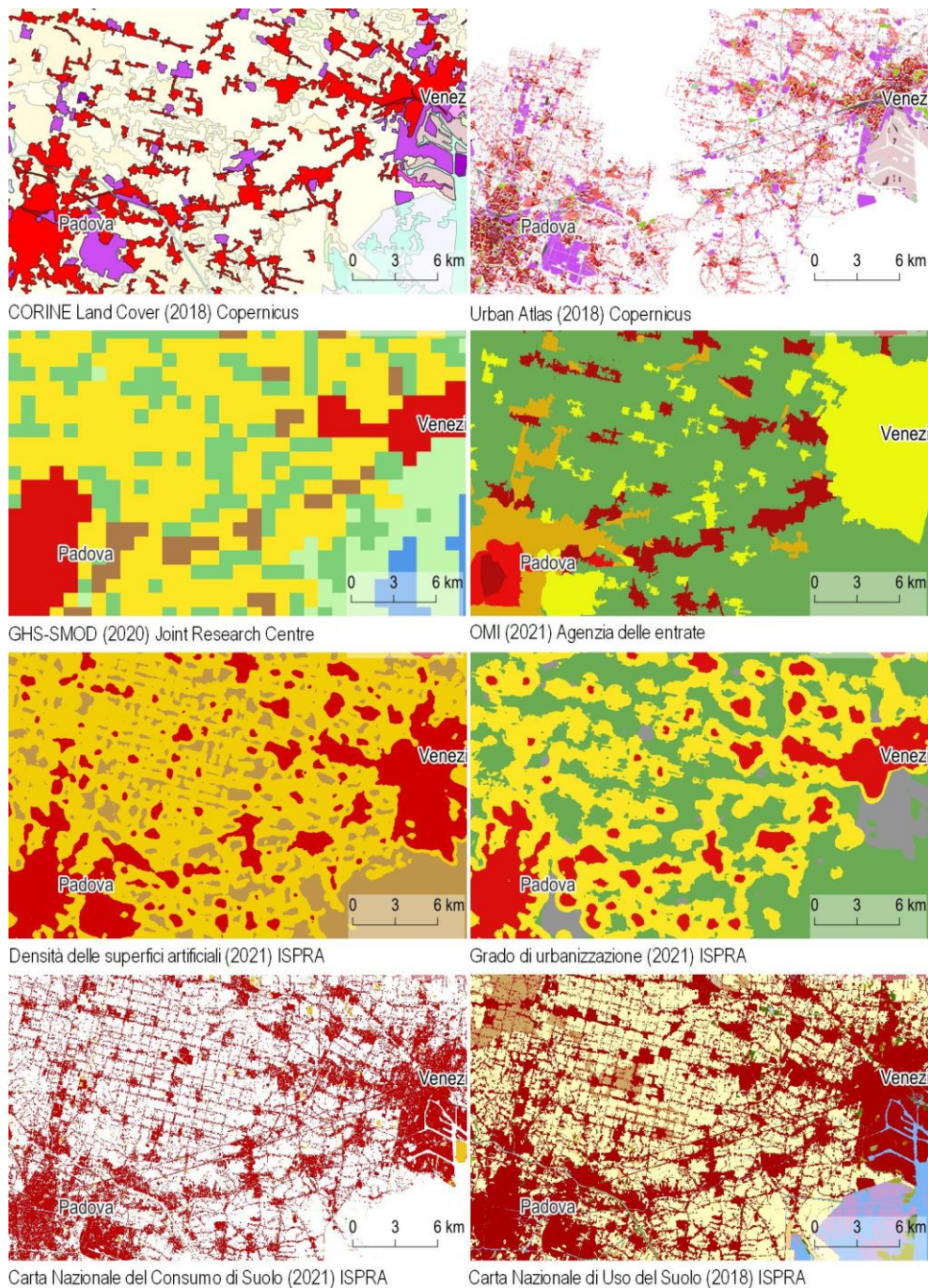


Figura 79 Panoramica dei principali prodotti disponibili per la descrizione delle aree urbane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus, JRC, Agenzia delle entrate e SNPA

FORME URBANE E TIPOLOGIE INSEDIATIVE

Con riferimento alla proposta di descrizione del continuum urbano-rurale presentata nei paragrafi precedenti, è possibile analizzare le caratteristiche morfologiche delle aree urbane sfruttando indicatori basati sulle metriche della *Landscape Ecology*.

Una valutazione su complessità e grado di frammentazione dei margini urbani può essere condotta tramite l'indicatore *Edge Density* (ISPRA, 2016), calcolato come rapporto tra il perimetro e la superficie del costruito.

Informazioni sulla compattezza e la diffusione del costruito possono essere invece desunte dall'analisi degli indicatori LCPI (*Largest Class Patch Index*) e RMPS (*Residual Mean Patch Size*), rispettivamente. L'LCPI rappresenta l'estensione del poligono continuo di area urbana più grande, espresso come percentuale rispetto all'estensione totale dell'urbano nell'ambito di riferimento (rappresentato dal limite amministrativo); il RMPS indica la dimensione media dei poligoni di costruito, escludendo quello di dimensioni maggiori.

Tabella 49. Valori di *Edge Density* (ED), *Largest Class Patch Index* (LCPI) e *Residual Mean Patch Area* (RMPS) per i 19 capoluoghi di regione e i due capoluoghi delle province autonome, per il 2006 e il 2021

Comune	ED (m/ha)		LCPI (%)		RMPS (ha)	
	2006	2021	2006	2021	2006	2021
Torino	205,74	205,24	80,79	80,41	5,43	5,65
Aosta	675,46	673,32	89,00	88,56	1,65	1,65
Genova	630,56	618,51	84,27	84,07	1,76	1,78
Milano	442,15	428,77	93,19	93,23	2,24	2,35
Bolzano	616,78	595,06	38,77	38,58	8,22	8,98
Trento	779,89	759,77	67,62	66,93	3,07	3,25
Venezia	457,79	438,01	61,43	65,07	4,62	4,63
Trieste	704,11	695,62	79,25	79,47	2,14	2,23
Bologna	767,55	749,86	84,06	84,29	1,97	1,94
Ancona	774,84	758,04	49,84	48,64	3,48	3,45
Firenze	628,35	621,89	63,89	64,10	3,72	3,83
Perugia	1195,87	1152,04	24,87	23,31	2,44	2,69
Roma	759,59	744,31	35,14	35,18	5,24	5,66
Napoli	394,82	386,65	88,86	88,88	2,91	3,41
L'Aquila	1298,67	1227,58	37,08	38,26	1,94	1,98
Campobasso	1152,59	1133,03	60,47	59,45	1,15	1,18
Bari	609,29	567,02	51,59	50,38	5,92	7,20
Potenza	1224,39	1183,2	67,76	71,95	0,79	0,70
Catanzaro	869,49	770,54	24,83	21,29	3,63	4,74
Palermo	491,14	475,25	91,09	90,87	1,36	1,56
Cagliari	698,82	690,72	88,18	89,84	1,60	1,49

Prendendo in considerazione i valori relativi ai capoluoghi di regione (Tabella 49), si nota una riduzione dell'ED in tutti i comuni, indice di una tendenza alla densificazione dei nuclei urbani.

L'analisi congiunta di LCPI e RMPS mostra risultati variabili. A Potenza si verifica il maggiore aumento di LCPI e una delle massime riduzioni di RMPS, attribuibile a fenomeni di densificazione e diffusione del nucleo urbano principale; tale tendenza si riscontra anche a Venezia, Cagliari e L'Aquila, mentre in altri sei capoluoghi l'aumento di dimensione del nucleo urbano principale è marginale. A Catanzaro, viceversa, l'espansione del costruito evidenzia una tendenza alla dispersione e diffusione nelle aree suburbane e rurali, ravvisabile anche a Bari, Palermo e Bolzano.

Un ulteriore indicatore utile per caratterizzare il contesto urbano è l'**Indice di dispersione (ID)**; l'ID prende in considerazione la densità del costruito, valutando il rapporto tra l'estensione delle aree costruite a media/bassa densità (suburbane) sul totale di quelle ad alta (urbane) e media/bassa densità (suburbane).

Tabella 50. Indice di dispersione (ID) nel 2006 e nel 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	ID 2006 (%)	ID 2021 (%)	Variazione 2006-2021 (%)
Piemonte	86,4	85,6	-0,7
Valle d'Aosta	93,3	93,3	0,0
Lombardia	77,2	76,2	-1,1
Trentino-A.Adige	90,9	90,4	-0,5
Veneto	85,7	84,4	-1,2
Friuli V. Giulia	85,6	84,8	-0,8
Liguria	86,0	85,6	-0,4
Emilia-Romagna	84,8	84,0	-0,7
Toscana	85,6	85,0	-0,6
Umbria	91,0	90,1	-0,9
Marche	87,7	87,7	0,0
Lazio	86,8	85,9	-0,9
Abruzzo	90,0	89,7	-0,3
Molise	94,4	94,3	-0,1
Campania	82,6	81,8	-0,8
Puglia	82,2	82,5	0,3
Basilicata	92,4	92,2	-0,2
Calabria	89,7	89,1	-0,6
Sicilia	84,8	84,3	-0,5
Sardegna	86,1	85,9	-0,2
ITALIA	84,8	84,1	-0,6

Valori elevati dell'indicatore caratterizzano le aree urbane con prevalenza di tessuti urbani a bassa densità, mentre valori più bassi denotano superfici urbanizzate più dense e compatte (Tabella 50). A livello regionale l'indice si mantiene su valori elevati, variando tra il 94,4% del Molise e il 77,7% della Lombardia. Tra il 2006 e il 2021 l'indicatore si riduce in 18 delle 20 regioni, mostrando una tendenza generale alla saturazione delle

aree urbanizzate a bassa e media densità. A livello regionale l'indice si mantiene su valori elevati, variando tra il 94,4% del Molise e il 77,7% della Lombardia. Tra il 2006 e il 2021 l'indicatore si riduce in 18 delle 20 regioni, mostrando una tendenza generale alla saturazione delle aree urbanizzate a bassa e media densità.

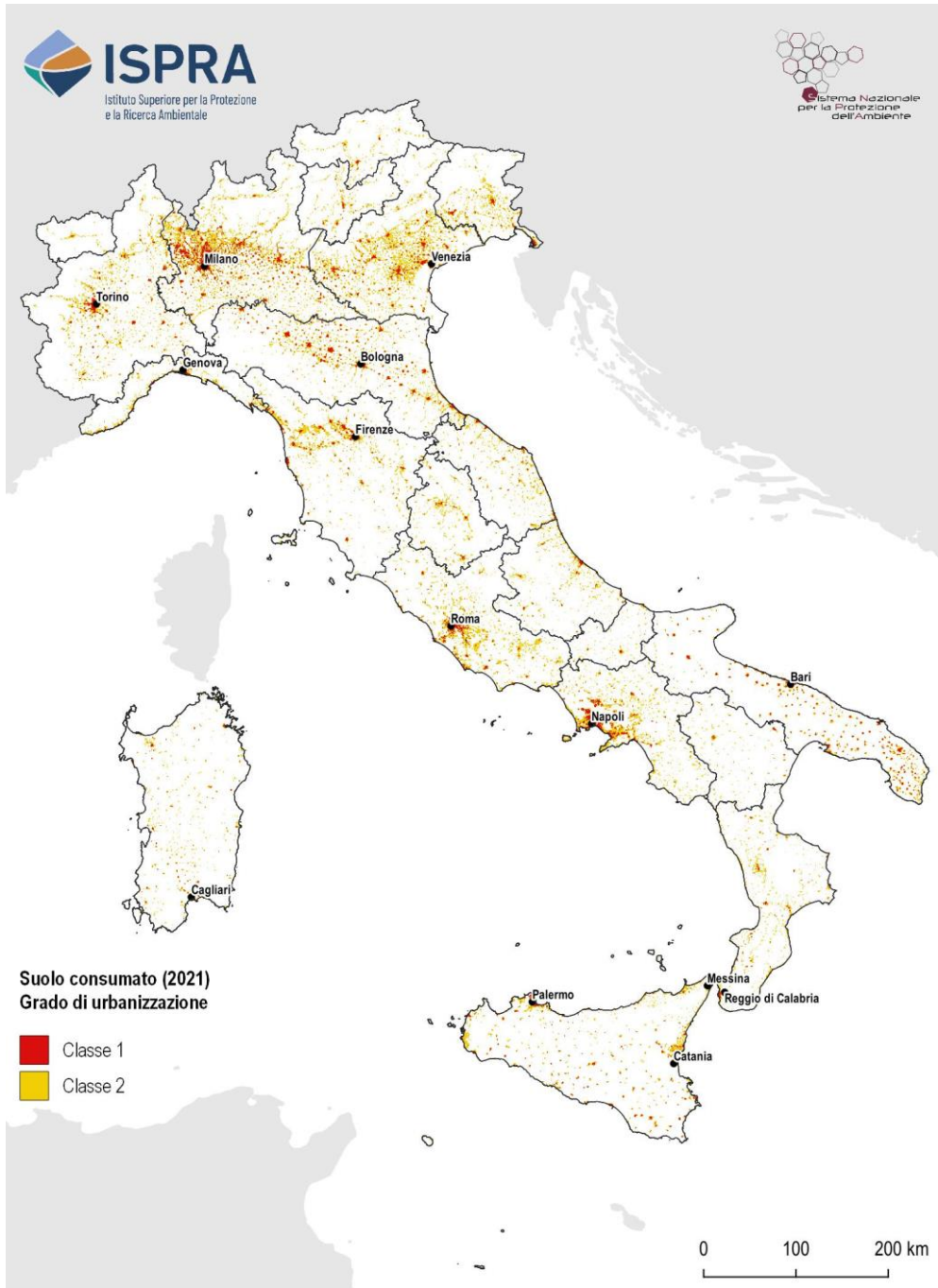


Figura 80. Grado di urbanizzazione valutato attraverso la densità delle superfici artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

LE INFRASTRUTTURE VERDI

Il tema delle “infrastrutture verdi” è affrontato, a livello europeo, da diversi anni. Nel 2011, fu pubblicato dall’Agenzia Europea dell’Ambiente il rapporto *Green infrastructure and territorial cohesion* (EEA, 2011) e nel 2013 venne diffusa la Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni (Commissione Europea, 2013b) relativa alle infrastrutture verdi. Il panorama di definizioni che le caratterizzano è molto ampio, ma la stessa Comunicazione europea le definisce come “una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano”.

La Tabella 51 riporta, per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome, l’indicatore di incidenza di aree verdi in aree urbane e suburbane e l’indicatore di superficie vegetata su superficie urbanizzata riferiti al 2021.

Il primo indicatore rappresenta la quota di verde (aree vegetate) sia pubblico che privato che si trova nell’area urbana, suburbana e all’interno di una fascia di 500 metri dall’area urbana rispetto all’area totale, ed è espresso in termini percentuali. La scelta della fascia di 500 metri è stata effettuata per dare conto anche di quelle aree verdi che pur non trovandosi nelle zone più urbanizzate e popolate, possono comunque essere fruite dalla popolazione e contribuire alla qualità della vita dei cittadini e dell’ambiente. Il secondo indicatore esprime la percentuale tra la superficie di aree vegetate in aree urbane e suburbane rispetto alla superficie urbanizzata.

In entrambi gli indicatori, l’area urbana è rappresentata dalle prime due delle tre soglie di densità del costruito definite nell’ambito dell’Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite e che fanno riferimento al contesto prevalentemente artificiale e a media o bassa densità di suolo consumato e quindi caratterizzanti l’area

urbana (cfr. § *Le aree urbane*). Le aree vegetate considerate in questo capitolo derivano invece dall’elaborazione della serie storica delle immagini del programma Copernicus Sentinel-2⁴⁵. In particolare è stato calcolato il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) su un biennio (anno di riferimento + anno precedente) per ogni singola immagine e, successivamente, è stato estratto per ogni pixel dell’immagine il 95° percentile di NDVI, in modo da escludere valori estremi causati da anomalie nei dati e fluttuazioni vegetazionali stagionali. All’NDVI ottenuto sono stati applicati due valori soglia, 0,3 e 0,4, considerando vegetate le aree con valori superiori ad essi. Quindi è stata calcolata la media tra le due superfici vegetate così individuate per evitare di utilizzare rigidamente una singola soglia considerando la variabilità che la vegetazione può assumere e, in particolare, l’incertezza del valore di NDVI nelle zone in ombra.

Tabella 51. Indicatori di infrastrutture verdi per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome, anno di riferimento 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Incidenza di aree verdi (%)	Superficie vegetata su superficie urbanizzata (%)
Torino	33,35	28,88
Aosta	60,23	51,37
Genova	66,56	49,91
Milano	40,33	35,12
Bolzano	66,13	50,38
Trento	74,48	58,13
Venezia	38,78	38,95
Trieste	64,15	51,03
Bologna	61,40	49,99
Ancona	77,97	58,14
Firenze	56,38	51,48
Perugia	83,22	69,73

⁴⁵ Le immagini Sentinel-2 del programma Copernicus sono disponibili dalla fine del 2015. Per tale motivo gli indicatori che prevedono le aree vegetate da NDVI possono essere elaborati dal 2016 in poi.

Roma	70,04	55,99
Napoli	34,71	32,71
L'Aquila	83,73	67,74
Campobasso	76,94	67,13
Bari	54,66	47,14
Potenza	84,55	70,37
Catanzaro	77,28	64,14
Palermo	53,77	42,27
Cagliari	34,80	35,87

Potenza, L'Aquila e Perugia sono i capoluoghi di regione con i valori più alti in entrambi gli indicatori, superiori all'80% per quanto riguarda l'incidenza di aree verdi e al 65% per quanto riguarda la percentuale di superficie vegetata. I valori più bassi si osservano a Cagliari, Napoli e Torino per l'indicatore di incidenza e sono inferiori al 40%, e Milano e ancora Napoli e Torino, dove sono infe-

rriori o uguali al 35% per l'indicatore di superficie vegetata. Dei circa 8.000 comuni ben oltre 5.000 hanno valori dell'indicatore di incidenza di aree verdi superiori o uguali all'80%, di cui i 7 comuni con i valori più alti si trovano in Piemonte, mentre i 5 comuni con i valori più bassi sono in provincia di Napoli. Analogamente, per l'indicatore di superficie vegetata, sui circa 8.000 comuni, più di 5.000 hanno valori superiori al 70%, mentre i 5 comuni con i valori più alti si trovano in Piemonte e Lombardia e gli 8 comuni con i valori più bassi sono in provincia di Napoli.

I grafici della Figura 81 e della Figura 82 riportano un altro indicatore di infrastrutture verdi relativo alla superficie arborea su superficie vegetata, calcolato per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome e per le 20 regioni. Tale indicatore utilizza come dato di copertura arborea la classe di vegetazione arborea così come è stata classificata nella nuova carta di copertura del suolo ISPRA (cfr. § *Uso e copertura del suolo*) ed è quindi riferito al 2018. La superficie vegetata è invece la stessa utilizzata per i due precedenti indicatori.

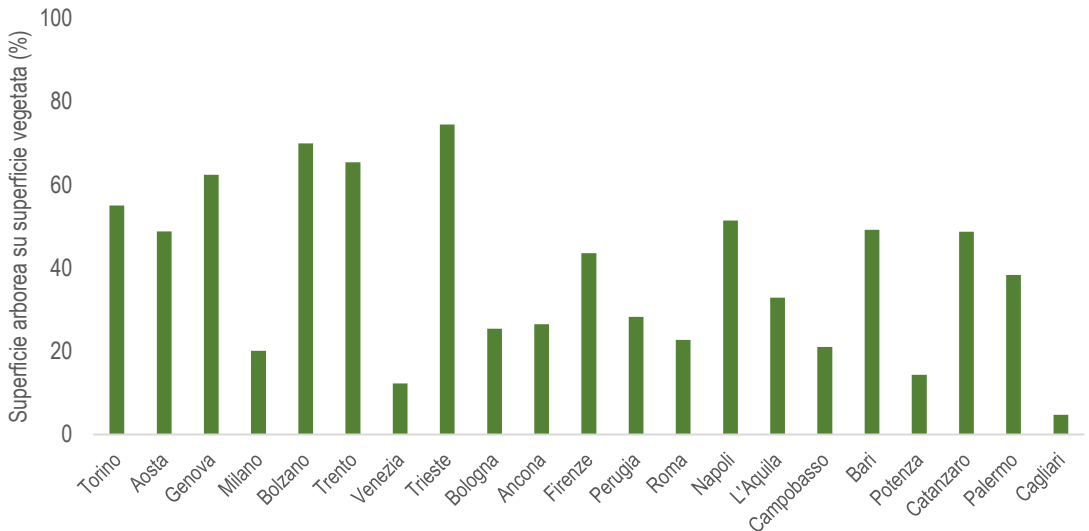


Figura 81. Indicatore di superficie arborea su superficie vegetata espresso in percentuale, per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome, anno di riferimento 2018. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus

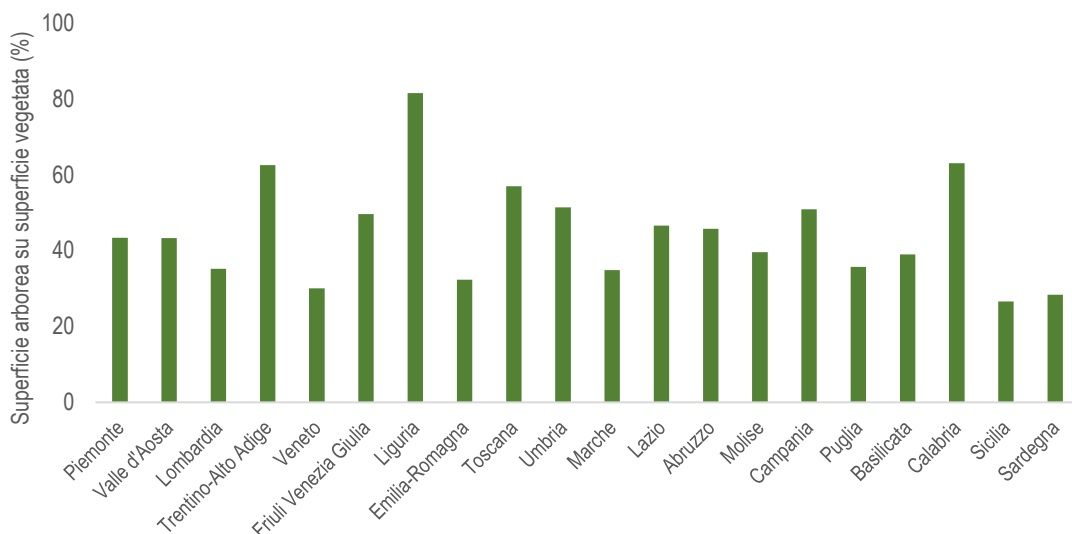


Figura 82. Indicatore di superficie arborea su superficie vegetata espresso in percentuale, a livello regionale, anno di riferimento 2018. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Copernicus

Trieste, Bolzano, Trento e Genova sono i capoluoghi con le percentuali più alte, superiori al 60%, mentre Cagliari, Venezia e Potenza riportano i valori più bassi, al di sotto del 15%, perfettamente in linea con le caratteristiche ambientali e geografiche di tali aree. A livello regionale, invece, la Liguria supera l'80% di superficie arborea su superficie vegetata, seguita dalla Calabria e dal Trentino-Alto Adige, che hanno valori poco al di sopra del 60%. La Sardegna e la Sicilia detengono i valori più bassi inferiori al 30%.

LE AREE BOScate

La superficie forestale è definita dall'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO, 2001) come "territorio con copertura arborea superiore al 10% rispetto a un'estensione superiore a 0,5 ettari, dove gli alberi raggiungono un'altezza minima di 5 metri a maturità e una larghezza minima di 20 metri". I cambiamenti tra la superficie forestale e le altre classi di copertura del suolo includono la perdita e l'aumento di copertura forestale, rispettivamente definite come "deforestazione", ovvero la conversione da foresta ad altri usi del suolo (naturali e antropici) ed "espansione forestale", che individua la conversione da altri usi del suolo a foresta (FAO, 2020). Ol-

tre alla definizione internazionale della FAO, anche il Testo Unico in Materia di Foreste e Filieri Forestali (D.lgs. 34/2018) contiene la definizione di bosco (Art. 1 comma 3): *Per le materie di competenza esclusiva dello Stato, sono definite bosco le superfici coperte da vegetazione forestale arborea, associata o meno a quella arbustiva, di origine naturale o artificiale in qualsiasi stadio di sviluppo ed evoluzione, con estensione non inferiore ai 2.000 metri quadri, larghezza media non inferiore a 20 metri e con copertura arborea forestale maggiore del 20 per cento*". Le aree forestali possono inoltre essere oggetto di diversi tipi di disturbi quali i tagli, gli incendi, gli attacchi di patogeni o i danni da tempeste di vento, che possono determinare una temporanea riduzione della copertura arborea, ma che non comportano necessariamente un cambio di uso del suolo.

Dal momento che le foreste sono fondamentali nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, la loro diminuzione può alterare la capacità di assorbire carbonio, nonché avere effetti negativi sulla fornitura di altri servizi ecosistemici come la protezione del suolo. L'espansione forestale invece ha molti effetti positivi, come l'aumento dello stoccaggio di carbonio, la decontaminazione ambientale, la creazione di corridoi ecologici, (Spadoni *et al.*, 2020), il controllo del clima, l'adattamento

e la conservazione della biodiversità (IPCC 2022). A questi benefici si contrappongono altri effetti, come la perdita degli habitat di pascolo, storicamente gestiti dall'uomo e che, con l'abbandono delle attività agricole e di pascolo, stanno regredendo a causa della crescita forestale (Buscardo *et al.*, 2008; Veldman *et al.*, 2015), la perdita degli habitat prativi d'alta quota che, a causa dei cambiamenti climatici, lasciano il posto all'innalzamento del limite forestale (Chersich *et al.*, 2015) o ancora la perdita della diversità a scala di paesaggio.

Per il loro importante contributo nell'evoluzione del territorio, i processi di deforestazione e di espansione forestale hanno un ruolo centrale nella definizione delle politiche che mirano a preservare le risorse forestali e la fornitura di servizi ecosistemici (FAO, 2020).

Inoltre, il monitoraggio dei cambiamenti forestali (espansione e riduzione della superficie forestale), oltre a indagare un fenomeno estremamente importante, è anche un tema di attualità, grazie alle azioni previste a livello internazionale dalla recente COP26 e dalla strategia forestale italiana e dell'UE (2021), che pone l'obiettivo di piantare 3 miliardi di alberi entro il 2030, ma anche dalle azioni previste dall'articolo 15 del Testo Unico in materia di foreste e filiera forestale (D.lgs. 34/2018), che prevede la creazione di una carta forestale nazionale, che possa supportare le decisioni nel campo della gestione forestale.

Carta di uso del suolo e carta di copertura del suolo ISPRA

Le nuove carte di uso e copertura del suolo ISPRA, descritte all'inizio di questo capitolo, sono basate sull'integrazione dei dati cartografici del programma Copernicus con un sistema di classificazione definito secondo le linee guida EAGLE.

Carta copertura 2017-2018 e carta di espansione forestale 1985-2019

Nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra ISPRA, Università degli Studi della Tuscia, Università degli Studi di Firenze e Università del Molise sono stati elaborati due prodotti cartografici: una carta di copertura del suolo, nella quale oltre alle classi di copertura, sono stati individuati anche i disturbi forestali (incendi e altri disturbi) e una carta delle aree di espansione forestale (1985-2019), che individua le aree in cui si è verificata l'espansione forestale nel periodo analizzato. Questi strumenti

utilizzano una classificazione basata sulla copertura delle chiome degli alberi successivamente riclassificati in base all'appartenenza ad aree forestali.

La carta dei disturbi forestali (De Fioravante *et al.* 2020) è riferita al periodo 2017-2018 e ha risoluzione spaziale di 10x10 metri. È stata sviluppata a partire da immagini Sentinel-2 e dati Sentinel-1 attraverso una classificazione semiautomatica che ha permesso di individuare, oltre alle classi di copertura del suolo citate nella Tabella 35, le aree soggette a incendi e altri disturbi forestali nel periodo analizzato. Il sistema di classificazione utilizzato è basato su classi di copertura di riduzione della copertura arborea; la carta individua sia le variazioni di uso del suolo (deforestazione), ma anche la rinnovazione della vegetazione che avviene a seguito di un evento di disturbo. I risultati ottenuti per l'anno 2018 per le superfici soggette a incendi e a tagli sono coerenti con quelli stimati da Francini *et al.* (2021, 2022), che, utilizzando una metodologia ibrida di classificazione semiautomatica e dati campionari, hanno stimato la superficie boschiva soggetta a disturbi forestali dagli anni '80 (a 30 metri) fino al 2018 (a 10 metri). I disturbi analizzati comprendono gli incendi, i danni da tempeste di vento, gelo o siccità, attacco di patogeni e tagli.

La carta dell'espansione forestale in Italia tra il 1985 e il 2019 (Cavalli *et al.*, sottomesso) ha una risoluzione spaziale di 30x30 metri. Questo prodotto è stato sviluppato con l'utilizzo di immagini satellitari (Landsat), che sono state elaborate attraverso l'applicazione di algoritmi di classificazione semiautomatica, per ottenere una carta nazionale a due classi (espansione forestale/non espansione), in cui vengono localizzate le aree in cui si è registrata una crescita forestale nel periodo di osservazione e le aree in cui non c'è stata l'espansione. In seguito, attraverso un campionamento casuale stratificato, è stato selezionato un campione di oltre 4.000 punti che sono stati fotointerpretati e classificati in espansione forestale/non espansione, è stata stimata la superficie interessata dall'aumento della superficie forestale sia a livello regionale che per fascia altimetrica, e calcolata l'accuratezza della carta, risultata essere pari all'87%.

Copernicus Global Land Cover Layers (GLC)

La carta di copertura del suolo *Global Land Cover (GLC)* è un prodotto realizzato nell'ambito del servizio *Copernicus Global Land Service (CGLS)*, finalizzato alla distribuzione di dati bio-geofisici sullo stato e sull'evoluzione

della superficie terrestre a scala globale (Buchhorn *et al.* 2020). Il CGLS mette a disposizione la carta di uso del suolo in formato raster, con risoluzione spaziale di 100x100 metri con aggiornamenti a cadenza annuale (dal 2015 al 2019). Le classi di copertura di suolo sono definite secondo il sistema di classificazione sviluppato dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (UN-LCCS FAO). Tale classificazione prevede un'organizzazione gerarchica distribuita su tre livelli, che consente di descrivere nel dettaglio le classi forestali. Le elaborazioni sono state condotte sulla carta di copertura del suolo discreta composta da 23 classi delle quali 14, quelle che definiscono le aree forestali, al terzo livello. L'accuratezza del dato a scala globale al secondo livello è di 75,5% \pm 0,4 al 2015, mentre per gli anni compresi tra il 2016-2019 varia tra 75,1-75,2% (Tsendbazar *et al.* 2021). Il sistema di classificazione utilizzato è basato su classi di uso del suolo, la carta individua quindi le variazioni di uso del suolo (espansione forestale e deforestazione).

L'analisi dei cambiamenti sui dati *Global Land Cover* è stata eseguita confrontando le variazioni 2015-2019. Tali variazioni sono state successivamente valutate su scala regionale e per fasce altimetriche.

High Resolution Layer (HRL)

Gli *High Resolution Layer* sono cinque famiglie di datasets prodotti nell'ambito della componente pan-europea dei servizi di monitoraggio della copertura e uso del suolo del programma *Copernicus* (CLMS). Essi forniscono informazioni su specifiche caratteristiche di copertura del suolo e sono complementari a cartografie di copertura/uso del suolo. Rendono disponibile la serie temporale 2006, 2009, 2012, 2015 e 2018 e derivano da algoritmi di classificazione semi-automatica su immagini satellitari ad alta risoluzione, in particolare, per gli ultimi anni, immagini Sentinel-1 e Sentinel-2, integrate da informazioni in-situ. La produzione degli HRL è coordinata dall'Agenzia Europea dell'Ambiente nell'ambito del programma *Copernicus* e coinvolge i *National Reference Centre on Land Cover* della rete Eionet (per l'Italia, rappresentato da ISPRA).

Gli *High Resolution Layers - Forest* sono datasets costituiti dalle serie temporali 2012, 2015 e 2018 e sono stati prodotti utilizzando dati satellitari multitemporali e multi-spettrali ad alta risoluzione, in particolare Sentinel-2A

(ESA) e Landsat 8 (USGS). I datasets Forest sono costituiti da due tipi di prodotti: gli '*status layers*' che comprendono *Tree Cover Density* (TCD), *Dominant Leaf Type* (DLT) e il *Forest Type Product* (FTY) e i '*change layers*' che comprendono il *Tree Cover Change Mask* (TCCM) e il *Dominant Leaf Type Change* (DLTC). Il dataset *Tree Cover Density* viene definito come 'proiezione verticale delle chiome degli alberi sulla superficie terrestre' e fornisce informazioni sulla quantità di copertura della chioma all'interno del pixel espressa in valori percentuali da 0 a 100, il prodotto *Dominant Leaf Type* fornisce invece l'informazione sul tipo di vegetazione dominante, latifolia o conifera, mentre il *Forest type product* segue la definizione di 'foresta' della FAO. I due *change layers* *Tree Cover Change Mask* e *Dominant Leaf Type Change* rappresentano rispettivamente la maschera dei cambiamenti della *tree cover* e del *leaf type*. I prodotti dello status layer delle serie 2012 e 2015 hanno una risoluzione spaziale di 20 metri, quelli del 2018 hanno invece una risoluzione spaziale di 10 metri. I *change layer* mantengono la risoluzione spaziale di 20 metri. I prodotti sono presenti anche in forma aggregata di 100 metri. La frequenza di aggiornamento del dato è di 3 anni. Il sistema di classificazione utilizzato è basato su classi di copertura, aumento e riduzione della copertura arborea; la carta individua sia le variazioni di uso del suolo (espansione forestale e deforestazione), ma anche il cambiamento della vegetazione che avviene a seguito di un evento di disturbo. In questa analisi sono stati considerati i cambiamenti 2015-2018.

Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC)

L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC), realizzato in collaborazione tra Arma dei Carabinieri, Regioni a statuto speciale e Province Autonome, ha lo scopo di fornire una conoscenza quali-quantitativa delle risorse forestali e fornisce dati statistici sia a livello nazionale che regionale. L'Inventario restituisce dati concreti a sostegno delle politiche forestali e ambientali, analizzando gli aspetti produttivi tipici degli ambienti forestali tenendo conto anche dei servizi ecosistemici forniti (Arma dei Carabinieri e CREA, 2021). La realizzazione del INFC si articola in tre fasi:

- fotointerpretazione, conclusa nel 2014, nella quale sono stati analizzati circa 301.000 punti;

- campagna di rilevamento in campo, volta all'acquisizione di informazioni qualitative e alla classificazione nel dettaglio dei tipi di vegetazione, eseguita su circa 30.000 punti campionari;
- misure sugli alberi vivi, sulla rinnovazione, sugli arbusti e legno morto, per una densità di rilievo di un punto ogni 1.276 ha di bosco.

In questa analisi sono stati considerati i dati 2005-2015.

Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI)

L'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI) è un inventario a supporto del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali messo a punto nel 2010 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e aggiornato agli anni più recenti a cura di ISPRA e dell'Università degli Studi del Molise. Il sistema di classificazione gerarchico utilizzato in IUTI ha come base le 6 categorie d'uso delle terre definite per Gpg-Lu-lucf (*Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*), integrata con sottocategorie di secondo e terzo livello, per un totale di 9 classi (Marchetti *et al.*, 2012). L'intero territorio italiano è classificato nelle sei categorie di uso delle terre: 1 *Forest Land*, 2 *Cropland*, 3 *Grassland*, 4 *Wetland*, 5 *Settlements*, 6 *Other Lands*. La classe 1, *Forest Land*, è divisa in due sottoclassi, Bosco e Aree boscate temporaneamente prive di soprassuolo arboreo. La classe 2 è divisa in due sottoclassi, Seminativi e altre colture erbacee e Colture arboree: quest'ultima è suddivisa ulteriormente in Arboricoltura da frutto e vivai e Arboricoltura da legno. La classe 3 è suddivisa in Praterie, pascolo ed incolti erbacei e Altre terre boscate. Il sistema di classificazione utilizzato è basato su classi di uso del suolo; la carta individua quindi le variazioni di uso del suolo (espansione forestale e deforestazione). Dal sistema originario di campionamento che prevedeva la fotointerpretazione di 1,2 milioni di punti su tutto il territorio nazionale al 1990, 2000 e 2008, è stato successivamente aggiornato un sottocampione di punti (1% del totale) al 2013 e 2016 con un notevole risparmio in termini di costi e tempi di realizzazione, pur conservando una buona accuratezza statistica (Pagliarella *et al.*, 2016).

Censimento aree incendiate

La legge quadro in materia di incendi boschivi n. 353/2000 oltre a fornire la definizione di incendio, conferisce il compito di censimento degli incendi ai Comuni

con il supporto dell'Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, la quale ha il compito di conservare, gestire e aggiornare la banca dati riferita alle aree percorse dal fuoco. La banca dati copre il territorio nazionale, a esclusione delle regioni a statuto speciale (Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Sardegna e Sicilia) e dispone di dati annuali sugli incendi. In questa analisi sono stati considerati i censimenti dal 2004 al 2020.

La superficie forestale

I dati di superficie forestale analizzati mostrano che quasi il 40% della superficie nazionale è occupata da superficie forestale (circa 11.900.000 ettari, Figura 83). Le differenze significative (con stime variabili tra 9 e 13,6 milioni di ettari) tra le diverse fonti informative derivano da diverse metodologie di acquisizione e dalla definizione utilizzata per l'individuazione della superficie forestale (foresta, copertura arborea, etc.). La minore estensione della superficie boscata individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA è dovuta a una sottostima dell'area forestale dei dati Corine Land Cover che spesso escludono le aree a bassa densità. Infatti, se consideriamo la superficie coperta da alberi della carta di copertura del suolo ISPRA (Tabella 27), emerge che la superficie coperta da vegetazione arborea è di circa 13 milioni di ettari, in linea quindi con l'estensione forestale degli altri dati analizzati.

La distribuzione regionale per fascia altimetrica, ottenuta dai dati INFC 2015 (Figura 84), mostra che la maggiore estensione delle aree forestali si concentra nelle fasce al di sotto dei 1.000 m slm in cui a livello nazionale si concentra il 73% della superficie forestale e vi si trova più 50% della superficie forestale regionale, con valori superiori al 90% in regioni come la Puglia, Sardegna, Marche, Umbria e Toscana. Nelle regioni Alpine (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia) e in alcune regioni Appenniniche (Emilia-Romagna, Lazio e Abruzzo) si trovano superfici forestali superiori ai 100.000 ettari anche a quote comprese tra i 1.000 e i 1.500 m slm. A quote superiori questa estensione diminuisce nella quasi totalità delle regioni, ad eccezione del Piemonte e del Trentino-Alto Adige in cui tra i 1.500 e i 2.000 m slm l'estensione del bosco è ancora sopra i 100.000 ettari, mentre nelle altre regioni del nord (Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto e Friuli-Venezia Giulia) e in Abruzzo la superficie è superiore a 40.000 ettari.

Oltre i 2.000 m il bosco è presente solo in Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Veneto con valori compresi tra i 10.000 ettari del Veneto e gli 80.000 ettari del Trentino-Alto Adige. Al centro sud a questa quota non si registra più la presenza del bosco, ad eccezione dell'Abruzzo in cui permangono 362 ettari oltre i 2.000 m slm.

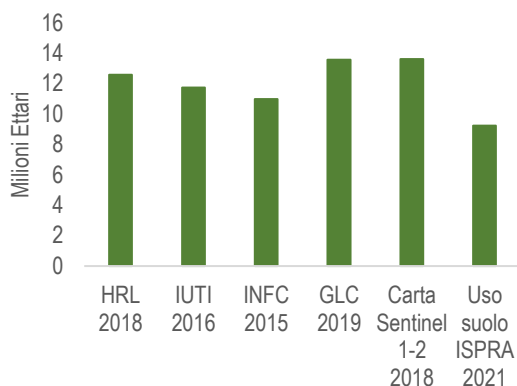


Figura 83. Superficie forestale identificata dai diversi strati informativi all'ultimo anno disponibile. Elaborazioni ISPRA su varie fonti

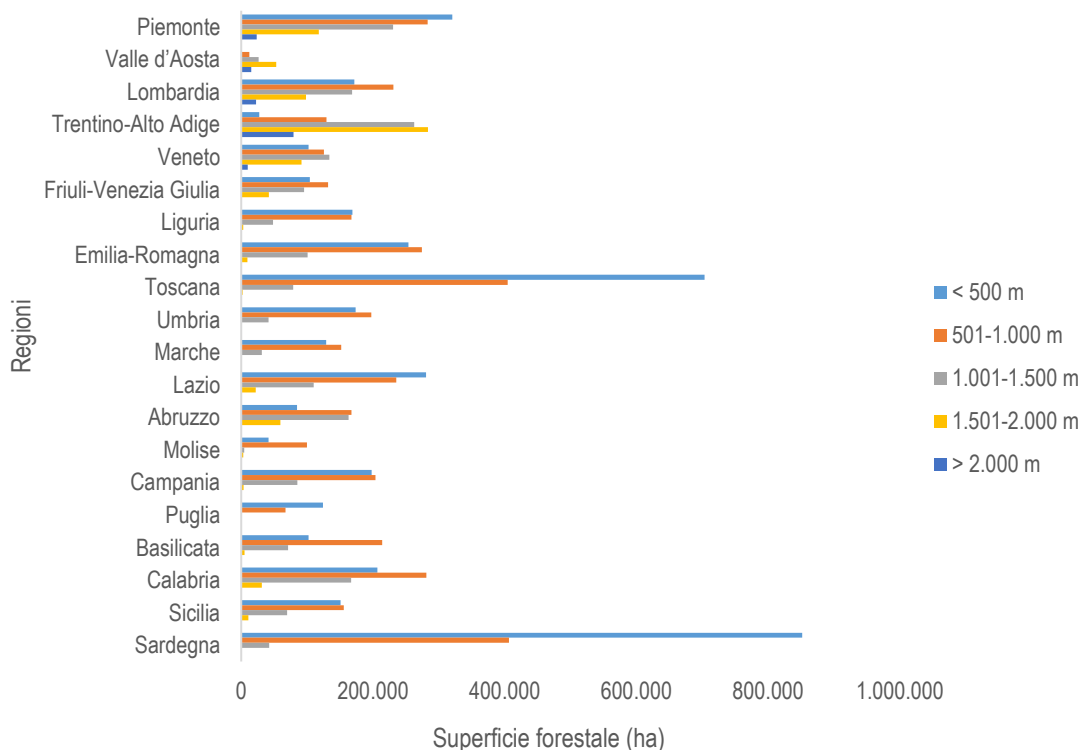


Figura 84. Ripartizione regionale della superficie forestale per fascia altimetrica. Fonte INFC 2015

Tabella 52. Confronto a scala nazionale tra i dati dei cambiamenti e dei disturbi forestali

	Superficie forestale / copertura arborea all'ultimo anno disponibile (ha)	Espansione forestale / copertura arborea (ha)	Riduzione forestale/ copertura arborea (ha)	Disturbi forestali/ copertura arborea (ha)	Crescita annuale media (ha)	Riduzione annuale media (ha)	Disturbi annuale media (ha)
Uso suolo ISPRA 2012-2021	9.238.783	8.549	21.303		949	2.367	
Copertura del suolo ISPRA 2012-2021	13.382.077	10.555	37.066		1.759	6.177	
HRL 2015-2018	12.576.461	3.461	43.559		1.154	14.519	
IUTI 1990-2016	11.732.622	1.334.398	399.453		43.176	12.525	12.525
Carta espansione forestale 1985-2019	ND	2.801.050	ND	ND	82.384		
INFC 2005-2015	11.054.458	586.925	ND	ND	58.693		
GLC 2015-2019	13.571.531	8.500	27.000		2.125	6.750	
Carta Sentinel 1-2 (2017-2018)	13.614.082	ND	89.596			89.596	
Censimento aree incendiate 2004-2020	ND	ND		676.254			42.266
Carta disturbi forestali Francini <i>et al.</i> 2022 (1985-2019) – risoluzione 30 m	ND	ND					261.733 (1985) - 27.923 (2014)
Carta disturbi forestali Francini <i>et al.</i> 2022 (2018) – risoluzione 10 m	ND	ND		57.717			57.717

I dati analizzati a scala nazionale (Tabella 52) mostrano in generale una tendenza di espansione forestale maggiore della riduzione, in particolare per i dati che analizzano le dinamiche forestali su un periodo più lungo (IUTI,

INFC, carta di espansione forestale). Una tendenza opposta si registra per i dati che si riferiscono a un periodo di analisi breve in cui non sono rilevabili i processi di accrescimento forestale naturale (HRL, GLC, carta dell'uso del suolo ISPRA).

Disturbi forestali

A livello nazionale sulla base dei dati ottenuti grazie alla procedura di classificazione semiautomatica della copertura del suolo è stato possibile quantificare la riduzione della superficie forestale tra il 2017 e il 2018 interessata da disturbi naturali e individuarne la probabile causa. Si stima che la superficie interessata da incendi e da altri disturbi forestali tra il 2017 e il 2018 abbia riguardato rispettivamente 11.106 ettari e 78.490 ettari, per un totale di 89.596 ettari. Il risultato mostra che il 12,4% dei disturbi è dovuto ad aree incendiate, mentre l'87,4% è causato da altri eventi; quest'ultimo dato è stato ulteriormente verificato e ha mostrato che più della metà delle aree individuate sono aree soggette a tagliate (De Fioravante *et al.*, 2021). L'accuratezza di questa classe risente di diversi errori di commissione e omissione e andrà migliorata attraverso dati ancillari o fotointerpretazione.

Dal censimento delle aree incendiate risulta che tra il 2004 e il 2020 circa 660.000 ettari sono stati interessati da incendi, con i valori più alti raggiunti nel 2007 e nel 2017 con più di 100.000 ettari contro una superficie media annuale di circa 40.000 ettari. Questo dato deriva dall'aggregazione dei dati annuali, che quantificano la superficie percorsa dal fuoco nell'anno considerato; pertanto, ci sono molte aree che sono state soggette a incendi per più anni (consecutivi o meno) e queste superfici vengono conteggiate per ogni anno considerato, concorrendo al valore totale.

La carta dei disturbi forestali di Francini *et al.* 2022 individua i disturbi forestali tra il 1985 e il 2019, con una maggiore intensità negli anni '80 (261.733 ettari/anno) rispetto agli anni più recenti (27.923 ettari/anni nel 2014). Una stima più specifica dei disturbi e delle loro cause è stata calcolata per il 2018, in cui sono stati individuati complessivamente 57.717 ettari di disturbi forestali, classificate in tagliate a raso (46.604 ettari), incendi (11.002 ettari e danni da vento (110 ettari). Per un maggiore dettaglio della metodologia e la caratterizzazione dei risultati si rimanda al contributo di Francini *et al.* "Il monitoraggio dei cambiamenti e dei disturbi della copertura forestale nazionale" nella sezione dedicata di questo rapporto.

La differenza della stima dei dati della carta di copertura, del censimento incendi e della carta di Francini *et al.* è dovuta alla diversa risoluzione del dato e alla diversa tec-

nica di perimetrazione. Il censimento delle aree incendiate viene eseguito manualmente *in situ*, la carta di Francini *et al.* integra dati cartografici e stime campionarie, mentre l'individuazione tramite elaborazione di immagini satellitari viene eseguita attraverso l'applicazione di algoritmi che considerano la risposta spettrale della superficie incendiata.

Riduzione ed espansione forestale

Il confronto dei dati di cambiamento forestale disponibili permette di trarre alcune considerazioni. A seconda della risoluzione del dato la precisione con cui viene individuato il cambiamento è variabile; questo è un concetto importante in quanto spesso l'espansione forestale naturale avviene gradualmente e su aree ristrette, e dati con scarsa risoluzione possono faticare a intercettare, a differenza della deforestazione che può interessare superfici estese e continue, risultando quindi più facilmente individuabili anche a risoluzione spaziale minore.

Il periodo temporale di analisi, come la risoluzione, influenza l'individuazione dell'accrescimento forestale: infatti esso è generalmente lento (circa 15 anni affinché la copertura possa essere tale da rientrare sotto la definizione di foresta) pertanto, analizzare l'espansione forestale su periodi brevi può sottostimare il dato reale, in quanto sicuramente permette di intercettare deforestazione o i disturbi forestali, ma non individua la crescita naturale della foresta.

Pertanto, dal momento che non tutti i dati permettono di fare un bilancio tra espansione e riduzione, è quindi importante tenere presente che la lettura del dato singolo può non essere esaustiva nella spiegazione delle dinamiche forestali, che devono essere valutate sulla base del confronto espansione e riduzione. Il dato assoluto (solo riduzione o espansione) è comunque utile al fine di individuare le aree interessate dal cambiamento anche per fini gestionali. Inoltre, i disturbi forestali, come detto in precedenza, non comportano una variazione di uso del suolo, ma vengono considerati come perdita di copertura arborea e sono elementi importanti da valutare per le possibili conseguenze sulla struttura forestale.

In conclusione, sebbene alcuni dati possano apparire in contraddizione tra loro, andrebbero sempre letti e analizzati in relazione al fine dell'analisi che è stata svolta e in funzione della definizione, delle risoluzioni spaziale e temporale dello strumento che si sta utilizzando e del suo sistema di classificazione.

Variazione della superficie forestale e classi di uso del suolo

IUTI, GLC e la carta di uso del suolo ISPRA permettono di indagare non solo il bilancio espansione/riduzione della superficie forestale, ma anche su quali classi di uso del suolo è avvenuto il cambiamento. Al fine di poter eseguire il confronto tra i tre strati informativi si sono considerati i cambiamenti di uso del suolo relativi all'espansione e alla riduzione del bosco su tre classi di uso del suolo: agricolo, urbano e naturale (Tabella 53).

A livello nazionale più della metà dell'espansione del bosco individuata dai dati IUTI ricade in quelle che nel 1990 erano aree agricole (54%, pari a 720.000 ettari), il 43% in aree naturali (570.000 ettari) e il 3% in aree urbane (38.000 ettari). I dati GLC 2015-2019 individuano invece il 94% dell'espansione forestale in aree che nel 2015 erano naturali (8.000 ettari), il 6% in aree agricole (480 ettari) e non registrano espansione forestale in aree urbane; infine, secondo i risultati della carta di uso del suolo ISPRA il 59% dell'espansione forestale tra il 2012 e il

2021 è avvenuta in quelle che nel 2012 erano aree naturali (circa 5.000 ettari), il 25% in aree agricole (2.200 ettari) e il 14% in aree urbane (1.200 ettari).

L'andamento è simile anche per quanto riguarda la riduzione della superficie forestale. IUTI ha infatti individuato che il 51% della superficie di bosco che ha visto una riduzione tra il 1990 e il 2016 è stata convertita in aree agricole (200.000 ettari), il 37% è stata convertita in aree naturali (prati/pascoli, 146.000 ettari) e il 12% è stata convertita in aree urbane (50.000 ettari). Diversamente GLC ha individuato che l'80% della superficie forestale che si è ridotta tra il 2015 e il 2019 è stata convertita in aree naturali a vegetazione erbacea (21.000 ettari) mentre il restante 20% è stato convertito in aree agricole e urbane (2.000 ettari ciascuna). La riduzione forestale individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA tra il 2012 e il 2021 evidenzia sempre una prevalenza del fenomeno di conversione delle foreste in aree naturali (55% della riduzione, 11.738 ettari), seguita dalla conversione in ambito agricolo (28%, 6.000 ettari) e in ambito urbano (16%, 3.500 ettari).

Tabella 53. Variazione della superficie forestale (aumento e diminuzione) a livello nazionale nelle classi di uso agricolo, naturale e urbano. Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

	IUTI 1990-2016 (ha)	GLC 2015-2019 (ha)	Uso Suolo ISPRA (ha)	IUTI 1990-2016 (%)	GLC 2015-2019 (%)	Uso Suolo ISPRA (%)
Variazione di uso del suolo da aree agricole a foresta	722.201	480	2.200	54,12	5,56	25,74
Variazione di uso del suolo da aree naturali a foresta	573.454	8.014	5.085	42,97	94,35	59,48
Variazione di uso del suolo da aree urbane a foresta	38.744	0	1.263	2,9	0	14,78
Variazione di uso del suolo da foresta ad aree agricole	203.007	2.694	6.046	50,82	9,97	28,38
Variazione di uso del suolo da foresta ad aree naturali	146.541	21.715	11.738	36,69	80,34	55,10
Variazione di uso del suolo da foresta ad aree urbane	49.906	2.620	3.518	12,49	9,69	16,51

Espansione forestale a livello regionale

L'analisi dei dati dei cambiamenti forestali a livello regionale, sebbene riferita a periodi diversi e a dati di natura diversa, mostra una tendenza comune a individuare la Sardegna come area in cui la crescita forestale è maggiore. Infatti, ad eccezione dei dati HRL e della carta di uso del suolo ISPRA, gli altri risultati mostrano un valore di espansione sopra la media nazionale per tutti gli strati informativi. Confrontando i risultati dell'espansione forestale derivante dall'analisi dei diversi strati informativi si osserva che la carta di espansione forestale 1985-2019 individua una crescita superiore ai 100.000 ettari in 15 regioni e in quattro regioni una crescita compresa tra i 50.000 e i 100.000 ettari; i dati INFC 2005-2015 hanno registrato una crescita maggiore di 50.000 ettari in Sardegna, mentre nelle altre regioni la crescita è inferiore ai 50.000 ettari, con 8 regioni con valori superiori a 30.000 ettari. I dati IUTI (1990-2016) mostrano invece una tendenza di crescita compresa tra i 50.000 e i 100.000 ettari in 10 regioni, con valori però molto prossimi a 100.000; nelle restanti la crescita si attesta a valori sotto i 50.000 ettari, anche se in molti casi i valori sono molto vicini alla soglia dei 50.000 ettari.

Analizzando invece i risultati dei dati HRL (2015-2018) e GLC (2015-2019), si osserva che nessuno dei risultati supera i 50.000 ettari, assestandosi su valori inferiori.

La carta di uso del suolo ISPRA individua invece il Piemonte come la Regione in cui si è verificata la massima espansione forestale (circa 1.100 ettari) tra il 2012 e il 2021, mentre nelle altre regioni la crescita è stata inferiore ai 800 ettari. Questo risultato è dovuto al fatto che, come detto nell'introduzione alla lettura dei dati, l'espansione forestale è un processo lento, che richiede tempi di analisi lunghi per essere rilevato dai dati cartografici.

I dati della carta di espansione forestale, di IUTI e di INFC mostrano una tendenza simile se si osservano i valori della crescita annuale (Figura 85). In quasi tutte le regioni la crescita annua individuata dalle tre fonti informative si assesta sullo stesso ordine di grandezza, pur con alcune oscillazioni significative. I tassi di crescita secondo HRL, GLC e la carta di uso del suolo ISPRA sono invece decisamente inferiori, anche se i valori maggiori si registrano nelle stesse regioni per tutti i dati analizzati (Sardegna, Lazio, Campania e Toscana).

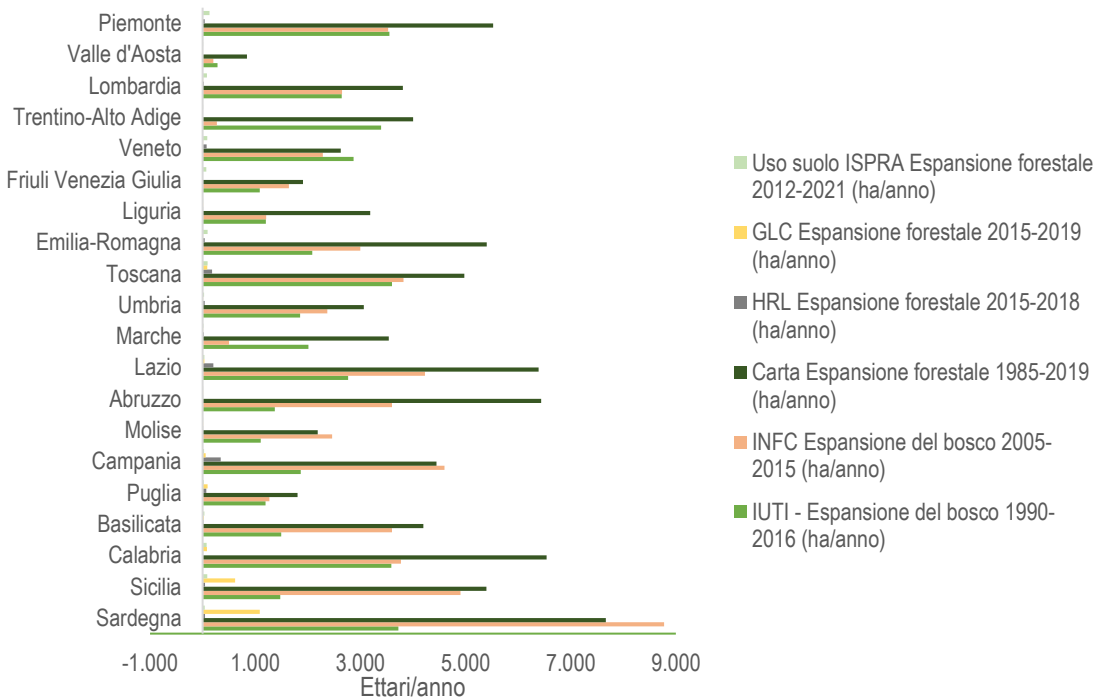


Figura 85. Espansione forestale a livello regionale a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

Espansione forestale e classi di uso a livello regionale

Confrontando i risultati dell'espansione forestale in relazione alle tre classi principali di uso del suolo a livello regionale (Figura 86), si osserva che sia IUTI che GLC e la carta di uso del suolo ISPRA hanno registrato i valori maggiori di espansione in zone che all'anno iniziale erano agricole e naturali, aree in cui si è verificata la quasi totalità dell'aumento della superficie forestale in tutte le regioni. In Trentino-Alto Adige e in Veneto l'85% dell'espansione forestale registrata tra il 1990 e il 2016 dai dati IUTI si è verificata a discapito di aree agricole (rispettivamente 84.000 e 67.000 ettari), i dati GLC 2015-2019 evidenziano un aumento della superficie forestale su area agricola elevata in Lombardia (72% dell'espansione, pari a circa 3 ettari), Veneto (92%, 11 ettari) e Marche (88%, 37 ettari), mentre la carta di uso del suolo ISPRA ha registrato la maggiore espansione su aree agricole in Piemonte (400 ettari, 34% dell'espansione forestale in questa regione) mentre il valore percentuale di espansione maggiore si registra in Friuli-Venezia Giulia

in cui il 53% dell'espansione forestale è avvenuta su aree agricole (335 ettari).

Per quanto riguarda l'espansione su aree naturali IUTI ha registrato i valori percentuali maggiori in Sicilia (74%, 80.000 ettari circa), Basilicata (65%, 46.000 ettari circa) Friuli-Venezia Giulia (64%, 16.500 ettari), GLC ha individuato che in dieci regioni più dell'80% dell'espansione forestale è avvenuta in aree che al 2015 erano coperte da vegetazione erbacea o arbusti, con i valori assoluti maggiori in Sicilia e Sardegna (2.200 ettari e 4.300 ettari rispettivamente), mentre la carta di uso del suolo ISPRA ha individuato valori di espansione percentuale maggiori dell'80% su aree naturali nel Lazio (258 ettari), in Puglia (174 ettari) e Sicilia (660 ettari).

L'espansione forestale su area urbana registrata da IUTI è minima in termini percentuali (a livello nazionale è il 3% dell'espansione totale), e raggiunge valori di circa 6.000-9.000 ettari in regioni come la Lombardia, Marche, Lazio e Campania, mentre quella individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA supera i 200 ettari in Piemonte e in Emilia-Romagna.

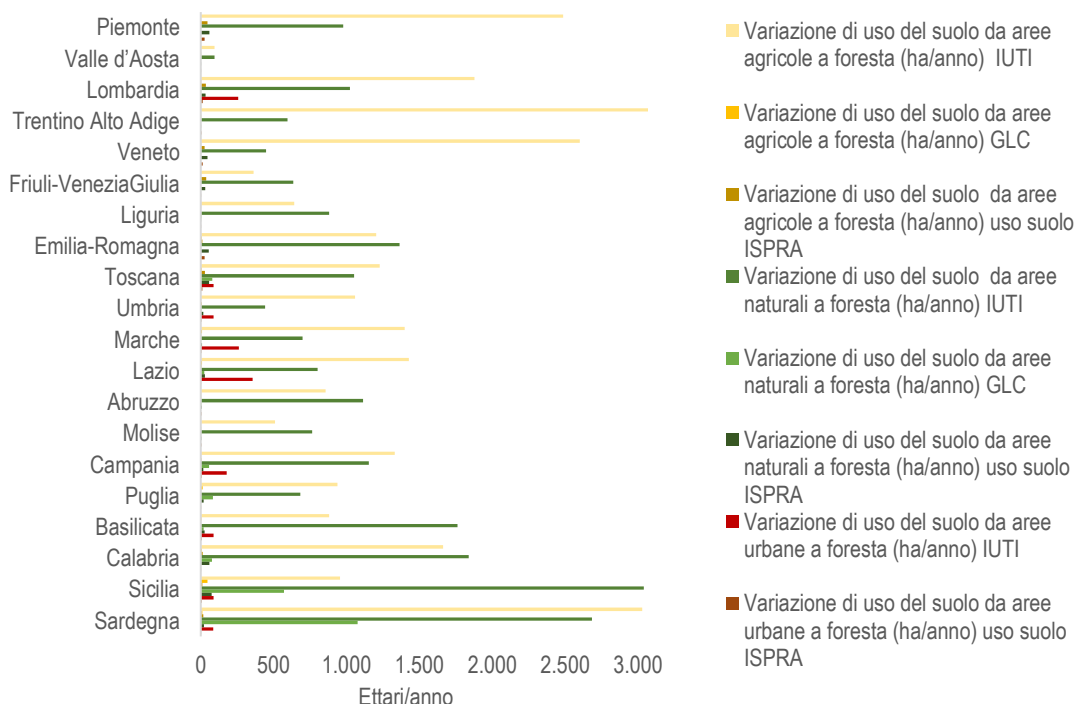


Figura 86. Variazione di uso del suolo da non foresta a foresta (ha/anno) nelle aree che nel 2012 erano caratterizzate da uso agricolo, naturale, urbano a livello regionale secondo IUTI 1990-2016 e GLC 2015-2019 e la carta di uso del suolo ISPRA 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

Espansione forestale per fasce altimetriche

L'analisi dell'accrescimento per fascia altimetrica è stata effettuata per la carta di espansione forestale 1985-2019, per gli HRL 2015-2018, per la carta *Global Land Cover* 2015-2019 e per la carta di uso del suolo ISPRA 2012-2021.

I risultati della carta di espansione forestale mostrano che il 50% della superficie soggetta a espansione forestale tra il 1985 e il 2019 è situata a quote al di sotto dei 600 m slm e registra valori superiori ai 500.000 ettari, che decrescono all'aumentare della quota. I risultati mostrano che, tenendo conto della diversa natura della vegetazione lungo la penisola italiana, la crescita maggiore è stata nelle foreste di latifoglie decidue o sempreverdi alle quote più basse, mentre le foreste di conifere si sono espanse alle quote più alte. Sopra i 1.200 metri fino al limite degli alberi la crescita è stata più bassa, quindi presumibilmente l'espansione delle foreste di conifere come

il larice (*Larix decidua*) è stata minore che nelle foreste ad altitudini inferiori.

Anche HRL, GLC e la carta di uso del suolo ISPRA individuano l'espansione forestale maggiore a quote inferiori a 600 m slm, in cui si concentra quasi il 90% della crescita forestale mappata. A quote superiori non sono state registrate aree di espansione.

Il tasso di espansione annuale maggiore (Figura 87) si verifica nelle fasce altitudinali al di sotto del 1.000 m slm, con valori superiori a 10.000 ettari/anno individuati dalla carta di espansione forestale, e superiori o prossimi a 100 ettari/anno per i dati HRL, GLC e della carta di uso del suolo ISPRA. In quota il tasso di crescita annuale è minore, con valori inferiori ai 2.000 ettari/anno nelle fasce sopra i 1.600 m slm per la carta di espansione, mentre HRL, GLC e la carta di uso del suolo ISPRA non individuano espansione rilevante in queste aree.

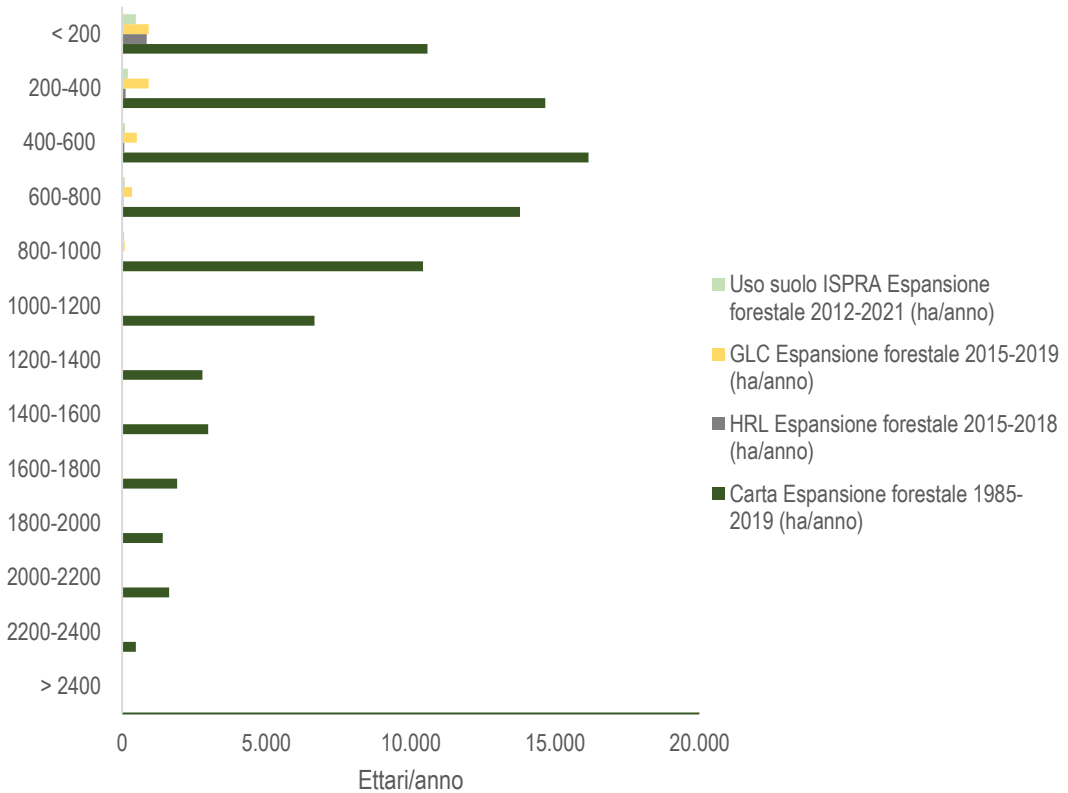


Figura 87. Espansione forestale per fascia altimetrica a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

L'analisi dei dati GLC 2015-2019 e della carta di uso del suolo ISPRA per fascia altimetrica ha permesso di individuare l'espansione forestale in relazione alle classi di uso agricolo, naturale e urbano.

Osservando la Figura 88, si evince che l'espansione percentuale maggiore (più del 90% dell'espansione a quote sotto i 1.400 m slm) è avvenuta in aree naturali (caratterizzate nel 2015 da copertura erbacea o arbustiva), con valori assoluti di circa 5.000 ettari sotto i 400 m slm e

circa 3.000 ettari a quote superiori. In aree agricole invece i maggiori cambiamenti (10%) sono avvenuti a quote di pianura (<200 m slm) con circa 300 ettari. Sopra i 1.400 m slm GLC non ha registrato espansione forestale. La carta di uso del suolo ISPRA ha individuato valori analoghi, con un'espansione maggiore alle quote inferiori in ambito agricolo e naturale (in cui si è verificata il 25% e il 59% dell'espansione). A differenza di GLC la carta di uso del suolo ISPRA ha individuato anche una crescita a quote più elevate.

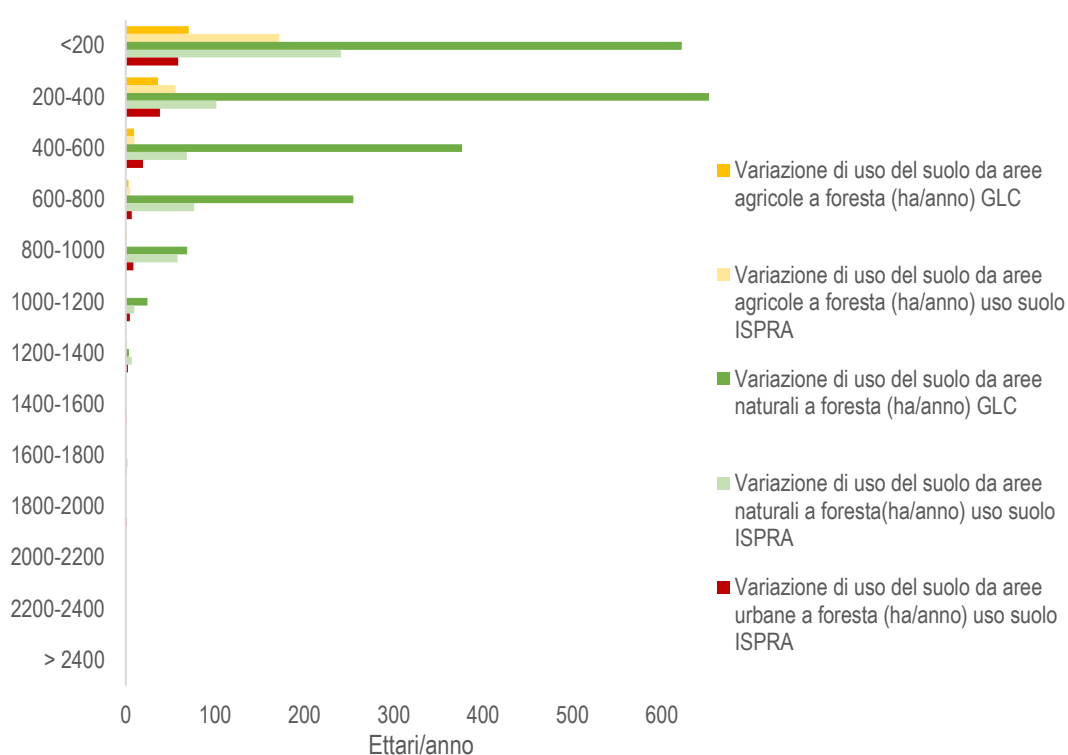


Figura 88. Variazione di uso del suolo da non foresta a foresta (ha/anno) nelle aree che nel 2012 erano caratterizzate da uso agricolo, naturale, urbano per fascia altimetriche secondo GLC 2015-2019 e carta di uso del suolo ISPRa 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRa su varie fonti

Riduzione forestale a livello regionale

La riduzione della superficie forestale è stata quantificata utilizzando i dati IUTI, HRL GLC e della carta di uso del suolo ISPRa, che, a differenza dei dati INFC, che confronta le superfici boschive al 2005 e al 2015, e alla carta di espansione forestale, che individua invece solo le aree di espansione, permettono di individuare i passaggi di classe di copertura, individuando quindi anche la perdita di superficie forestale.

Si può notare che i risultati di IUTI e HRL hanno un valore annuale di decrescita a livello nazionale simile (circa 12-14.000 ettari), mentre a causa della risoluzione spaziale

inferiore (100x100 m) il tasso annuale di decrescita della carta GLC è circa 6.000 ettari (Figura 89) e quello della carta di uso del suolo ISPRa è 2.367 ettari. Le regioni in cui tutti gli strati informativi individuano valori maggiori alla media di riduzione della superficie forestale sono la Lombardia, il Piemonte, la Calabria e la Toscana, in cui IUTI registra valori prossimi o superiori a 1.000 ettari (media annuale 600 ettari/anno), HRL superiori a 1.200 ettari (media annuale 700 ettari/anno), GLC superiori a 300 ettari (media annuale 300 ettari/anno) e la carta di uso del suolo ISPRa superiori a 150 ettari (media annuale 120 ettari/anno).

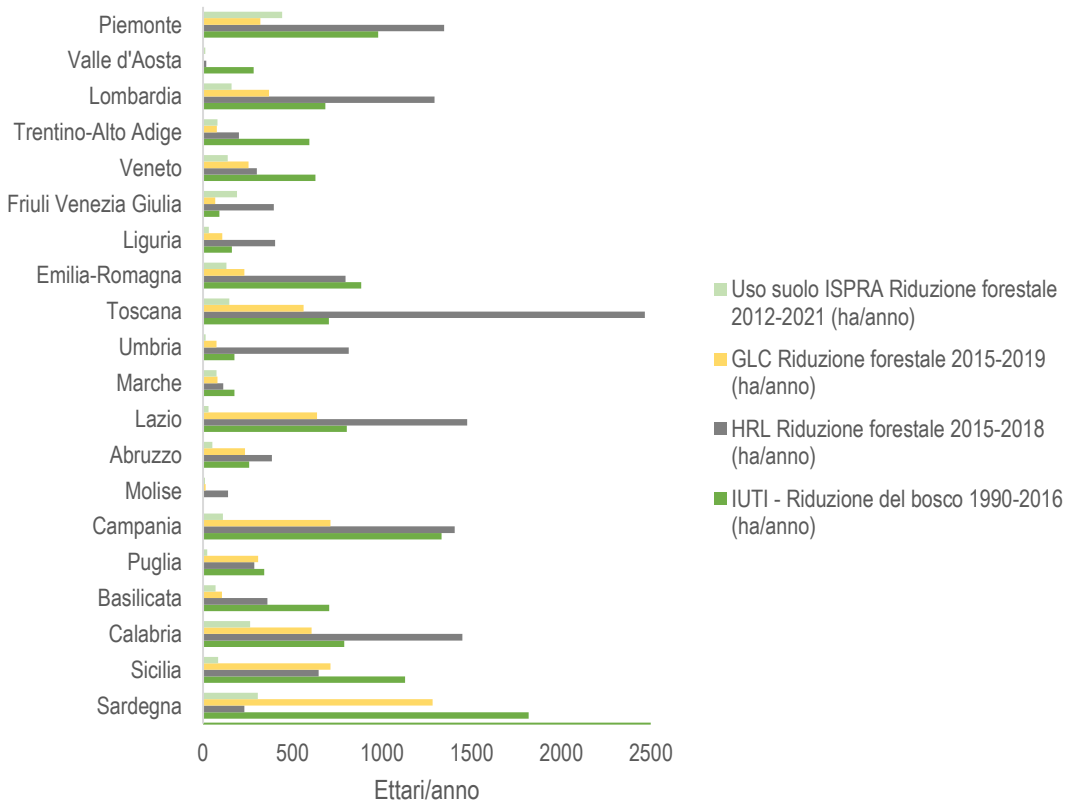


Figura 89. Riduzione del bosco a livello regionale a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

Riduzione del bosco e classi di uso a livello regionale

Analogamente all'espansione, anche la riduzione forestale (Figura 90) individuata da IUTI tra il 1990 e il 2016 vede la trasformazione delle aree forestali in aree prevalentemente agricole e naturali (a copertura erbacea); a livello regionale in Basilicata, Marche, Molise, Umbria e Liguria il 100% della deforestazione ha lasciato spazio ad aree agricole (con valori compresi tra i 2.000 ettari della Liguria e i 9.000 ettari della Basilicata); in termini assoluti la Sardegna è la regione in cui la deforestazione per la creazione di aree agricole è stata maggiore (49.500 ettari). I dati GLC hanno individuato invece valori compresi tra 100 e 300 ettari di deforestazione in area agricola. La deforestazione per la creazione di aree agricole individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA è

maggiore in Piemonte (1.850 ettari, 46% della riduzione regionale) e in Friuli-Venezia Giulia (1.000 ettari, 59% della riduzione regionale); nelle altre regioni è inferiore a 500 ettari, ad eccezione della Lombardia dove corrisponde al 63% della riduzione regionale (900 ettari).

Nelle aree naturali IUTI ha registrato i valori maggiori di deforestazione in Trentino-Alto Adige (13.000 ettari, 100% della deforestazione) e Friuli-Venezia Giulia (2.300 ettari, 100% della deforestazione). Nelle altre regioni tra il 1990 e il 2016 si sono persi mediamente 7.300 ettari di bosco, trasformati in aree naturali (copertura erbacea e arbustiva). Tra il 2015 e il 2019 GLC ha registrato valori sopra l'80% della deforestazione in 8 regioni, ma in generale questa è la classe dove la superficie forestale si è ridotta maggiormente, mentre tra il 2012 e il 2021 la carta

di uso del suolo ISPRA ha registrato valori superiori a 1.500 ettari di deforestazione in aree naturali in Piemonte, Calabria e Sardegna.

IUTI ha registrato tra il 1990 e il 2016 la maggiore riduzione forestale per la creazione di aree urbane in Toscana (11.400 ettari, 29% della riduzione forestale regionale), mentre nelle altre regioni, eccetto quelle in cui non si è verificato il fenomeno, il valore è compreso tra 2.000

e 6.000 ettari. Valori maggiori del 30% della deforestazione per la creazione di aree urbane registrati da GLC tra il 2015 e il 2019 si registrano in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Molise e Puglia. La deforestazione in aree urbane individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA è inferiore a 500 ettari per tutte le regioni, ma rappresenta valori prossimi o superiori al 50% della deforestazione regionale in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Umbria, Molise e Lazio.

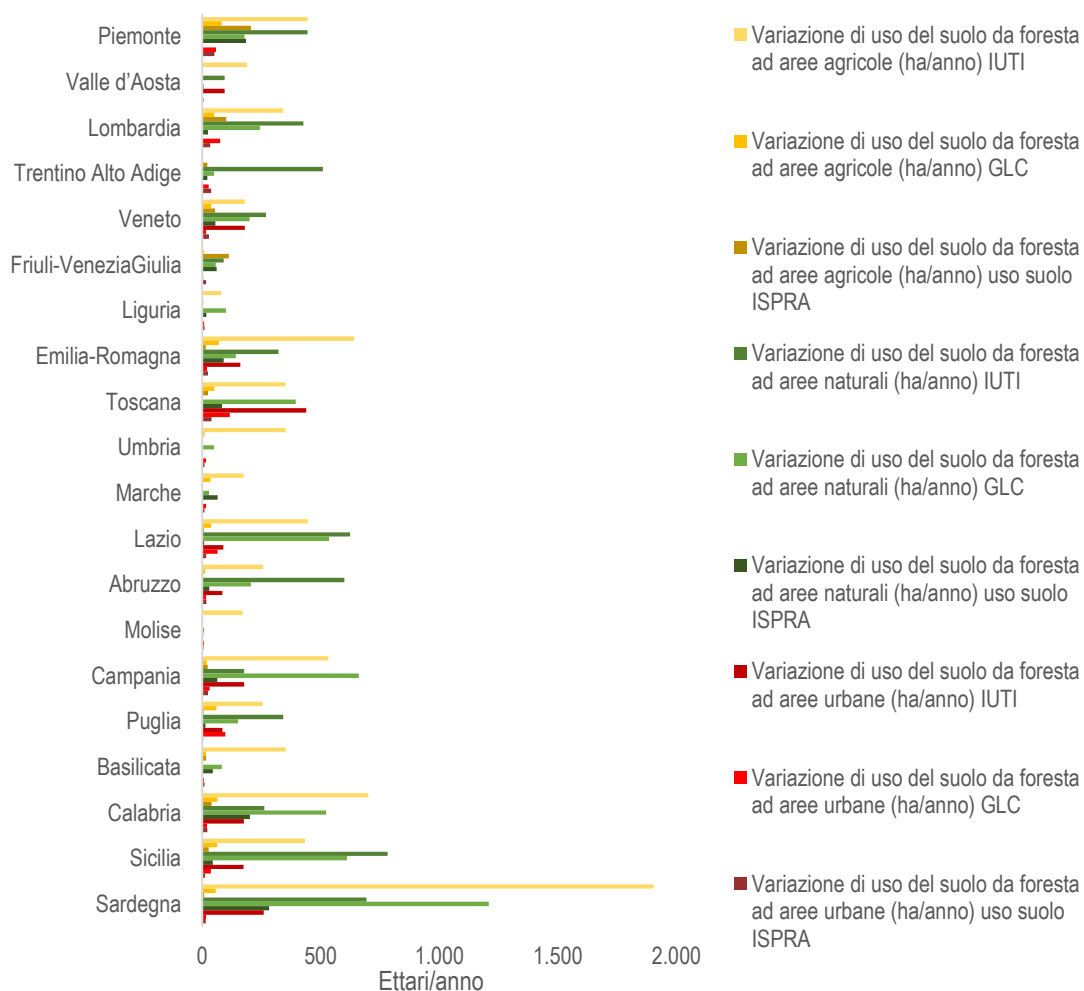


Figura 90. Variazione di uso del suolo da foresta a non foresta (ha/anno) per la creazione di aree ad uso agricolo, naturale, urbano a livello regionale secondo IUTI 1990-2016 e GLC 2015-2019 e carta di uso del suolo ISPRA 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

La riduzione forestale in relazione alle fasce altimetriche è stata individuata per gli HRL 2015-2018, la carta GLC 2015-2019 e per la carta di uso del suolo ISPRA (Figura 91). La tendenza dei due dati mostra che i valori maggiori di riduzione della copertura forestale si sono registrati a quote al di sotto del 1.200 m slm, con oltre il 95% della superficie soggetta a riduzione. Questo risultato può essere associato all'utilizzo forestale, che si concentra generalmente a quote inferiori, più accessibili per tagli, ma

anche ad altri eventi di disturbo come incendi. Il tasso di decrescita annuale è in media di 3.000 ettari/anno nelle fasce sotto gli 800 m slm per gli HRL, di 1.400 m slm e di 500 ettari/anno nelle stesse fasce per GLC e carta di uso del suolo ISPRA. A quote superiori il tasso annuale di decrescita diminuisce gradualmente, con valori annuali compresi tra 100 e 800 ettari/anno dai 800-1.000 m a 1.600.

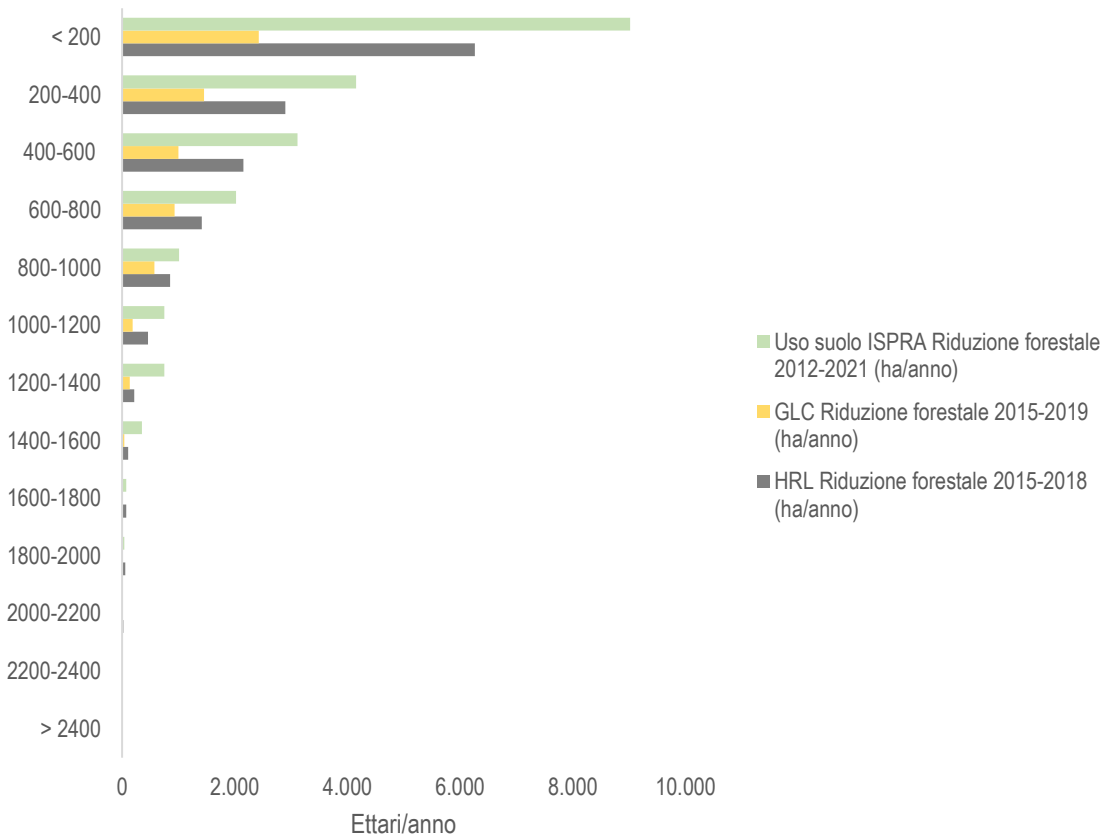


Figura 91. Riduzione forestale per fascia altimetrica a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

La deforestazione registrata dai dati GLC tra il 2015 e il 2019 per fascia altimetrica in relazione all'uso del suolo (Figura 92) si concentra soprattutto nelle aree naturali, in cui sotto i 1.000 m slm di quota si sono persi 20.000 ettari di bosco che hanno lasciato spazio a vegetazione erbacea. Nelle aree agricole e urbane il 50% della deforestazione (approssimativamente 1.500 ettari) è avvenuta a quote di pianura (sotto i 200 m slm). La deforestazione in quota, oltre i 1.400 m slm ha riguardato superfici minori, sotto i 100 ettari. La deforestazione registrata dalla carta

di uso del suolo ISPRA per fasce altimetriche in relazione all'uso del suolo conferma una prevalenza di deforestazione a quote inferiori per tutti gli ambiti di uso considerati, con valori maggiori in ambito naturale a tutte le quote. Infatti nelle aree naturali è stato registrato più del 50% della deforestazione in tutte le fasce in cui si è registrato il cambiamento, per un totale di 11.700 ettari, contro i 6.000 ettari delle aree agricole e i 3.500 ettari delle aree urbane.

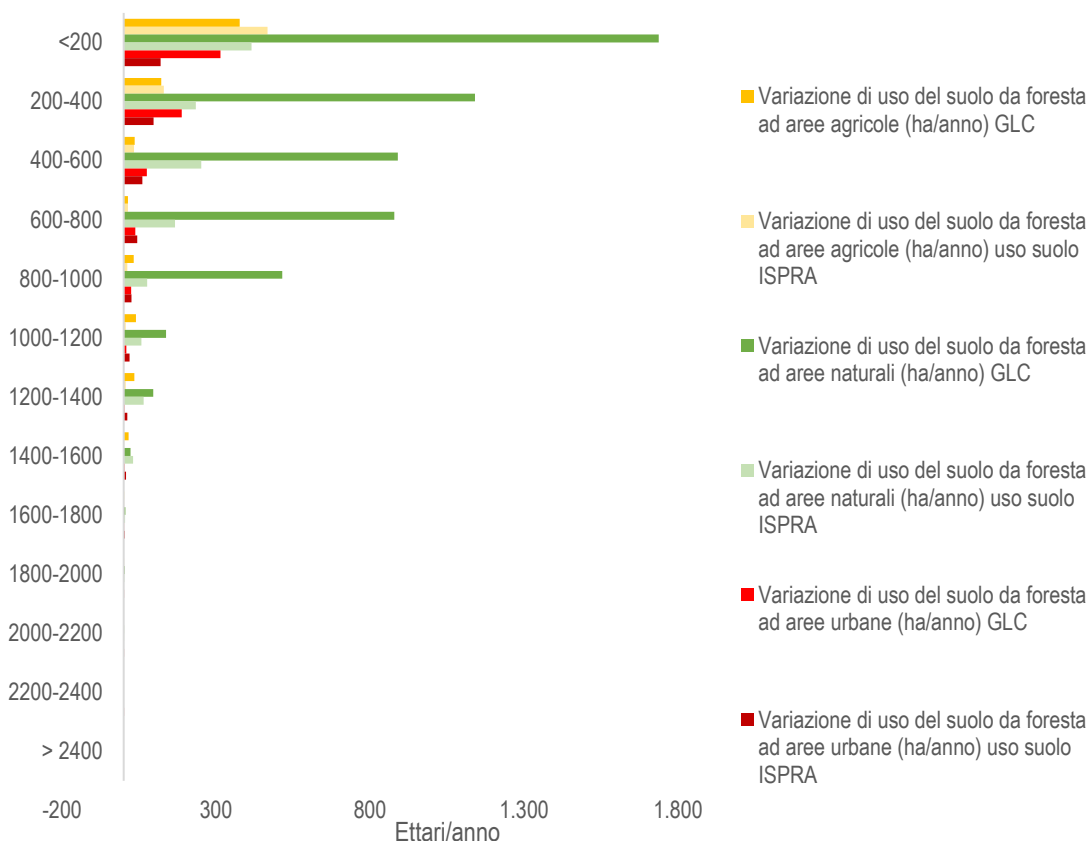


Figura 92. Variazione di uso del suolo da foresta a non foresta (ha/anno) per la creazione di aree ad uso agricolo, naturale, urbano per fascia altimetrica secondo GLC 2015-2019 e la carta di uso del suolo ISPRA 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

CAUSE DI CONSUMO DI SUOLO

LE NUOVE COPERTURE ARTIFICIALI

Tra il 2006 e il 2021 in Italia sono stati consumati 1.153 km² di suolo naturale o seminaturale a causa dell'espansione urbana e delle sue trasformazioni collaterali. Seppure con un trend in diminuzione, che tuttavia nel 2021 sembra accelerare nuovamente, i 77 km² di suolo consumato in media ogni anno devono far riflettere circa l'efficacia delle misure intraprese negli ultimi quindici anni per il contenimento di questo fenomeno e sull'urgenza di un quadro normativo di riferimento che riesca a porre freno in maniera decisa alla grave e prolungata perdita di suoli fertili e ricchi di biodiversità. Dai numeri in Tabella 54 è interessante commentare il dato sulla densità del consumo di suolo netto in questi anni, per ogni ettaro del nostro territorio sono stati consumati 38 m² di suolo, con una media che è stata di 2,55 m²/ha (2,10 quella dell'ultimo anno, cfr. § *Il livello nazionale*). Scendendo nel dettaglio, osservando la ripartizione del consumo di suolo per lo stesso periodo nelle sue diverse classi secondo la codifica già illustrata, è interessante evidenziare alcune trasformazioni prevalenti. Non considerando le nuove aree di cantiere (classe 122) che rappresentano generalmente situazioni transitorie, il consumo permanente rappresenta il 39% del totale. La quota di strade e piazzali in asfalto e cemento (classi 111 e 116), supera in termini di superficie quella impegnata invece per la costruzione di edifici di oltre 8 km².

Tra il consumo reversibile si nota, invece, la quota dovuta ai pannelli fotovoltaici a terra, che, con 146 km², rappresentano una fetta importante di cambiamento della copertura del suolo in Italia.

Infine, per il 73% del territorio soggetto a consumo di suolo che è stato possibile descrivere con un secondo livello di dettaglio è stato possibile stimare al 47% i cambiamenti riconducibili a coperture permanenti e quindi a

un consumo irreversibile, per la restante parte, analogamente a quanto sopra descritto circa le aree cantieristiche, le aree permeabili, al netto delle trasformazioni intermedie si attestano al 53% dell'intero suolo consumato in questi 15 anni.

Per l'ultima annualità le modalità con cui viene consumato il suolo, sono sintetizzate in Tabella 56. Rispetto all'anno precedente aumenta la quota della componente reversibile oltre 2 punti percentuali in più, con 5.548 ettari di suolo consumati in maniera non permanente (66 ettari in più rispetto allo scorso anno). Si tratta nella maggior parte dei casi di aree di cantiere (4.840 ettari), che rappresentano quasi il 70% dei cambiamenti totali e che sono destinati prevalentemente alla realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture, dunque a divenire nuovo consumo permanente in futuro (si veda un esempio classificato con questi criteri in Figura 98). Nell'ultimo anno sono stati consumati in maniera irreversibile invece 1.364 ettari (oltre 200 ettari in più rispetto ai 1.150 ettari consumati tra il 2019 e il 2020). Tra le classi di consumo permanente, con 706 ettari di suolo impermeabilizzato, è l'edificato quella prevalente (oltre la metà del consumo permanente). Le aree di nuovo consumo per le quali non è stato possibile individuare la specifica tipologia di copertura rappresentano lo 0,1% dei cambiamenti complessivi (erano lo 0,4% lo scorso anno).

Tabella 54. Consumo di suolo tra il 2006 e il 2021. Fonte: elaborazione ISPRA su dati SNPA

	2006-2021
Consumo di suolo netto (km²)	1.153
Consumo di suolo permanente (km²)	408
Densità del consumo di suolo netto (m²/ha)	38,24
Densità media annuale del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,55

Tabella 55. Classi di consumo di suolo tra il 2006 e il 2021. Fonte: elaborazione ISPRA su dati SNPA

	Sistema di classificazione del consumo di suolo	Consumo di suolo 2006-2021 (ha)	Ripartizione consumo di suolo per classe 2006-2021 (%)
1	Consumo di suolo	118.304	100
1xx	(non classificato)	31.360	26,51
11	Consumo di suolo permanente	40.806	46,93
111	Edifici, fabbricati	18.206	15,39
112	Strade pavimentate	10.213	8,63
113	Sede ferroviaria	281	0,24
114	Aeroporti	133	0,11
115	Porti	49	0,04
116	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate	8.344	7,05
117	Serre permanenti pavimentate	148	0,13
118	Discariche	829	0,70
11x	(altro consumo permanente non classificato)	2.603	2,20
12	Consumo di suolo reversibile	46.138	53,07
121	Strade non pavimentate	1.071	0,91
122	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)	22.753	19,23
123	Aree estrattive non rinaturalizzate	5.776	4,88
124	Cave in falda	539	0,46
125	Impianti fotovoltaici terra	14.625	12,36
126	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali suolo	158	0,13
12x	(altro consumo reversibile non classificato)	1.216	1,03

L'analisi dei cambiamenti intercorsi tra il 2020 e il 2021, nella matrice delle transizioni di Tabella 57 mostra gli ettari passati in un anno da una classe all'altra del sistema di classificazione del consumo di suolo.

Analizzando più in dettaglio le trasformazioni, leggendo i valori numerici dei flussi di transizione al terzo livello, emergono e possono essere identificate le variazioni prevalenti. I flussi maggiori rilevati sono quelli da suolo naturale o seminaturale (classe 2) a cantieri e altre aree in

terra battuta (122) ed edifici e fabbricati (111) con incrementi, rispettivamente, di 4.840 ettari e di 706 ettari. Interessante isolare e analizzare le trasformazioni nell'ultimo anno dalla classe 122, che rappresenta principalmente le aree di cantiere: dei complessivi 1.693 ettari trasformati, 512 ettari sono stati ripristinati a suolo non consumato (classe 2), mentre la maggior parte sono diventati edifici e fabbricati (427 ettari), altre aree impermeabili/pavimentate (416 ettari) e strade pavimentate (313 ettari).

Tabella 56. Consumo di suolo al II e III livello di analisi. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2019-2020	2020-2021			2020-2021	2020-2021
Consumo di suolo permanente	ha	1.150	1.364	Edifici	ha	641	706
				Infrastrutture		86	67
				Altro		424	590
	%	17,3	19,73	Edifici	%	9,7	10,2
				Infrastrutture		1,3	1,0
				Altro		6,4	8,5
Consumo di suolo reversibile	ha	5.482	5.548	Cantieri	ha	4.666	4.840
				Altro		816	708
	%	82,6	80,3	Cantieri	%	58	70
				Altro		13	10
Non classificato	ha	3	0	Non classificato	ha	2	0
	%	0,0	0,0		%	0,0	0,0

Tabella 57. Matrice dei cambiamenti (in ettari) 2020-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2021																2	TOT	
		1	11	111	112	113	114	115	116	117	118	12	121	122	123	124	125	126		
2020	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3
	111	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	16	-	-	-	-	3	23
	112	-	-	1	-	1	-	-	3	-	-	-	1	8	-	-	-	-	1	15
	113	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9
	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	116	-	-	13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	2	32
	117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	121	-	-	1	12	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	16
	122	-	-	427	313	-	-	-	416	9	6	-	3	-	3	1	-	1	512	1.693
	123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	54	58
	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	5	
2	-	-	706	66	1	-	-	553	15	22	-	198	4.840	390	45	69	6	-	6.911	
TOT	0	0	1.148	393	2	0	0	982	25	28	0	202	4.894	394	47	71	8	580		

1. Consumo di suolo non classificato; 11. Consumo di suolo permanente non classificato al terzo livello; 111. Edifici, fabbricati; 112. Strade pavimentate; 113. Sede ferroviaria; 114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (Piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi); 117. Serre permanenti pavimentate; 118. Discariche; 12. Consumo di suolo reversibile non classificato al terzo livello; 121. Strade non pavimentate; 122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale); 123. Aree estrattive non rinaturalizzate; 124. Cave in falda; 125. Impianti fotovoltaici a terra; 126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo; 2. Suolo non consumato.

I valori riferiti ai cambiamenti al di sotto della soglia di 0,5 ha non appaiono nella matrice ma concorrono nei conteggi per i totali di classe.

Con sfondo e bordo grigio vengono evidenziate le superfici dove è avvenuta una nuova impermeabilizzazione del suolo.

Con bordo rosso vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto nuovo consumo di suolo (carattere rosso: permanente; carattere arancione: reversibile).

Con sfondo e bordo verde scuro vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto un ripristino o una rinaturalizzazione.

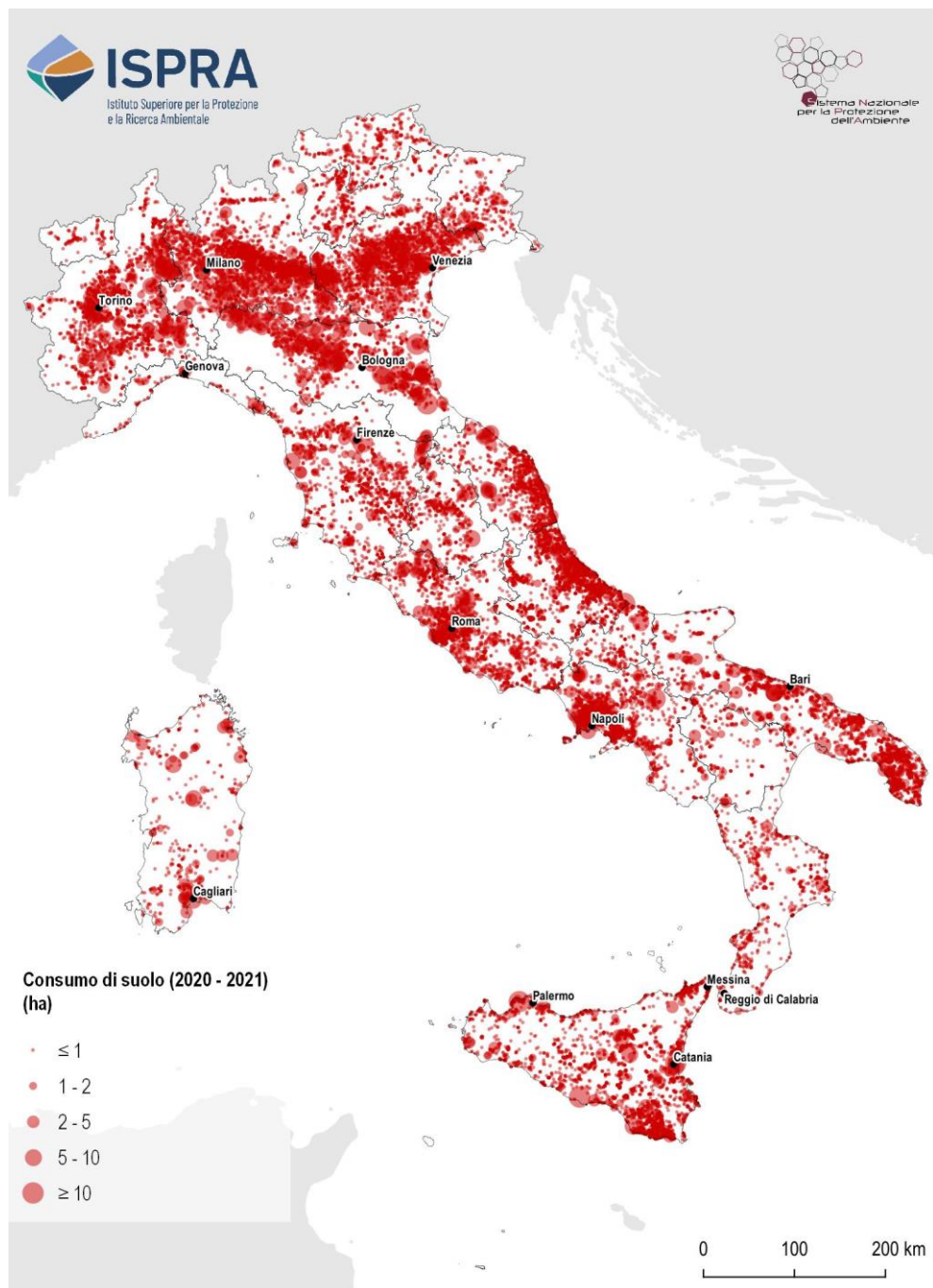


Figura 93. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

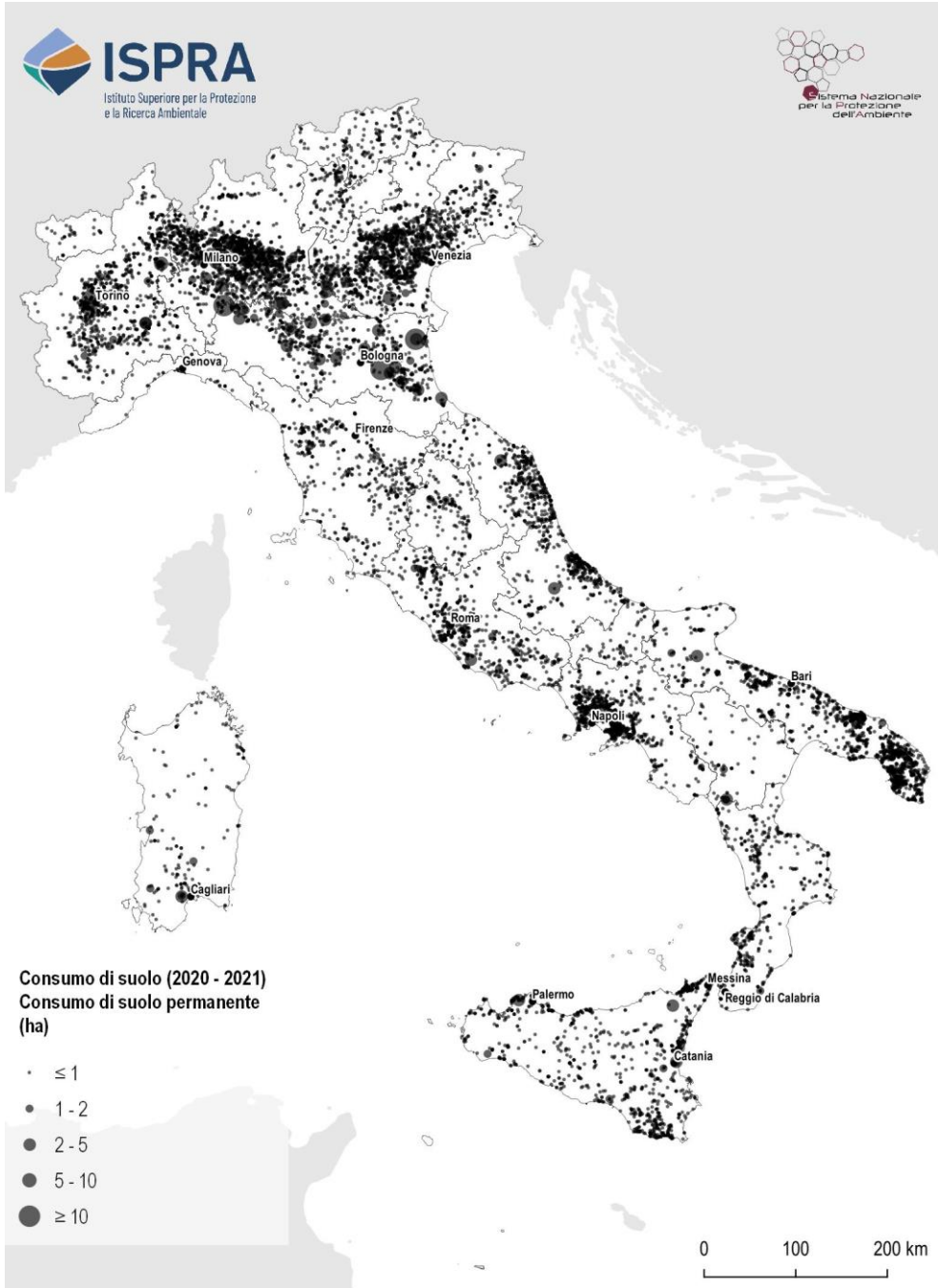


Figura 94. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo permanente tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

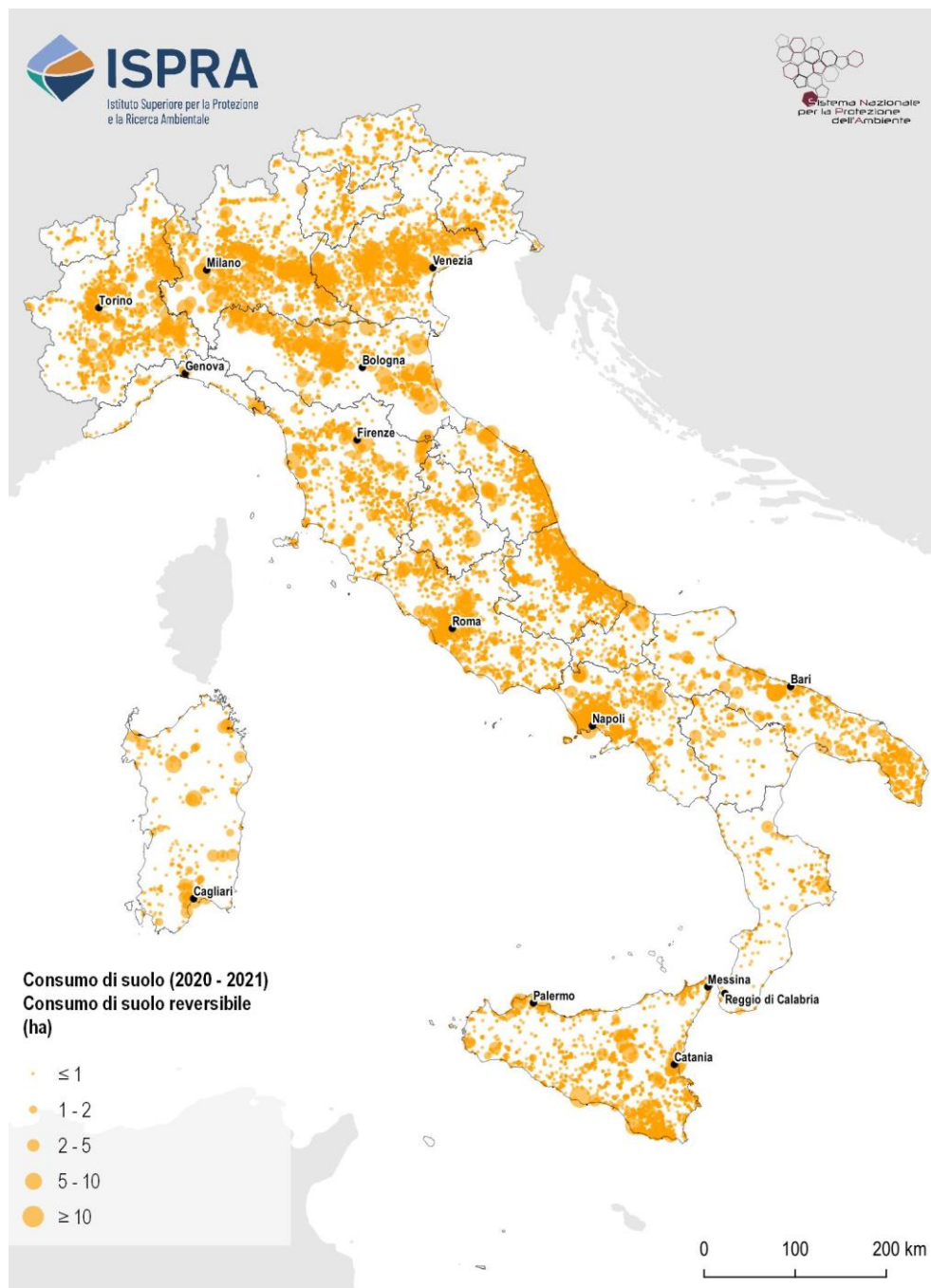


Figura 95. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo reversibile tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

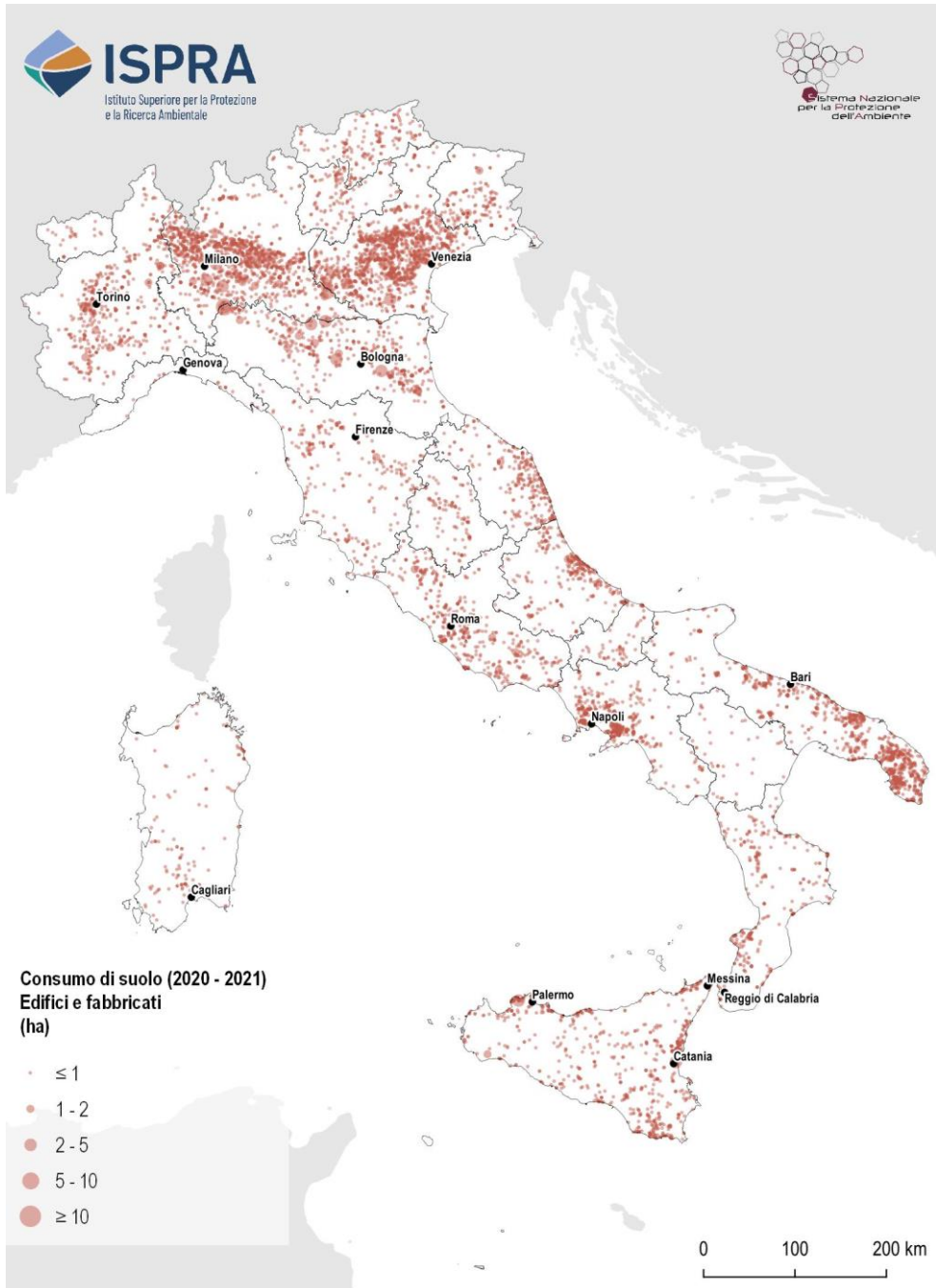


Figura 96. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi edifici e fabbricati (classe 111) tra il 2020 e il 2021.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

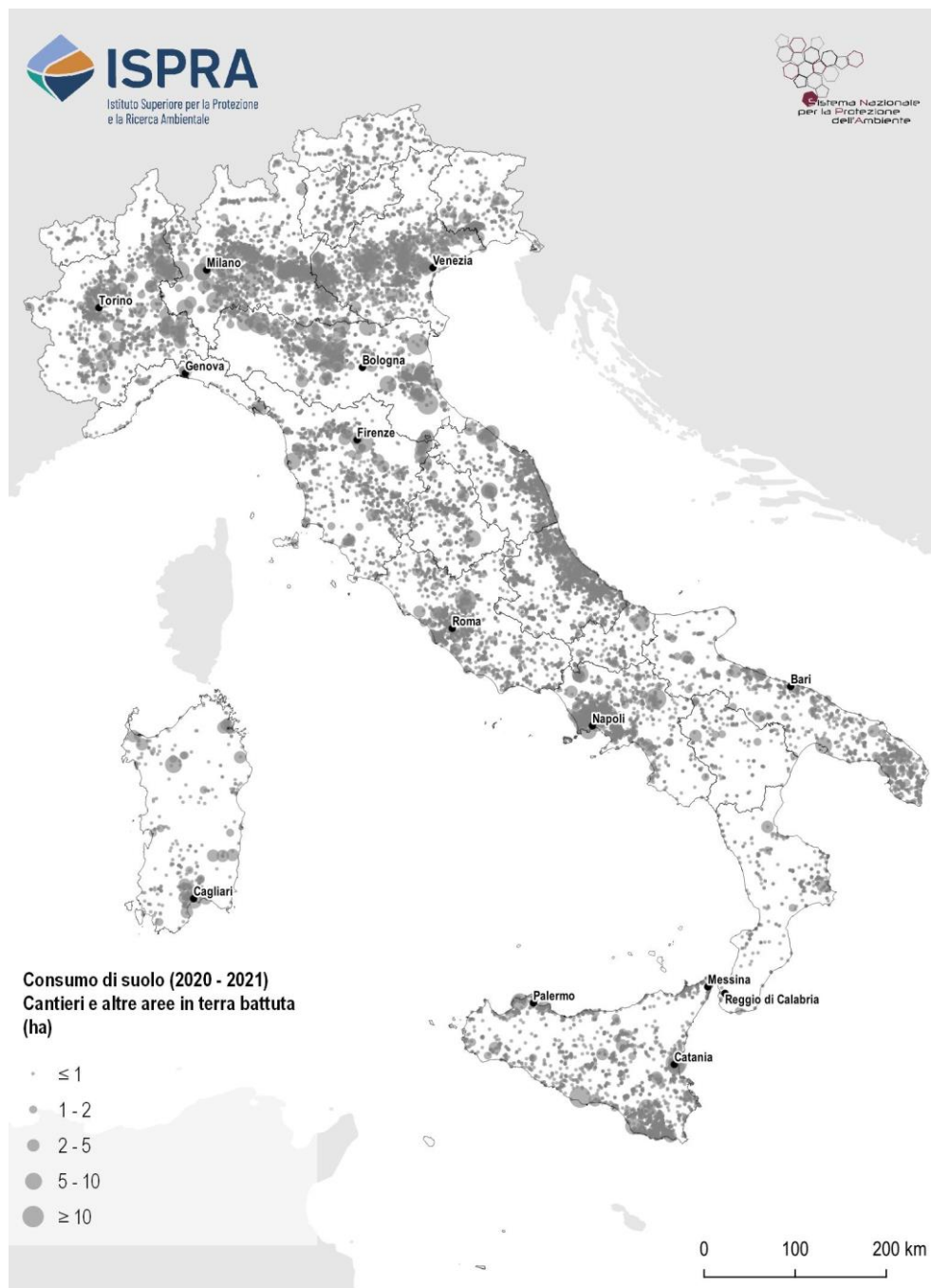


Figura 97. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi cantieri (classe 122) tra il 2020 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 98. Esempio di consumo di suolo per nuovi edifici (classe 111) per un totale di circa 1 ettaro a Pomezia (Lazio), immagine 2020 e 2022



Figura 99. Consumo di suolo nel Comune di Castelbelforte in provincia di Mantova tra il 2020 e il 2021 per attività di ampliamento di un insediamento produttivo, per una superficie complessiva di 4,6 ettari (di cui 4 ettari l'edificio, codice 111)



Figura 100. Espansione di cava avvenuta nel 2021 nel Comune di Piacenza, per una superficie di circa 6 ettari



Figura 101. Area cantieristica (classe 122) di 24 ettari nel Comune di Bagno a Ripoli in provincia di Firenze immagine in alto (2020), seconda immagine (2021) e ultima immagine (2022)

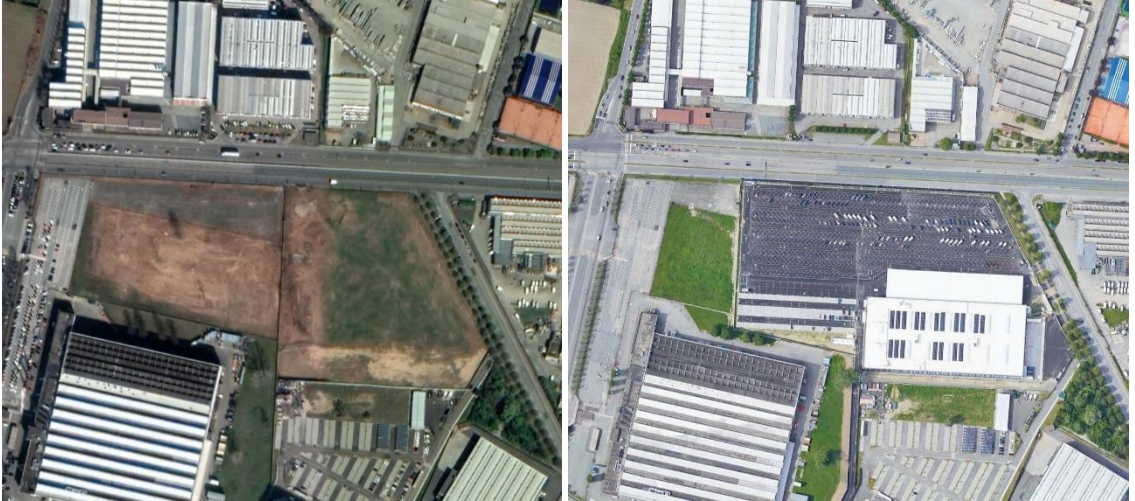


Figura 102. Costruzione di un fabbricato (classe 111) e di un piazzale/parcheggio (classe 116, circa 3 ettari), nel Comune di Grugliasco (TO) tra il 2020 e il 2021

LE AREE EDIFICATE

Le aree edificate comprendono tutte le superfici identificate dalla classe 111 del sistema di classificazione del consumo di suolo (Tabella 2), coperte da edifici e fabbricati.

Analizzando i dati della cartografia SNPA risultano più di 5.400 km² di aree edificate (un territorio grande quanto tutta la Liguria), equivalente all'1,8% del territorio nazionale e oltre il 25% dell'intero suolo consumato. Solo nell'ultimo anno sono stati edificati più di 1.125 ettari di suolo (Tabella 58).

A livello regionale la Lombardia è il territorio con la maggior superficie edificata, con più di 837 km², corrispondente al 3,5% dell'intera regione, seguita dal Veneto con circa 717 km² equivalente al 3,9% del territorio regionale. Analizzando la parte di suolo coperta da edifici e fabbricati in relazione a quella complessivamente consumata,

il Veneto è la regione che ha il maggior tasso di aree edificate (32,9%), seguita da Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Campania, tutte con valori percentuali superiori alla media nazionale (25,1%). Osservando le percentuali di suolo consumato a livello di ripartizione geografica si nota che le stesse diminuiscono spostandosi verso il Sud e le Isole (Figura 103). Per quanto riguarda la superficie edificata rapportata al numero di abitanti, il Veneto risulta la regione con il valore più alto di metri quadrati per abitante (147 m²/ab), mentre i valori più bassi si registrano in Lazio, Liguria e Campania, rispettivamente con 55, 60 e 65 m²/ab. A livello di ripartizione geografica, valori al disopra della media nazionale (91 m²/ab) si registrano solo nel Nord-Est del Paese, con 128 m²/ab (Figura 104).

Tabella 58. Suolo consumato 2021 e consumo di suolo 2020-2021 per aree edificate. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato per edifici e fabbricati (ha)	Consumo di suolo per edifici e fabbricati (ha)	Suolo consumato per edifici e fabbricati (%)	Suolo consumato per edifici e fabbricati rispetto al suolo consumato totale (%)	Suolo consumato per edifici e fabbricati pro capite (m ² /ab)
Piemonte	50.611	100	2,0	29,8	118
Valle d'Aosta	1.188	1	0,4	17,0	96
Lombardia	83.707	245	3,5	28,9	84
Trentino-Alto Adige	7.911	23	0,6	19,0	73
Veneto	71.699	264	3,9	32,9	147
Friuli-Venezia Giulia	15.676	13	2,0	24,7	130
Liguria	9.099	1	1,7	23,2	60
Emilia-Romagna	52.690	116	2,3	26,3	119
Toscana	33.073	26	1,4	23,3	90
Umbria	8.868	5	1,0	19,9	102
Marche	14.867	23	1,6	23,0	99
Lazio	31.685	78	1,8	22,6	55
Abruzzo	11.798	16	1,1	21,8	92
Molise	3.122	7	0,7	17,9	106
Campania	36.784	51	2,7	25,8	65
Puglia	34.350	77	1,8	21,6	87
Basilicata	4.311	4	0,4	13,6	79
Calabria	15.303	13	1,0	20,1	82
Sicilia	37.821	48	1,5	22,6	78
Sardegna	15.512	12	0,6	19,4	98
ITALIA	540.073	1.125	1,8	25,1	91

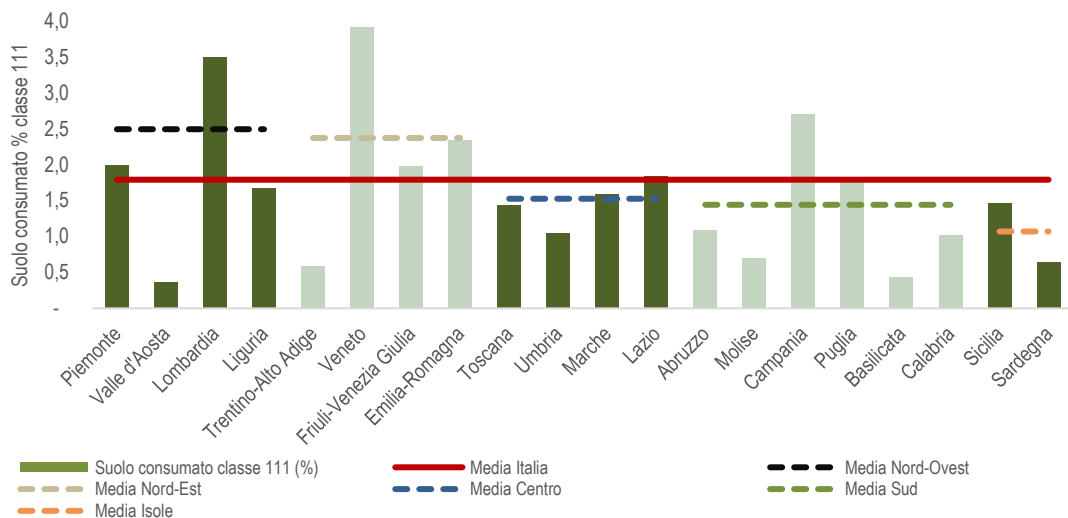


Figura 103. Suolo consumato per la classe degli edifici e fabbricati a livello regionale e di ripartizione geografica (% 2021). In rosso la percentuale nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

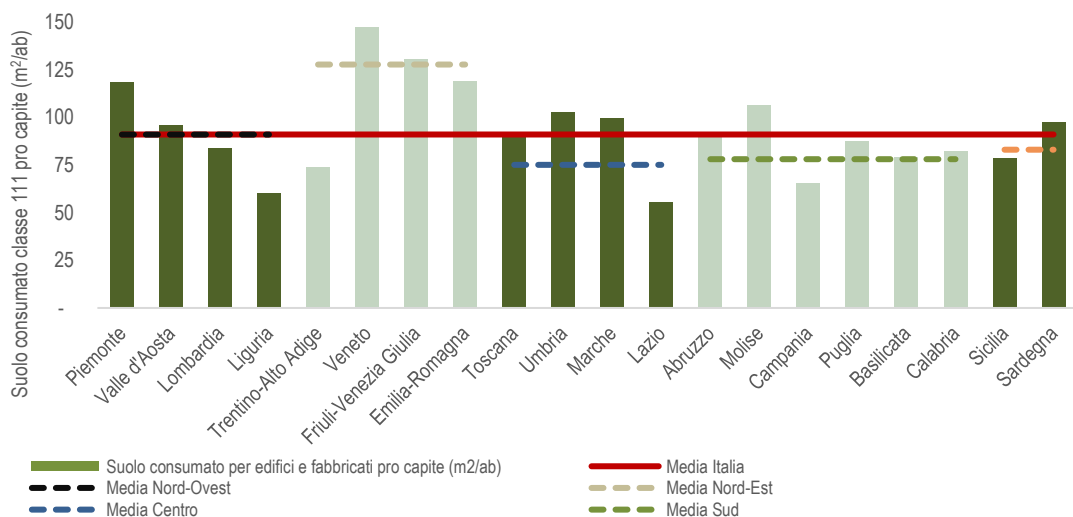


Figura 104. Suolo consumato pro capite per la classe degli edifici e fabbricati a livello regionale e di ripartizione geografica (m²/ab 2021). In rosso la percentuale nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I dati sulle aree edificate sono stati incrociati con i dati Istat relativi alle caratteristiche degli edifici. Durante il censimento 2011, l'Istat ha raccolto anche informazioni riguardanti la numerosità delle costruzioni, il loro utilizzo, la destinazione d'uso e lo stato di conservazione degli edifici ad uso residenziale. Per allineare, dal punto di vista temporale, i dati SNPA a quelli del censimento Istat, le elaborazioni sono state fatte utilizzando la carta del suolo consumato dell'anno 2012. La stima della superficie occupata dalle diverse classi di edifici è stata ricavata proporzionalmente utilizzando le percentuali ricavate dai dati sulla numerosità forniti da Istat.

Dall'analisi risultano, a livello nazionale, più di 248 km² di edifici non utilizzati. A livello regionale, Lombardia e Sici-

lia presentano la superficie più estesa di edifici abbandonati con più di 28 km². Analizzando le percentuali sul totale degli edifici, le stesse due Regioni presentano valori molto diversi, la Lombardia ha il 3,5% di edifici inutilizzati mentre la percentuale della Sicilia è pari al 7,6%. La media nazionale è del 5,2%. Le regioni con la superficie più piccola di edifici non utilizzati sono la Valle d'Aosta e il Trentino-Alto Adige, rispettivamente con 1,5 km² e 2 km². Anche in questo caso le percentuali risultano molto diverse, la prima Regione presenta il valore più alto in assoluto, pari al 12,9%, mentre la seconda presenta la percentuale più bassa di tutte le regioni, pari al 2,6%. A livello di ripartizione geografica, quella del Centro presenta mediamente la superficie di edifici abbandonati meno estesa, mentre le Isole fanno registrare il dato più elevato (Tabella 59, Figura 105).

Tabella 59. Superficie degli edifici (2012) a livello regionale suddivisa per uso. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Regione	Superficie edifici non utilizzati (ha)	Superficie edifici ad uso residenziale (ha)	Superficie edifici ad uso non residenziale (ha)	Superficie edifici ad uso residenziale pro capite (m ² /ab)
Piemonte	2.288	41.476	6.076	95
Valle d'Aosta	151	854	161	67
Lombardia	2.870	69.059	10.412	71
Trentino-Alto Adige	201	6.827	650	66
Veneto	2.575	59.956	7.078	123
Friuli-Venezia Giulia	555	13.358	1.484	110
Liguria	477	7.582	984	48
Emilia-Romagna	1.726	43.452	6.907	100
Toscana	935	26.932	4.821	73
Umbria	404	7.307	1.023	83
Marche	701	12.391	1.572	80
Lazio	1.343	25.014	3.449	45
Abruzzo	1.091	9.360	1.213	72
Molise	272	2.517	274	80
Campania	2.167	30.760	3.379	53
Puglia	1.676	28.979	2.843	72
Basilicata	254	3.598	358	62
Calabria	1.391	12.156	1.413	62
Sicilia	2.845	30.886	3.521	62
Sardegna	937	13.008	1.397	79
ITALIA	24.860	445.472	59.014	75

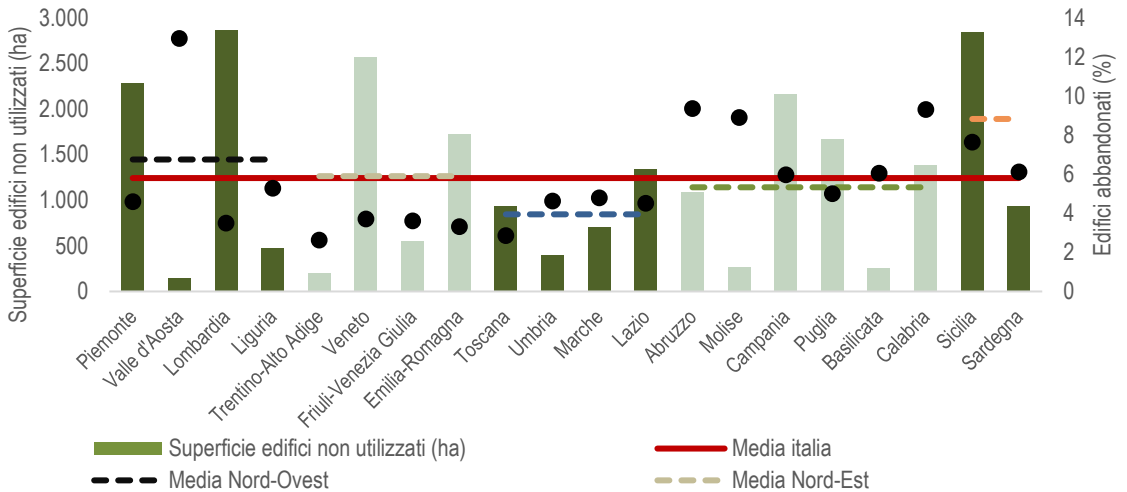


Figura 105. Superficie edifici non utilizzati a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale degli edifici abbandonati. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Per quanto riguarda l'analisi della destinazione d'uso degli edifici, essa è stata condotta separando l'uso residenziale dagli altri. Gli altri usi comprendono quello produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi e altro (censimento Istat 2011). La superficie occupata dagli edifici residenziali supera i 4.454 km² (84% del totale), mentre quella destinata ad altri usi è di 590 km² (Tabella 59).

Le percentuali con cui si distribuiscono le superfici edificate ad uso produttivo (inclusi commerciale, turistico e altro) a livello regionale variano tra l'8,5% (Basilicata, Puglia e Trentino-Alto Adige) e il 14,7% (Toscana). La media nazionale è del 10,9% (Figura 106). La superficie edificata ad uso residenziale per abitante a livello nazionale è pari a 75 m²/ab ed è compresa tra i 123 m²/ab del Veneto e i 45 m²/ab del Lazio (Tabella 59).

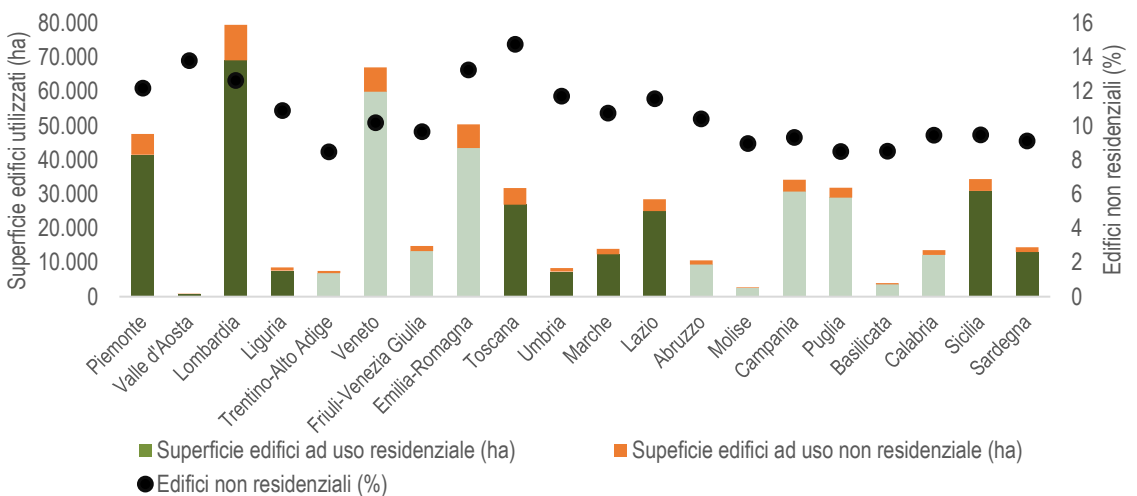


Figura 106. Superficie edifici utilizzati a livello regionale, con distinzione tra uso residenziale e produttivo-commerciale-turistico-servizi-altro (ha 2012). In nero la percentuale degli edifici ad uso non residenziale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

A livello nazionale oltre il 51% degli edifici ad uso residenziale è in buono stato, equivalente a una superficie di circa 2.250 km², 1.510 km² (31,8%) sono coperti da abitazioni in ottimo stato, 627 km² (15,2%) di edifici residenziali sono in uno stato mediocre e circa 68 km² (1,7%) di edifici ad uso residenziale versano in pessimo stato. Le regioni che presentano la superficie più estesa di edifici in ottimo stato di conservazione sono la Lombardia, con oltre 278 km², pari a più del 40% del totale degli edifici residenziali e il Veneto, con oltre 252 km² (42% degli edifici ad uso residenziale). La percentuale più bassa di edifici in ottimo stato è la Calabria, con poco più del 20% e

circa 25 km². La percentuale media nazionale è di circa il 32%. Per quanto riguarda gli edifici in pessimo stato di conservazione, il record negativo è detenuto dalla Sicilia, sia per quanto riguarda il numero di ettari (940 ha) che la percentuale (3%). Un valore di percentuale leggermente più alto (3,1%) lo fa registrare soltanto la Calabria (Tabella 60). A livello di ripartizioni geografiche, gli edifici in ottimo stato si concentrano soprattutto al Nord mentre i valori più bassi si registrano al Sud (Figura 107). Gli edifici in pessimo stato, invece, si concentrano soprattutto nelle Isole, mentre le situazioni migliori sono al Centro ed al Sud (Figura 108).

Tabella 60. Superficie degli edifici residenziali (2012) a livello regionale suddivisa per stato di conservazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Regione	Superficie edifici in stato di conservazione ottimo (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione buono (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione mediocre (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione pessimo (ha)
Piemonte	14.135	20.960	5.709	672
Valle d'Aosta	298	424	117	15
Lombardia	27.855	32.334	8.108	762
Trentino-Alto Adige	3.125	2.973	663	66
Veneto	25.216	27.184	6.844	713
Friuli-Venezia Giulia	5.812	5.880	1.505	161
Liguria	2.247	4.101	1.109	125
Emilia-Romagna	17.479	20.670	4.748	555
Toscana	9.968	13.863	2.810	290
Umbria	2.740	3.789	713	65
Marche	4.427	6.232	1.554	178
Lazio	6.919	14.125	3.650	319
Abruzzo	2.633	5.177	1.412	139
Molise	622	1.355	481	59
Campania	5.951	18.088	6.152	568
Puglia	7.768	16.368	4.395	448
Basilicata	868	1.927	724	79
Calabria	2.489	6.403	2.884	380
Sicilia	6.615	16.186	7.144	940
Sardegna	3.833	6.959	1.985	231
ITALIA	151.000	224.997	62.708	6.766

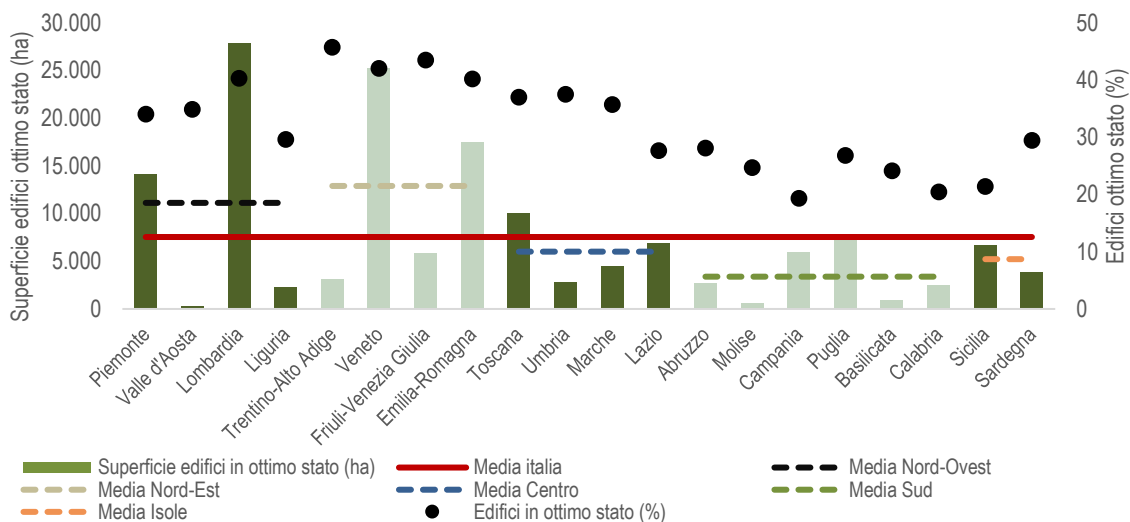


Figura 107. Superficie edifici ad uso residenziale con ottimo stato di conservazione a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale regionale degli edifici in ottimo stato. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

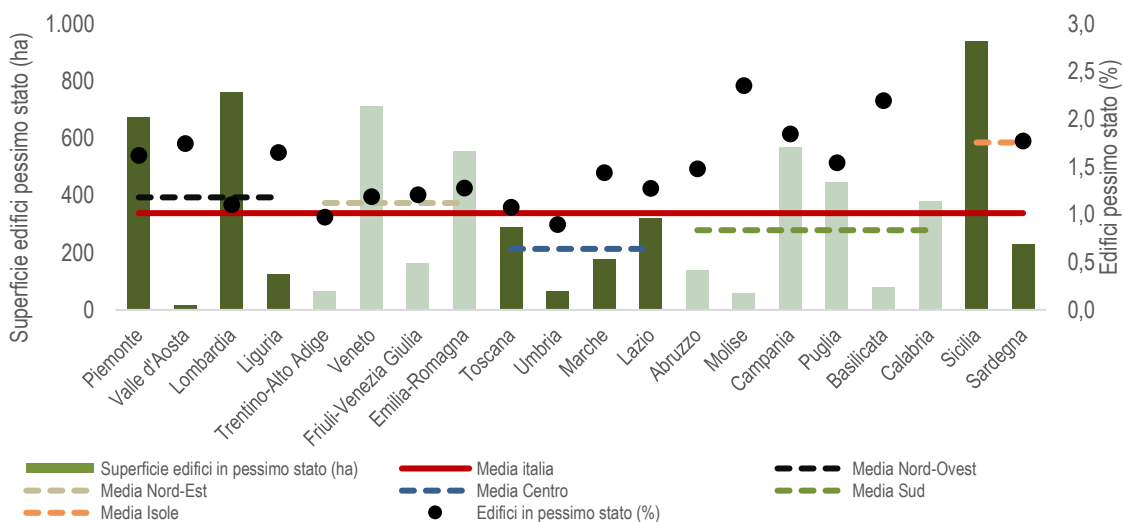


Figura 108. Superficie edifici ad uso residenziale con stato di conservazione pessimo a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale regionale degli edifici in pessimo stato. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Lo studio della distribuzione degli edifici è stato condotto a livello regionale anche prendendo in considerazione le quattro diverse tipologie di tessuto urbano: le aree urbane ad alta e media densità, le zone rurali e le zone con

alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione (cfr. § *Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane*).

A livello nazionale la superficie più estesa di edifici si trova all'interno delle aree urbane a media densità (1.837 km²), pari al 34,7% di tutti gli edifici, seguita dalle aree urbane ad alta densità con il 31,8% (1.684 km²). Le classi urbane ad alta e media densità occupano rispettivamente l'1,8% ed il 7,3% del territorio nazionale. All'interno delle zone rurali si colloca il 28,1% degli edifici (1.486 km²), a fronte di un'estensione totale della classe che supera il 90% del territorio italiano. Nelle zone ad alta densità di consumo e bassa densità di popolazione (assimilabili a zone produttive) ci sono il 5,4% degli edifici nazionali (286 km²), nonostante le dimensioni minime della classe, pari allo 0,5% di tutta la superficie nazionale (Tabella 61).

La regione con il maggior numero di edifici nella classe urbana ad alta densità è la Lombardia, con circa 344 km² (41,8% degli edifici regionali). La stessa Regione presenta anche il maggior numero di chilometri quadrati di

edifici nella classe urbana a media densità (304 km²), seguita dal Veneto con circa 300 km². Quest'ultima Regione mostra la superficie di edifici più estesa nelle zone produttive, con 516 km², il 7,4% di tutti gli edifici regionali. Per quanto riguarda le zone rurali, l'Emilia Romagna in questa classe presenta circa il 37% di tutti gli edifici, pari a oltre 192 km².

Le differenze di dimensione delle diverse classi urbane a livello regionale genera una distribuzione molto eterogenea delle superfici edificate (Figura 109). In alcune regioni è possibile notare dei valori di percentuale decrescenti man mano che si passa dalla classe 1 alla 4 (Lombardia, Campania, Sardegna), mentre in altre la presenza di edifici è maggiore nelle classi rurali e si abbassa passando alle zone urbane mediamente dense e poi a quelle con densità alta (Piemonte, Emilia Romagna, Umbria, Marche, Molise, Basilicata).

Tabella 61. Distribuzione degli edifici (2021), a livello regionale, in ettari e percentuali, all'interno di aree urbane ad alta densità (Classe 1), di aree urbane a media densità (Classe 2), nelle zone rurali (Classe 3) e in zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (Classe 4). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA.

Regioni	Edifici in Classe 1 (ha)	Edifici in Classe 2 (ha)	Edifici in Classe 3 (ha)	Edifici in Classe 4 (ha)	Edifici in Classe 1 (%)	Edifici in Classe 2 (%)	Edifici in Classe 3 (%)	Edifici in Classe 4 (%)
Piemonte	12.262	17.358	17.754	2.465	24,6	34,8	35,6	4,9
Valle d'Aosta	195	521	424	26	16,7	44,7	36,4	2,3
Lombardia	34.428	30.384	13.694	3.836	41,8	36,9	16,6	4,7
Trentino-Alto Adige	1.530	3.659	2.187	302	19,9	47,7	28,5	3,9
Veneto	16.495	29.982	17.974	5.159	23,7	43,1	25,8	7,4
Friuli-Venezia Giulia	3.233	6.906	3.860	1.398	21,0	44,9	25,1	9,1
Liguria	3.349	3.468	2.121	106	37,0	38,3	23,5	1,2
Emilia-Romagna	14.384	14.576	19.215	3.911	27,6	28,0	36,9	7,5
Toscana	9.830	11.656	9.688	1.513	30,1	35,7	29,6	4,6
Umbria	1.547	3.371	3.379	438	17,7	38,6	38,7	5,0
Marche	3.342	4.807	5.511	1.004	22,8	32,8	37,6	6,8
Lazio	9.345	10.837	8.265	1.359	31,4	36,4	27,7	4,6
Abruzzo	2.608	4.365	3.978	714	22,4	37,4	34,1	6,1
Molise	459	1.180	1.329	96	15,0	38,5	43,4	3,1
Campania	15.042	12.164	7.856	1.244	41,4	33,5	21,6	3,4
Puglia	15.664	5.547	9.984	2.303	46,8	16,6	29,8	6,9
Basilicata	904	1.519	1.548	239	21,5	36,1	36,8	5,7
Calabria	3.873	6.478	4.260	350	25,9	43,3	28,5	2,3
Sicilia	14.914	10.031	10.909	1.398	40,0	26,9	29,3	3,8
Sardegna	5.035	4.909	4.666	732	32,8	32,0	30,4	4,8
Italia	168.438	183.715	148.600	28.593	31,8	34,7	28,1	5,4

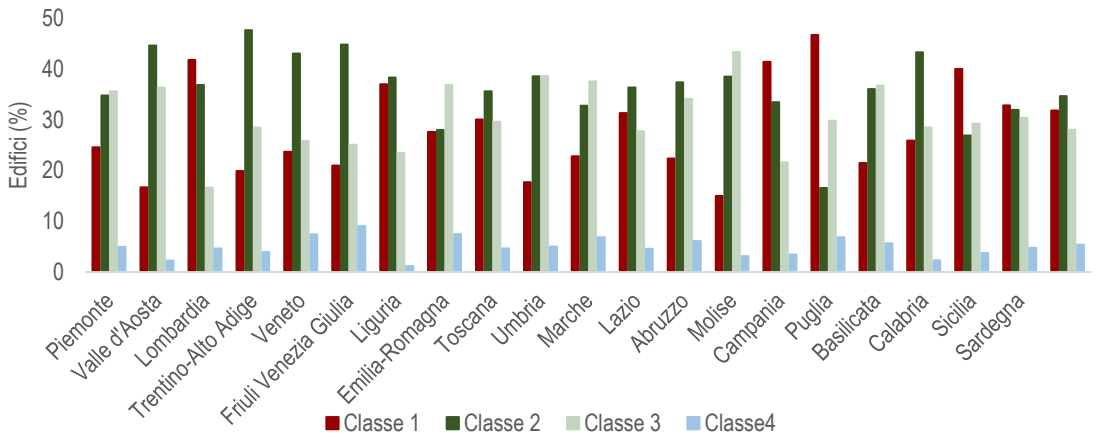


Figura 109. Distribuzione della percentuale di edifici (2021), a livello regionale, all'interno di aree urbane ad alta densità (Classe 1), di aree urbane a media densità (Classe 2), nelle zone rurali (Classe 3) e in zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (Classe 4).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi delle aree edificate è stata approfondita sull'area del comune di Roma incrociando i dati SNPA con quelli Copernicus riguardanti le altezze degli edifici⁴⁶. Queste informazioni sono disponibili per tutte le capitali europee, per l'anno 2012, con una risoluzione spaziale di 10 metri.

L'altezza media degli edifici di Roma risulta di circa 15 metri e non sembra variare nelle diverse sezioni censuarie al variare della loro destinazione d'uso prevalente (Tabella 62). Raggruppando le sezioni censuarie in base alla presenza di edifici residenziali si può notare come la densità di suolo consumato rimane più o meno costante. La densità di superficie coperta da edifici, intesa come superficie della classe 111 rapportata alla superficie totale di suolo consumato, ha una tendenza molto lieve ad aumentare man mano che la presenza di edifici residenziali cresce. Una tendenza più evidente è presente invece analizzando l'andamento della densità volumetrica, intesa come volume degli edifici rapportato alla superficie totale di suolo consumato, essa infatti aumenta nelle sezioni censuarie più residenziali descrivendo la presenza di edifici più alti e quindi di un migliore sfruttamento degli spazi verticali (Figura 110). Un andamento molto chiaro invece si può vedere studiando i metri cubi disponibili per

ogni abitante. Nelle sezioni censuarie con bassa percentuale di edifici residenziali si registrano valori elevati di metri cubi per abitante e man mano che ci si sposta nelle sezioni con più edifici residenziali questi valori diminuiscono (Tabella 62).

Un'analisi più approfondita è stata condotta a livello dei singoli municipi di Roma. L'altezza media degli edifici dei vari municipi varia tra 14 e 22 metri. Maggiori differenze si notano tra i valori di percentuale di suolo consumato delle diverse zone che variano da un minimo del 12% ad un massimo del 74% (Tabella 63). La possibilità di avere a disposizione i dati sull'altezza degli edifici ha permesso di ottenere informazioni sulla tipologia di insediamento presente. Nei municipi 1 e 2 si notano valori alti sia di percentuale di suolo consumato che di densità volumetrica e di edificato, queste caratteristiche indicano la presenza di molti edifici con sviluppo verticale più marcato rispetto agli altri municipi. Anche se in modo meno marcato, lo stesso comportamento lo osserviamo nei municipi 5 e 7. Confrontando la percentuale di residenzialità dei diversi municipi si nota un abbassamento dei valori di suolo consumato e di densità volumetrica man mano che la percentuale di edifici residenziali aumenta (Figura 111).

⁴⁶ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/building-height-2012>

Tabella 62. Valori delle densità di consumato, edificato e volumetrica, metri cubi pro capite e altezza media degli edifici nelle sezioni censuarie suddivise per classi di residenziale (%). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Classi di residenziale (%)	Densità consumato (m ² /m ²)	Densità edificato (m ² /m ²)	Densità volumetrica (m ³ /m ²)	Metri cubi pro capite (m ³ /ab)	Altezza media edifici (m)
10	0,71	0,28	4,40	11.001	14,3
20	0,66	0,30	3,85	3.963	11,7
30	0,70	0,32	4,79	2.006	13,5
40	0,69	0,32	5,07	1.040	14,5
50	0,72	0,35	5,41	950	14,3
60	0,74	0,36	5,79	604	15,3
70	0,73	0,38	5,91	460	14,9
80	0,73	0,38	5,76	405	14,2
90	0,73	0,38	5,53	340	13,9
100	0,70	0,37	6,01	312	15,3

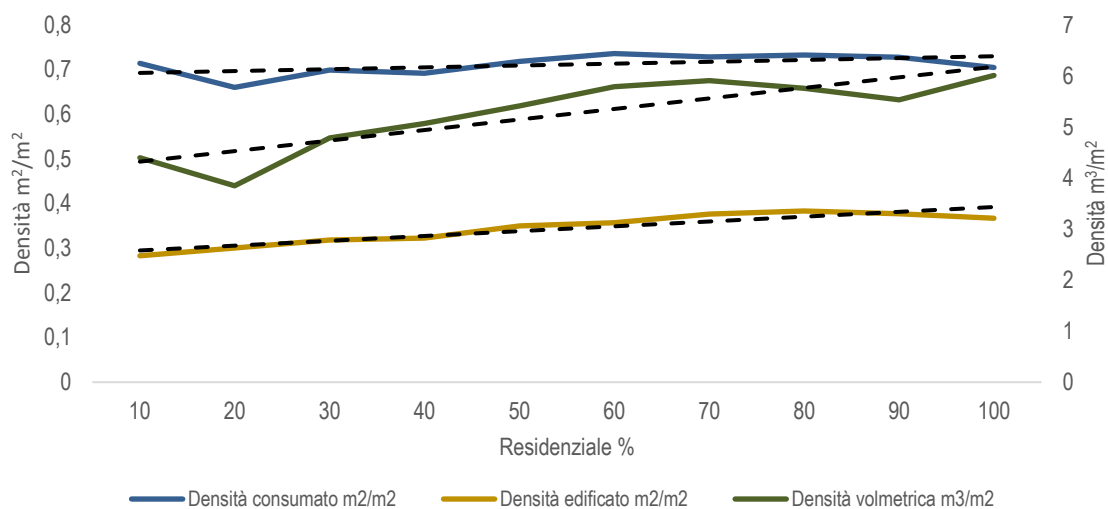


Figura 110. Confronto tra densità di consumato (m²/m²), densità di edificato (m²/m²) e densità volumetrica (m³/m²) nelle sezioni censuarie suddivise per classi di residenziale (%). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Tabella 63. Dati a livello municipale del Comune di Roma riguardanti: suolo consumato totale (ha e %), suolo consumato della classe degli edifici (ha e densità), altezza media degli edifici e densità volumetrica, percentuale degli edifici residenziali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Municipi	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Suolo consumato edifici (ha)	Densità edificato (m^2/m^2)	Altezza media edifici (m)	Densità volumetrica (m^3/m^2)	Edifici residenziali (%)
1	1.487	74,1	665	0,45	22,1	9,9	66
2	1.341	68,2	457	0,34	18,1	6,2	62
3	1.826	18,6	459	0,25	18,2	4,6	79
4	1.885	38,5	517	0,27	18,7	5,1	64
5	1.681	62,5	548	0,33	18,0	5,9	76
6	3.083	27,1	798	0,26	17,7	4,6	84
7	2.376	51,8	678	0,29	19,8	5,6	75
8	1.091	23,1	324	0,30	20,0	5,9	65
9	2.993	16,3	759	0,25	22,1	5,6	80
10	2.701	17,9	726	0,27	14,2	3,8	81

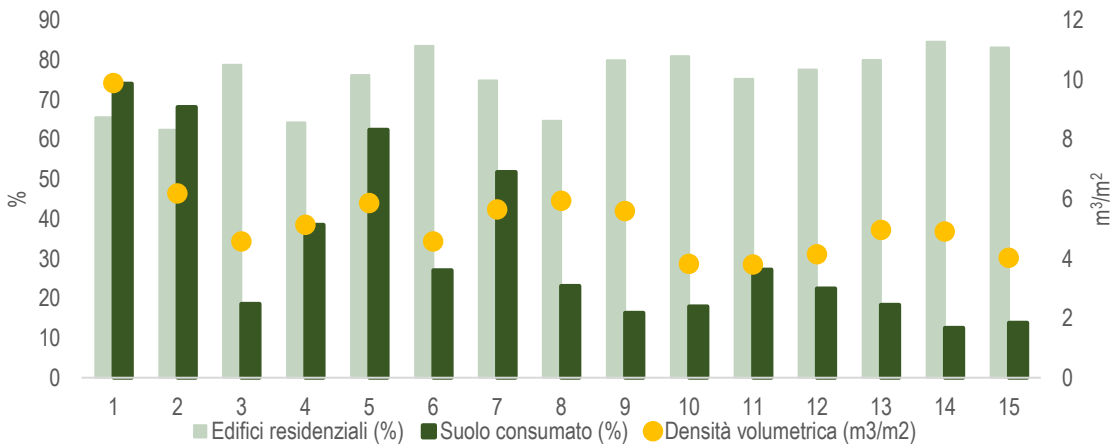


Figura 111. Confronto, a livello municipale del Comune di Roma, tra la percentuale degli edifici residenziali, il suolo consumato percentuale e la densità volumetrica (m^3/m^2). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat.

L'analisi dell'**epoca di costruzione prevalente degli edifici residenziali**⁴⁷ del contesto territoriale⁴⁸ può essere elaborata, anche se non per gli anni più recenti, dal cen-

simento Istat del 2011, che riporta le date di realizzazione dei gruppi di edifici suddivisi in 9 classi. Le elaborazioni sono state condotte attribuendo a ogni sezione un'epoca prevalente sulla base degli edifici residenziali

⁴⁷ L'edificio residenziale è inteso da ISTAT come: "edificio progettato, costruito ed utilizzato solo a fini abitativi: case unifamiliari, ville, villette, case a schiera, palazzine in complessi residenziali, condomini o palazzine con negozi (o sedi di attività economiche in genere) a piano

strada, oppure, se progettato e costruito non a fini abitativi, nel corso del tempo ha subito una variazione d'uso diventandolo"

⁴⁸ Inteso qui come sezione di censimento.

censiti e analizzando il consumo di suolo avvenuto tra il 2020 e il 2021 dovuto a nuovi edifici. Ciò ha permesso di valutare la presenza di nuovi fabbricati costruiti in aree residenziali sviluppate nel corso dei decenni, e quindi di comprendere se la distribuzione dei nuovi edifici ricade in aree storiche o più recenti⁴⁹.

I risultati evidenziano a livello nazionale la concentrazione delle edificazioni realizzate nell'ultimo anno in zone costruite nel ventennio 1961–1980 (Figura 112), evidenziando un picco tra il 1971 e il 1980, dove si colloca oltre il 24% delle nuove costruzioni in termini di superficie complessiva.

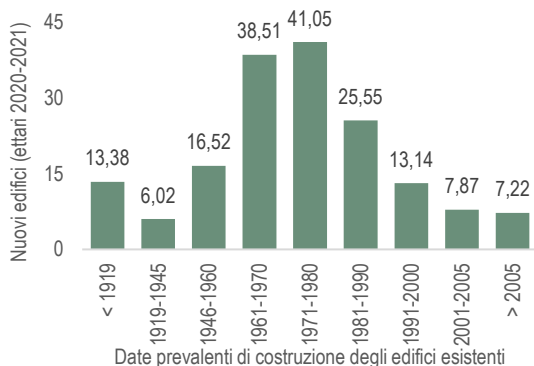


Figura 112. Consumo di suolo annuale netto per nuovi edifici (2020-2021) per epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nell'area. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

In termini di densità delle trasformazioni, considerando la somma delle aree per le diverse epoche di costruzione degli edifici residenziali già esistenti, i valori più elevati si rilevano nelle aree urbanizzate più recenti (dopo il 2005), dove sia il consumo di suolo complessivo, sia la componente dovuta all'edilizia arrivano ai valori massimi di densità rispettivamente di 12,9 m² per ettaro e 3,2 m² per ettaro (Figura 113).

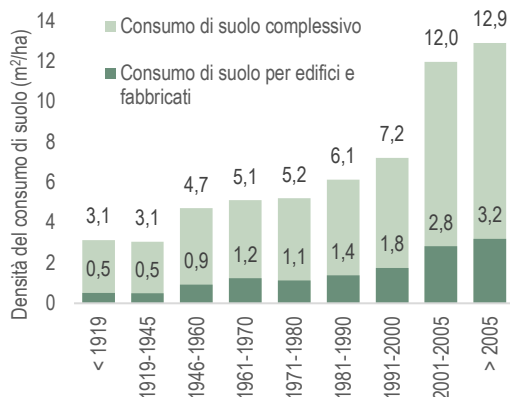


Figura 113. Densità del consumo di suolo annuale complessivo e per edifici e fabbricati (2020-2021) per epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nell'area. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

IL CONSUMO DI SUOLO ALL'INTERNO DELLE AREE URBANE

Al fine di valutare l'attitudine delle aree urbane ad attrarre nuovo consumo di suolo, è stata analizzata la distribuzione dei cambiamenti avvenuti tra il 2006 e il 2021 rispetto alle classi di densità di costruito definite dall'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. In particolare, sono stati considerati i tre contesti prevalenti (artificiale compatto, artificiale a media/bassa densità, artificiale assente o rado), delimitati a partire dal dato sul suolo consumato al 2006, considerando la densità media di costruito in un intorno di 300 metri (Tabella 64).

⁴⁹ Per evitare di considerare sezioni non residenziali o con una bassa densità di edifici residenziali in cui l'epoca sarebbe determinata da pochi edifici, l'analisi si è limitata alle sezioni con densità maggiore di un edificio per ettaro.

Tabella 64. Consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 a livello nazionale per densità delle coperture artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo 2006-2021 per contesto prevalente (%)		
	Artificiale compatto	Media o bassa densità	Artificiale assente o rado
Piemonte	9,0	56,3	34,7
Valle d'Aosta	5,8	52,1	42,1
Lombardia	16,0	63,4	20,6
Trentino-Alto Adige	8,2	59,8	32,1
Veneto	13,5	64,9	21,6
Friuli-Venezia Giulia	11,4	60,5	28,0
Liguria	13,0	72,1	14,9
Emilia-Romagna	10,9	58,6	30,4
Toscana	11,5	56,3	32,3
Umbria	5,7	58,6	35,6
Marche	5,7	47,0	47,3
Lazio	7,8	55,2	37,0
Abruzzo	6,5	47,5	46,0
Molise	3,4	35,4	61,1
Campania	13,6	57,7	28,7
Puglia	7,3	37,5	55,3
Basilicata	2,4	34,2	63,4
Calabria	5,8	53,9	40,3
Sicilia	7,8	52,2	40,0
Sardegna	4,2	42,1	53,8
Italia	9,8	54,4	35,7

Dall'analisi della distribuzione dei cambiamenti emerge una tendenza alla crescita del consumo di suolo, che può manifestarsi come saturazione di spazi liberi interclusi nelle aree già artificializzate, come addizione a nuclei consolidati o come dispersione nei contesti prevalentemente naturali (Figura 114). In questo senso, oltre la metà del nuovo consumo di suolo (54,4%) avviene densificando le aree di frangia urbana e circa un terzo si concentra nelle aree rurali, mentre i processi di densificazione delle aree urbane compatte riguardano circa il 10% dei cambiamenti totali e interessano soprattutto le regioni del Nord, la Toscana e la Campania.

In tutte le regioni del Centro-Nord, del Nord e nelle regioni tirreniche alle dinamiche di densificazione dei nuclei urbani consolidati si associa la diffusione di superfici artificiali in prossimità dei margini che tende ad alimentare lo sviluppo spaziale del tessuto insediativo. In particolare, in Liguria, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Campania, circa tre quarti dei cambiamenti avvengono

all'interno dei contesti prevalentemente artificiali a media o bassa densità.

Fatta eccezione per la Campania, nelle regioni del Sud prevale la tendenza alla dispersione insediativa; in Basilicata e in Molise oltre il 60% dei cambiamenti avviene in contesto prevalentemente naturale e il valore supera il 50% anche in Puglia e Sardegna.

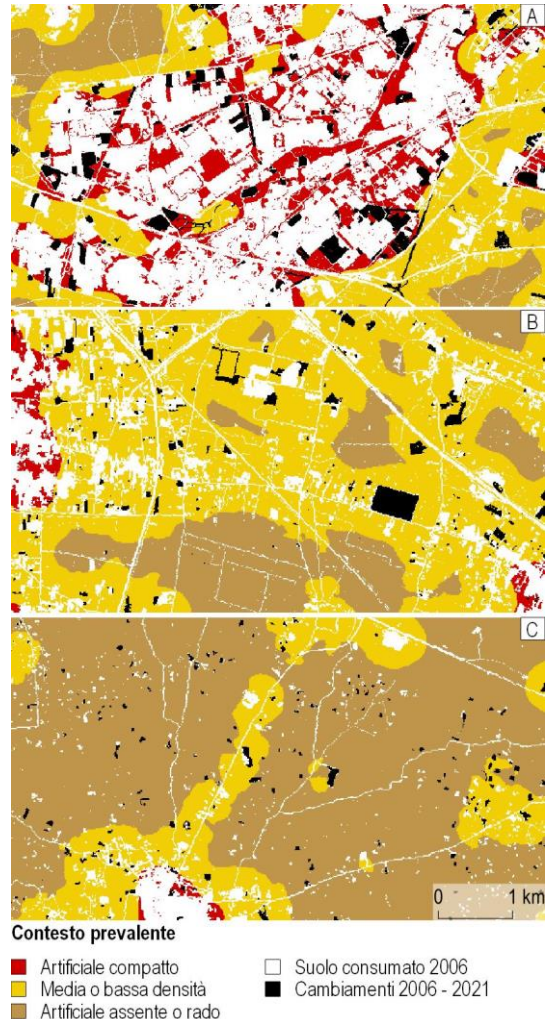


Figura 114 Esempi di densificazione (A), densificazione/diffusione (B) e dispersione insediativa (C)

L'osservazione dell'**Indice Normalizzato del Consumo di Suolo in Aree Urbane** consente di desumere le medesime dinamiche, mettendo in relazione il consumo di

suolo registrato in aree artificiali ad alta e medio-bassa densità con i cambiamenti rilevati in aree rurali.

Valori dell'indicatore prossimi a 1 indicano una concentrazione del consumo di suolo nelle aree artificiali ad alta e medio-bassa densità, cui si associano fenomeni di densificazione e/o diffusione; per valori tendenti a -1 i cambiamenti si concentrano nelle aree rurali (dispersione insediativa).

Nelle aree in cui la distribuzione dei cambiamenti è uniforme nelle classi di densità alta e medio-bassa e nelle aree rurali, l'indicatore sarà prossimo allo zero.

Analizzando i dati riportati in Tabella 65, tra il 2006 e il 2021, è rilevabile la tendenza prevalente alla compattazione e alla dilatazione dei margini del tessuto insediativo consolidato. Di fatto, per due terzi delle regioni l'indicatore mostra come il consumo di suolo abbia alimentato dinamiche di diffusione e densificazione del tessuto insediativo. Tale inclinazione è particolarmente evidente in Liguria, in Lombardia e in Veneto dove i valori dell'indicatore sono superiori a 0,5.

Valori negativi si rilevano in Basilicata (-0,27), Molise (-0,22) e Puglia (-0,11), confermando la tendenza alla dispersione del tessuto insediativo in contesti prevalentemente agricoli o naturali.

Nelle Marche, in Abruzzo e in Sardegna, i valori prossimi allo zero descrivono situazioni caratterizzate da consumo di suolo distribuito in modo pressoché indifferenziato tra i diversi contesti insediativi.

Tabella 65. Indice Normalizzato del Consumo di Suolo calcolato sui cambiamenti 2006-2021 a livello regionale e nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Indice normalizzato del consumo di suolo in aree urbane 2006-2021
Piemonte	0,31
Valle d'Aosta	0,16
Lombardia	0,59
Trentino-Alto Adige	0,36
Veneto	0,57
Friuli-Venezia Giulia	0,44
Liguria	0,70
Emilia-Romagna	0,39
Toscana	0,35
Umbria	0,29
Marche	0,05
Lazio	0,26
Abruzzo	0,08
Molise	-0,22
Campania	0,43
Puglia	-0,11
Basilicata	-0,27
Calabria	0,19
Sicilia	0,20
Sardegna	-0,08
Italia	0,29

L'analisi del consumo di suolo è stata estesa anche alle 4 classi derivanti dalla combinazione della carta del suolo consumato 2021 e la carta della densità di popolazione (v. § *Le aree urbane*). I risultati hanno evidenziato, come atteso, che la densità del consumo di suolo (m²/ha), avvenuto nell'ultimo anno, ha valori inferiori nelle zone rurali (Tabella 66; Figura 115). Nonostante gli oltre 4.154 ettari (66% del totale) del consumo di suolo tra il 2020 e il 2021, la densità si abbassa a livelli minimi considerando che la Classe 3 occupa più del 90% del territorio nazionale. La stessa classe presenta un valore elevato di suolo consumato pro capite, circa 1.625 m² per abitante.

Le aree urbane, individuate dalle classi con alte e medie densità di popolazione e di suolo consumato (Classe 1 e Classe 2; Figura 117) mostrano valori simili di incremento, con densità più elevate rispetto alla media nazionale e che superano i 6 m² per ogni ettaro di superficie.

Per quanto riguarda invece la quantità di suolo consumato pro-capite è la Classe 1 a far registrare il valore più basso, 125 m² per abitante.

La Classe 4, che presenta alte densità di suolo consumato (circa l'80%) e basse densità di popolazione, presenta una densità di consumo di suolo decisamente più elevata rispetto alle altre classi (circa 13 m²/ha). Anche la quantità di suolo consumato pro capite mostra un valore molto più alto rispetto alle altre classi, 9.787 m² per abitante.

Queste caratteristiche descrivono la Classe 4 come un'area molto dinamica nonostante la bassa presenza di popolazione residente, considerando che ricadono in essa le aree produttive o industriali, le infrastrutture (aeroporti, strade, etc.) e le nuove espansioni urbane in aree non abitate.

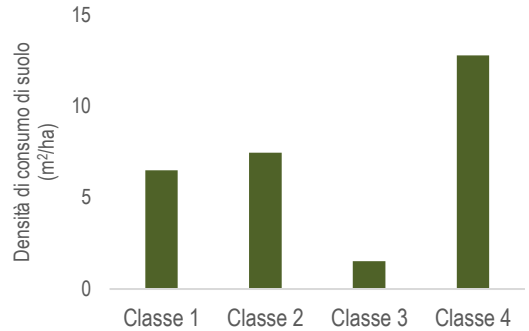


Figura 115. Densità (m²/ha) del consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 per tipologia di area urbana. Alla Classe 1 appartengono i centri urbani ad alta densità, nella Classe 2 rientrano i gruppi urbani a media densità, la Classe 3 è rappresentata dalle zone rurali, alla Classe 4 appartengono le aree ad alta antropizzazione e con bassa popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 66. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo per tipologia di area urbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di urbanizzazione	Densità di popolazione (ab/km ²)	Densità di suolo consumato (%)	Suolo consumato (2021) (%)	Suolo consumato (2021) (ha)	Consumo di suolo (2020-2021) (ha)	Densità di consumo di suolo (2020-2021) (m ² /ha)	Suolo consumato pro capite (2021) (m ² /ab)
Classe 1 aree urbane ad alta densità	>1.500	>50	75,7	421.000	361	6,5	125
Classe 2 aree urbane a media densità	300<d<1.500	10<d<50	28,9	634.499	1.634	7,5	324
Classe 3 zone rurali	<300	<10	3,6	978.591	4.154	1,5	1.625
Classe 4 zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione	<300	>50	79,9	114.422	183	12,8	9.787



Figura 116. Esempio di trasformazione avvenute tra il 2020 (prima immagine) e il 2021 (seconda immagine) nel comune di Fagnano Olona, in Provincia di Varese, per una superficie complessiva di circa 1,2 ettari. Il cambiamento è un esempio di densificazione del tessuto urbano preesistente dovuto alla costruzione di un capannone

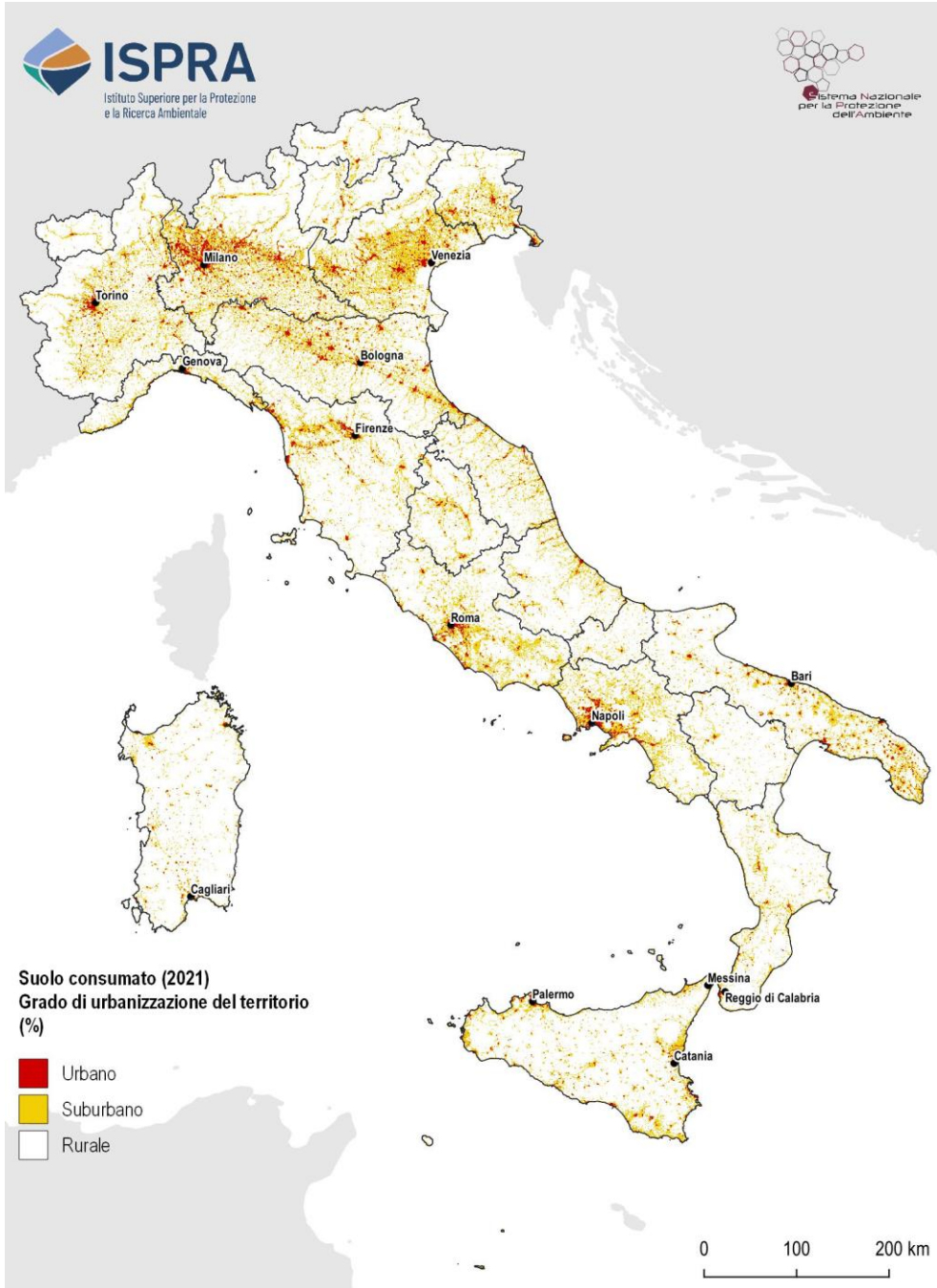


Figura 117. Classi ottenute combinando la carta della densità di suolo consumato e la carta della densità di popolazione. La Classe 1 rappresenta i centri urbani ad alta densità, la Classe 2 rappresenta i gruppi urbani a media densità. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL CONSUMO DI SUOLO AI MARGINI DEI CENTRI URBANI PRINCIPALI

Per valutare la relazione tra la diffusione urbana e il consumo di suolo con la vicinanza dei centri urbani, si è analizzato un ambito di studio originato a partire dall'area circolare, di raggio 15 km, costruita attorno ai centri città dei 219 poli, classificati come tali dalla metodologia di classificazione dell'Agenzia per la Coesione Sociale (ex Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica). Assumendo come trascurabili gli apporti dei centri minori alla configurazione di un pattern nell'analisi distanza-consumo di suolo, si è scelto poi di distinguere il comportamento medio dei poli da quello delle 14 Città metropolitane italiane.

L'analisi

dei cambiamenti quest'anno è stata condotta confrontando l'andamento medio annuale dal 2006 al 2021 con l'ultima annualità. Oltre al trend evidente per le aree metropolitane, al quale il consumo dell'ultimo anno si allinea, è interessante notare ed evidenziare i caratteri delle trasformazioni ai margini dei centri urbani principali. La densità dei cambiamenti più elevata è localizzata, sia per la serie storica che per l'ultima annualità entro i primi 3

km di distanza dai centri città. Il discostamento positivo maggiore dalla media si registra nello stesso intervallo, dove nell'ultimo anno si sono raggiunti $12,01 \text{ m}^2/\text{ha}$ di densità, nella fascia che va dagli 1,4 agli 1,5 km di distanza dal centro). Lo spostamento a "sinistra" dei picchi di densità può essere interpretato come tendenza alla densificazione dei centri urbani principali, alla luce dei risultati dello scorso rapporto, in cui il picco era di $8,8 \text{ m}^2/\text{ha}$ nella fascia dei 2,5 km.

Limitando lo studio alle 14 aree metropolitane, si nota il disallineamento degli andamenti oltre i 3 km, da questa distanza in poi si concentrano infatti i cambiamenti dell'intervallo temporale 2006-2021 per le città metropolitane (Figura 119). È evidente l'apporto maggiore delle città metropolitane a modelli di espansione come la periurbanizzazione e la polarizzazione con consumo di suolo in prevalenza a maggiore distanza dal centro urbano principale.

Il picco di densità di consumo di suolo annuale medio è per le sole città metropolitane è di $11,46 \text{ m}^2/\text{ha}$ a 6,3 km dai centri urbani, è inoltre interessante sottolineare la presenza di un picco relativo iniziale a 0,5 km di $6,28 \text{ m}^2/\text{ha}$.



Figura 118. Confronto tra la densità del consumo di suolo netto annuale tra il 2006 e il 2021 e la densità di consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in relazione alla distanza dai centri urbani principali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

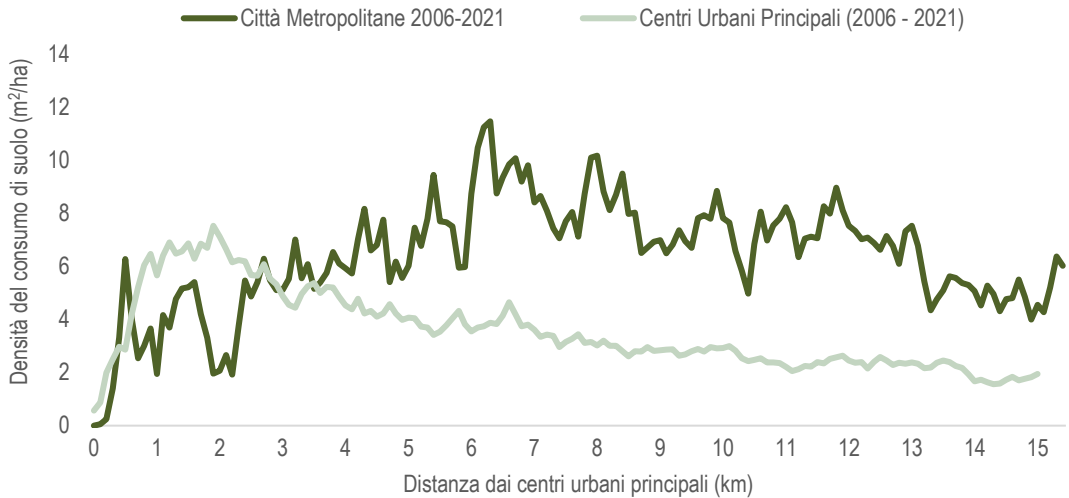


Figura 119. Densità del consumo di suolo netto annuale tra il 2006 e il 2021 in relazione alla distanza dai centri urbani principali e dalle Città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I VALORI DEL MERCATO IMMOBILIARE

Il territorio italiano è caratterizzato da forti disomogeneità dovute a diversi fattori, che si ripercuotono sul valore economico dei terreni e degli immobili. Un'analisi della distribuzione del consumo di suolo in base ai valori economici è possibile utilizzando come indicatore la zonizzazione fornita dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate, che associa alle diverse aree urbane e periurbane valori economici delle superfici edificate sulla base dei prezzi di compravendita.

Le quotazioni OMI non sostituiscono la stima puntuale del valore del singolo immobile, in quanto individuano un intervallo di quotazioni in cui, più probabilmente, ricade il valore medio per unità immobiliari in condizioni ordinarie; vengono pertanto esclusi gli immobili di particolare pregio o degrado o che comunque abbiano caratteristiche non ordinarie per la tipologia edilizia della zona di appartenenza. Le quotazioni costituiscono quindi una media potenziale per unità di superficie nello stock esistente in un dato territorio (zona OMI)⁵⁰.

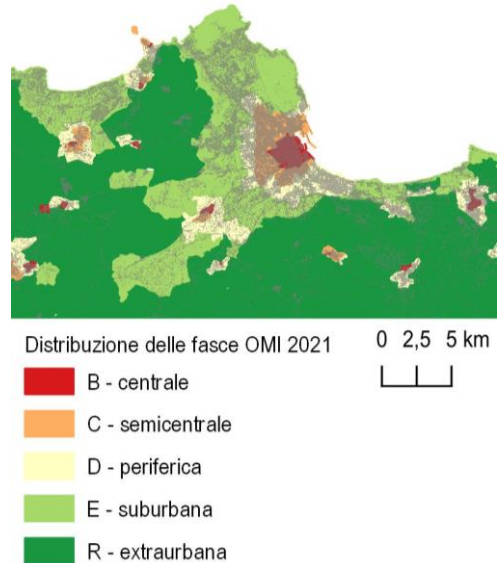


Figura 120. Rappresentazione delle fasce OMI nell'area di Palermo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

⁵⁰ La Banca Dati delle quotazioni immobiliari (BDQ OMI) fornisce un intervallo minimo e massimo dei valori di mercato e di locazione in

funzione della tipologia, dello stato di manutenzione e di conservazione degli immobili. I dati sono elaborati con cadenza semestrale per ogni zona territoriale.

Per garantire la rappresentatività, i dati sono strutturati in insiemi omogenei: le fasce⁵¹ (Figura 120), le zone⁵², le destinazioni d'uso⁵³, le tipologie edilizie⁵⁴ e lo stato di manutenzione e conservazione⁵⁵.

La divisione del territorio in zone omogenee è influenzata anche dalle dimensioni territoriali e demografiche dei singoli comuni sulla cui base vengono identificate quattro classi di comuni: comuni marginali per popolazione ed estensione di centri abitati; comuni con popolazione ed estensione dei centri abitati di limitata entità; comuni con popolazione ed estensione dei centri abitati di media entità; comuni con rilevanti agglomerati urbani o metropolitani. Più della metà dei comuni è costituita da un numero limitato di zone OMI (fino a 6), mentre un numero ristretto di comuni è costituito da un numero maggiore di zone.

L'analisi del consumo di suolo è stata eseguita in relazione ai dati OMI (2015-2021)⁵⁶. In particolare, è stato utilizzato il valore superiore⁵⁷ dell'intervallo medio delle quotazioni di riferimento (€/m²) delle unità immobiliari in condizioni ordinarie per ogni zona al primo semestre di ogni anno considerato, per ciascuna tipologia di fabbricato e stato di conservazione prevalente. Poiché nella banca dati OMI per le zone della fascia extraurbana (R)

non viene indicata una tipologia di fabbricato prevalente e non sono attribuiti valori, essendo prevalentemente a matrice agricola, nell'analisi di confronto con il consumo di suolo queste zone sono tenute a parte⁵⁸.

L'analisi è condotta per evidenziare la distribuzione spaziale del consumo di suolo nelle zone appartenenti alle diverse fasce OMI. Il consumo di suolo è calcolato al netto delle rinaturalizzazioni. Sono stati considerati sia i cambiamenti complessivi sia quelli specifici determinati dalla costruzione di edifici, con attenzione particolare a quelli aventi una dimensione minore di 0,5 ettari, che sono considerati più rappresentativi della tipologia residenziale. I valori sono stati analizzati anche in relazione a intervalli di valori di compravendita, utilizzando a tal fine cinque intervalli.

La tabella seguente mostra la distribuzione del suolo consumato al 2021 e del nuovo consumo netto tra il 2020 e il 2021 in relazione agli intervalli di valori di compravendita (Tabella 67) e per gli edifici (Tabella 68). Questa analisi consente di evidenziare la distribuzione in funzione del valore immobiliare. Il suolo consumato, sia complessivo, sia il suo incremento dell'ultimo anno, si ripartisce in parti quasi uguali tra le aree extraurbane, ovvero nella

⁵¹ La fascia è un'aggregazione di zone omogenee contigue. È un'area territoriale con una precisa collocazione geografica nel comune e ripercchia una collocazione urbanistica consolidata. Esistono cinque fasce che suddividono l'intero territorio:

- B - centrale, individua la porzione di territorio che coincide con il centro urbano del comune, ovvero un aggregato edilizio perimettabile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio;
- C - semicentrale, porzione di territorio in posizione immediatamente contigua al centro urbano, a cui è direttamente connessa per i servizi, i trasporti e le infrastrutture; si colloca tra la fascia centrale e quella periferica;
- D - periferica, area contigua alla fascia centrale o semicentrale, delimitata dal margine esterno dell'insediamento edificato;
- E - suburbana, individua le aree urbanizzate separate dall'agglomerato urbano del comune da un territorio non edificato attraverso una barriera naturale o artificiale;
- R - extraurbana, area del territorio comunale in cui l'attività prevalente è quella agricola, con edificazione di carattere rurale o assente, è una fascia residuale, delimitata dal confine amministrativo del comune.

⁵² La zona è una porzione di una fascia in cui si registra uniformità di apprezzamento per condizioni economiche e socio-ambientali, che corrisponde a un'omogeneità dei valori di mercato delle unità immobiliari compresi in un intervallo, con uno scostamento tra valore minimo e massimo che non è superiore al 50%. Nella definizione delle zone OMI sono inizialmente analizzate l'omogeneità delle caratteristiche

socio-ambientali, economiche e di localizzazione che contraddistinguono le possibili zone come alcuni requisiti di centralità (presenza funzionale e accessibilità a servizi pubblici e privati), livello di servizi (trasporto, etc.), nonché viene analizzata l'omogeneità dei valori di mercato. Gli ambiti territoriali delle zone OMI sono soggetti a un processo di revisione decennale, in linea con lo sviluppo urbanistico.

⁵³ La destinazione d'uso è un'aggregazione di tipologie edilizie secondo la loro omogenea destinazione d'uso, distinta in residenziale, commerciale, terziaria e produttiva.

⁵⁴ La tipologia edilizia è una classificazione di edifici o raggruppamenti di edifici secondo le loro omogenee caratteristiche distributive, organizzative e funzionali (ville e villini, abitazioni civili, box e autorimesse, negozi, magazzini, uffici, capannoni, etc.).

⁵⁵ Condizione dell'unità immobiliare che tiene conto del livello generale delle finiture interne e dell'efficienza degli impatti tecnologici presenti; si distingue in ottimo, normale, scadente.

⁵⁶ I valori OMI considerati sono quelli riferiti al primo semestre 2015 e al primo semestre 2021 per la variazione dei valori tra 2015 e 2021.

⁵⁷ Sono stati considerati i valori massimi in quanto l'uniformità delle condizioni socio-economiche e ambientali viene tradotta in intervalli di valori di mercato delle unità immobiliari omogenei, con uno scostamento tra valori minimi e massimi non superiore al 50%.

⁵⁸ I dati OMI al 2021 non coprono la totalità della superficie nazionale, pertanto le aree che non rientrano nella copertura non sono state considerate nelle analisi.

fascia R a matrice agricola (44% del suolo consumato e 60% dei cambiamenti), e quelle urbane (fasce B-E), dove sono attribuiti i valori economici OMI e che, complessivamente, ospitano circa il 55% del suolo oggi consumato e il 40% dei cambiamenti rilevati nell'ultimo anno dal SNPA (Tabella 67). Considerando che le aree extraurbane hanno un'elevata estensione, la percentuale di suolo consumato e la densità dei cambiamenti sono molto inferiori delle aree urbane. Tali indicatori evidenziano la maggiore concentrazione, oltre che delle aree artificiali, anche del nuovo consumo di suolo all'interno delle zone con alti valori immobiliari rispetto alle aree rurali.

Osservando i valori di suolo consumato negli intervalli di prezzo (Tabella 67), si può osservare che la superficie maggiore ricade in quello con valori compresi tra 1.000 e 1.500 €/m², con 427.035 ettari (32% di quest'area è a copertura artificiale), e in quello al di sotto di 1.000 €/m² con 359.131 ettari (31% di copertura artificiale). In generale, le aree con alti valori immobiliari, mostrano un'elevata "saturazione" del territorio con percentuali medie di suolo consumato sempre superiori al 30%. Nonostante gli elevati livelli di suolo consumato, la densità dei cambiamenti è decisamente superiore nelle aree urbane, con i valori più alti nella fascia sotto i 1.000 €/m² (7,15 m²/ha) e in quella compresa tra i 1.500-2.000 e 2.000 e 2.500 €/m² (7,36 e 7,63 m²/ha rispettivamente), più di 6 volte rispetto alla densità del consumo di suolo in area extraurbana.

L'analisi ristretta al solo consumo per costruzione di edifici e per gli edifici con area minore di 0,5 ettari, riconducibili principalmente alla tipologia residenziale (Tabella 68), mostra che i cambiamenti per la classe degli edifici

sono avvenuti in area urbana per 321 ettari e in quella extraurbana per 382 ettari. La densità dei cambiamenti per gli edifici residenziali è circa 10 volte maggiore in aree urbane rispetto a quelle rurali e si attesta intorno a 1 m²/ha per tutte le classi, ad eccezione della classe con valori maggiori di 2.500 €/m², in cui è pari a 0,49 m²/ha.

Un'ulteriore analisi è stata condotta differenziando la localizzazione del consumo per edifici o complessi di edifici con area minore a mezzo ettaro, che permette di escludere grandi trasformazioni dovute, ad esempio, ad attività commerciali o alla logistica, e sono più indicativi della componente legate all'edilizia residenziale. In tal caso, la quota del consumo di suolo complessivo in area urbana cresce al 59% (254 ettari su 416 totali) rispetto alla quota del 39% (2.252 ettari sui 6.330 totali), che era invece attribuibile al consumo di suolo complessivo in area urbana.

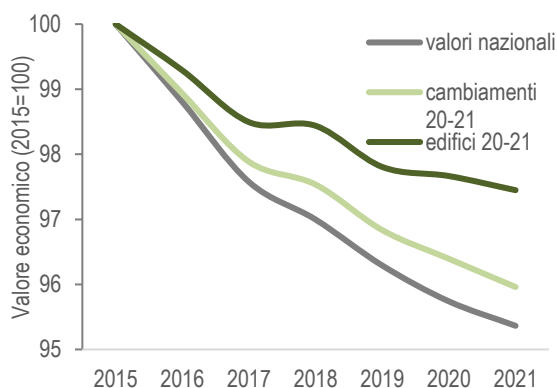
L'andamento temporale dei valori economici (Figura 121) evidenzia un calo significativo dei valori OMI a livello nazionale tra il 2015 e il 2021, confermando il trend di contrazione dei valori già verificato nell'anno passato. Il decremento nel 2021 è pari a circa il 5% rispetto al 2015, passando da un valore medio di 1.364 €/m² nel 2015 a 1.306 €/m² nel 2020, per abbassarsi ulteriormente a 1.301 €/m² nel 2021. La stessa figura rappresenta anche l'andamento delle aree nelle quali è localizzato il consumo di suolo complessivo dell'ultimo anno e quello relativo agli edifici residenziali. I cambiamenti si collocano in aree che hanno subito un decremento inferiore alla media (circa 3% per gli edifici e 4% per i cambiamenti complessivi).

Tabella 67. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo relativo al periodo 2020-2021 per classi di valori del mercato immobiliare. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Valori immobiliari (€/m ²) 2021	Suolo consumato 2021 (ha)	Suolo consumato 2021 (%)	Consumo di suolo 2020-21 (ha)	Consumo di suolo 2020-21 (%)	Densità di consumo di suolo 2020-21 (m ² /ha)
no valore OMI fasce urbane	581	47,64	2	0,37	17,56
extraurbano	950.848	3,61	3.805	0,40	1,45
<1000	359.131	31,42	817	0,23	7,15
1000-1500	427.035	31,64	850	0,20	6,30
1500-2000	224.994	33,00	502	0,22	7,36
2000-2500	85.469	36,27	180	0,21	7,63
>2500	98.633	34,37	175	0,18	6,08

Tabella 68. Consumo di suolo dovuto a edifici/fabbricati (classe SNPA 111) e a edifici/fabbricati con superficie inferiore ai 0,5 ettari relativo al periodo 2020-2021 per classi di valori del mercato immobiliare. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Valori immobiliari (€/m ²) 2021	Consumo di suolo 2020-21 per edifici (ha)	Consumo di suolo 2020-21 per edifici (%)	Densità di consumo di suolo 2020-21 per edifici (m ² /ha)	Consumo di suolo 2020-21 per edifici <0,5 ha (ha)	Consumo di suolo 2020-21 per edifici <0,5 ha (%)	Densità di consumo di suolo 2020-21 per edifici <0,5 ha (m ² /ha)
no valore OMI fasce urbane	-	-	-	-	-	-
extraurbano	171	8,44	0,12	171	4,48	0,06
<1.000	65	13,60	0,97	65	7,94	0,57
1.000-1.500	104	17,72	1,12	104	12,22	0,77
1.500-2.000	50	15,60	1,15	50	9,87	0,73
2.000-2.500	17	15,49	1,18	17	9,30	0,71
>2.500	10	7,99	0,49	10	5,97	0,36



rilevato consumo di suolo 2020-21 (verde chiaro) e nelle aree in cui si è rilevato consumo di suolo per edifici (verde scuro). Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Figura 121. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il 2015 e il 2021, normalizzati a 100, sul territorio nazionale (in grigio), nelle aree in cui si è

IL CONSUMO DI SUOLO NELLE FASCE URBANE CENTRALI, PERIFERICHE E SUBURBANE

Un ulteriore approfondimento sulla variazione temporale dei valori OMI (Festa, *et al.* 2021 e Ramani *et al.* 2021) su quattro comuni capoluogo di città metropolitane, Milano, Bologna, Roma, e Palermo mostra che a Roma e a Palermo si è verificato un generale abbassamento del valore degli immobili tra il 2015 e il 2021, mentre a Milano la tendenza è invertita, con un aumento di prezzo di circa il 10% nel periodo considerato. Si osserva che nella città di Milano (Figura 122) la crescita dei prezzi più importante si è registrata nella fascia semicentrale (+11%), partendo da un valore di circa 5.444 €/m² nel 2015 arrivando a superare i 6.000 €/m² nel secondo semestre 2021; le altre fasce hanno subito una variazione di circa il 9% (fasce centrale e periferica) e un'oscillazione minima (fascia suburbana), dove il prezzo si è attestato a circa 2.000 €/m² per tutto il periodo considerato. A Bologna (Figura 123) invece si è registrato un andamento diverso a seconda delle fasce: infatti nelle fasce centrale e semicentrale, dopo un iniziale abbassamento, si è assistito a un aumento del valore degli immobili di circa l'1% tra il 2020 e il 2021, mentre nella fascia suburbana questo ha subito una progressiva contrazione, passando da un valore medio di 1.500 €/m² a 1.350 €/m². Valori in flessione si sono registrati nella fascia semicentrale. Nella città di Roma invece (Figura 124) la perdita di valore più marcata si è registrata nelle fasce periferica e suburbana, con più del 10% perso tra il 2015 e il 2021; più contenuta è invece la perdita nella fascia centrale (-3%) dove il valore medio della compravendita degli immobili è passato da 6.994 €/m² nel 2015 a 6.770 €/m² nel 2021. A Palermo (Figura 125) l'andamento dei prezzi è simile a quello di Roma, con perdite di più del 10% rispetto al valore registrato per il 2015, che si riscontrano anche per la fascia centrale, in cui il valore medio al 2015 era circa 1.800 €/m² e di 1.700 €/m² nel secondo semestre 2020. In generale si osserva che in questi comuni tra il 2020 e il 2021 le quotazioni sono tornate a salire.

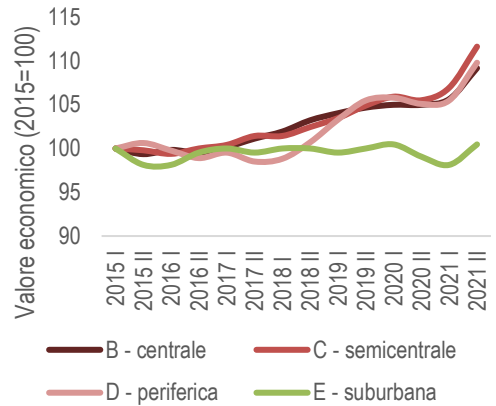


Figura 122. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2021, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Milano

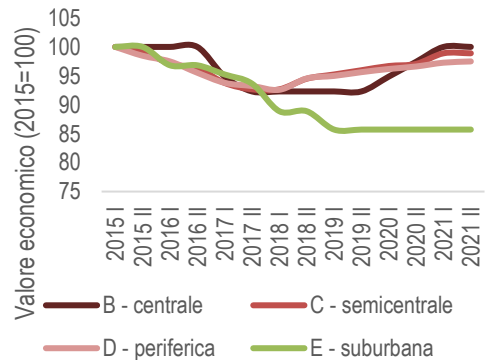


Figura 123. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2021, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Bologna

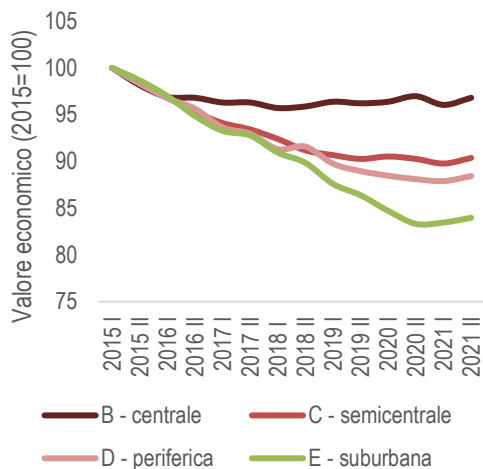


Figura 124. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2021, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Roma

Analizzando le diverse **fasce urbane** (centrale, semicentrale, periferica e suburbana), si può osservare che la maggiore consistenza di nuovi edifici residenziali ricade nella fascia urbana periferica per tutti gli intervalli di valore immobiliare, con concentrazione nell'intervallo di prezzi intermedio (tra 1.000 e 1.500 €/m², 37 ettari) e minore (meno di 1.000 €/m², 32 ettari). Anche nella fascia urbana centrale si osservano valori alti, soprattutto nella

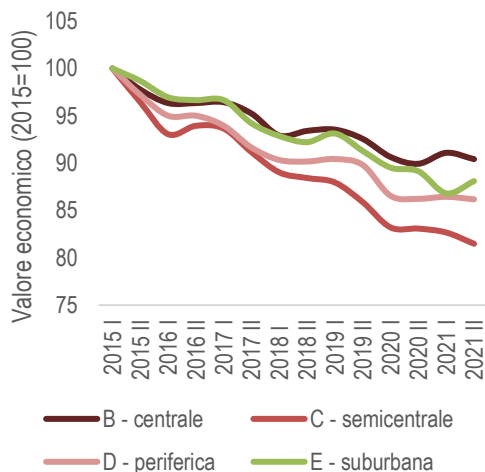


Figura 125. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2021, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Palermo

fascia di prezzo intermedio, tra 1.000 e 1.500 €/m², dove sono stati costruiti 38 ettari di nuovi edifici. La concentrazione di nuovi edifici residenziali nelle fasce centrali con valori economici minori è influenzata dalla presenza di un numero consistente di comuni piccoli, caratterizzati da poche zone OMI, in cui i nuovi edifici residenziali occupano 10 dei 15 ettari a livello nazionale (Figura 126).

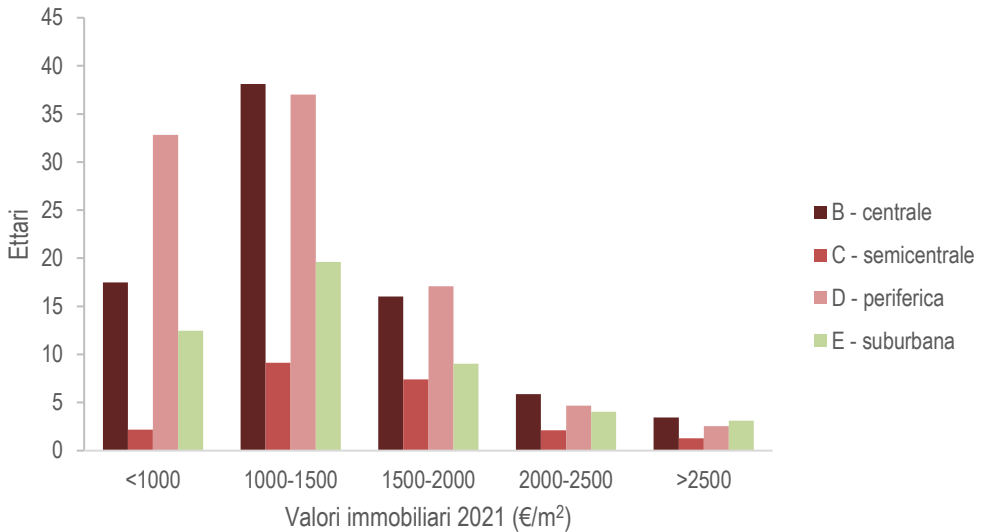


Figura 126. Consumo di suolo (2020-2021) dovuto a edifici/fabbricati con superficie inferiore ai 0,5 ettari per classi di valori del mercato immobiliare e fascia urbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

È stato analizzato il consumo di suolo in relazione ai seguenti intervalli di valori nelle aree centrali (fascia B) e nelle altre fasce, al fine di individuare in quali aree si è concentrato il fenomeno:

- < 1.000 €/m² basso
- 1.000-2.000 €/m² medio
- > 2.000 €/m² alto

Nelle aree centrali delle città (fascia B, Figura 127), la densità di consumo di suolo a livello nazionale si è concentrata nelle fasce con valori intermedi e alti (1.000-2.000 €/m²) con circa 6 m²/ha, mentre nei centri in cui i valori medi di compravendita delle abitazioni sono inferiori a 1.000 €/m² la densità di consumo di suolo è di 4 m²/ha.

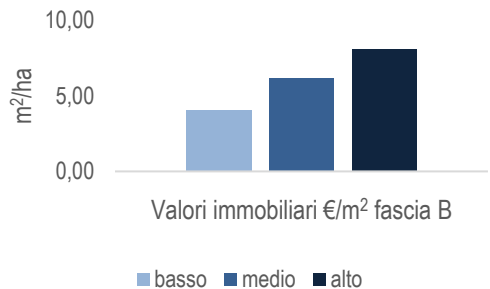


Figura 127. Consumo di suolo (2020-2021) per intervalli di valore nelle fasce centrali. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Considerando i dati di densità di consumo nelle altre fasce (semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana, (Figura 128) il valore maggiore (circa 8 m²/ha) si registra nelle aree in cui il valore di compravendita è inferiore a 1.000 €/m² e maggiore di 2.000 €/m² (6,5 m²/ha).

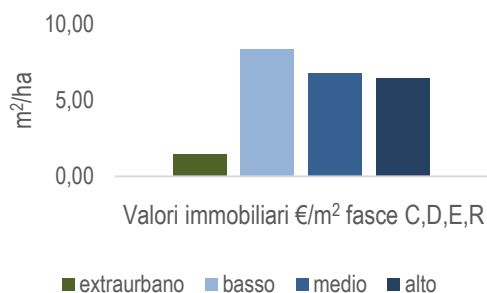


Figura 128. Consumo di suolo (2020-2021) per intervalli di valore nelle fasce semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori regionali di consumo di suolo (ettari e densità) negli intervalli di valore alto, medio e basso, rispettivamente nella fascia

centrale (Tabella 69) e nelle fasce semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana (Tabella 70).

Nella fascia centrale il maggior numero di ettari di consumo di suolo si sono registrati in Lombardia, con 92 ettari di nuovo suolo artificiale nell'intervallo di valori medio, a cui segue il Veneto con 77 ettari. Osservando i dati sulla densità emerge che nella fascia di valori media il consumo maggiore si ha in Abruzzo con 13,66 m²/ha, seguita dalla Campania con 11,19 m²/ha per la fascia alta di valori. Nelle altre fasce OMI il consumo maggiore si è registrato nel Lazio con 80 ettari nella fascia di valori alta, in Campania con 146 ettari nella fascia di valori media e in Sicilia con 94 ettari nella fascia di valori bassa. Se si considera la densità dei cambiamenti il valore maggiore è quello registrato in Abruzzo in cui nella fascia di valori bassa con 31 m²/ha.

Tabella 69. Consumo di suolo regionale 2020-2021 (ettari e densità) per classi di valore del mercato immobiliare e intervalli di valore bassi medi e alti nelle fasce centrali. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Regioni	no valore OMI (ha)	basso (ha)	medio (ha)	alto (ha)	no valore OMI (m²/ha)	basso (m²/ha)	medio (m²/ha)	alto (m²/ha)
Piemonte	0	18,39	24,72	0,34	0,00	4,66	4,64	1,13
Valle d'Aosta	0	0	2,88	0,53	0,00		3,22	1,16
Lombardia	0,1	45,87	91,8	14,3	1,66	10,22	6,01	5,91
Trentino-Alto Adige	0	0	4,56	9,43	0,00	0,00	8,59	7,84
Veneto	1,13	7,46	76,79	17,48	3,36	2,71	9,44	17,80
Friuli Venezia-Giulia	0	2,25	2,91	0	0,00	1,31	2,01	0,00
Liguria	0	0,28	0,57	0,37	0,00	0,16	0,39	0,47
Emilia-Romagna	0,55	3,44	58,86	2,75	4,25	2,76	10,84	3,72
Toscana	0	0,88	6,29	26,62	0,00	2,79	1,24	25,57
Umbria	0	1,33	1,39	0	0,00	1,81	4,47	0,00
Marche	0,8	2,99	4,05	0,32	2,11	2,97	4,94	3,02
Lazio	0,2	0,96	7,33	3,48	14,29	1,30	5,28	5,23
Abruzzo	1,24	14,11	8,39	0,1	8,33	7,12	13,66	0,87
Molise	0,24	1,85	0,1	0	6,71	3,13	1,93	0,00
Campania	1,01	10,86	15,34	1,89	10,03	4,31	11,19	4,76
Puglia	0	4,98	1,07	0	0,00	4,70	2,25	0,00
Basilicata	0	0,54	0,07	0		0,99	0,00	
Calabria	0	5,99	1,84	0,04	0,00	2,45	2,98	1,60
Sicilia	0,09	4	2,39	0	0,74	1,62	2,81	0,00
Sardegna	0,74	3,17	1,36	0,05	1,41	1,64	1,74	0,25
Italia	6,1	129,35	312,71	77,7	2,73	4,01	6,15	8,05

Tabella 70. Consumo di suolo regionale 2020-2021 (ettari e densità) per classi di valore del mercato immobiliare e intervalli di valore bassi medi e alti nelle fasce semicentrale, suburbana e extraurbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Regioni	no valore OMI fasce urbane (ha)	extraurbano (ha)	basso (ha)	medio (ha)	alto (ha)	no valore OMI fasce urbane (m ² /ha)	extraurbano (m ² /ha)	basso (m ² /ha)	medio (m ² /ha)	alto (m ² /ha)
Piemonte	0	450	63	69	4		1,96	12,37	7,68	4,73
Valle d'Aosta	0	5	0	1	1		0,16	10,15	1,91	3,82
Lombardia	0,10	508	44	114	66	2,76	2,72	13,69	7,33	12,32
Trentino-Alto Adige	2,04	58	4	3	6	27,76	0,44	15,32	6,29	9,29
Veneto	0	452	36	65	28		2,86	13,20	7,13	23,25
Friuli Venezia Giulia	0	63	22	9	0		0,98	3,43	1,95	0,00
Liguria	0	19	4	9	6		0,47	1,56	2,71	1,88
Emilia-Romagna	0	379	79	127	8		1,98	15,26	8,25	2,94
Toscana	0	138	25	59	38		0,71	7,64	2,98	4,86
Umbria	0	35	31	44	0		0,52	4,46	4,60	
Marche	0	80	16	31	3		0,95	10,38	6,63	6,44
Lazio	0	191	25	99	80		1,44	4,92	4,92	7,88
Abruzzo	0	300	35	58	1		3,02	13,35	19,80	31,35
Molise	0	41	7	3	1		0,97	10,04	6,66	21,96
Campania	0	243	60	146	12		2,11	11,86	15,85	5,86
Puglia	0	299	88	99	6		1,73	10,81	9,33	9,72
Basilicata	0	63	12	2	-1		0,66	5,44	2,26	-4,20
Calabria	0	51	16	9	0		0,37	2,34	3,47	
Sicilia	0	306	94	75	6		1,33	7,90	7,02	4,77
Sardegna	0	117	27	18	13		0,52	10,92	5,45	2,31
Italia	2,14	3.799	688	1.039	3.799	19,50	1,44	8,38	6,82	6,49

La maggiore densità delle trasformazioni e, ancor più, degli edifici residenziali all'interno delle fasce urbane è rappresentata attraverso la distribuzione tra le fasce OMI 2021 del territorio nazionale, del consumo di suolo e degli edifici con superficie inferiore al mezzo ettaro (Figura 130). Mentre la maggior parte del territorio (87,4%) ricade nelle fasce extraurbane, caratterizzate dalla prevalenza di attività agricola, seguite dalle fasce periferiche (4,7%) e da quelle suburbane (3,9%), i cambiamenti

2020-21 complessivi si distribuiscono diversamente: poco più della metà (59%) nella fascia extraurbana e la restante in quella urbana (fascia periferica 17%, suburbana 12%, centrale 8,3%, semicentrale 3%). Per i cambiamenti nella classe degli edifici con superficie minore di 0,5 ettari la concentrazione in ambito urbano è ancora più evidente, con il 60% delle nuove costruzioni rilevate nelle fasce urbane (periferica 23%, centrale 20%, suburbana 12%, semicentrale 5%).

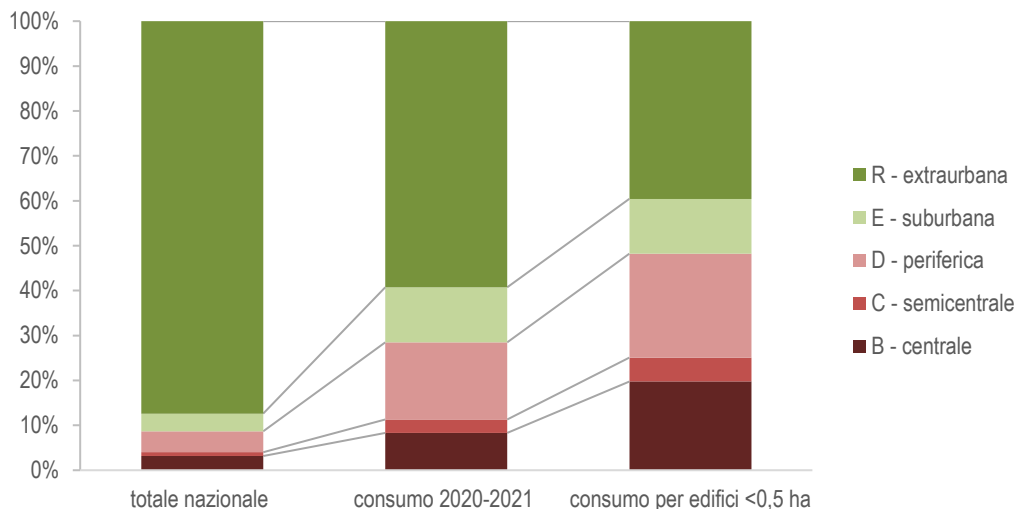


Figura 129. Ripartizione percentuale della superficie nazionale, del consumo di suolo 2020-2021 e del consumo di suolo 2020-2021 dovuto a edifici con estensione minore di 0,5 ettari in relazione alle fasce OMI 2020. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

L'analisi temporale del valore economico sulle singole fasce OMI in relazione alle aree dove si sono rilevate nuove costruzioni di edifici (Figura 130), evidenzia che le fasce periferica e suburbana hanno un decremento più rilevante rispetto alla media, mentre la fascia semicentrale ha un calo inferiore del valore medio tra il 2015 e il 2021. La fascia centrale è l'unica dove si registra una marcata inversione di tendenza negli ultimi due anni con un recupero parziale della perdita registrata nel triennio precedente.

Un'ultima analisi è stata condotta considerando la distribuzione del consumo di suolo rispetto alla variazione del valore immobiliare tra il 2015 e il 2021 (Figura 131). In questo caso emerge che la maggior parte del territorio si colloca in aree stabili o in decremento, in particolare nell'intervallo tra -50 e 0 €/m². Osservando la distribuzione del consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 e la sua componente dovuta agli edifici, emerge che la maggioranza delle aree consumate si colloca su quelle superfici che non hanno subito variazione nel valore o che hanno un decremento di valore nel periodo di tempo considerato. In particolare, per quanto riguarda la classe degli

edifici, la percentuale nelle classi di valori positivi è quasi sempre maggiore rispetto alle altre due categorie.

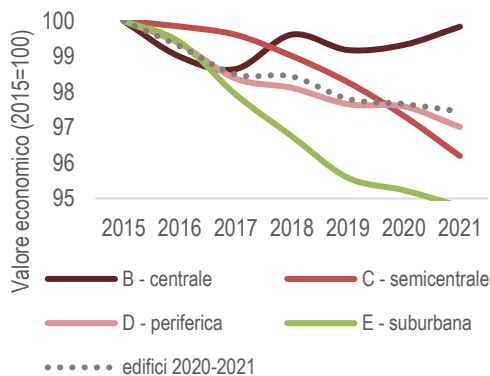


Figura 130. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il 2015 e il 2021, normalizzati a 100 nel 2015, nelle aree in cui si è rilevato consumo di suolo 2020-21 per edifici complessivo (grigio puntinato) e nelle fasce OMI. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

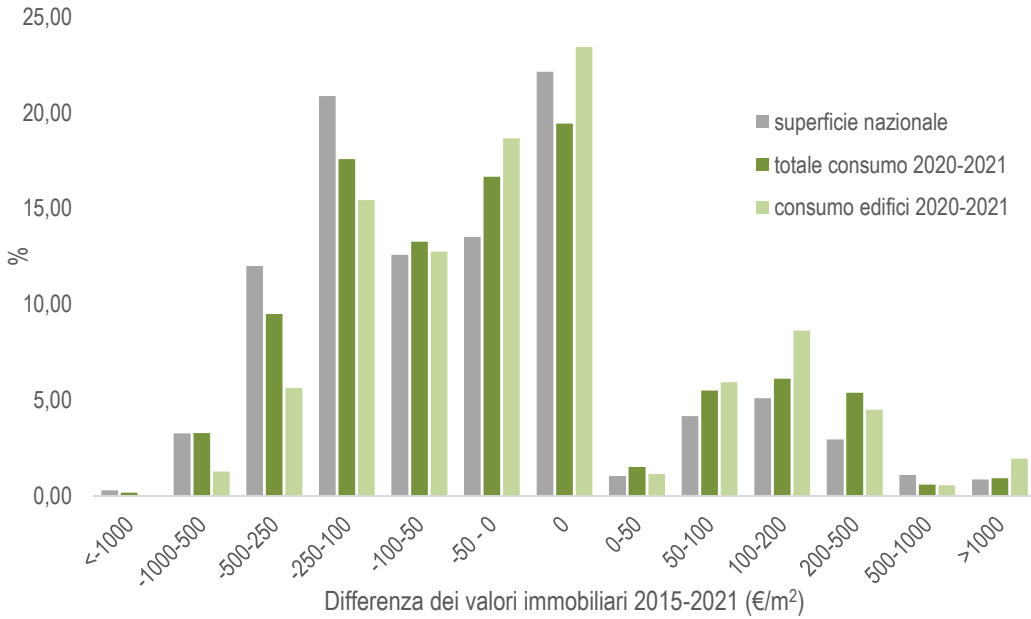


Figura 131. Ripartizione percentuale della superficie nazionale, del consumo di suolo 2020-2021 e del consumo di suolo 2020-2021 dovuto a edifici in relazione alla variazione dei valori OMI 2015-2021. I valori percentuali sono stati calcolati sulle superfici per cui erano disponibili i valori OMI. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

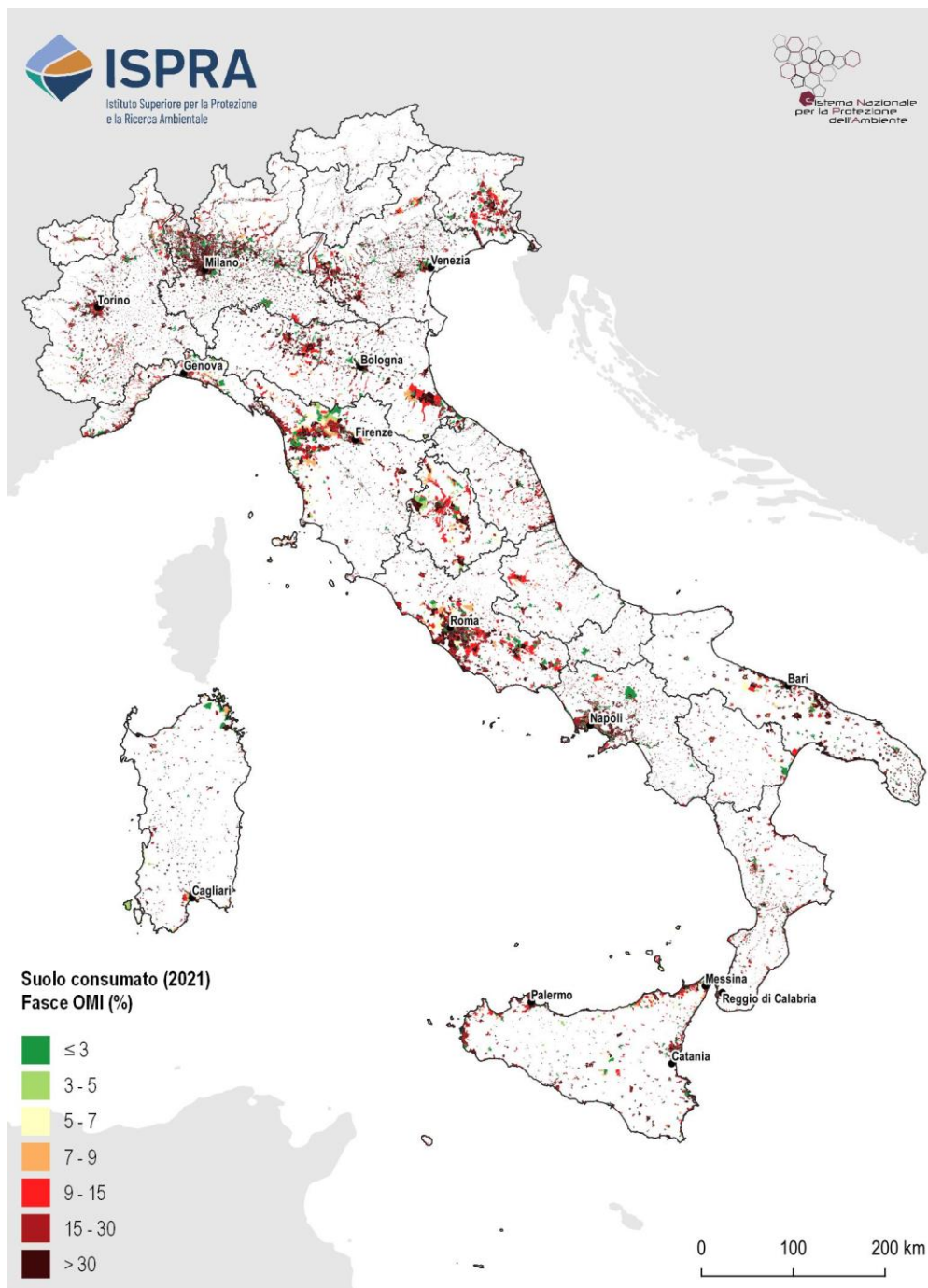


Figura 132. Suolo consumato all'interno delle fasce urbane OMI. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

CANTIERI E INFRASTRUTTURE

Il sistema di classificazione adottato da ISPRA/SNPA per il monitoraggio del consumo di suolo, basato su tre livelli di approfondimento, permette di suddividere già al secondo livello il consumo di suolo reversibile da quello irreversibile fino alla classificazione al terzo livello che identifica la tipologia di copertura.

Nelle tabelle che seguono (Tabella 71 e Tabella 72) è riportata l'estensione delle superfici al 2021 per le classi che identificano le aree:

I) di cantiere (classi: 12, 121, 122 suolo consumato reversibile riferito ai cantieri, alle superfici in terra battuta e alle strade non pavimentate);

II) dell'infrastruttura (classi: 112, 113, 114 e 115 suolo consumato permanente appartenente alle strade pavimentate, alle ferrovie, agli aeroporti e ai porti).

Tabella 71. Suolo consumato 2021 e consumo di suolo 2020-2021 delle aree di suolo consumato reversibile (cantieri e strade sterrate, classi: 12,121, 122)

Regione	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate (ha)	Consumo di suolo per cantieri e strade sterrate (ha)	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate (%)	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate rispetto al suolo consumato totale (%)	Suolo consumato pro capite per cantieri e strade sterrate (m ² /ab)
Piemonte	13.750	493,5	0,5	8,1	32
Valle d'Aosta	587	9,7	0,2	8,4	47
Lombardia	12.144	580,6	0,5	4,2	12
Trentino-Alto Adige	1.547	83,7	0,1	3,7	14
Veneto	9.156	612,8	0,5	4,2	19
Friuli-Venezia Giulia	4.429	82,0	0,6	7,0	37
Liguria	858	34,3	0,2	2,2	6
Emilia-Romagna	17.421	486,3	0,8	8,7	39
Toscana	8.455	283,9	0,4	6,0	23
Umbria	2.001	91,1	0,2	4,5	23
Marche	2.094	173,6	0,2	3,2	14
Lazio	5.835	281,7	0,3	4,2	10
Abruzzo	1.777	354,1	0,2	3,3	14
Molise	1.006	43,8	0,2	5,8	34
Campania	3.841	418,0	0,3	2,7	7
Puglia	7.071	318,0	0,4	4,5	18
Basilicata	2.851	56,8	0,3	9,0	52
Calabria	2.150	58,3	0,1	2,8	12
Sicilia	5.515	416,9	0,2	3,3	11
Sardegna	5.060	158,4	0,2	6,3	32
Italia	107.547	5.037	0,4	5,0	18

L'estensione maggiore di suolo consumato per i cantieri e le strade sterrate appartiene alle regioni del Nord Italia di Emilia-Romagna (17.421), Piemonte (13.750) e Lombardia con 12.144 ettari, mentre il consumo di suolo 2020-2021 per queste classi ha interessato maggiormente il Veneto con 612,8, la Lombardia con 580,6 e il Piemonte con 493,5 ettari. Tra i valori del suolo consumato percentuale calcolati sull'estensione dell'intera regione, rilevante è quello dell'Emilia-Romagna che regi-

stra lo 0,8%, esattamente il doppio rispetto alla percentuale nazionale dello 0,4%. La percentuale di suolo consumato delle classi riferite ai cantieri/strade sterrate sulla totalità del suolo consumato unitamente ai valori del consumo di suolo pro-capite, fanno emergere la Basilicata come la regione con i più alti valori, rispettivamente del 9% e di 52 m²/ab. I valori più bassi sono registrati invece in Liguria e Campania che hanno rispettivamente valori di 6 e 7 m²/ab di suolo consumato pro capite per cantieri e strade sterrate.

Tabella 72. Suolo consumato 2021 e consumo di suolo 2020-2021 delle aree di suolo consumato permanente (strade pavimentate, ferrovie, aeroporti e porti, classi: 112, 113, 114, 115)

Regione	Suolo consumato per le infrastrutture (ha)	Consumo di suolo per le infrastrutture (ha)	Suolo consumato per le infrastrutture (%)	Suolo consumato per le infrastrutture rispetto al suolo consumato totale (%)	Suolo consumato pro capite per le infrastrutture (m ² /ab)
Piemonte	34.973	3,0	1,4	20,6	82
Valle d'Aosta	3.176	0,0	1,0	45,4	256
Lombardia	76.264	16,9	3,2	26,4	76
Trentino-Alto Adige	17.356	0,2	1,3	41,7	161
Veneto	54.258	5,7	3,0	24,9	111
Friuli-Venezia Giulia	15.585	0,3	2,0	24,6	130
Liguria	15.066	0,7	2,8	38,3	99
Emilia-Romagna	54.366	11,2	2,4	27,1	122
Toscana	46.147	3,2	2,0	32,5	125
Umbria	16.811	0,3	2,0	37,7	194
Marche	20.041	0,4	2,1	31,0	134
Lazio	38.110	4,0	2,2	27,2	67
Abruzzo	20.229	0,7	1,9	37,3	158
Molise	8.136	0,1	1,8	46,7	276
Campania	34.269	3,4	2,5	24,0	61
Puglia	42.263	2,1	2,2	26,6	107
Basilicata	14.389	9,0	1,4	45,4	264
Calabria	27.163	0,9	1,8	35,6	146
Sicilia	48.419	3,4	1,9	28,9	100
Sardegna	28.864	0,8	1,2	36,1	182
Italia	615.885	66	2,0	28,7	104

Nella Tabella 72 è possibile leggere che la Lombardia è la regione con l'estensione maggiore in termini di ettari di superficie (76.264) delle classi al terzo livello riferite alle infrastrutture, subito dopo l'Emilia-Romagna e il Veneto con valori molto simili di 54.366 e 54.258 ettari. Sono sempre il Veneto (3%) e la Lombardia (3,2%) a risultare tra i primi posti per il suolo consumato percentuale secondo l'estensione della regione mentre rispetto al suolo consumato abbiamo valori più alti per il Molise con il

46,7% e 276 m²/ab di pro-capite, con i valori più piccoli invece la Campania (61 m²/ab) e il Lazio (67 m²/ab).

Nell'analisi proposta di seguito (Tabella 73) è mostrata la variazione in percentuale, alla scala regionale e nazionale, delle trasformazioni avvenute tra il 2020 e il 2021 per i cantieri e le strade sterrate verso tutte le altre classi di suolo consumato al secondo livello della classificazione ISPRA/SNPA.

Tabella 73. Variazione di superficie (%) dei cantieri/strade sterrate verso le classi di suolo consumato al secondo livello, per il periodo 2020-2021, alla scala regionale e nazionale

Regioni	Superficie rinaturalizzata (%)	Superficie consumato reversibile (%)	Superficie consumato permanente (%)	Altre classi di suolo non consumato (%)
Piemonte	24	0,02	76	0,06
Valle d'Aosta	97	-	3	-
Lombardia	17	1,12	81	-
Trentino-Alto Adige	49	-	51	-
Veneto	14	0,21	75	10,66
Friuli Venezia-Giulia	11	-	89	-
Liguria	-	-	100	-
Emilia-Romagna	32	0,09	66	2,14
Toscana	44	0,39	55	1,43
Umbria	39	2,50	58	-
Marche	64	-	36	0,04
Lazio	33	0,05	67	-
Abruzzo	77	-	23	-
Molise	-	53,92	43	2,82
Campania	19	-	81	0,06
Puglia	20	-	80	-
Basilicata	44	-	56	-
Calabria	3	-	97	-
Sicilia	10	-	68	22,03
Sardegna	47	-	53	-
Italia	25	0,35	70	4,66

Gran parte della superficie di cantieri e strade sterrate, esattamente il 70%, si trasforma in classi di copertura permanente mentre solo una piccola percentuale dello 0,3% in classi di suolo consumato reversibile. Le superfici che vengono invece rinaturalizzate sono il 25% che unitamente alla variazione verso le altre classi di suolo non consumato (serre non pavimentate, corpi idrici artificiali, rotonde e svincoli stradali, etc.) costituiscono il 30% della superficie.

L'approfondimento alla scala regionale, proposto nella stessa Tabella 73, mostra la variazione in favore delle altre classi di suolo consumato al secondo livello per ogni singola regione. La regione con la totalità delle trasformazioni avvenute nella sola direzione del consumo di suolo permanente è la Liguria con il 100%, subito dopo

la Calabria con il 97% e il Friuli Venezia-Giulia con l'89%. Il cambiamento verso le classi di consumo reversibile, come già evidente alla scala nazionale, è minimo e coinvolge principalmente il Molise con il 54%. La percentuale più bassa del 3% appartiene invece alla Valle d'Aosta che risulta anche al primo posto per la più alta percentuale di suolo rinaturalizzato (97%). Altri notevoli valori di percentuale rinaturalizzata appartengono all'Abruzzo (77%) e alle Marche (64%).

L'estratto della matrice di cambiamento (2020-2021) per le aree di cantiere e strade sterrate, alla scala regionale e nazionale, proposta nella Tabella 74 mostra le variazioni (in ettari) più consistenti in termini di superficie verso le classi di suolo consumato permanente.

Tabella 74. Variazioni in ettari delle superfici di cantiere e strade sterrate per il periodo 2020-2021 (più consistenti in termini di superficie) verso le classi di suolo consumato permanente 111, 112, 116

Regioni	Classe 111	Classe 112	Classe 116
Piemonte	48,66	14,32	56,66
Valle d'Aosta	0,07		
Lombardia	81,98	26,58	61,11
Trentino-Alto Adige	9,52	0,61	6,00
Veneto	136,73	156,28	77,84
Friuli Venezia-Giulia	1,64	0,02	1,61
Liguria	0,10		
Emilia-Romagna	42,81	68,62	53,72
Toscana	11,38	8,46	25,33
Umbria	0,76	1,00	2,90
Marche	12,40	1,73	25,82
Lazio	33,04	6,06	20,19
Abruzzo	0,52		0,74
Molise	1,26		0,12
Campania	19,56	5,51	53,50
Puglia	9,90	1,26	5,06
Basilicata	0,79		1,90
Calabria	3,59	0,21	7,38
Sicilia	10,04	26,12	16,08
Sardegna	2,92	8,42	1,31
Italia	427,67	325,20	417,27

Le trasformazioni alla scala nazionale per le classi 111 (edifici) e 116 (aree pavimentate non edificate) risultano molto simili per estensione, rispettivamente di 428 e 417 ettari mentre è inferiore il valore della classe 112 (strade pavimentate) che registra 325 ettari. Il Veneto con 137 ettari risulta la regione con maggior cambiamento di superficie in favore della classe 111, subito dopo la Lombardia con 82 ettari. Per la classe 112 è sempre il Veneto a detenere il primato con 156 ettari, seguito questa volta dall'Emilia-Romagna con una superficie nettamente più bassa di 69 ettari. La classe 116 mostra ancora una volta il Veneto con 78 ettari e poi Lombardia e Piemonte rispettivamente con 61 e 57 ettari di superficie.

Le opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) assumono un ruolo rilevante nell'analisi dei cambiamenti delle classi riferite ai cantieri e le infrastrutture. La VIA ha lo scopo di individuare, descrivere e valutare, in via preventiva alla realizzazione delle opere, gli effetti sull'ambiente biogeofisico, sulla salute e benessere umano di determinati progetti pubblici o privati, nonché di identificare le misure atte a prevenire, eliminare o rendere minimi gli impatti negativi sull'ambiente, prima che questi si verifichino effettivamente. La VIA comprende, l'elaborazione e la presentazione dello studio d'impatto ambientale da parte del proponente, lo svolgimento delle consultazioni, la valutazione dello studio d'impatto ambientale, delle eventuali informazioni supplementari fornite dal proponente e degli esiti delle consultazioni, l'adozione del provvedimento di VIA in merito agli impatti ambientali del progetto, l'integrazione del provvedimento di VIA nel provvedimento di approvazione o autorizzazione del progetto. Il provvedimento di VIA è un "provvedimento motivato, obbligatorio e vincolante, che esprime la conclusione dell'autorità competente in merito agli impatti ambientali significativi e negativi del progetto, adottato sulla base dell'istruttoria svolta, degli esiti delle consultazioni pubbliche e delle eventuali consultazioni transfrontaliere"; contiene ogni opportuna indicazione per la progettazione e lo svolgimento delle attività di controllo e monitoraggio degli impatti. Il monitoraggio assicura (anche avvalendosi dell'ISPRA e del SNPA) il controllo sugli impatti ambientali significativi provocati dalle opere approvate, nonché la corrispondenza alle condizioni ambientali espresse sulla compatibilità ambientale dell'opera. Il monitoraggio è effettuato anche al fine di individuare tempestivamente gli impatti negativi imprevisti e di consentire all'autorità competente di essere in grado

di adottare le opportune misure correttive (art. 28 D.lgs 152/2006 s.m.i.). I progetti di competenza statale sono riportati all'allegato II alla parte seconda del D.lgs 152/06 tra cui si individuano, per la loro significatività in tema di consumo di suolo, le opere relative a:

- tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza nonché aeroporti con piste di atterraggio superiori a 1.500 metri di lunghezza;
- autostrade e strade extraurbane principali;
- strade extraurbane a quattro o più corsie o adeguamento di strade extraurbane esistenti a due corsie per renderle a quattro o più corsie, con una lunghezza ininterrotta di almeno 10 km
- condutture di diametro superiore a 800 mm e di lunghezza superiore a 40 km per il trasporto di gas.

Relativamente a tali tipologie progettuali (Autostrade/Strade, Tronchi ferroviari, metanodotti) si riportano di seguito il n. di provvedimenti VIA statale positivi emanati dal 2011 al 2020 (Figura 133).

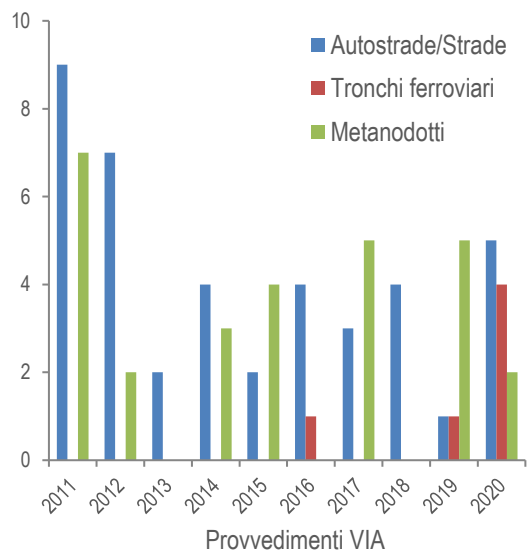


Figura 133. Numero provvedimenti VIA approvati dal 2011 al 2020

Per le tipologie d'opera progettuale autostrade/strade e tronchi ferroviari si richiamano, inoltre, i pareri di Valutazione di Impatto Ambientale per le opere che rientrano nella Legge Obiettivo 443/2001 (L.O.) emanati nell'arco

temporale 2011-2018 dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA-VAS del MiTE e successivamente trasmessi al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti per l'approvazione da parte del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) (Figura 134).

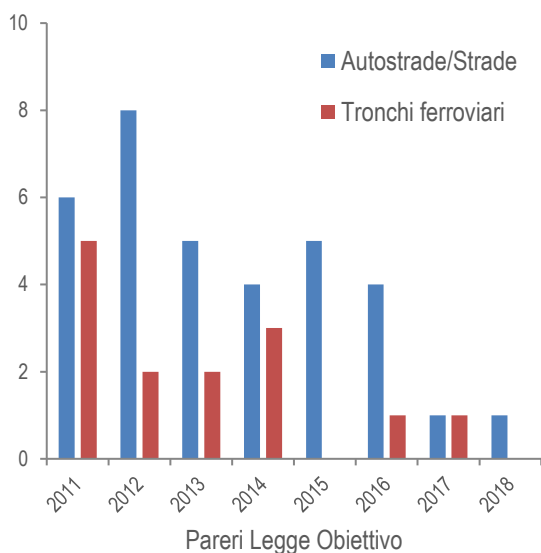


Figura 134. Pareri Legge Obiettivo (443/2001) emanati dal 2011 al 2018

Nella scelta dell'alternativa ragionevole più sostenibile dal punto di vista ambientale, deve essere considerato tra i criteri di premialità l'aspetto relativo al risparmio di "consumo di suolo", sia nella fase di realizzazione, sia nella fase di esercizio dell'opera, nell'ottica di limitare quanto più possibile il consumo di suolo libero (*"greenfield"*) a favore di aree già pavimentate/dotate di infrastrutture e servizi o di suolo già compromesso (*"brownfield"*), cercando di utilizzare aree dismesse, di degrado,

interstiziali, di risulta. Inoltre, si dovrebbero quantificare i suoli definitivamente sottratti, sia in termini areali che volumetrici, in ragione dell'inserimento delle opere in progetto e stimare la qualità dei suoli eventualmente sottratti tenendo conto delle cartografie degli usi effettivi e di capacità d'uso dei suoli medesimi.

Per quantificare l'impatto del consumo di suolo in riferimento alle opere soggette a VIA (nazionale e quelle previste dalla Legge obiettivo) nel periodo di riferimento 2020/2021, si è proceduto al confronto tra le procedure VIA, con esito positivo, rese disponibili dal MiTE⁵⁹ con i cambiamenti mappati dal SNPA. I dati relativi alle procedure considerate sono riportati in Tabella 75

A livello nazionale l'impatto percentuale sul consumo di suolo 2020-2021, dovuto alle opere soggette a VIA nazionale, raggiunge quasi il 5%. Complessivamente, a livello nazionale risultano occupati 313 ettari nell'ultimo anno (Figura 135) L'opera con il maggior impatto risulta la Linea AV/AC Torino-Venezia, Tratta Milano-Verona, Lotto funzionale Brescia est-Verona. L'opera si colloca a cavallo di due regioni, la Lombardia (ca. 49 ettari) e il Veneto (54 ettari) per un totale di quasi 103 ettari di suolo consumato. La regione con il maggior consumo di suolo è il Veneto con quasi 114 ettari. A livello percentuale è il Friuli Venezia-Giulia a detenere il primato con il 35% di consumo di suolo; seguono il Veneto (16,66%) e il Piemonte (5,21%).

Dall'analisi dei cambiamenti sono stati presi in considerazione anche altri due procedimenti: il rifacimento metanodotto denominato "Rimini-Sansepolcro" (35 ha) e il metanodotto "Larino-Chieti" (68,6 ha; Figura 136). Queste opere sono soggette VIA regionale, e non nazionale, per caratteristiche dimensionali (ad.es. diametro inferiore agli 800 mm) ma hanno comunque un notevole impatto. Complessivamente le due opere hanno interessato quasi 104 ettari di suolo consumato (1,64%).

⁵⁹ <https://va.mite.gov.it/IT/Procedure/Provvedimenti5>

Tabella 75. Consumo di suolo (ha) legato ad opere soggette a VIA nazionale e Legge Obiettivo 2020 - 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	M. Ravenna	Av//Ac Mi-Ge	Tangenziale No- vara	Av//Ac Bs-Vr	M. Salgareda	M. Campodarsego -Castelfranco	M. Mestre-Trieste	M. Gagliano- Ter- mini Imerese	R.A. Ospetaletto- Montichiari	Centrale Termoe- lettrica Ve	Quota di consumo di suolo VIA / L.O (ha)	Quota di consumo di suolo 2020 - 2021 (%)
Piemonte	-	18,6	14,2	-	-	-	-	-	-	-	32,8	5,2
Lombardia	-	-	-	48,9	-	-	-	-	13,6	-	62,5	7,1
Veneto	-	-	-	53,6	38,6	4,8	15,6	-	-	1,3	113,9	16,7
Friuli Vene- zia-Giulia	-	-	-	-	-	-	34,6	-	-	-	34,6	35,2
Emilia-Ro- magna	47,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,2	7,2
Sicilia	-	-	-	-	-	-	-	22,0	-	-	22,0	4,5
TOTALE	47,2	18,6	14,2	102,5	38,6	4,8	50,3	22,0	13,6	1,3	313,0	4,9

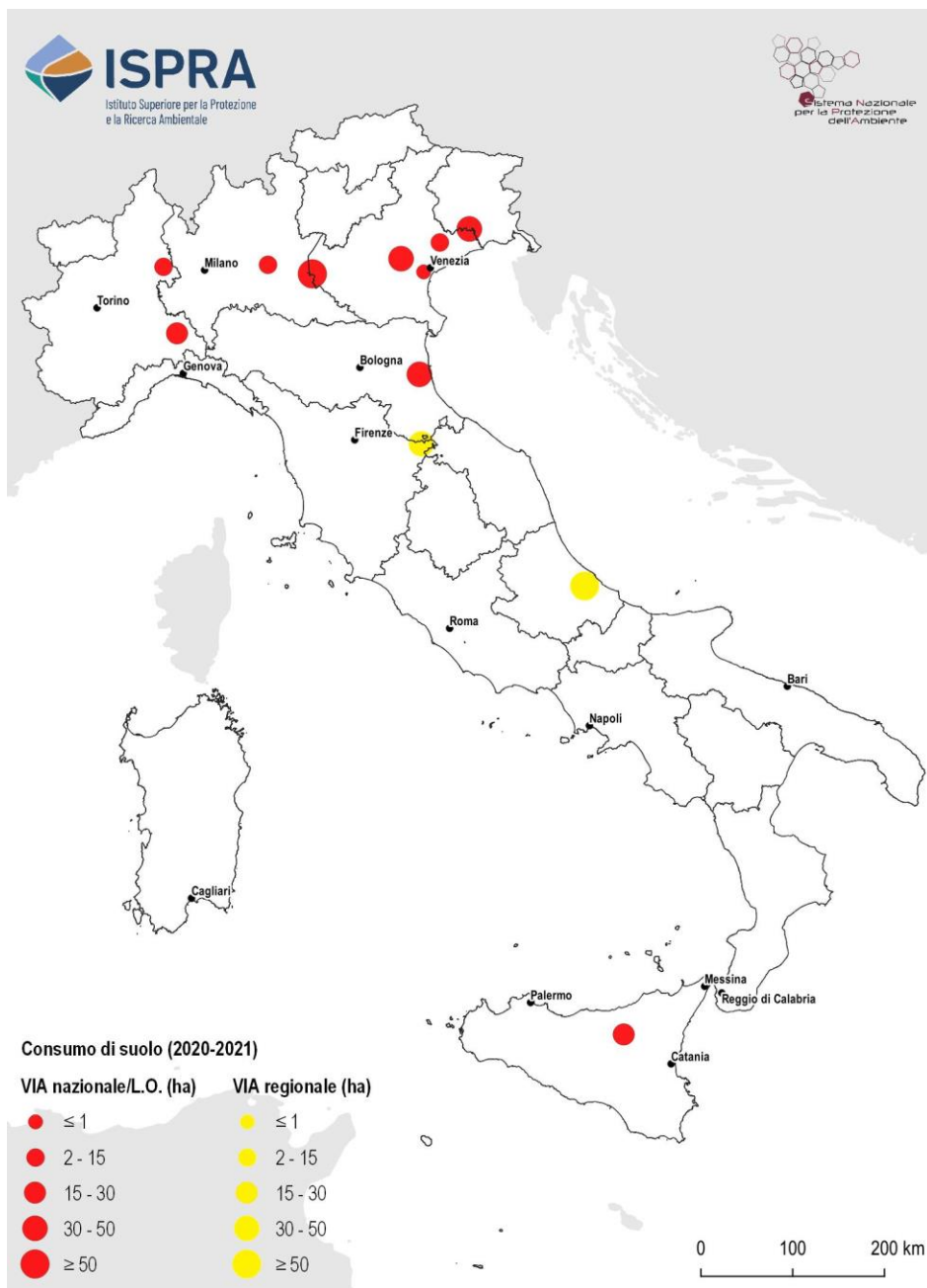


Figura 135. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti a VIA nazionale/L.O. e VIA regionale (2020-2021). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

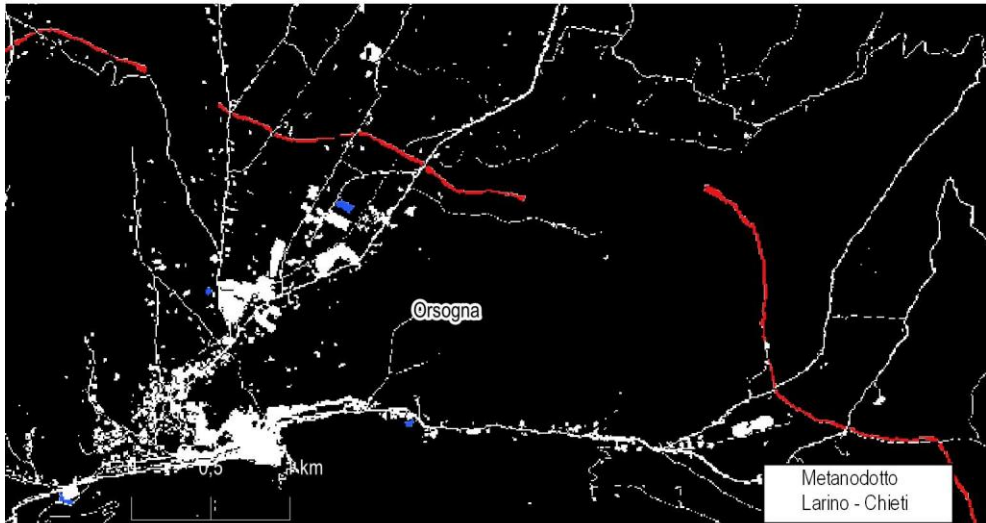
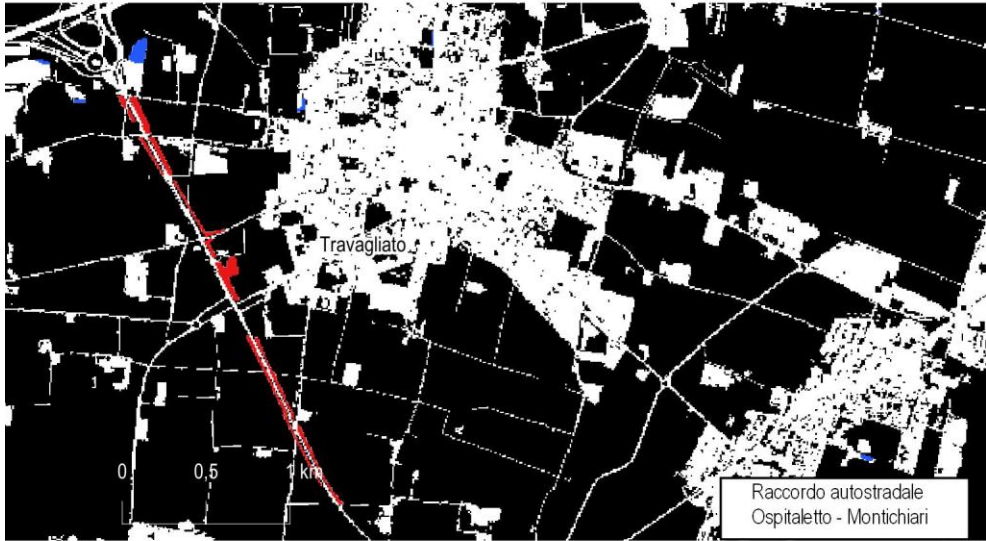


Figura 136. Opere soggette a VIA regionale: il metanodotto "Rimini-Sansepolcro" (35 ha) e il metanodotto "Larino-Chieti" (68,6 ha). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

GLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Tra le forme di consumo è stata indagata anche quella relativa agli impianti fotovoltaici a terra (classe 125; Figura 137) per la sua rilevanza rispetto al raggiungimento di una produzione energetica sostenibile per l'ambiente e prevista in forte crescita nel futuro.

I dati SNPA relativi all'individuazione di nuovi impianti fotovoltaici installati a terra rilevati tra il 2020 e il 2021⁶⁰ riportano un totale di 70 ettari di consumo di suolo corrispondenti a una potenza di circa 37 MW⁶¹, un dato abbastanza distante dai 242 ettari rilevati nel 2020 e dai 246 rilevati nel 2019. I rapporti statistici "Solare Fotovoltaico" redatti dal GSE confermano che il 2021 ha registrato una flessione decisa dell'entrata in servizio di nuovi grandi impianti superiori a 5 MW. La potenza installata in questa classe di impianti risulta infatti di 38 MW, a fronte dei 160 MW del 2020 e 214 MW del 2019. Nell'ultimo anno si nota invece un aumento degli impianti compresi tra 0.2 e 5 MW, che sono passati da 172 MW nel 2020 a 357 MW nel 2021⁶², consentendo di mantenere il totale della potenza installata non molto lontano dai valori degli anni precedenti. La tendenza a progettare i nuovi impianti con dimensioni compatibili con una localizzazione non a terra è senza dubbio un aspetto positivo da evidenziare, in ottica dello sfruttamento dei tetti degli edifici e dei fabbricati più grandi.

Le regioni in cui nell'ultimo anno si è destinato più territorio al fotovoltaico a terra sono la Puglia, che è quella che ha consumato di più, con 27,6 ettari (circa il 40% del totale) e il Lazio con 17 ettari (circa il 24%; Tabella 76).

Tabella 76. Distribuzione del consumo di suolo 2020-2021 dovuto a nuovi impianti fotovoltaici a terra. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)
Piemonte	6,1
Valle d'Aosta	0
Lombardia	0
Trentino-Alto Adige	0
Veneto	0,6
Friuli-Venezia Giulia	0
Liguria	0
Emilia-Romagna	1,3
Toscana	0
Umbria	8
Marche	1,2
Lazio	16,8
Abruzzo	0,7
Molise	0
Campania	0,1
Puglia	27,6
Basilicata	1,1
Calabria	0
Sicilia	6,7
Sardegna	0
Italia	70

Complessivamente, a livello nazionale, risultano occupati da impianti fotovoltaici circa 17.560 ettari, equivalenti a più di 9.000 MW di potenza. I dati possono considerarsi in linea con quelli pubblicati nel rapporto statistico del GSE⁶³ che riporta una superficie di circa 15.200 ettari e una potenza totale pari a circa 8.130 MW. Le differenze tra questi due valori possono essere attribuite alla differente risoluzione dei dati, quelli del rapporto del GSE

⁶⁰ I dati dei nuovi impianti fotovoltaici rilevati dal monitoraggio ISPRA/SNPA si riferiscono a nuovi impianti individuati tramite dati satellitari e/o servizi immagini ad alta risoluzione e non danno informazioni relative alla loro entrata in esercizio.

⁶¹ La stima dei MW installati è stata fatta considerando un parametro del GSE che pone a 1,9 ettari la superficie lorda occupata da ogni

MW installato a terra (GSE, Rapporto Statistico 2021, Solare Fotovoltaico).

⁶² I dati GSE fanno riferimento al totale degli impianti installati a terra al 31 dicembre 2021.

⁶³ Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2021, Gestore dei Servizi Energetici S.p.A., a cura di Alessio Agrillo, Vincenzo Surace, Paolo Liberatore

sono valori derivanti dalla documentazione di ogni singolo impianto⁶⁴ mentre i dati SNPA derivano da fotointerpretazione di immagini telerilevate, con una risoluzione di 10 metri e possono includere anche le aree di pertinenza degli impianti.

La distribuzione dei pannelli fotovoltaici installati a terra a livello regionale, ricavabile dai dati SNPA, mostra una situazione abbastanza eterogenea. La regione con più superficie occupata da impianti è la Puglia, con 6.123 ettari (circa il 35% di tutti gli impianti nazionali), seguita dall'Emilia-Romagna (1.872 ha) e dal Lazio (1.483 ha). Le regioni su cui risulta installato il numero più basso di MW a terra sono il Trentino-Alto Adige (13 ha), la Valle d'Aosta (1,2 ha) e la Liguria (0,2 ha). Anche in questo caso i dati possono considerarsi in linea con quelli del GSE pur mostrando delle differenze in alcuni valori (Tabella 77).

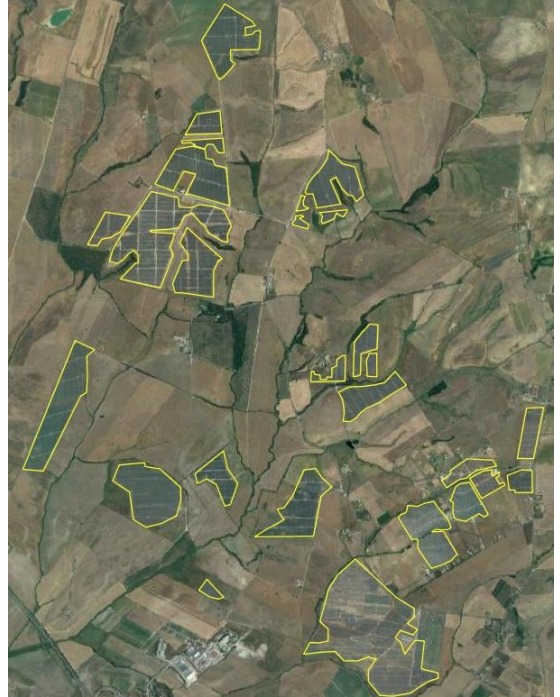


Figura 137. Esempio di impianti fotovoltaici installati su suolo utile (circa 370 ettari), comune di Montalto di Castro (Viterbo)

⁶⁴ I dati di superficie lorda riportati sul rapporto statistico fotovoltaico 2021 derivano dall'elaborazione di informazioni provenienti dagli archivi amministrativi GSE relativi ai meccanismi di incentivazione e da

rivelazioni puntuali ad hoc, nonché di stime parametriche laddove il dato non fosse disponibile.

Tabella 77. Distribuzione del suolo consumato 2021 dovuto a impianti fotovoltaici a terra. Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2021 del GSE

Regione	Suolo consumato 2021 SNPA (ha)	Suolo consumato 2021 GSE (ha)
Piemonte	1.180	1.010
Valle d'Aosta	1	0
Lombardia	314	430
Trentino-A. Adige	13	10
Veneto	798	680
Friuli-V. Giulia	242	240
Liguria	0	0
Emilia-Romagna	1.872	1.250
Toscana	439	450
Umbria	133	300
Marche	1.061	1.040
Lazio	1.483	1.500
Abruzzo	597	660
Molise	185	200
Campania	399	340
Puglia	6.123	4.390
Basilicata	506	530
Calabria	270	290
Sicilia	1.223	1.290
Sardegna	725	590
Italia	17.564	15.200

Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), del dicembre 2019, prevedeva un aumento, entro il 2030, della capacità fotovoltaica installata a più di 52 GW, partendo dai circa 21 GW già installati. In un'ottica del raggiungimento della "neutralità climatica" al 2050⁶⁵ e dell'obiettivo intermedio della riduzione del 55% delle emissioni di gas serra al 2030, alla luce anche dell'attuale situazione internazionale, sono state imposte delle accelerazioni alle misure di mitigazione delle emissioni. Il Piano per la Transizione Ecologica (PTE) prevede che al 2030 la generazione di energia elettrica provenga per il 72% da fonti rinnovabili, fino a sfiorare livelli prossimi al 95-100% nel 2050. Per raggiungere questi obiettivi il PTE stima che il fabbisogno di nuova capacità da installare

entro il 2030 sarebbe di circa 70-75 GW di energie rinnovabili. A seguito della guerra in Ucraina, per accelerare la fine della dipendenza dai combustibili fossili russi, l'Unione Europea ha messo in atto il piano "REPowerEU", un'iniziativa che prevede un ulteriore aumento di 45 GW/anno delle quote previste di potenza da installare a livello europeo.

Secondo quanto cita lo stesso PTE, per far fronte alle esigenze della domanda di produzione elettrica al 2050, "il compito principale sarà affidato alla tecnologia del solare fotovoltaico". In questo contesto si sottolinea positivamente l'intenzione dello stesso legislatore di "individuare le aree e le superfici idonee [...] coerentemente con le esigenze di tutela del suolo, delle aree agricole e forestali e del patrimonio culturale e paesaggistico, in conformità ai principi di minimizzazione degli impatti sull'ambiente, sul territorio e sul paesaggio". Lo stesso Piano individua come soluzione migliore lo "sfruttamento prioritario delle superfici di strutture edificate (tetti e in particolare quelli degli edifici pubblici, capannoni industriali e parcheggi), aree e siti oggetto di bonifica, cave e miniere cessate".

Sfruttando la classe 111, rappresentata da edifici e fabbricati della carta del suolo consumato 2021, è stata fatta una stima della superficie potenzialmente disponibile per l'installazione di impianti fotovoltaici sui tetti e relative ipotesi sulla potenza fotovoltaica installabile. Diversi fattori possono incidere sulla superficie effettivamente disponibile all'installazione di nuovi impianti, tra i principali ci sono i comignoli, gli impianti di condizionamento, l'ombreggiamento da elementi costruttivi o edifici vicini, etc. È stato stimato che la percentuale dei tetti adatti ad ospitare impianti può variare, a livello europeo, tra il 49 e il 64% (Bòdis *et al.*, 2019). Un'ulteriore riduzione del 60% di superficie da non considerare è dovuta alla distanza necessaria tra i pannelli per permetterne la manutenzione (*ibidem*). Dall'analisi sono stati anche esclusi i centri storici, in cui l'installazione dei pannelli può essere inopportuna o soggetta a vincoli di natura storico-paesaggistica. Per fare questo sono stati utilizzati i dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare e Servizi Estimativi dell'Agenzia delle Entrate, che identificano le zone

⁶⁵ Piano per la Transizione Ecologica, Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022, n. 138

centrali dei comuni⁶⁶. La superficie totale degli edifici ricavabile dalla carta del suolo consumato 2021, al netto di quelli ricadenti nei centri storici, ammonta a 3.852 km². A questo valore, per ricavare l'area netta disponibile, sono stati applicati sia il fattore massimo (49%) che il fattore minimo di riduzione (64%) e successivamente è stato sottratto l'ulteriore 60% dell'area.

I risultati mostrano che la superficie netta disponibile può variare da 755 a 986 km². Ipotizzando tetti piani e la necessità di disporre di 10,3 m² per ogni kW installato⁶⁷, si stima una potenza variabile dai 73 ai 96 GW che sarebbe possibile installare su fabbricati esistenti. A questa potenza si potrebbe aggiungere quella installabile in aree di parcheggio, in corrispondenza di alcune infrastrutture, in aree dismesse o in altre aree impermeabilizzate, senza aumentare il consumo di suolo. Ipotizzando che sul 4% dei tetti⁶⁸ sia già installato un impianto, si può concludere che, sfruttando gli edifici disponibili, ci sarebbe posto per una potenza fotovoltaica compresa fra 70 e 92 GW⁶⁹, un quantitativo sufficiente a coprire l'aumento di energia rinnovabile complessiva previsto dal Piano per la Transizione Ecologica al 2030.

Il piano "REPowerEU" contiene al suo interno diverse iniziative volte a superare le sfide connesse alla transizione ecologica, una di queste è "l'Iniziativa per i tetti solari". Essa "mira a sbloccare il grande potenziale sottoutilizzato di produzione di energia solare sui tetti al fine di rendere la nostra energia più pulita, sicura e accessibile dal punto di vista economico", segnalando anche alcuni dei punti di forza di questo tipo di impianto che, avvalendosi di strutture esistenti e non entrando in conflitto con altri beni comuni, come il suolo, sono di rapida realizzazione e possono tenere i consumatori (prosumatori) a riparo dai rincari dell'energia.

Se da un lato i nuovi piani, sia nazionali che europei, sembrano voler indirizzare l'installazione dei nuovi im-

pianti per le energie rinnovabili verso pratiche più sostenibili e meno impattanti, dall'altro lo stesso legislatore sta decretando la semplificazione dei procedimenti di autorizzazione aumentando anche il rischio di perdita di suolo agricolo⁷⁰.

Volendo fare una previsione di quanto suolo verrebbe realmente consumato a causa dei nuovi impianti fotovoltaici, le superfici coinvolte dipendono dalla quota della nuova energia da produrre che verrà affidata al solare fotovoltaico e dal rapporto tra impianti che saranno realizzati a terra e impianti che saranno realizzati su coperture. Al 2021, come risultato della storia della diffusione di questa tecnologia nel nostro Paese, la ripartizione risulta pari al 36% circa a terra e al 64% su edificio. Ipotizzando di fissare l'attenzione su tutti i 75 GW incrementali, una ripartizione analoga ad oggi tra terra ed edificio e utilizzando come coefficienti medi di occupazione valori non molto dissimili da quelli attuali, si potrebbe calcolare in via teorica una superficie di circa 513 km² di nuovo suolo consumato. Si tratta, tuttavia, di un calcolo teorico soggetto a enorme variabilità al variare delle ipotesi, ma rappresenta una quota di circa 8 volte il consumo di suolo annuale netto totale.

⁶⁶ La fascia centrale individua quella porzione di territorio comunale che coincide con il centro urbano del comune, inteso come aggregato edilizio perimetrabile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio (Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare, Istruzioni tecniche per la formazione della Banca Dati Quotazioni OMI, Agenzia delle Entrate 2018).

⁶⁷ Parametro ricavato dal simulatore GSE per i tetti in piano (www.autoconsumo.gse.it).

⁶⁸ Valore derivante dall'ipotesi che tutta la potenza installata non a terra sia sui tetti.

⁶⁹ Lo scorso anno era stato stimato un quantitativo più basso, compreso tra 59 e 77 GW. L'aumento è dovuto ad una maggiore accuratezza della stima della superficie già coperta da impianti e da una mappatura più completa degli edifici.

⁷⁰ Paolo Pileri, Questa corsa alla pannellizzazione fotovoltaica non fa il bene dei suoli agricoli, *Altroeconomia*, 20/06/2022

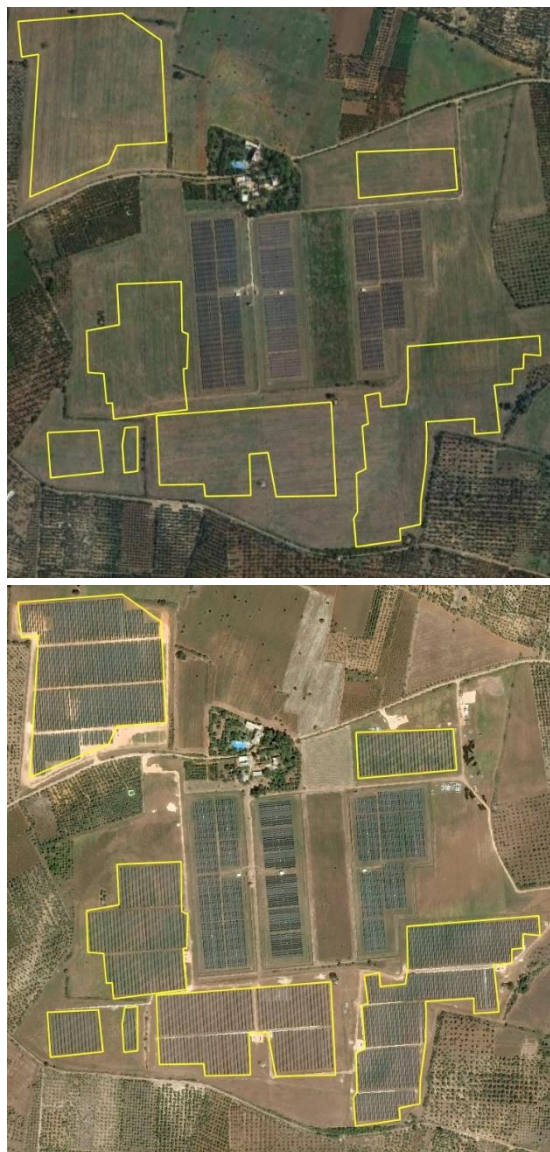


Figura 138. Installazione di impianti fotovoltaici a terra nel comune di Palo del Colle (Bari), immagini 2020 (in alto) e 2021 (in basso)

LO SVILUPPO DEI POLI LOGISTICI

Negli ultimi anni in Italia, una delle principali cause di incremento della superficie nazionale consumata è da attribuire alla logistica e alla grande distribuzione organizzata. Per mezzo della fotointerpretazione di dettaglio delle immagini satellitari e delle ortofoto aeree, utilizzate per la produzione della carta nazionale del consumo di suolo, è stato possibile ottenere un aggiornamento delle superfici consumate per lo sviluppo dei poli logistici. Le trasformazioni sono da ricollegare all'espansione o all'adeguamento dei fabbricati, dei piazzali e delle strade di accesso ai grandi poli.

Le elaborazioni hanno riguardato gli intervalli temporali della serie storica, utilizzando i dati a partire dal 2006 fino al 2021.

In Tabella 78 sono riportati, divisi per regione e ripartiti per area geografica, i dati relativi al consumo di suolo dovuto alla realizzazione di centri logistici e nella quale emerge che il primato viene mantenuto sempre dal Nord-Ovest a fronte dei circa 670 ettari di consumo di suolo, corrispondenti al 2,83% dell'intero consumo di suolo nella stessa ripartizione. Tra le altre ripartizioni solamente il Nord-Est e il Centro sono confrontabili, complessivamente, al Nord-Ovest. Restano marginali, seppur importanti in termini di ettari, i contributi di Sud e Isole.

Il consumo di suolo legato allo sviluppo dei poli logistici, si concentra nelle regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Lazio, soprattutto nell'ultimo anno (2021). Tra queste, la regione con la quota più alta di consumo di suolo dovuto ad attività di logistica si conferma l'Emilia-Romagna, per la quale circa il 4% del consumo di suolo tra il 2006 e il 2021 è dovuto a tale causa. La regione che presenta il picco di consumo più alto è invece la Lombardia, che tra il 2019 e il 2020 raggiunge un valore di 93 ettari. Osservando l'andamento temporale dei risultati riportati in Tabella 78, si riscontra un trend in aumento, sia nel Nord-Est che nel Sud, a livello nazionale. Sempre a scala nazionale, il periodo con il massimo consumo di suolo legato ad attività di logistica risulta essere quello 2019-2020, nonostante il particolare momento legato alla pandemia.

Nella Figura 139 è possibile vedere come il consumo di suolo dovuto alla logistica abbia riguardato principalmente tre tipologie di classi: Grande distribuzione/commerciale (in cui sono stati inseriti tutti i nuovi centri per la distribuzione di generi alimentari e agroalimentari, centri

commerciali, outlet, etc.), Produttivo/industriale (considerando le nuove strutture destinate sia ad attività produttive industriali che ad attività logistiche per la gestione e il trasporto delle merci) e l'E-commerce.

Per caratterizzare la distribuzione spaziale del consumo di suolo legato alle attività di logistica, sono state analizzate: 1) la distribuzione del suolo consumato relativo alla distanza dai principali centri urbani; 2) il consumo di suolo dovuto ai centri logistici in prossimità dei principali assi viari; 3) il consumo di suolo dovuto alla logistica nei comuni divisi per intervalli di popolazione.

Per la distanza media dei centri logistici dai principali centri urbani del paese, sono state considerate le città classificate come "poli" dal Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione economica (DPS) e, rispetto a queste, è stata valutata la distribuzione dei centri logistici in una distanza da 0 a 50 chilometri. Dai risultati di queste elaborazioni, rappresentati graficamente in Figura 140, è emerso che: il 65% del suolo consumato si concentra entro i primi 10 chilometri di distanza (punto di picco con , il restante 35% entro 39 chilometri dai principali centri urbani.

Tabella 78. Consumo di suolo legato ad attività di logistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo da logistica										
Regione	2006-2012 (ha)	2012-2015 (ha)	2015-2016 (ha)	2016-2017 (ha)	2017-2018 (ha)	2018-2019 (ha)	2019-2020 (ha)	2020-2021 (ha)	2006-2021 (ha)	% sul totale 2006-2021
Piemonte	44,7	30,0	7,4	61,0	20,1	5,1	85,2	42,6	296,21	3,4
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lombardia	48,6	27,7	35,0	29,8	57,7	31,7	93,0	46,4	369,81	2,7
Liguria	-	-	-	0,1	1,1	0,4	1,8	-	3,43	0,4
Nord-Ovest	93,3	57,7	42,4	90,9	78,9	37,3	179,9	89,1	669,45	2,8
Friuli-V. Giulia	-	-	0,2	17,0	0,5	0,2	1,2	-	19,11	0,7
Trentino-A.Adige	-	0,6	-	2,7	0,2	1,1	0,4	0,8	5,80	0,7
Emilia-Romagna	46,0	27,7	27,7	23,2	76,8	71,3	50,2	66,4	389,23	3,8
Veneto	14,9	17,9	6,4	59,0	85,2	48,4	45,6	37,6	315,02	2,6
Nord-Est	60,9	46,2	34,3	102,0	162,7	121,0	97,4	104,8	729,16	2,8
Umbria	-	17,5	-	2,1	0,3	5,1	1,8	6,0	32,84	1,3
Marche	-	2,2	1,5	-	8,8	7,0	5,6	3,3	28,32	0,8
Toscana	29,6	14,3	11,2	0,4	2,4	16,8	9,2	7,1	90,90	2,1
Lazio	63,6	46,6	11,7	15,5	65,0	28,9	38,0	40,9	310,21	3,6
Centro	93,2	80,6	24,4	18,0	76,5	57,7	54,7	57,3	462,27	2,4
Basilicata	-	4,6	-	-	0,6	1,2	3,7	0,2	10,28	0,5
Molise	-	-	-	-	5,8	-	0,6	1,1	7,49	1,0
Abruzzo	-	6,1	-	3,2	2,1	1,5	2,7	5,1	20,73	0,6
Calabria	-	0,6	-	0,4	-	0,3	2,0	-	3,29	0,1
Puglia	47,3	10,3	0,6	7,1	8,3	1,2	20,1	16,4	111,34	0,8
Campania	11,4	9,2	7,5	3,9	15,2	26,4	15,2	29,7	118,50	1,7
Sud	58,7	30,8	8,0	14,5	32,0	30,6	44,4	52,6	271,63	0,9
Sardegna	-	0,2	1,8	0,4	1,4	-	1,0	7,0	11,84	0,3
Sicilia	50,0	19,2	2,9	2,3	11,9	25,3	22,3	12,3	146,01	1,5
Isole	50,0	19,4	4,6	2,7	13,4	25,3	23,3	19,3	157,85	1,2
ITALIA	356,1	234,7	113,6	228,0	363,6	271,9	399,6	323,0	2.290,36	2,0

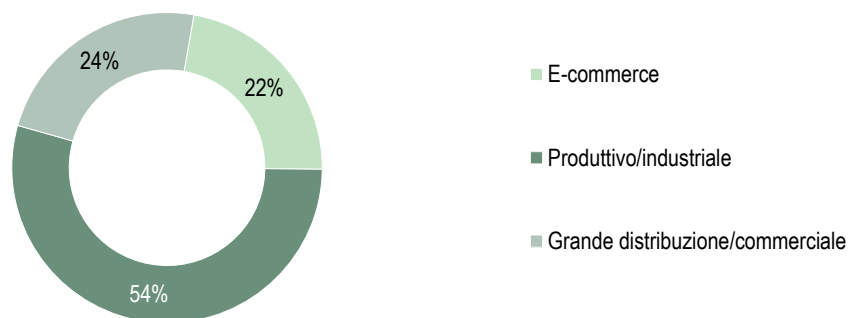


Figura 139. Ripartizione delle tipologie di cambiamenti dovuti alla logistica

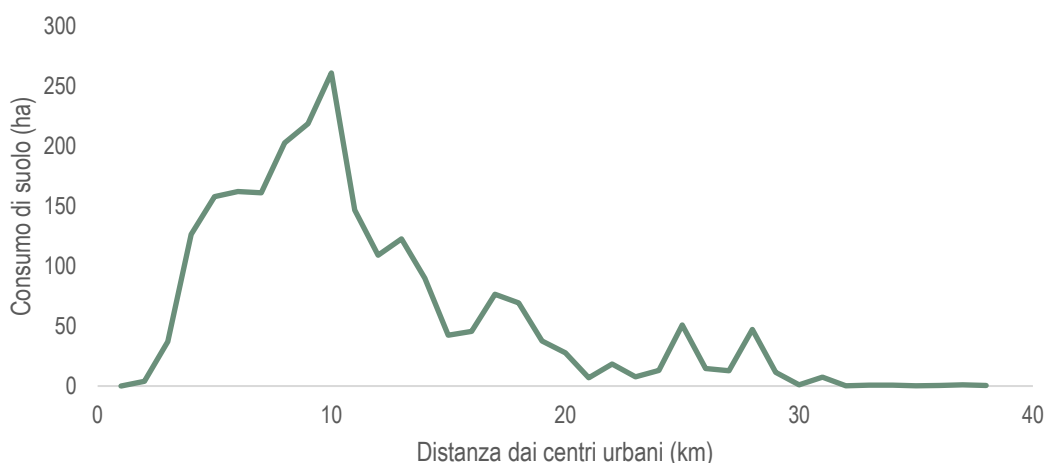


Figura 140. Distanza media dei nuovi centri logistici (2006-2021) dai principali centri urbani. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Per la distribuzione dei centri logistici rispetto ai principali assi viari del paese, sono state considerate quattro fasce di distanza, come riportato in Figura 141. Da quest'ultima emerge che, per tutti gli intervalli temporali considerati, il consumo di suolo da centri logistici si concentra in una distanza compresa tra 0 e 500 metri dalle principali infrastrutture viarie, contributo che si riduce fino a divenire

marginale oltre i 10 chilometri. In ultima analisi, per il livello comunale, le sei diverse fasce di popolazione di Figura 142 in relazione al consumo di suolo avvenuto tra il 2006 e il 2021, evidenziano come i comuni più coinvolti, in termini di superfici, siano i centri con popolazione compresa tra i 10.000 e 50.000 abitanti, per i quali questa tipologia di consumo evidenzia il disallineamento tra il fenomeno e le esigenze demografiche.

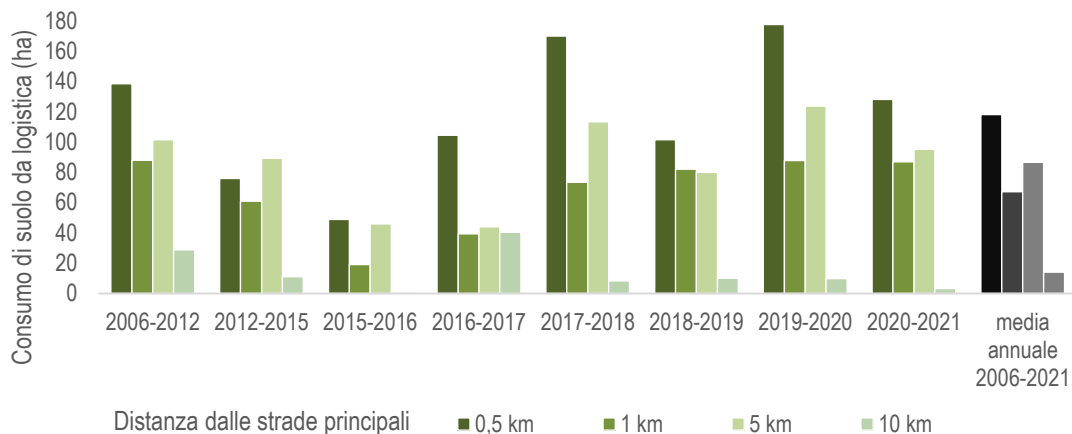


Figura 141. Distanza del consumo di suolo dovuto ad attività di logistica dalle strade principali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

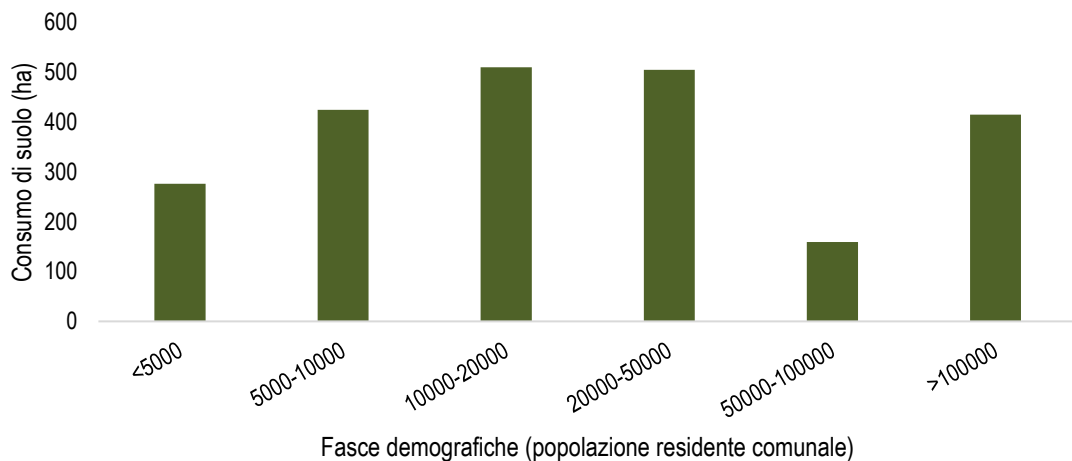


Figura 142. Ripartizione del consumo di suolo da logistica nei comuni suddivisi per fasce demografiche. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I dati di quest'anno evidenziano comunque un ulteriore incremento delle superfici destinate alla logistica, con nuove importanti realizzazioni (ad esempio, Figura 143 e Figura 144).



Figura 143. Nuovo polo logistico a Catania per un consumo di suolo di circa 17 ettari (immagini 2020 e 2021)

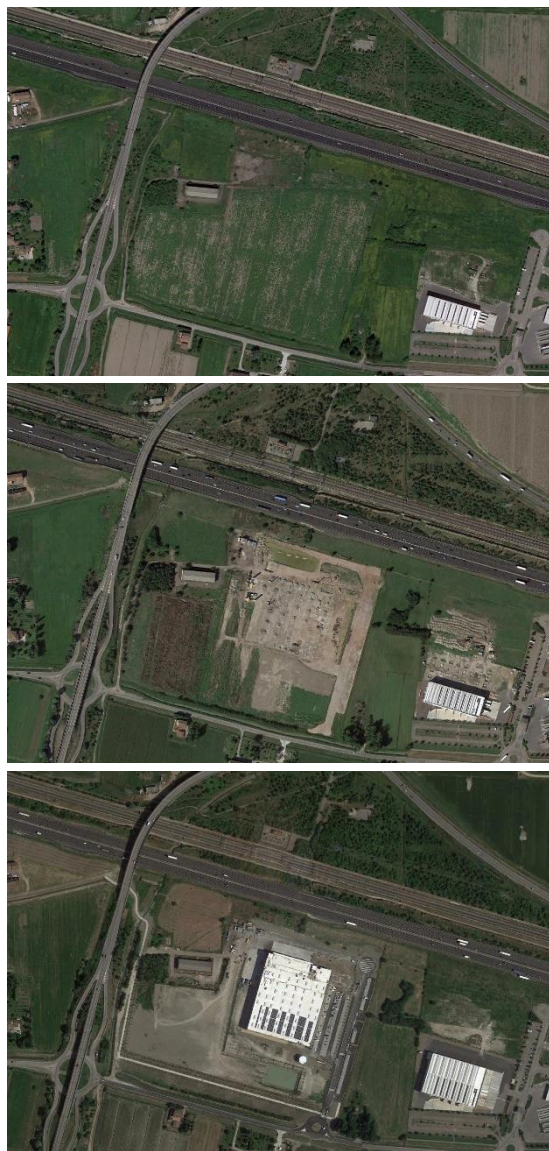


Figura 144. Nuovo polo logistico a Reggio nell'Emilia, per un consumo di suolo di circa 7 ettari (immagini 2020, 2021 e 2022)



Figura 145. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi insediamenti per la logistica tra il 2006 e il 2021.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO

DISTRIBUZIONE DEI CAMBIAMENTI

La conformazione territoriale del nostro paese, considerate le sue peculiarità geologiche, morfologiche e idrografiche, così come la sua biodiversità, la capacità di supportare una produzione agricola di qualità, il paesaggio e gli aspetti storici, sociali e culturali, rendono la tutela del suolo una chiave fondamentale per la sostenibilità del nostro territorio. Ciononostante, il consumo di suolo⁷¹ negli ultimi anni è intervenuto anche nelle fasce di pericolosità per frane e alluvioni, in zone a rischio sismico di varia natura, così come in altre aree vincolate, nelle aree protette, lungo la costa e le sponde dei corpi idrici, nelle pianure e nelle valli dove il suolo è più fertile o in corrispondenza di aree agricole e di preziosi ambienti naturali.

L'evoluzione recente del nostro territorio a causa delle nuove coperture artificiali è stata analizzata nel dettaglio dei diversi usi e coperture del suolo oltre che nelle diverse conformazioni di altitudine, pendenza e distanza dalla costa. Comprendere la distribuzione delle trasformazioni del suolo consumato e la loro variazione nel tempo è uno sforzo che si rende necessario per fornire una caratterizzazione efficace del fenomeno, in grado di essere, al contempo, base conoscitiva, supporto e riscontro analitico per le politiche sul territorio e per la tutela delle aree più fragili del nostro paese.

Da una prima lettura dei dati in Tabella 79, che saranno discussi nel dettaglio nei paragrafi seguenti, si conferma

la tendenza a consumare sui suoli maggiormente accessibili (fascia costiera, pianure e fondi valle) e nelle aree a vocazione agricola in prossimità della frangia urbana dei grandi poli. Si accentua anche la tendenza alla saturazione delle aree naturali in ambiente urbano, preziose per assicurare la qualità della vita e una maggiore capacità di adattamento ai cambiamenti globali in corso.

L'analisi considera parametri socioeconomici per evidenziare la connessione del fenomeno con le caratteristiche delle aree urbane e territoriali. La cementificazione prosegue, nel nostro paese, come già illustrato nelle precedenti edizioni e come conferma il rapporto di quest'anno, ed è ancora legata da esigenze abitative e necessità di rigenerazione sia urbanistica che sociale.

Al contrario, si consuma molto suolo anche dove la popolazione ristagna, in un contesto nazionale di recessione demografica e nei comuni di cintura metropolitana e nelle zone intermedie, divenute ormai vere e proprie terre di mezzo raggiunte a fatica dai servizi e con i problemi di inclusione sociale e identità già noti.

La correlazione con i valori immobiliari, con lo scopo di osservare i pattern di concentrazione delle trasformazioni del suolo nelle aree già densamente urbanizzate, rende evidente come il valore immobiliare e la rendita rappresentino ancora un significativo driver in quelle aree libere delle nostre città che, peraltro, rappresentano una risorsa preziosa per la sostenibilità ambientale e sociale.

⁷¹ Quando non diversamente specificato, nelle pagine successive, i dati del consumo di suolo si riferiscono al consumo di suolo annuale

netto, ovvero la differenza tra il nuovo consumo di suolo e le aree che sono state ripristinate nello stesso periodo.

Tabella 79. Distribuzione del suolo consumato (2021) e del consumo di suolo annuale netto⁷² (2020-2021) nei diversi ambiti analizzati. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA e altre fonti

Distribuzione territoriale del consumo di suolo		Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)	Densità di consumo di suolo al netto delle aree già consumate (m ² /ha)
Aree EUAP (Elenco Ufficiale Aree Protette)	all'interno	58.529	1,9	75	0,2	0,2
	all'esterno	2.089.983	7,7	6.256	2,3	2,5
Aree vincolate per la tutela paesaggistica	all'interno	559.988	5,4	1.270	1,2	1,3
	all'esterno	1.588.524	8,0	5.062	2,6	2,8
Valore ecologico*	molto alto	17.253	1,0	17	0,1	0,1
	alto	77.814	1,6	244	0,5	0,5
	medio	85.847	2,2	352	0,9	0,9
	basso	349.556	5,2	1.682	2,5	2,6
	molto basso	194.063	5,2	1.371	3,7	3,9
	non valutato	846.987	61,3	980	7,1	18,3
Fragilità ambientale*	molto alta	2.305	5,1	12	2,6	2,7
	alta	24.089	3,7	88	1,3	1,4
	media	65.523	3,0	432	2,0	2,0
	bassa	244.921	3,2	1.152	1,5	1,6
	molto bassa	387.696	3,7	1.982	1,9	2,0
	non valutata	846.987	61,3	980	7,1	18,3
Aree a pericolosità idraulica	Elevata	103.135	6,4	362	2,2	2,4
	Media	177.693	9,3	992	7,1	8,1
	Bassa	190.643	11,1	1.517	12,5	14,8
	altro	1.676.956	6,5	4.814	1,9	2,0
Aree a pericolosità da frana	P4	22.429	2,3	39	0,4	0,4
	P3	42.812	2,5	79	0,5	0,5
	P2	68.753	4,7	99	0,7	0,7
	P1	72.177	5,7	104	0,8	0,9
	AA	29.346	4,2	50	0,7	0,7
	altro	1.912.992	7,9	5.960	2,5	2,7
Aree a pericolosità sismica	molto alta	85.525	4,6	187	1,0	1,1
	alta	734.709	7	2.210	2,1	2,3
	altro	1.327.535	7,4	3.933	2,2	2,4
Aree percorse dal fuoco*	all'interno	3.691	1,1	20	0,6	0,6
	all'esterno	1.785.201	8,0	5.962	2,4	2,6
	all'interno	22.708	13,3	83	4,8	5,6

⁷² Le classi in tabella contrassegnate da un asterisco si riferiscono solo a una parte del territorio nazionale (cfr. i paragrafi successivi per maggiori dettagli).

Siti contaminati di interesse nazionale	all'esterno	2.125.804	7,1	6249	2,1	2,2
Corpi idrici	0-150 m	246.472	8,3	655	2,2	2,4
	> 150 m	1.902.039	7,0	5.676	2,1	2,2
Fascia costiera	0-300 m	63.206	22,5	88	3,1	4,0
	300-1.000 m	87.849	19,0	144	3,1	3,8
	1.000-10.000 m	369.462	8,7	1.121	2,6	2,9
	>10.000 m	1.627.995	6,5	4.978	2,0	2,1
Classi altimetriche	Pianura	1.592.342	11,4	5.111	3,6	4,1
	Collina	401.626	5,2	907	1,2	1,2
	Montagna	154.544	1,8	313	0,4	0,4
Classi di pendenza	0-10 %	1.785.477	11,7	5.690	3,7	4,2
	>10 %	363.035	2,4	641	0,4	0,4
Copertura del suolo	Superfici consolidate	-	-	2	0,1	-
	Superfici non consolidate	-	-	4	0,1	-
	Latifoglie	-	-	804	0,8	-
	Conifere	-	-	44	0,2	-
	Arbusteti	-	-	187	0,9	-
	Erb. periodico (agricolo)	-	-	2.947	3,3	-
	Erb. permanente (prati stabili)	-	-	2.319	3,8	-
	Corpi idrici permanenti	-	-	18	0,4	-
	Ghiacci e nevi perenni	-	-	0	0,0	-
	Zone umide	-	-	6	1,0	-
Uso del suolo	Seminativi	-	-	2.569	3,2	-
	Foraggere	-	-	407	4,4	-
	Colture permanenti	-	-	476	2,0	-
	Aree agroforestali	-	-	20	1,2	-
	Altre aree agricole	-	-	517	2,4	-
	Foreste e arboricoltura da legno	-	-	327	0,4	-
	Cave e miniere	-	-	48	22,2	-
	Urbano e aree assimilate	-	-	1.535	6,6	-
	Usi d'acqua	-	-	18	0,4	-
	Zone umide	-	-	6	1,0	-
	Altri usi non economici	-	-	408	0,9	-
Tipologie di comuni - perifericità	A - Polo	54.155	7,8	150	2,1	2,2
	B - Polo intercomunale	25.423	7,1	84	2,4	2,6
	C - Cintura	940.391	7,9	2.942	2,0	2,2

	D - Intermedio	590.823	7,2	1.819	2,3	2,5	
	E - Periferico	352.507	6,5	841	2,4	2,5	
	F - Ultraperiferico	61.012	6,0	170	1,9	2,0	
	non disponibile	124.201	5,0	326	1,6	1,7	
Densità demografica	0 (ab/km ²)	145.488	1,3	531	0,5	0,5	
	0 - 1 (ab/km ²)	34.747	2,3	159	1,0	1,1	
	1 - 20 (ab/km ²)	229.869	3,7	1.015	1,6	1,7	
	20 - 100 (ab/km ²)	361.775	7,0	1.569	3,1	3,3	
	100 - 150 (ab/km ²)	106.692	10,4	365	3,5	4,0	
	150 - 200 (ab/km ²)	78.571	11,9	253	3,8	4,3	
	200 - 500 (ab/km ²)	279.736	15,7	800	4,5	5,3	
	500 - 1.000 (ab/km ²)	238.597	24,4	604	6,2	8,2	
	1.000 - 5.000 (ab/km ²)	522.717	45,9	948	8,3	15,4	
	5.000 - 10.000 (ab/km ²)	110.400	75,1	78	5,3	21,2	
	> 10.000 (ab/km ²)	39.919	86,0	10	2,2	15,6	
	Caratteri demografici - indice di dipendenza	0	277.565	2,5	1.074	1,0	1,0
		0-25	70.242	6,0	247	2,1	2,2
25-50		769.036	10,2	2.188	2,9	3,2	
50-75		821.495	11,3	2.102	2,9	3,3	
75-100		121.717	8,6	354	2,5	2,7	
100-125		64.049	5,3	228	1,9	2,0	
125-150		10.358	4,9	63	3,0	3,1	
>150		14.010	4,7	74	2,5	2,6	
Aree urbane e tipologia di tessuto urbano	Centri urbani ad alta densità	421.000	75,7	361	6,5	26,6	
	Aree urbane a media densità	634.499	28,9	1.634	7,5	10,5	
	Zone rurali	978.591	3,6	4.154	1,5	1,6	
	Alta artificializzazione e bassa popolazione	114.422	79,9	183	12,8	63,0	
Densità delle coperture artificiali	Rurale	486.081	2,0	1.824	0,7	0,8	
	Suburbano	1.001.239	21,6	3.789	8,2	10,4	
	Urbano	661.192	75,8	718	8,2	33,9	
Distanza dai centri urbani principali	< 2 km	124.672	48,7	199	7,7	94,9	
	2 km -5 km	253.270	20,0	812	6,4	25,0	
	5 km -10 km	470.727	11,7	1.654	4,1	13,2	
	10 km - 50 km	1.200.821	5,5	3.396	1,5	5,8	
Valori del mercato immobiliare	No valore OMI fasce urbane	581	47,64	2	17,6	33,4	
	Extraurbano	950.848	3,61	3.805	1,5	1,5	
	<1.000 €/m ²	359.131	31,42	817	7,1	10,4	
	1.000-1.500 €/m ²	427.035	31,64	850	6,3	9,2	

1.500-2.000 €/m ²	224.994	33,00	502	7,4	11,0
2.000-2.500 €/m ²	85.469	36,27	180	7,6	12,0
>2.500 €/m ²	98.633	34,37	175	6,1	9,3

AREE PROTETTE

L'analisi del consumo di suolo registrato nelle aree protette presenti sul territorio nazionale è basata sull'osservazione di tre principali indicatori: l'estensione in ettari e in percentuale sul totale del suolo consumato, gli ettari di nuovo consumo di suolo e la densità del consumo (espressa in metri quadrati di cambiamenti per ettaro di superficie territoriale).

Il suolo consumato relativo alla porzione a terra delle aree protette italiane che rientrano nell'Elenco Ufficiale Aree Protette (EUAP) è valutato con riferimento ai Parchi nazionali, alle Riserve naturali (statali e regionali), ai Parchi naturali regionali e alle altre tipologie di aree naturali protette nazionali e regionali (Figura 146).

Complessivamente, all'interno delle aree EUAP, a fronte di una superficie totale di oltre tre milioni di ettari, 58.529 risultano consumati (pari all'1,9% della superficie complessiva). I valori più elevati si raggiungono in Campania (3,8%) e in Veneto, dove tale valore si attesta al 3,2%. I valori più bassi si individuano nelle aree EUAP situate in Valle D'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia e Molise, dove il suolo consumato è inferiore al mezzo punto percentuale (Tabella 80).

Tra il 2020 e il 2021, le aree protette italiane hanno registrato un incremento complessivo del consumo di suolo pari a 75,4 ettari, dei quali 14,9 sono concentrati nella regione Campania, 11,9 in Abruzzo e 11,7 nel Lazio. Nel complesso, il consumo di suolo all'interno delle aree EUAP, pur non arrestandosi, risulta decisamente inferiore alla media nazionale. La densità di cambiamenti mostra i valori più elevati nel Lazio e in Liguria, entrambe con 0,5 metri quadrati di nuovo consumo di suolo per ogni ettaro di territorio protetto, seguita da Lombardia, Veneto, Marche, Abruzzo e Campania, tutte, rispettivamente, con 0,4 metri quadrati per ettaro.

Nei Parchi Naturali Regionali si registra la maggior parte dei nuovi cambiamenti avvenuti in aree EUAP, con 33,6

ettari di nuovo consumo di suolo. La percentuale complessiva di suolo consumato al 2021 ivi si attesta al 2%, mentre quella massima si registra nelle Altre Aree Naturali Protette Regionali (3,1%) e quella minima nelle Riserve Naturali Nazionali e nei Parchi Nazionali (1,6%; Tabella 81).

Tra i Parchi Naturali Nazionali si distinguono quello della Maiella (+5 ettari nell'ultimo anno), del Cilento e Vallo di Diano (+3,7) e del gran Sasso e Monti della Laga (+3,4) Monti Sibillini (+4,8 ettari nell'ultimo anno), di Abruzzo – Lazio e Molise (+4,6) e del Cilento e Vallo di Diano (+3,8). Il parco del Vesuvio, con la percentuale dell'8,7%, rimane il parco nazionale con la maggiore quota di suolo consumato all'interno del suo perimetro (722 ettari). Il parco dell'Arcipelago de La Maddalena (7,8%) e del Circeo (6,6%) completano il podio (Tabella 83). Tra i parchi regionali, invece, si riconosce il maggior incremento nel Parco Naturale di Veio (4 ettari) e nel Parco naturale regionale Fiume Ofanto (4 ettari; Tabella 84).

Una seconda categoria di aree presa in esame è quella relativa ai siti della rete Natura 2000, istituiti dall'Unione europea per la protezione e la conservazione degli habitat e delle specie con la direttiva 92/43/CEE. In questi siti il suolo consumato al 2021 si attesta a circa 103 mila ettari, pari all'1,4% della loro estensione totale. Scendendo più nel dettaglio delle singole tipologie di aree facenti parte della rete Natura 2000 (Tabella 82), il suolo consumato si concentra soprattutto nelle aree ZSC (Zone Speciali di Conservazione) con 42.105 ettari, pari al 41% del suolo consumato totale in aree Natura 2000 e nelle aree ZPS (Zone di Protezione Speciale) con 41.355 ettari (40%). In termini di densità di cambiamenti, i valori più elevati si registrano nelle aree ZSC+ZPS (Zone Speciali di Conservazione e Zone di Protezione Speciale) e ZSC, dove per ogni ettaro di territorio sono stati consumati 0,3 metri quadrati di suolo nel periodo 2020-2021. In termini assoluti, con più di 79 ettari, le aree ZSC risultano essere, complessivamente, quelle maggiormente interessate dal fenomeno del consumo di suolo.

Tabella 80. Distribuzione del suolo consumato (2020) e del consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nelle aree protette, per regione. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato nelle aree protette (ha)	Suolo consumato nelle aree protette (%)	Consumo di suolo nelle aree protette (ha)	Densità di consumo di suolo nelle aree protette (m ² /ha)
Piemonte	1.964	1,1	3,6	0,2
Valle d'Aosta	83	0,2	0,2	0,1
Lombardia	1.860	1,4	4,9	0,4
Trentino-Alto Adige	764	0,3	-0,1	0,0
Veneto	2.745	3,2	3,5	0,4
Friuli-Venezia Giulia	165	0,3	0,0	0,0
Liguria	643	2,3	1,4	0,5
Emilia-Romagna	1.831	2,0	2,1	0,2
Toscana	2.366	1,7	2,4	0,2
Umbria	1.673	2,7	0,7	0,1
Marche	2.293	2,6	3,4	0,4
Lazio	6.154	2,9	11,7	0,5
Abruzzo	3.562	1,2	11,9	0,4
Molise	22	0,3	0,1	0,1
Campania	13.417	3,8	14,9	0,4
Puglia	6.661	2,5	8,2	0,3
Basilicata	3.656	1,9	1,5	0,1
Calabria	3.326	1,3	1,5	0,1
Sicilia	4.247	1,6	3,3	0,1
Sardegna	1.097	1,2	0,1	0,0
Italia	58.529	1,9	75,4	0,2

Tabella 81. Distribuzione del suolo consumato (2021) e del consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nelle aree protette, per tipologia di aree EUAP. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Aree protette (EUAP ⁷³)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Altre Aree Naturali Protette Regionali	1.325	3,1	3	0,8
Parchi Naturali Regionali	25.753	2,0	33,6	0,3
Parchi Naturali Nazionali	24.771	1,6	25,9	0,2
Riserve Naturali Regionali	4.955	2,1	6,9	0,3
Riserve Naturali Nazionali	2.076	1,6	5,5	0,4

⁷³ I dati relativi alle diverse tipologie di Aree EUAP non sono sommabili, a causa delle sovrapposizioni che si verificano tra aree di diverso tipo.

Tabella 82. Distribuzione del suolo consumato (2021) e del consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nelle aree Natura 2000. Fonte: elaborazione ISPRA su dati Natura 2000 e cartografia SNPA

Aree Natura 2000	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
SIC	770	0,9	0,6	0,1
ZPS	41.355	1,5	67,7	0,2
ZSC	42.105	1,4	79,2	0,3
ZSC+ZPS	18.426	1,4	41,3	0,3
SIC+ZPS	166	2,0	0,0	0,0

Tabella 83. Distribuzione del suolo consumato (2021) e del consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nei Parchi Naturali Nazionali. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Parchi nazionali	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Parco nazionale della Maiella	633	0,9	5,0	0,7
Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano	6.349	3,6	3,7	0,2
Parco nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga	1.669	1,2	3,4	0,2
Parco nazionale del Vesuvio	722	8,7	3,3	4,0
Parco nazionale del Gargano	2.876	2,4	2,8	0,2
Parco nazionale dell'Abruzzo, Lazio e Molise	355	0,7	1,8	0,3
Parco nazionale dell'Arcipelago Toscano	414	2,3	1,4	0,8
Parco nazionale della Sila	752	1,0	1,1	0,1
Parco nazionale del Pollino	3.004	1,6	1,1	0,1
Parco nazionale dei Monti Sibillini	1.385	2,0	1,0	0,1
Parco nazionale dell'Appennino Lucano - Val d'Agri - Lagonegrese	1.327	1,9	0,6	0,1
Parco nazionale dello Stelvio	689	0,5	0,3	0,0
Parco nazionale del Gran Paradiso	126	0,2	0,2	0,0
Parco nazionale del Golfo di Orosei e del Gennargentu	455	0,6	0,1	0,0
Parco nazionale dell'Alta Murgia	1.114	1,6	0,0	0,0
Parco nazionale del Circeo	586	6,6	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Asinara	32	0,6	0,0	0,0
Parco nazionale della Val Grande	33	0,2	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano	170	0,7	0,0	0,0
Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena	401	7,8	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Aspromonte	953	1,5	0,0	0,0
Parco nazionale delle Cinque Terre	165	4,3	0,0	0,0
Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi	45	0,1	0,0	0,0
Parco nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna	336	0,9	0,0	0,0
Parco Nazionale Isola di Pantelleria	180	2,7	0,0	0,0

Tabella 84. Distribuzione del suolo consumato (2021) e del consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nei primi 20 Parchi Naturali Regionali per ettari di consumo di suolo. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Parchi regionali	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Parco naturale di Veio	797	5,3	4,0	2,66
Parco naturale regionale Fiume Ofanto	690	2,8	4,0	1,62
Parco regionale dei Colli Euganei	1.570	10,6	3,2	2,14
Parco regionale dei Campi Flegrei	386	16,9	1,7	7,29
Parco delle Madonie	759	1,9	1,7	0,42
Parco regionale del Conero	590	10,0	1,6	2,78
Parco naturale regionale di Montemarcello - Magra	217	6,1	1,4	3,89
Parco regionale del Partenio	484	3,3	1,3	0,89
Parco regionale dell'Alto Appennino Modenese	40	0,4	1,3	1,46
Parco regionale Bacino Fiume Sarno	370	10,8	1,0	2,79
Parco regionale Delta del Po (ER)	750	4,7	0,9	0,53
Parco naturale regionale Appia Antica	276	8,7	0,8	2,36
Parco naturale regionale della Gola della Rossa e di Frasassi	300	3,3	0,7	0,80
Parco regionale La Mandria	597	9,0	0,7	1,05
Parco regionale naturale del Sirente - Velino	987	1,8	0,6	0,12
Parco naturale dei Monti Aurunci	112	0,6	0,5	0,28
Parco interprovinciale di Montioni	34	0,5	0,5	0,80
Parco regionale Monti Picentini	1.286	2,2	0,5	0,09
Parco fluviale del Nera	212	10,0	0,5	2,26
Parco naturale regionale del complesso lacuale Bracciano - Martignano	318	1,9	0,5	0,28

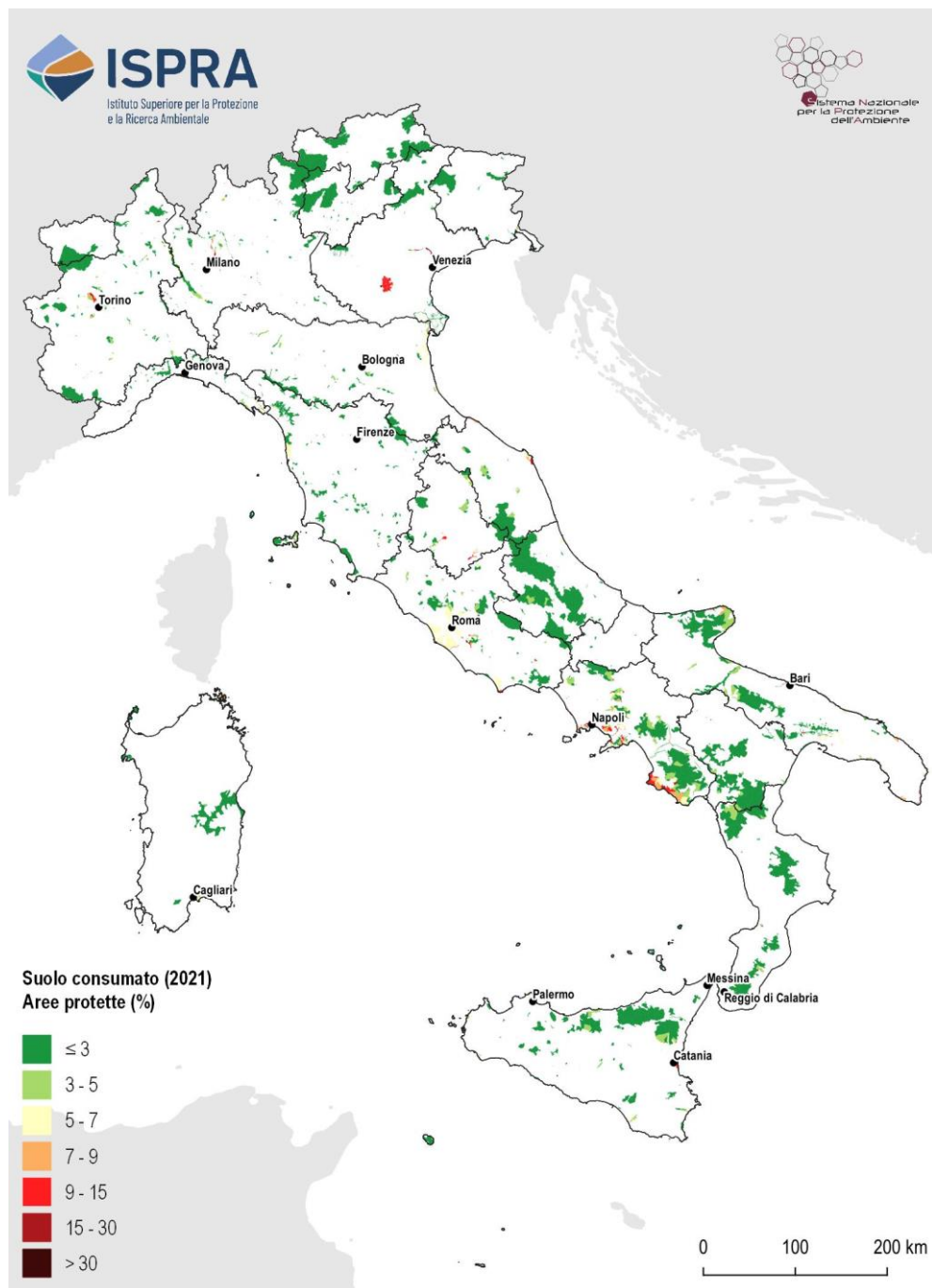


Figura 146. Suolo consumato in percentuale nelle aree protette. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

AREE VINCOLATE PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

Il D.lgs. 42/2004 (codice Urbani) è il principale riferimento normativo per la tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale (beni culturali e paesaggio). Esso, sulla scorta del precedente ordinamento (Legge 1497/39 e Legge 431/85), definisce un rinnovato quadro di vincoli cui sono assoggettati una serie di contesti territoriali. L'art. 142 individua beni paesaggistici per i quali non è più necessario uno specifico provvedimento poiché la loro natura di beni paesaggistici è stabilita dalla legge. L'uso dei beni vincolati è dettato da precise prescrizioni individuate nella "specifica normativa d'uso e di valorizzazione ambientale" (piani paesistici). È stato, pertanto, analizzato il suolo consumato e i suoi cambiamenti nell'ambito dei seguenti beni vincolati limitatamente a quelli areali (fonte SITAP; Tabella 85)⁷⁴:

art 142 comma 1	a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare	coste
	b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi	laghi
	c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna	fiumi
	d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole	montagne
	l) i vulcani	vulcani
art. 136	Immobili ed aree di notevole interesse pubblico	

Le regioni con la maggiore percentuale di territorio vincolato consumato risultano Campania (11,1%), Puglia

(8,7%) e Veneto (8,4%; Tabella 85). Considerando complessivamente i regimi vincolistici analizzati, le regioni con il maggiore incremento di superficie di suolo consumato risultano essere l'Abruzzo e l'Emilia Romagna, con rispettivamente 137 e 136 ettari, seguite dal Veneto con 118 ettari. In queste tre regioni si colloca circa un terzo del totale del consumo di suolo nazionale in queste aree, pari a 1.270 ettari. Il suolo consumato che ricade all'interno delle aree vincolate, a livello nazionale, è circa 560.000 ettari.

Tabella 85. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale netto (2020-2021) nei vincoli art. 136 e art. 142 considerati complessivamente. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	96	0,3	1,0	3,6
V. d'Aosta	6	0,2	0,2	1,0
Lombardia	100	0,2	1,3	7,2
T.-A. Adige	76	0,2	0,6	2,7
Veneto	118	0,2	1,8	8,4
F.-V. Giulia	11	0,1	0,5	6,2
Liguria	14	0,1	0,5	6,1
E-Romagna	136	0,3	2,5	7,3
Toscana	84	0,2	1,4	6,8
Umbria	27	0,2	1,4	6,6
Marche	59	0,3	1,7	5,8
Lazio	77	0,2	1,4	6,2
Abruzzo	137	0,8	2,3	2,9
Molise	27	0,3	1,0	3,8
Campania	92	0,2	2,4	11,1
Puglia	54	0,2	1,8	8,7
Basilicata	18	0,2	0,5	2,8
Calabria	17	0,1	0,4	5,4
Sicilia	99	0,2	1,3	6,5
Sardegna	21	0,1	0,3	3,5
Italia	1.270	0,2	1,2	5,4

Campania) non sono disponibili, pertanto, i risultati potranno risentire di una sovrastima per quelli espressi in % e di una sottostima per quelli assoluti (ettari).

⁷⁴ Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico della Direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanea del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (<http://www.sitap.beniculturali.it>). I dati relativi alle zone montuose (ex art. 142, comma1 lett. d) per alcune regioni (Lazio, Molise,

Il territorio sottoposto a vincolo di cui all'art. 142 comma 1 lett. a, b, c (coste, laghi, fiumi) presenta un suolo consumato pari a 326.694 ettari, circa il 7,4% della sua estensione (Tabella 86). Non emergono pertanto significative differenze rispetto al dato ricondotto all'intero territorio nazionale (7,1%), rispetto al quale risulta persino superiore. Le regioni che presentano una percentuale di suolo consumato maggiore in aree vincolate sono Veneto, Campania e Lombardia (12,4%, 11,1% e 10,8%).

Il consumo di suolo all'interno delle zone montuose (art. 142 lett. d) risulta essere influenzato dalle caratteristiche orografiche del territorio con valori che, solo in due casi (Toscana e Calabria), raggiungono l'1% della loro estensione. Le regioni in cui si è consumato di più in queste aree sono l'Abruzzo e il Piemonte con, rispettivamente, 7,4 e 6,8 ettari. In Veneto si è registrata una variazione negativa di 2 ettari grazie alle rinaturalizzazioni rilevate in aree montane (Tabella 87).

Per quanto riguarda le aree vulcaniche (art. 142 lett. l), la regione con la percentuale di territorio consumata più alta è la Campania (27,5%), in cui le aree vulcaniche risultano essere coperte artificialmente per 12.285 ettari, nella stessa regione si è registrato il dato più alto di consumo con circa 33 ettari. Di rilievo è anche il dato della Sicilia, con una percentuale di suolo consumato pari a 11,9% (16.754 ettari) e un incremento di circa 11 ettari (Tabella 88).

Il vincolo ex art. 136 presenta valori di suolo consumato pari a 297.668 ettari, equivalenti a circa il 5,3% del territorio vincolato. La regione che presenta una percentuale di suolo consumato maggiore è la Calabria (13,4%), mentre, per quanto riguarda l'incremento in ettari le Regioni con i valori più elevati sono Toscana, Trentino-Alto Adige e Campania rispettivamente con 67, 64 e 59 ettari (Tabella 89).

Tabella 86. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Coste, laghi e fiumi. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	69	0,3	1,6	6,4
Valle d'Aosta	3	0,2	0,6	3,6
Lombardia	60	0,2	1,8	10,8

Trentino-A. Adige	34	0,2	0,9	4,0
Veneto	83	0,2	2,5	12,4
Friuli-V. Giulia	10	0,1	0,7	7,7
Liguria	8	0,1	0,6	6,5
Emilia Romagna	108	0,3	3,0	9,3
Toscana	22	0,1	0,8	6,6
Umbria	7	0,1	0,9	7,2
Marche	25	0,2	1,9	9,7
Lazio	53	0,3	2,2	7,8
Abruzzo	105	1,2	7,8	6,7
Molise	7	0,3	1,2	4,0
Campania	40	0,2	2,4	11,1
Puglia	12	0,1	1,1	9,6
Basilicata	12	0,3	0,9	3,3
Calabria	12	0,1	0,5	6,5
Sicilia	71	0,3	1,6	5,9
Sardegna	7	0,1	0,2	3,9
Italia	749	0,2	1,7	7,4

Tabella 87. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Montagne. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	6,8	0,7	0,1	0,2
Valle d'Aosta	3,7	0,4	0,2	0,3
Lombardia	5,3	0,5	0,2	0,3
Trentino-A. Adige	1,2	0,1	0,0	0,2
Veneto	-2,2	-0,6	-0,2	0,3
Friuli-V. Giulia	0,0	0,0	0,0	0,1
Liguria	0,0	0,0	0,0	0,5
Emilia-Romagna	3,8	0,7	0,6	0,9
Toscana	0,0	0,0	0,0	1,1
Umbria	0,0	0,0	0,0	0,4
Marche	0,0	0,0	0,0	0,4
Lazio	0,0	0,0	0,0	0,1
Abruzzo	7,4	0,5	0,3	0,6
Molise	0,0	0,0	0,0	0,0
Campania	0,0	0,0	0,0	0,0
Puglia	-	-	-	-
Basilicata	0,0	0,0	0,0	0,8
Calabria	1,6	0,1	0,1	1,0
Sicilia	0,0	0,0	0,0	0,5
Sardegna	0,0	0,0	0,0	0,3
Italia	27,5	0,3	0,1	0,4

Tabella 88. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Vulcani. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	-	-	-	-
Valle d'Aosta	-	-	-	-
Lombardia	-	-	-	-
Trentino-A. Adige	-	-	-	-
Veneto	-	-	-	-
Friuli-V. Giulia	-	-	-	-
Liguria	-	-	-	-
Emilia-Romagna	-	-	-	-
Toscana	0	0,0	0,0	5,1
Umbria	-	-	-	-
Marche	-	-	-	-
Lazio	7	0,2	1,2	7,9
Abruzzo	-	-	-	-
Molise	-	-	-	-
Campania	33	0,3	7,3	27,5
Puglia	-	-	-	-
Basilicata	-	-	-	-
Calabria	-	-	-	-
Sicilia	11	0,1	0,8	11,9
Sardegna	-	-	-	-
Italia	51	0,2	2,1	13,7

Tabella 89. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004 - art. 136). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	31	0,3	0,7	2,8
Valle d'Aosta	3	0,3	1,4	5,3
Lombardia	45	0,2	2,3	12,0
Trentino-A. Adige	64	0,2	0,7	3,0
Veneto	43	0,2	1,4	6,9
Friuli-V. Giulia	1	0,0	0,2	7,5
Liguria	9	0,1	0,5	5,6
Emilia-Romagna	24	0,3	1,4	4,6
Toscana	67	0,2	1,8	8,0
Umbria	21	0,3	2,2	7,8
Marche	44	0,4	1,8	4,6
Lazio	30	0,1	0,8	5,7
Abruzzo	47	0,4	1,0	2,3
Molise	25	0,3	1,1	3,8
Campania	59	0,2	2,4	12,4
Puglia	47	0,2	2,1	9,3
Basilicata	7	0,1	0,3	2,7
Calabria	6	0,1	0,9	13,4
Sicilia	28	0,1	0,9	6,3
Sardegna	16	0,1	0,4	3,8
Italia	618	0,2	1,1	5,3

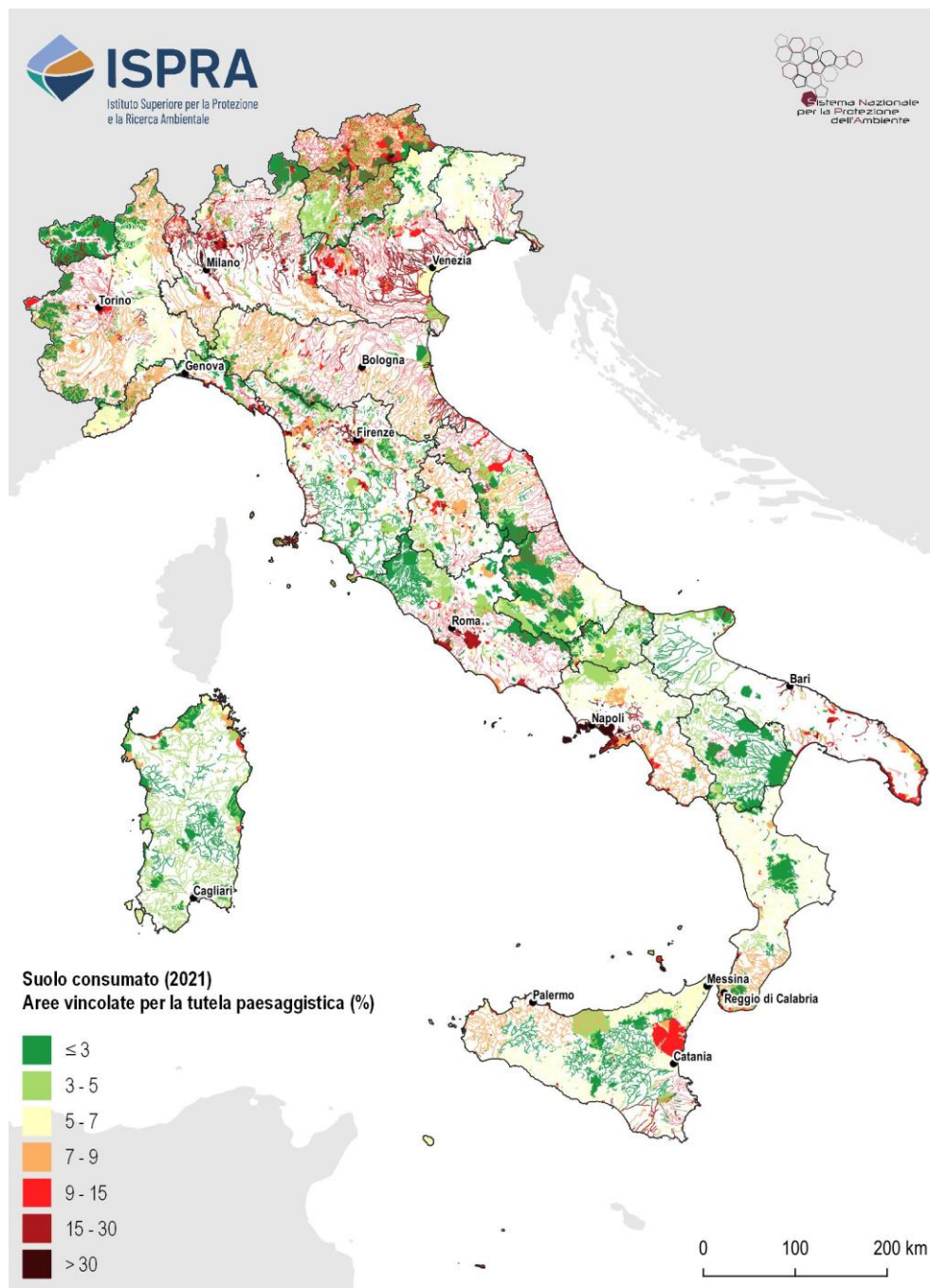


Figura 147. Suolo consumato in percentuale nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SITAP e SNPA

AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA, DA FRANA E SISMICA

L'analisi delle superfici artificiali soggette a rischio idrogeologico in Italia è fornita dal confronto tra la cartografia del consumo di suolo e le nuove mosaicature nazionali ISPRA⁷⁵ 2021 realizzate sulla base dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI Frane (v. 4.0 – 2020-2021) e delle mappe di pericolosità idraulica redatte dalle Autorità di bacino distrettuali, secondo gli scenari del D. Lgs 49/2010 di recepimento della direttiva alluvioni (2007/60/CE), che si propone di creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali con l'obiettivo di ridurre i rischi.

Per le aree a pericolosità sismica i dati SNPA sono confrontati con i dati di riferimento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

La percentuale delle aree occupate da superfici artificiali (suolo consumato) nelle aree a **pericolosità idraulica**⁷⁶ è pari al 6,4% in aree a pericolosità elevata (HPH – *High Probability Hazard*) allagabili con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni, 9,3% in aree a pericolosità media (MPH – *Medium Probability Hazard*) allagabili per eventi con tempo di ritorno tra 100 e 200 e al 11,1% per le aree a bassa pericolosità (LPH – *Low Probability Hazard*) allagabili con tempo di ritorno superiore a 200 anni (Tabella 90).

La Regione con la percentuale maggiore di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica è la Liguria, in cui, per i tre scenari di pericolosità si raggiunge un valore pari al 23% nelle aree HPH, con una punta del 33% nelle aree LPH. La regione Marche presenta il più alto valore pari al 38,4% della superficie a pericolosità idraulica elevata, ma si tratta di un'area limitata (circa 1.200 ettari) e, quindi, non significativa. Per le altre regioni i valori nelle aree a pericolosità media superano il 9% in Trentino-Alto Adige, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Lazio, Abruzzo, Campania e Sicilia.

Tabella 90. Suolo consumato (2021) in aree a pericolosità idraulica (Scenari D.lgs. 49/2010). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica (%)		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	3,6	5,8	9,5
Valle d'Aosta	3,1	4,6	9,4
Lombardia	4,4	6,7	10,9
Trentino-Alto Adige	4,7	17,8	17,8
Veneto	9,6	10,1	12,3
Friuli-Venezia Giulia	5,8	7,4	10,0
Liguria	23,2	29,1	33,1
Emilia-Romagna	8,0	11,9	12,3
Toscana	7,1	11,0	14,3
Umbria	6,1	7,5	9,3
Marche	38,4	15,7	17,7
Lazio	8,5	10,1	13,2
Abruzzo	8,9	10,8	15,7
Molise	2,8	4,0	4,2
Campania	8,7	11,0	11,7
Puglia	5,5	5,6	6,4
Basilicata	2,0	2,4	2,5
Calabria	4,3	4,5	4,9
Sicilia	10,4	10,4	10,0
Sardegna	4,1	5,0	6,0
Italia	6,4	9,3	11,1

⁷⁵ Rimangono comunque significative disomogeneità di mappatura e classificazione, dovute principalmente alle differenti metodologie utilizzate per la valutazione della pericolosità da frana (Trigila *et al.*, 2018).

⁷⁶ La copertura delle aree allagabili nei vari scenari di pericolosità di alluvione, nelle diverse Unità di Gestione - UoM (gli ambiti territoriali di

riferimento ai fini dell'implementazione della Dir. 2007/60/CE) in cui si articolano i Distretti Idrografici in cui è suddiviso il territorio nazionale, non è uniforme (ad es. copertura assente per lo scenario HPH nella UoM Bacini regionali Marche, copertura parziale per lo scenario HPH nella UoM Adige).

In termini assoluti, a livello nazionale nell'ultimo anno, 991,9 ettari sono stati artificializzati in aree a pericolosità idraulica media (MPH), di cui 501,9 solo in Emilia-Romagna, 74,3 in Veneto e 69,1 in Piemonte (Tabella 91).

Tabella 91. Consumo di suolo annuale in ettari (2020-2021) in aree a pericolosità idraulica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Consumo di suolo (incremento ettari) in aree a pericolosità idraulica		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	33,7	69,1	127,8
Valle d'Aosta	0,5	1,2	3,9
Lombardia	16,3	34,3	115,4
Trentino-Alto Adige	0	10,3	10,3
Veneto	65,0	74,3	202,5
Friuli-Venezia Giulia	4,0	15,3	36,6
Liguria	4,2	4,9	6,5
Emilia-Romagna	78,6	501,9	548,3
Toscana	29,3	62,2	164,4
Umbria	4,6	5,9	7,5
Marche	0	18,8	28,7
Lazio	33,2	42,4	63,5
Abruzzo	10,0	24,3	44,6
Molise	1,6	3,2	3,4
Campania	4,9	28,5	34,3
Puglia	19,3	30,8	35,0
Basilicata	2,1	3,8	3,8
Calabria	18,8	19,3	19,8
Sicilia	31,4	32,8	34,3
Sardegna	3,9	8,0	25,7
Italia	361,9	991,9	1.517,3

Considerando l'incremento percentuale di suolo consumato registrato nell'ultimo anno in aree a pericolosità idraulica, l'Abruzzo è la regione con il valore più alto; infatti, tra il 2020 e il 2021 il suolo consumato è aumentato del 0,81% nella fascia HPH, 0,95% nella fascia MPH e 0,67% nella fascia LPH (Tabella 92).

L'incremento percentuale nelle aree a pericolosità idraulica italiane risulta superiore a quello medio nazionale nelle aree HPH e MPH, arrivando allo 0,35%, ma attestandosi comunque allo 0,32% in aree LPH.

Tabella 92. Consumo di suolo annuale in percentuale (2020-2021) in aree a pericolosità idraulica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Consumo di suolo (incremento %) in aree a pericolosità idraulica		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	0,74	0,56	0,41
Valle d'Aosta	0,10	0,11	0,14
Lombardia	0,20	0,21	0,22
Trentino-Alto Adige	0,00	0,16	0,16
Veneto	0,37	0,30	0,28
Friuli-Venezia Giulia	0,09	0,18	0,22
Liguria	0,16	0,11	0,10
Emilia-Romagna	0,38	0,42	0,42
Toscana	0,29	0,20	0,24
Umbria	0,30	0,22	0,16
Marche	0,00	0,48	0,44
Lazio	0,89	0,71	0,49
Abruzzo	0,81	0,95	0,67
Molise	0,69	0,32	0,30
Campania	0,17	0,33	0,35
Puglia	0,44	0,40	0,35
Basilicata	0,40	0,46	0,40
Calabria	0,17	0,16	0,15
Sicilia	0,75	0,63	0,60
Sardegna	0,11	0,16	0,26
Italia	0,35	0,35	0,32

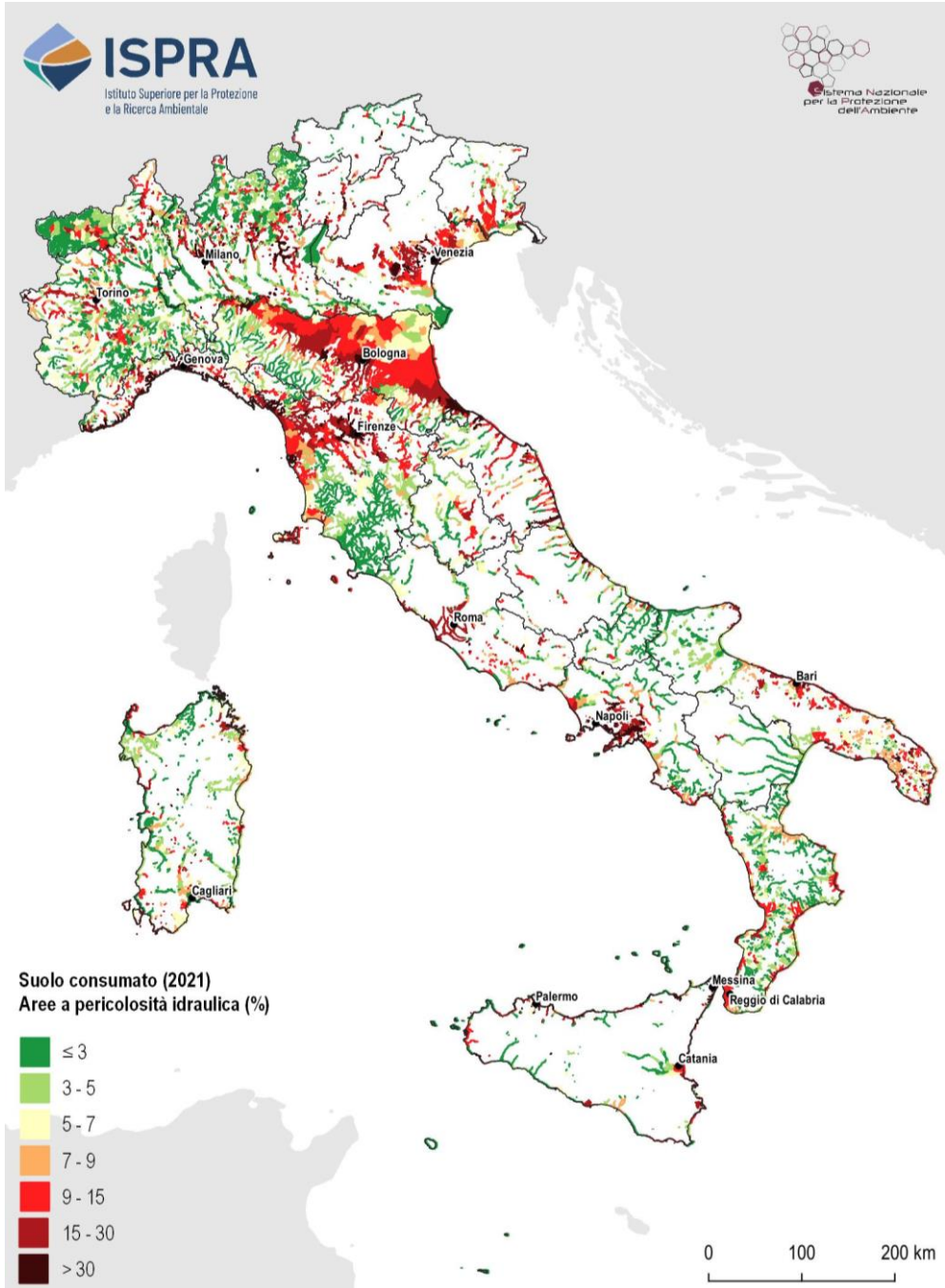


Figura 148. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità idraulica media (MPH). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA



Figura 149. Consumo di suolo di circa 7 ettari per la realizzazione di un nuovo polo logistico, a est dell'abitato di Alessandria. Con il supporto dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, si è ricostruito il quadro pianificatorio del nodo idraulico di Alessandria, particolarmente complesso a causa della realizzazione di opere di difesa e del susseguirsi di studi idraulici di approfondimento che ne hanno verificato l'efficacia e conseguentemente hanno consentito l'aggiornamento della perimetrazione delle fasce fluviali del PAI e delle aree allagabili del PGRA. L'area del polo logistico nel 2019, data di aggiornamento delle mappe del secondo ciclo del PGRA, ricadeva in aree caratterizzate in parte da elevata pericolosità idraulica di allagamento (area gialla) ed in parte da media pericolosità. Gli ultimi approfondimenti svolti hanno valutato che l'area in oggetto è potenzialmente allagabile a causa dell'inadeguatezza di alcuni tratti dell'argine, nel frattempo realizzato, che pertanto dovrà essere adeguato in quota coerentemente con quanto definito nel Progetto di aggiornamento del PAI in corso di approvazione (limite di progetto della fascia B). L'interpretazione delle disposizioni normative in corrispondenza dell'area del polo logistico è strettamente legata alla data di autorizzazione dell'intervento e alle disposizioni regionali e comunali a suo tempo vigenti, che hanno dato attuazione al PAI - PGRA in campo urbanistico

La percentuale delle aree a **pericolosità da frana**⁷⁷ (P4+P3+P2+P1+AA) occupata da superfici artificiali (suolo consumato), è pari al 4%, con valori più elevati per aree a media (P2, 4,7%) e a moderata (P1, 5,8%) pericolosità (Tabella 93). La fascia a media pericolosità (P2)

è la classe con la percentuale maggiore di suolo consumato in Lombardia (15,5%), Piemonte (15,4%) e in Friuli-Venezia Giulia (12,8%); anche nella fascia a moderata pericolosità (P1) in alcune regioni il suolo consumato supera il 10% della superficie, come in Campania (10,4%) e in Calabria (10,6%).

Tabella 93. Suolo consumato (2021) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità da frana (%)				Suolo consumato in aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	2,7	2,7	15,4	1,9	0,0
Valle d'Aosta	0,4	1,0	6,6	0,0	0,0
Lombardia	1,1	2,1	15,5	0,1	0,0
Trentino-Alto Adige	2,0	0,9	1,6	2,5	1,0
Veneto	2,9	3,9	9,2	6,2	2,0
Friuli-Venezia Giulia	2,6	5,6	12,8	8,5	1,3
Liguria	4,5	4,7	6,1	9,3	8,9
Emilia-Romagna	2,5	3,7	4,8	8,3	4,9
Toscana	2,7	2,6	6,6	5,5	4,2
Umbria	7,4	1,9	8,5	9,3	0,0
Marche	2,7	2,0	3,2	2,1	0,0
Lazio	3,5	2,8	3,6	5,6	4,0
Abruzzo	1,9	2,0	4,5	2,3	1,3
Molise	1,7	1,8	2,2	2,1	2,4
Campania	3,7	3,9	7,4	10,4	4,5
Puglia	4,7	3,2	3,2	1,5	7,5
Basilicata	2,5	2,3	1,7	2,9	3,4
Calabria	5,5	4,7	6,8	10,6	5,0
Sicilia	3,5	4,8	1,4	3,3	11,8
Sardegna	1,7	1,4	1,8	5,2	0,0
Italia	2,4	2,5	4,7	5,8	4,2

⁷⁷ La pericolosità da frana rappresenta la probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente distruttivo, di una determinata intensità in un dato periodo e in una data area (Vames, 1984).

Il confronto tra i dati 2020 e 2021 evidenzia che 370,8 ettari del consumo di suolo annuale si sono concentrati all'interno delle aree a pericolosità da frana, di cui 38,8 ettari sono stati consumati in aree a pericolosità molto elevata (P4) e 78,8 in aree a pericolosità elevata P3 (Tabella 94).

Tabella 94. Consumo di suolo annuale in ettari (2020-2021) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo in aree a pericolosità da frana (incr. ettari)				Consumo di suolo in aree di attenzione AA (incr. ettari)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	4,06	7,46	1,23	0	0
Valle d'Aosta	1,76	0,42	5,37	0	0
Lombardia	1,53	2,88	13,7	0	0
Trentino-Alto Adige	0,71	0,22	4,01	2,87	0
Veneto	0,53	0,74	-0,02	0,22	0,35
Friuli-Venezia Giulia	0	0	0	0	0
Liguria	0,54	0,86	3,15	3,39	0
Emilia-Romagna	2,57	8,57	0,54	0,11	1,01
Toscana	4,49	14,19	13,16	20,2	0,25
Umbria	0,09	2,37	11,33	6,88	0
Marche	-0,01	1,24	3,32	1,49	0
Lazio	2,38	-0,27	0,54	0,31	5,77
Abruzzo	8,21	23,95	0,3	10,96	1,26
Molise	0,2	1,93	0,05	0,84	2,62
Campania	7,39	8,27	9,84	25,69	25,39
Puglia	1,1	3,6	20,53	0,07	0,32
Basilicata	0,33	0,08	0,46	0,23	6,58
Calabria	1,43	0,23	1,08	0,12	0,63
Sicilia	1,51	0,67	3,67	1,53	5,67
Sardegna	0	1,39	6,75	29,47	0
Italia	38,82	78,8	99,01	104,38	49,85

L'incremento percentuale annuale nelle aree a pericolosità da frana è pari allo 0,16% (Tabella 95), in Abruzzo +1,16% in area P3 e +1,04% in area P1, nel Veneto +0,35% nelle aree P4 mentre in tutte le fasce l'incremento percentuale si mantiene sotto l'1% per tutte le regioni, con valori negativi per il Lazio (-0,05%) in P3. Considerando queste variazioni, nel 2020 la quota complessiva del suolo consumato nazionale che ricade in aree a pericolosità da frana è pari all'11,01%.

Tabella 95. Consumo di suolo annuale in percentuale (2020-2021) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo in aree a pericolosità da frana (%)				Consumo di suolo in aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	0,21	0,31	0,06	0,00	0,00
Valle d'Aosta	0,30	0,03	0,19	0,00	0,00
Lombardia	0,16	0,20	0,16	0,00	0,00
Trentino-Alto Adige	0,25	0,02	0,15	0,09	0,00
Veneto	0,35	0,26	-0,01	0,12	0,07
Friuli-Venezia Giulia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liguria	0,12	0,03	0,04	0,04	0,00
Emilia-Romagna	0,09	0,11	0,04	0,01	0,03
Toscana	0,23	0,18	0,09	0,08	0,05
Umbria	0,13	0,26	0,33	0,25	0,00
Marche	-0,01	0,10	0,18	0,22	0,00
Lazio	0,09	-0,05	0,13	0,10	0,10
Abruzzo	0,69	1,17	0,61	1,04	0,30
Molise	0,05	0,22	0,03	0,17	0,34
Campania	0,16	0,15	0,11	0,18	0,19
Puglia	0,19	0,24	0,57	0,21	0,47
Basilicata	0,05	0,01	0,05	0,04	0,33
Calabria	0,18	0,02	0,06	0,08	0,26
Sicilia	0,11	0,07	0,32	0,21	0,23
Sardegna	0,00	0,08	0,15	0,26	0,00
Italia	0,17	0,18	0,14	0,14	0,17

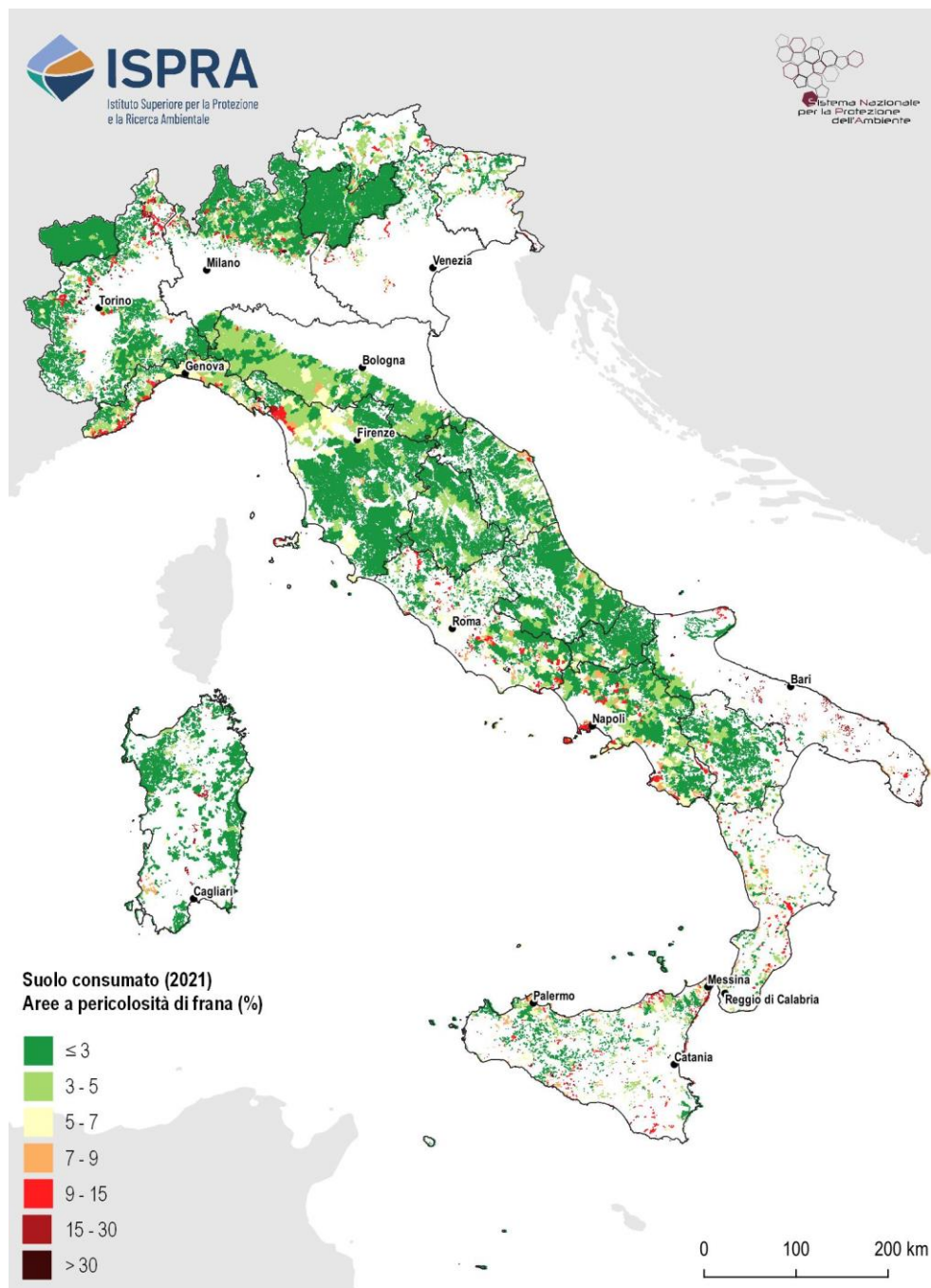


Figura 150. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata (P3 e P4). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 151. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P3) nel comune di Neviano degli Arduini in provincia di Parma (immagini 2019, in alto, e 2021, in basso)

Figura 152. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P4 in rosso, P2 in arancione, P1 in giallo) nel comune di Cava dei Tirreni in provincia di Salerno (immagini 2020, in alto, e 2022, in basso)

Il suolo nelle aree a **pericolosità sismica**⁷⁸ molto alta (Zona 1) è consumato con una percentuale del 4,6% e nelle aree a pericolosità alta (Zona 2) del 7% (Tabella 96) per un totale di 820.234 ettari di superficie consumata (raggiungendo il 38,1% del totale delle aree artificiali italiane), cresciuti di ulteriori 2.396 ettari rispetto al 2020.

A livello regionale, Lombardia, Veneto e Campania presentano i valori più elevati di suolo consumato in aree a pericolosità sismica alta (rispettivamente con 13,5%, 12,3% e 10,6%), mentre Campania, Calabria e Sicilia hanno le percentuali di suolo consumato più elevate nelle aree a pericolosità sismica molto alta (rispettivamente con 7%, 5,8% e 5,9%).

Confrontando i dati del 2021 con quelli del 2020, si può notare una differenza sostanziale tra l'incremento percentuale di suolo consumato in aree a pericolosità sismica alta e molto alta, rispettivamente con lo 0,30% (corrispondente a una crescita di 2.209 ettari) e con lo 0,22% (+186 ettari). Più nello specifico, l'incremento percentuale più elevato per la pericolosità sismica alta è stato registrato in Lombardia, Veneto, Abruzzo, Campania, Puglia e Sicilia (con 0,99% per la Lombardia, 0,79% per l'Abruzzo, 0,40% per la Campania); mentre, l'incremento percentuale per la pericolosità sismica molto alta si attesta sotto allo 0,52% per tutte le regioni.

Tabella 96. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) in aree a pericolosità sismica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità sismica (%)		Consumo di suolo in aree a pericolosità sismica (2020-2021) (ha)		Consumo di suolo in aree a pericolosità sismica (2020-2021) (incremento %)	
	alta	molto alta	alta	molto alta	alta	molto alta
Piemonte	0,1	0,0	0	0	0,00	0,00
Valle d'Aosta	0,0	0,0	0	0	0,00	0,00
Lombardia	13,5	0,0	137,5	0	0,99	0,00
Trentino-Alto Adige	2,6	0,0	1,39	0	0,20	0,00
Veneto	12,3	2,9	285,4	0,2	0,36	0,06
Friuli-Venezia Giulia	7,9	4,0	45,9	6,7	0,12	0,15
Liguria	3,5	0,0	0,7	0	0,02	0,00
Emilia-Romagna	8,8	0,0	411,36	0	0,30	0,00
Toscana	4,7	0,0	64,3	0	0,20	0,00
Umbria	5,7	2,1	101,9	0	0,26	0,00
Marche	7,0	1,9	137,9	0	0,21	0,00
Lazio	7,7	2,2	78,2	2,3	0,17	0,10
Abruzzo	5,4	3,0	226,6	58,7	0,79	0,52
Molise	3,6	3,8	28,6	14,9	0,28	0,33
Campania	10,6	7,0	265,0	39,7	0,40	0,30
Puglia	4,1	0,0	102,0	0	0,34	0,00
Basilicata	3,4	3,5	43,5	11,8	0,25	0,28
Calabria	4,5	5,8	55,1	26,7	0,15	0,08
Sicilia	7,9	5,9	223,5	25,3	0,26	0,32
Sardegna	0,0	0,0	0	0	0,00	0,00
Italia	7,0	4,6	2.209,6	186,6	0,30	0,22

⁷⁸ La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

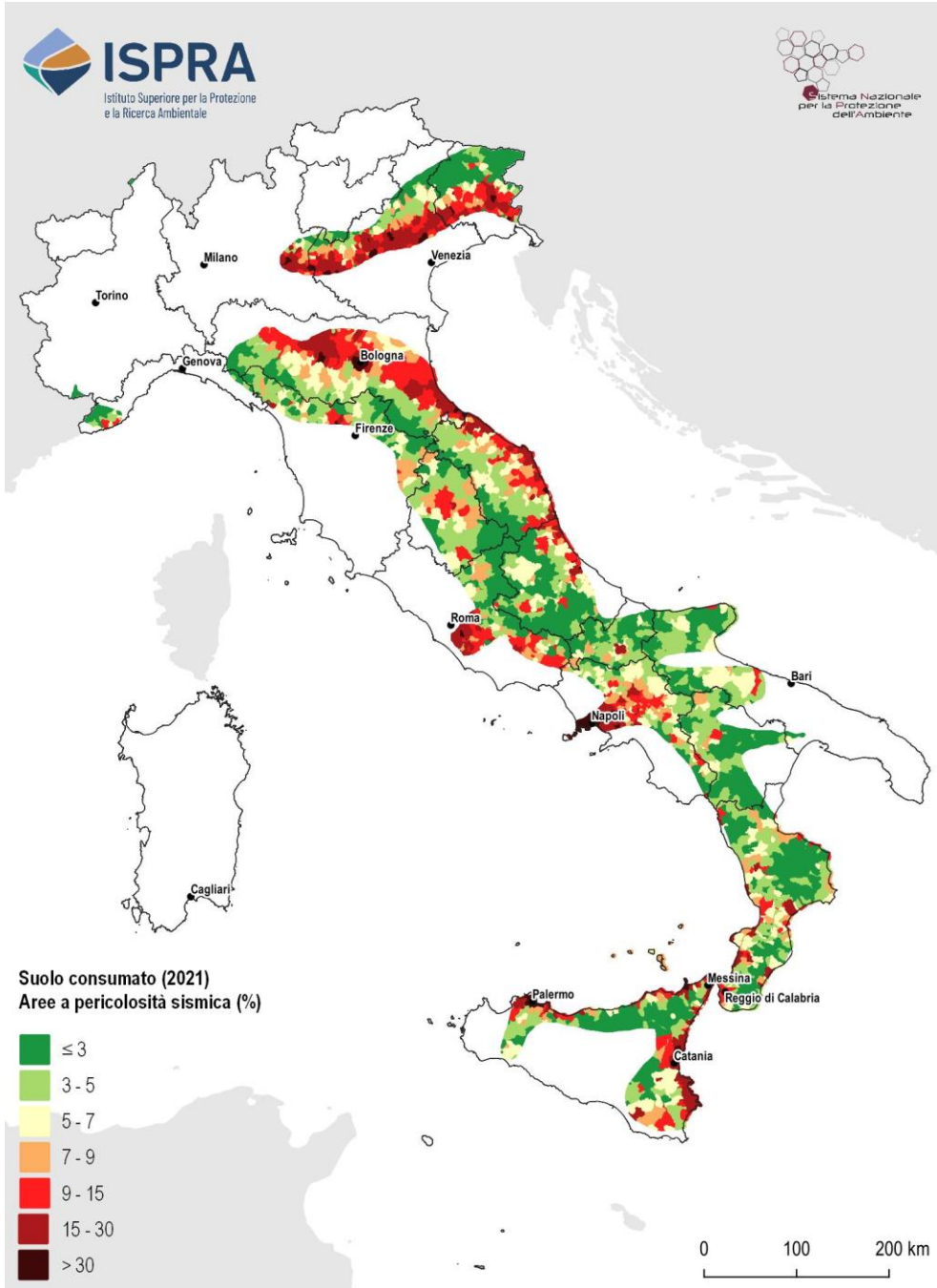


Figura 153. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità sismica alta e molto alta. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

AREE PERCORSE DAL FUOCO

I dati SNPA sull'evoluzione delle superfici a copertura artificiale sono stati confrontati con i censimenti relativi alle aree percorse dal fuoco⁷⁹ del Comando Carabinieri Tutela Forestale, permettendo di realizzare una mappatura delle **aree percorse dal fuoco degli ultimi dieci anni**⁸⁰ soggette a nuovo consumo di suolo. L'analisi dei cambiamenti 2020-2021 all'interno delle aree incendiate tra il 2012 e il 2021 ha permesso di localizzare e di quantificare le superfici trasformate nell'ultimo anno.

Il consumo di suolo avvenuto tra il 2020 e il 2021, nelle aree percorse dal fuoco per il decennio definito, risulta essere di 20 ettari (Tabella 97), quasi nella totalità appartenente alla tipologia di consumo di suolo reversibile (18,82 ettari) in cui appare una parziale alterazione delle condizioni fisiche del suolo ma non una totale impermeabilizzazione della superficie. La gran parte (15,92 ettari) di questi cambiamenti sono riferibili alla classe "Cantieri e altre aree in terra battuta". Il consumo di suolo permanente in queste aree ha riguardato nell'ultimo anno 0,76 ettari, dovuti a nuovi edifici ed altre aree impermeabilizzate.

La valutazione della copertura del suolo precedente ai cambiamenti 2020-2021 si è ottenuta con la carta Corine Land Cover (CLC) del 2018 e ha permesso di evidenziare (Tabella 97) che il secondo livello 2.4 del CLC 2018 (zone agricole eterogenee) risulta maggiormente interessato dal consumo di suolo nelle aree percorse dal fuoco con 5,76 ettari di superficie consumata, prevalentemente dovuta a cantieri in corso (classe 122). Successivamente troviamo il livello 2.1 dei seminativi con 4,17 ettari di consumo di suolo e il livello 3.1 delle zone boscate con 3,44 ettari.

La Figura 154 e la Figura 155 mostrano due esempi di consumo di suolo avvenuto tra il 2020 e il 2021 su aree percorse dal fuoco per il periodo (2012-2021).



Figura 154. In alto l'area incendiata (2017), in basso il consumo di suolo (2020-2021) nel comune di Valle Castellana (Abruzzo)

⁷⁹ La legge quadro in materia di incendi boschivi n. 353/2000 definisce un incendio boschivo "un fuoco con suscettività ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture ed infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree". La stessa normativa riporta i divieti, le prescrizioni e le sanzioni che insistono sulle aree percorse dal fuoco, nello specifico sono descritti i vincoli temporali che regolano l'utilizzo dell'area percorsa da un incendio, ad eccezione delle aree in cui l'eventuale autorizzazione all'edificabilità sia stata rilasciata prima dell'incendio. Tale verifica non è oggetto del mo-

nitoraggio SNPA che ha il compito istituzionale di rilevare le trasformazioni avvenute sul territorio. Per questa ragione la legge determina che siano gli stessi Comuni a occuparsi del censimento di queste aree, individuandole e perimetrando in uno specifico catasto, avvalendosi dei rilievi effettuati dall'Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, la quale ha il compito di conservare, gestire e aggiornare la banca dati riferita alle aree percorse dal fuoco.

⁸⁰ La banca dati copre il territorio nazionale, ad esclusione delle regioni a statuto speciale (Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Sardegna e Sicilia).



Figura 155. A sinistra l'area incendiata (2015), a destra il consumo di suolo (2020-2021) nel comune di Belvedere di Spinello (Calabria)

Tabella 97. Consumo di suolo annuale (2020-2021) in aree percorse dal fuoco per il periodo 2012-2021 e CLC 2018 (II livello) precedente alla trasformazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati CUTFAA e cartografia SNPA

Consumo di suolo annuale (2020-2021)	Corine Land Cover 2018 (II livello)											Totale (ha)
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	4.2	
Edifici, fabbricati				0,24			0,07		0,2			0,51
Altro permanente						0,14		0,08	0,03			0,25
Altro reversibile			0,09	0,34			0,03	0,21				0,67
Cantieri	0,11	0,65	0,42	3,55	2,11		5,38	2,92	0,75		0,03	15,92
Aree estrattive			1,28	0,04	0,07		0,28	0,23		0,33		2,23
Totale (ha)	0,11	0,65	1,79	4,17	2,18	0,14	5,76	3,44	0,98	0,33	0,03	20

Classi Corine Land Cover coinvolte nell'analisi.
 1.1 Zone urbanizzate di tipo residenziale; 1.2 Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali; 1.3 Zone estrattive, discariche;
 2.1 Seminativi; 2.2 Colture permanenti; 2.3 Prati stabili; 2.4 Zone agricole eterogenee; 3.1 Zone boscate; 3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea; 3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente; 4.2 Zone umide marittime.

SITI CONTAMINATI DI INTERESSE NAZIONALE

I **siti di interesse nazionale** (SIN), ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali⁸¹. Sul territorio nazionale, ad oggi, risultano individuati 42 SIN⁸² (Figura 157).

Tra il 2020 e il 2021 sono state rilevate nuove coperture artificiali, all'interno di 23 SIN, per circa 83 ettari. I maggiori cambiamenti sono avvenuti nel Sulcis-Inglesiente-Guspinese (circa 17 ettari), nel sito di Casale Monferrato (16 ettari) e nei siti di Taranto e Napoli Bagnoli-Coroglio

(circa 10 ettari; Tabella 98). I principali cambiamenti relativi alle aree sopra citate riguardano la realizzazione di piazzali sterrati o asfaltati nel SIN Sulcis-Inglesiente-Guspinese (Figura 156) mentre, per quanto riguarda il sito di Casale Monferrato, si possono osservare l'avvio di una cava e di nuovi cantieri. In alcuni casi, i cambiamenti rilevati potrebbero riguardare suoli comunque permeabili ma contaminati e, quindi, con necessità di interventi.

Nel complesso, circa 22.708 ettari di territorio risultano oggi coperti artificialmente, con percentuali maggiori per i SIN Officina Grande Riparazione ETR di Bologna (96,9%), Livorno (91,7), Venezia Porto Marghera e Napoli Orientale (appena sotto al 90%).



⁸¹ Art. 252, comma 1 del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

⁸² Non è stato considerato per questa analisi il SIN Area vasta di Giugliano a causa della non disponibilità dei dati cartografici.



Figura 156. Esempi di consumo di suolo rilevato fra gli anni 2020 e 2021 nel SIN Sulcis-Inglesiente-Guspinese (Sardegna). Nelle due immagini superiori si può osservare la realizzazione di piazzali asfaltati. Nelle immagini affiancate sottostanti si può osservare l'avvio di un cantiere su superficie sterrata

Tabella 98. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) nei SIN. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Siti di interesse nazionale (SIN)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (incremento ettari)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Aree industriali della Val Basento	214	6,4	1,5	4,5
Aree industriali di Porto Torres	724	38,8	1,9	10,3
Bacino del fiume Sacco	1.647	22,8	6,0	8,3
Balangero	157	49,9	0,0	0,0
Bari - Fibronit	10	69,6	0,0	0,0
Biancavilla	223	67,4	0,2	7,0
Brescia - Caffaro	148	56,5	0,6	24,4
Brindisi	1.217	21,4	1,3	2,3
Broni	12	83,0	0,0	0,0
Bussi sul Tirino	62	26,3	3,5	147,9
Caffaro di Torviscosa	56	27,8	0,0	0,0
Casale Monferrato	5.207	7,0	15,8	2,1
Cengio e Saliceto	1.139	5,1	0,9	0,4
Cogoletto - Stoppani	14	32,5	0,0	0,0
Crotone - Cassano - Cerchiara	239	27,1	0,6	6,9

Emarese	3	12,2	0,6	246,0
Falconara Marittima	87	80,8	0,0	0,0
Fidenza	9	37,3	0,0	0,0
Gela	349	44,0	0,7	8,8
Laghi di Mantova e Polo chimico	243	23,6	0,0	0,0
Livorno	189	91,7	0,0	0,0
Manfredonia	120	39,6	0,0	0,0
Massa e Carrara	87	75,4	0,3	29,3
Milazzo	381	70,3	0,2	3,3
Napoli Bagnoli - Coroglio	144	58,0	9,6	387,5
Napoli Orientale	743	89,0	2,0	24,3
Officina Grande Riparazione ETR di Bologna	13	96,9	0,0	0,0
Orbetello Area ex-Sitoco	18	8,7	0,0	0,0
Pieve Vergonte	245	1,6	0,5	0,3
Pioltello - Rodano	57	67,1	0,0	0,0
Piombino	553	59,6	2,2	23,7
Priolo	1.857	32,0	4,7	8,1
Serravalle Scrivia	28	37,9	0,0	0,0
Sesto San Giovanni	174	68,4	0,0	0,0
Sulcis - Iglesiente - Guspinese	2.388	12,2	17,2	8,8
Taranto	1.966	45,4	9,8	22,7
Terni Papigno	258	39,4	0,0	0,0
Tito	167	53,0	0,5	16,2
Trento nord	10	40,7	0,0	0,0
Trieste	133	66,9	0,0	0,0
Venezia (Porto Marghera)	1.419	87,7	1,9	11,6
Totale SIN	22.708	13,3	82,6	4,8

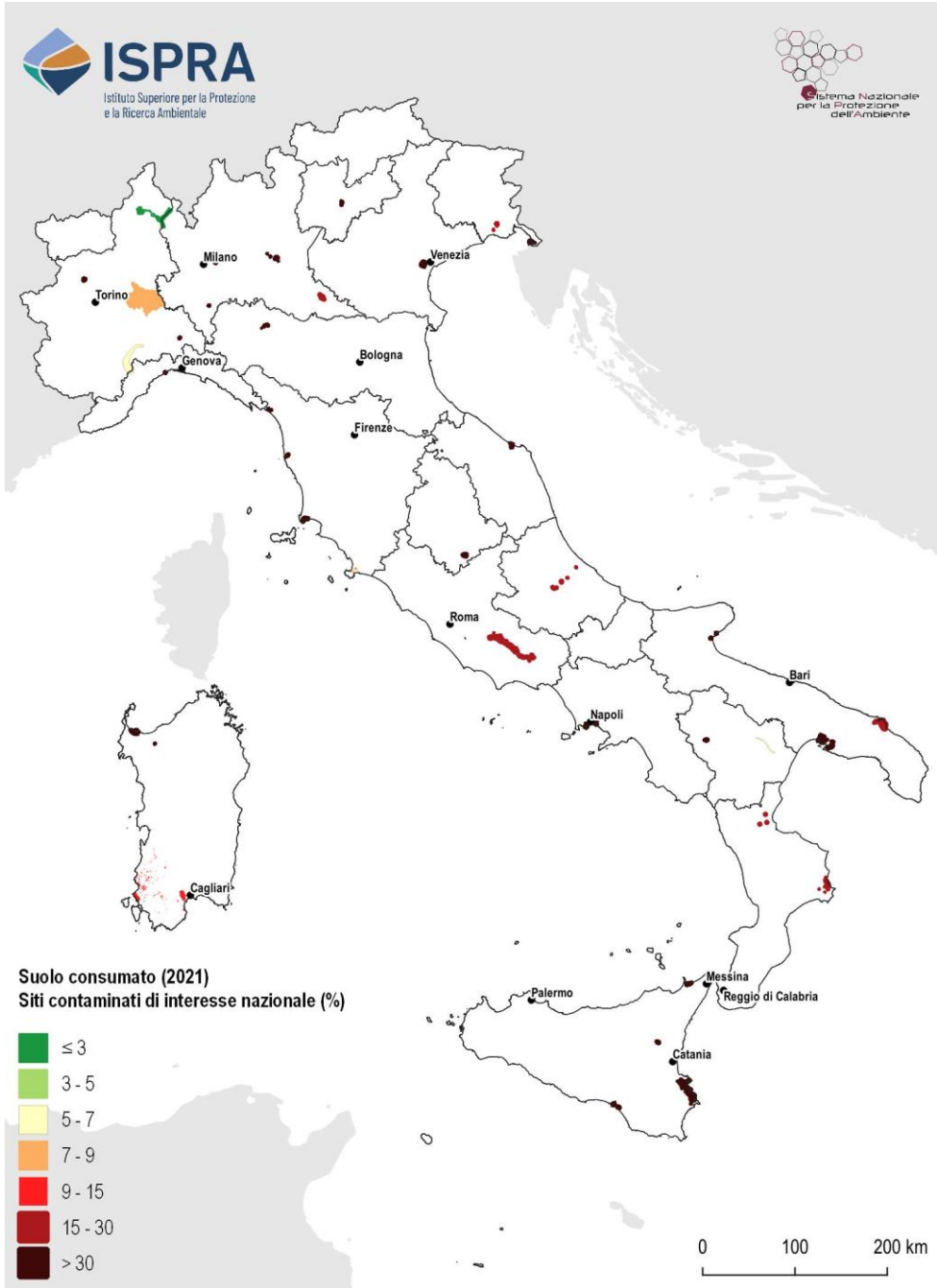


Figura 157. Suolo consumato in percentuale nei siti contaminati di interesse nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

CORPI IDRICI

Al 2021 le analisi rispetto alla distanza dai corpi idrici sono state condotte utilizzando la nuova carta di copertura prodotta da ISPRA (cfr. § *Usa e copertura del suolo*)

I risultati evidenziano che la percentuale di suolo consumato **entro i 150 metri dai corpi idrici** a livello nazionale è pari all'8,3%, con un incremento tra il 2020 e il 2021 dello 0,27%. In Liguria la percentuale è la più alta ed è pari al 21,0%, pur registrando un incremento al di sotto della media nazionale dell'ultimo anno (0,1%). In Campania e nelle Marche la percentuale raggiunge rispettivamente 11,7% e 11,5%. Dal punto di vista dell'incremento

di consumo di suolo, nella fascia entro 150 m dai corpi idrici, i valori più alti si raggiungono in Abruzzo, il quale spicca con l'1,31% in più, e in Emilia-Romagna con 0,41%.

A livello nazionale, nell'ultimo anno sono stati coperti artificialmente altri 655 ettari delle fasce fluviali o lacustri, di cui 109 in Emilia-Romagna, 89 in Piemonte e 72 ettari in Lombardia.

La media nazionale di densità di consumo di suolo vicino ai corpi idrici è pari a 2,21% con picchi del 10,53% in Abruzzo, seguono Marche ed Emilia-Romagna con 3,40% e 3,28% (Tabella 99).

Tabella 99. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) entro i 150 metri dai corpi idrici permanenti. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		Consumo di suolo (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
	entro 150m da corpi idrici	oltre 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici
Piemonte	7,4	6,6	0,39	89,4	2,86
Valle d'Aosta	9,5	1,6	0,18	4,0	1,73
Lombardia	9,3	12,6	0,22	72,1	2,01
Trentino-Alto Adige	9,2	2,5	0,20	18,8	1,79
Veneto	10,9	12,1	0,09	33,9	1,01
Friuli-Venezia Giulia	7,6	8,1	0,12	8,9	0,89
Liguria	21,0	6,1	0,10	8,4	2,03
Emilia-Romagna	8,0	9,1	0,41	109,1	3,28
Toscana	8,5	5,9	0,29	52,1	2,46
Umbria	5,9	5,2	0,08	3,4	0,44
Marche	11,5	6,6	0,30	21,1	3,40
Lazio	8,8	8,1	0,35	36,6	3,06
Abruzzo	8,2	4,8	1,31	67,4	10,53
Molise	4,9	3,9	0,30	3,9	1,47
Campania	11,7	10,4	0,33	33,2	3,91
Puglia	8,3	8,2	0,24	17,5	1,97
Basilicata	3,4	3,2	0,27	5,5	0,91
Calabria	7,1	4,9	0,16	14,5	1,14
Sicilia	6,3	6,5	0,26	39,3	1,65
Sardegna	4,4	3,2	0,19	16,3	0,82
Italia	8,3	7,0	0,27	655,4	2,21

FASCIA COSTIERA

L'analisi del consumo di suolo nella **fascia costiera** viene valutato attraverso l'analisi a diverse distanze dalla linea di costa: 300 m (dove quasi un quarto del territorio è artificializzato), tra 300 e 1.000 m (19,0%), tra 1 km e 10 km (8,7%) e oltre 10 km (6,5%). I risultati mostrano che la percentuale maggiore di suolo consumato si ha nella prima fascia, dove i valori si attestano intorno al 30% per molte regioni, con i valori massimi in Liguria (47%) e nelle Marche (45,1%); in Abruzzo, Emilia-Romagna, Campania, Lazio, Puglia, Calabria e Sicilia sfiorano o superano il 30%, mentre nelle regioni restanti i valori sono inferiori alla media nazionale del 22,5% (Tabella 100).

Facendo invece riferimento all'incremento di consumo di suolo i valori massimi sono registrati in Abruzzo, rispettivamente, +0,60% nella fascia tra 0 e 300 m, +0,39% nella fascia tra 300 e 1000 m e 0,80 per la fascia 1000 m e 10 km. L'incremento medio si aggira intorno allo 0,14% per la prima fascia, mentre per la seconda si attesta allo 0,16%. La densità di consumo di suolo maggiore si trova in Abruzzo in cui nella fascia tra 0 m e 300 m è di 22,08 m²/ha, seguito dalle Marche con 11,94 m²/ha, dall'Emilia-

Romagna con 6,01 m²/ha e dal Lazio con 4,41 m²/ha. Per le altre Regioni la densità dei cambiamenti è inferiore a 5 m²/ha in tutte le fasce considerate, ad eccezione dell'Abruzzo (12,56 m²/ha nella fascia 300- 1000 m), delle Marche (11,65 m²/ha nella fascia 300- 1000 m), Emilia-Romagna (5,78 m²/ha nella fascia 1 km e 10 km) e Campania (5,77 m²/ha nella fascia tra 1 km e 10 km). Desta preoccupazione il fatto che la densità dei cambiamenti in fascia costiera sia ancora molto superiore rispetto al resto del territorio, a livello nazionale e in quasi tutte le regioni, e che nelle Marche e in Abruzzo si siano superati i 10 m²/ha di nuove artificializzazioni ogni ettaro di territorio entro i 300 metri dal mare.

Il confronto tra la carta nazionale di suolo consumato al 2021 e la distanza dalla linea di costa, suddivisa in fasce da 10 metri e depurata dai corpi idrici permanenti interni e dalle zone umide evidenzia che la percentuale maggiore (oltre il 25%) e viene raggiunta a una distanza di 110 m dalla linea di costa (Figura 158). Superata quella distanza la percentuale di suolo consumato comincia a decrescere con andamento parabolico fino a raggiungere, dopo i 4 km, un valore per lo più costante fino a 10 km (distanza massima dell'elaborazione).

Tabella 100. Suolo consumato (2021) per classe di distanza dalla costa. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)			
	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km
Veneto	10,1	10,3	12,9	11,9
Friuli-Venezia Giulia	13,4	14,8	12,0	7,3
Liguria	47,0	29,3	8,0	3,3
Emilia-Romagna	36,8	34,8	10,9	8,5
Toscana	21,6	16,3	8,3	5,6
Marche	45,1	30,7	12,0	5,4
Lazio	29,9	21,4	10,6	7,4
Abruzzo	37,3	32,6	11,2	3,9
Molise	19,6	17,1	5,5	3,7
Campania	35,2	30,2	16,5	8,4
Puglia	29,6	21,8	10,0	6,4
Basilicata	6,7	4,7	3,8	3,1
Calabria	28,7	19,6	5,0	3,6
Sicilia	28,6	22,9	9,4	3,9
Sardegna	9,3	8,3	4,4	2,3
Italia	22,5	19,0	8,7	6,5

Tabella 101. Consumo di suolo annuale (2020-2021) per classe di distanza dalla costa. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo (incremento %)				Densità di consumo di suolo (m ² /ha)			
	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km
Veneto	0,18	0,34	0,25	0,32	1,85	3,43	3,23	3,83
Friuli-Venezia Giulia	0,01	0,03	0,05	0,19	0,17	0,52	0,57	1,36
Liguria	0,03	0,05	0,15	0,08	1,34	1,49	1,17	0,28
Emilia-Romagna	0,16	0,07	0,53	0,32	6,01	2,46	5,78	2,74
Toscana	0,11	0,13	0,22	0,21	2,31	2,13	1,81	1,19
Marche	0,27	0,38	0,33	0,15	11,94	11,65	3,95	0,79
Lazio	0,15	0,21	0,31	0,29	4,41	4,54	3,33	2,16
Abruzzo	0,60	0,39	0,80	0,81	22,08	12,56	8,91	3,10
Molise	0,16	0,20	0,52	0,29	3,13	3,46	2,84	1,07
Campania	0,09	0,15	0,35	0,37	3,28	4,67	5,77	3,10
Puglia	0,09	0,19	0,31	0,36	2,68	4,21	3,10	2,27
Basilicata	0,00	0,00	0,19	0,25	0,00	0,00	0,71	0,78
Calabria	0,08	0,10	0,13	0,10	2,38	1,95	0,63	0,37
Sicilia	0,13	0,18	0,34	0,31	3,64	4,03	3,14	1,21
Sardegna	0,28	0,08	0,26	0,22	2,57	0,69	1,12	0,52
Italia	0,14	0,16	0,30	0,31	3,11	3,12	2,63	1,98

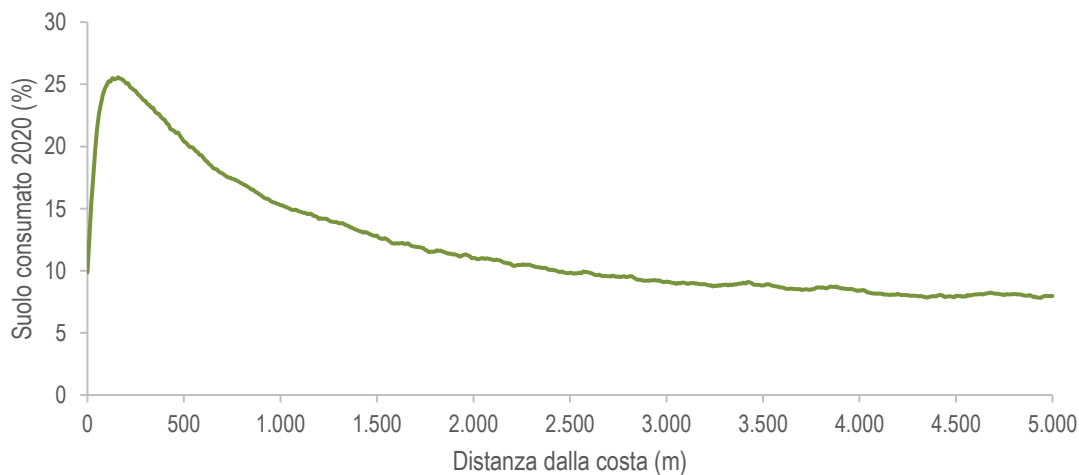


Figura 158. Percentuale di suolo consumato nazionale (2021) in funzione della distanza dalla linea di costa. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

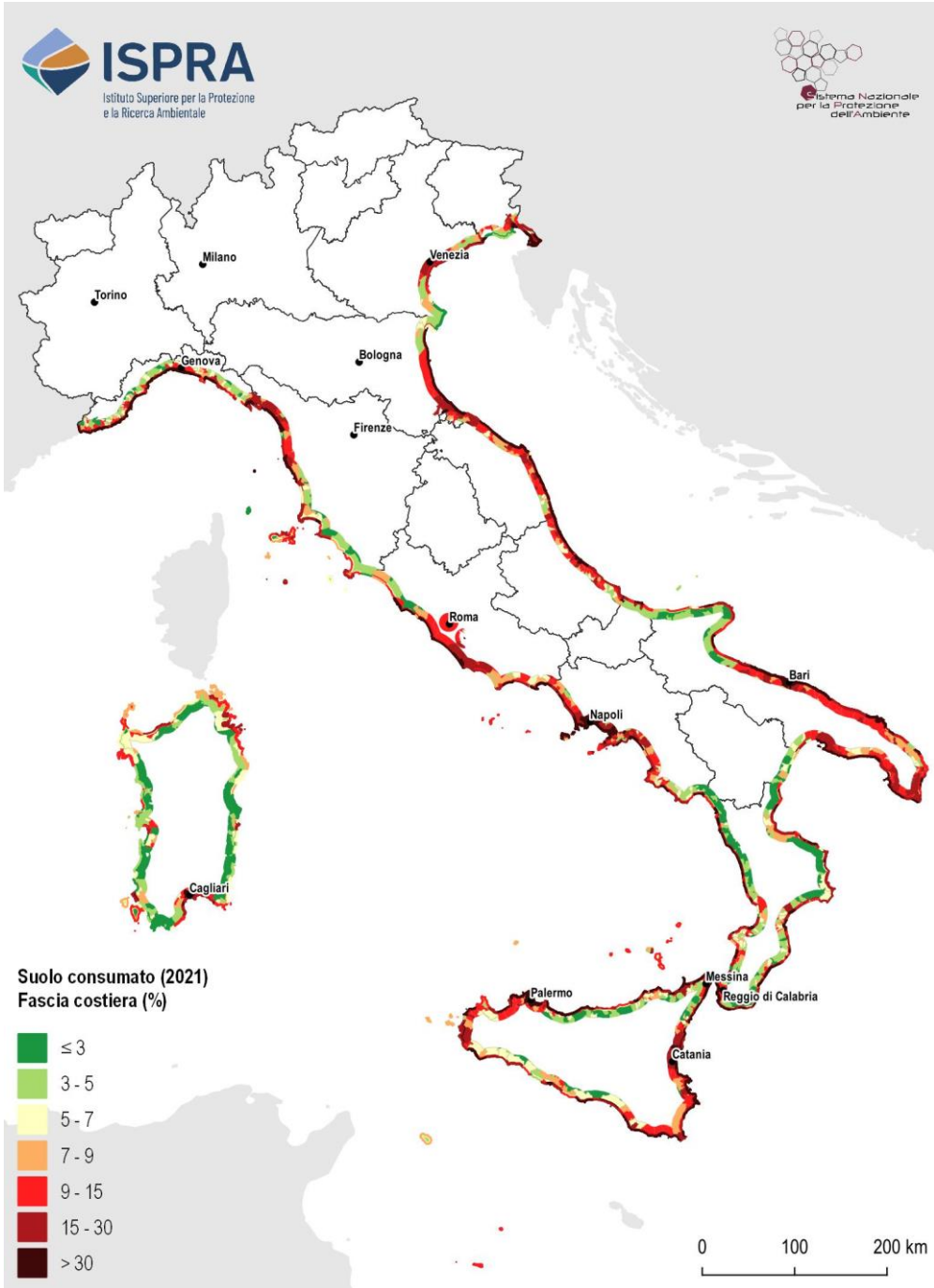


Figura 159. Suolo consumato in percentuale in fascia costiera. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

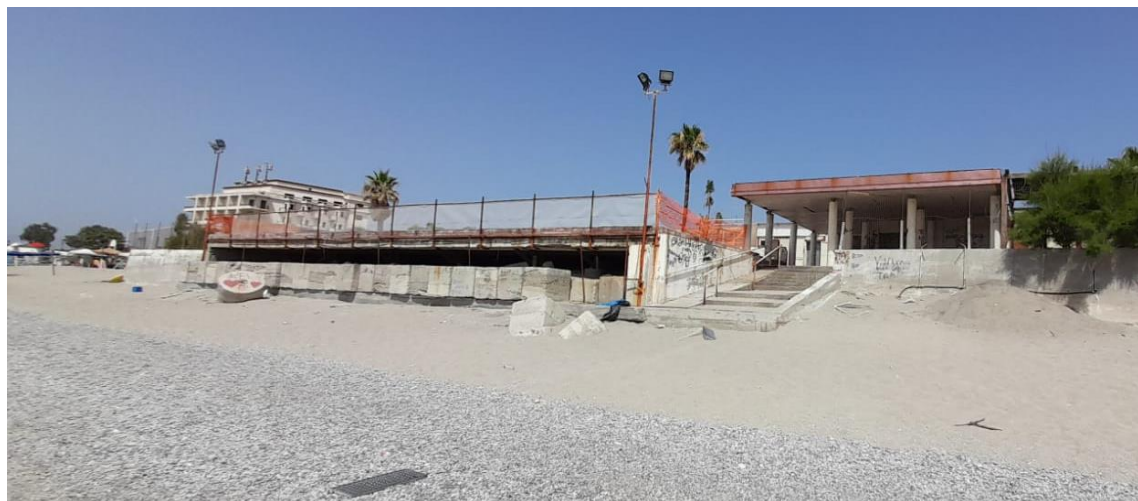


Figura 160. Una struttura abbandonata a ridosso di una spiaggia

CLASSI ALTIMETRICHE E DI PENDENZA

Analizzando il suolo consumato in relazione all'**altitudine** si osserva che a livello nazionale le aree di pianura sono quelle in cui il suolo consumato è maggiore, con l'11,4% della superficie, contro il 5,2% delle aree collinari e l'1,8% delle aree montane. In pianura, la regione con la maggiore percentuale di suolo consumato è il Trentino-Alto Adige, con il 23%, seguita da Liguria, Campania con il 17,9% e la Lombardia, con il 17,7% (Tabella 102).

Tabella 102. Suolo consumato (2021) per classe altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		
	Pianura	Collina	Montagna
Piemonte	10,9	9,5	1,5
Valle d'Aosta	9,6	26,3	1,5
Lombardia	17,7	14,1	1,6
Trentino-Alto Adige	22,6	11,0	1,9
Veneto	16,0	7,5	2,0
Friuli-Venezia Giulia	13,7	5,0	1,0
Liguria	17,9	4,4	1,7
Emilia-Romagna	11,9	4,4	3,3
Toscana	8,9	3,6	1,8
Umbria	9,6	4,2	1,4
Marche	10,5	4,6	1,2
Lazio	11,8	5,6	1,3
Abruzzo	10,4	6,1	1,9
Molise	4,7	4,3	2,9

Campania	17,9	6,9	2,2
Puglia	9,6	4,8	2,1
Basilicata	2,9	3,7	2,8
Calabria	7,8	4,7	1,8
Sicilia	9,9	4,9	2,4
Sardegna	4,8	1,9	1,0
Italia	11,4	5,2	1,8

Una percentuale elevata di suolo consumato rispetto alle altre regioni è registrata nella fascia collinare della Valle d'Aosta, in cui il 26,3% di suolo risulta essere consumato, pur considerando la scarsa estensione dell'area regionale in tale fascia altimetrica. Nella fascia montana, il valore più alto è in Emilia-Romagna con il 3,3% del suolo che risulta artificializzato.

Osservando i dati sull'incremento di consumo di suolo del 2021 rispetto al 2020 (Tabella 103) si evince che in pianura a livello nazionale la crescita è stata di 5.111 ettari, pari allo 0,32% in più rispetto all'anno precedente. La Lombardia è la regione in cui si è assistito all'incremento maggiore con 806 ettari, pari allo 0,33% in più rispetto al 2020, a cui fa seguito il Veneto con 662 ettari in più (+0,33%), mentre la regione in cui il consumo di suolo è stato minore (escludendo la Valle d'Aosta) è la Basilicata, con una crescita di 18 ettari in un anno (+0,24%). Nella fascia collinare l'incremento maggiore è avvenuto in Sicilia e in Piemonte, rispettivamente con 137 e 110 ettari in più nella suddetta fascia, a cui segue l'Abruzzo

con 91 ettari; in Trentino-Alto Adige nella fascia montana sono stati consumati rispettivamente 57 ettari in più rispetto al 2020 (+0,45%) a cui segue l'Abruzzo con 53 ettari.

La densità dei cambiamenti è maggiore nella prima fascia altimetrica, dove si concentra quasi l'81% del consumo di suolo dell'ultimo anno (5.111 ettari, pari a 3 metri quadrati ogni ettaro di territorio). L'Abruzzo supera i 9 m²/ha di consumo di suolo, seguito dalla Campania con valori di densità di consumo di suolo pari a 7,4 m²/ha; valori superiori a 5 m²/ha si registrano in Lombardia e in Piemonte. Nelle altre fasce altimetriche la densità dei cambiamenti è decisamente inferiore (1,2 m²/ha in collina e 0,4 m²/ha in montagna), con valori regionali sempre sotto i 3 m²/ha, con l'esclusione delle aree collinari dell'Abruzzo, con valori pari a 3,8 m²/ha.

L'andamento del suolo consumato rispetto all'altitudine (Figura 161) deriva da un confronto tra la cartografia SNPA e il modello digitale di elevazione su una griglia di 10x10m. Sull'asse delle ordinate sono presenti i valori della percentuale di suolo consumato rispetto al totale della superficie italiana a una determinata altitudine. Nei risultati non viene conteggiata la superficie occupata dai corpi idrici permanenti.

L'andamento decrescente della curva rispecchia i dati suddivisi in fasce altimetriche, evidenziando come le zone più interessate dal fenomeno siano quelle con un'altitudine prossima al livello del mare, che raggiungono valori prossimi al 20%.

Tabella 103. Consumo di suolo annuale (2020-2021) per classe altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo (incremento ettari)			Densità di consumo di suolo (m ² /ha)			Consumo di suolo (incremento %)		
	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna
Piemonte	494	110	26	5,18	2,07	0,25	0,48	0,22	0,17
Valle d'Aosta	0	2	8	0	2,68	0,26	0	0,10	0,17
Lombardia	806	52	25	5,84	2,29	0,32	0,33	0,16	0,20
Trentino-Alto Adige	19	13	57	4,13	1,78	0,45	0,18	0,16	0,24
Veneto	662	12	9	5,27	1,01	0,21	0,33	0,14	0,10
Friuli-Venezia Giulia	92	2	4	2,23	0,28	0,14	0,16	0,06	0,14
Liguria	28	8	3	1,81	0,45	0,15	0,10	0,10	0,09
Emilia-Romagna	627	17	14	4,43	0,45	0,30	0,37	0,10	0,09
Toscana	212	54	28	1,75	0,70	0,89	0,20	0,19	0,50
Umbria	66	45	1	2,60	1,06	0,06	0,27	0,25	0,04
Marche	89	49	0	1,95	1,49	0,02	0,19	0,32	0,01
Lazio	342	61	5	3,71	1,29	0,14	0,31	0,23	0,11
Abruzzo	275	91	53	9,90	3,81	0,94	0,95	0,62	0,49
Molise	24	22	8	2,31	1,13	0,55	0,49	0,27	0,19
Campania	418	64	8	7,36	1,28	0,27	0,41	0,19	0,12
Puglia	419	78	1	3,02	1,57	0,21	0,31	0,33	0,10
Basilicata	18	40	19	0,69	1,01	0,55	0,24	0,28	0,20
Calabria	61	14	9	0,98	0,34	0,19	0,13	0,07	0,11
Sicilia	316	137	34	2,97	1,29	0,76	0,30	0,27	0,32
Sardegna	143	35	2	1,13	0,41	0,09	0,24	0,21	0,08
Italia	5111	907	313	3,65	1,17	0,37	0,32	0,23	0,20

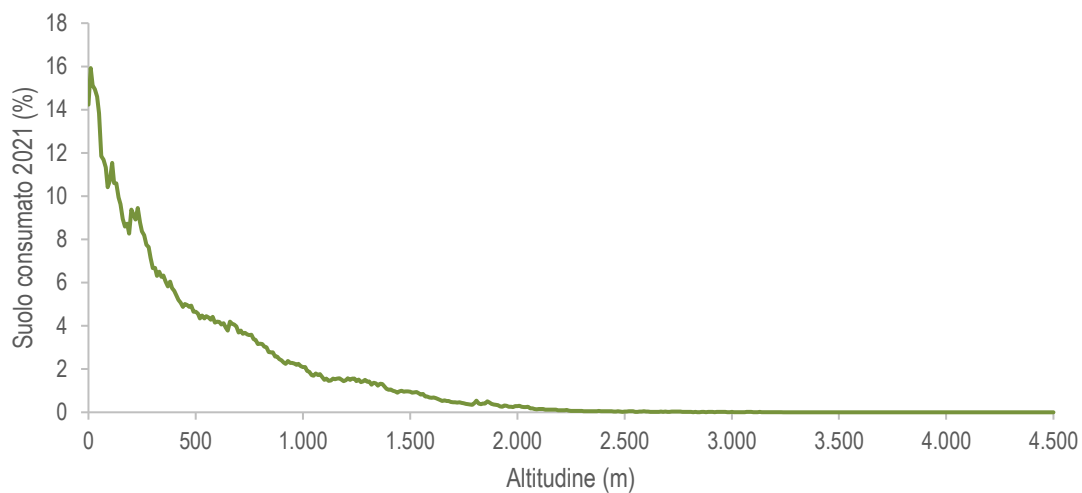


Figura 161. Percentuale di suolo consumato nazionale (2021) in funzione dell'altitudine. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

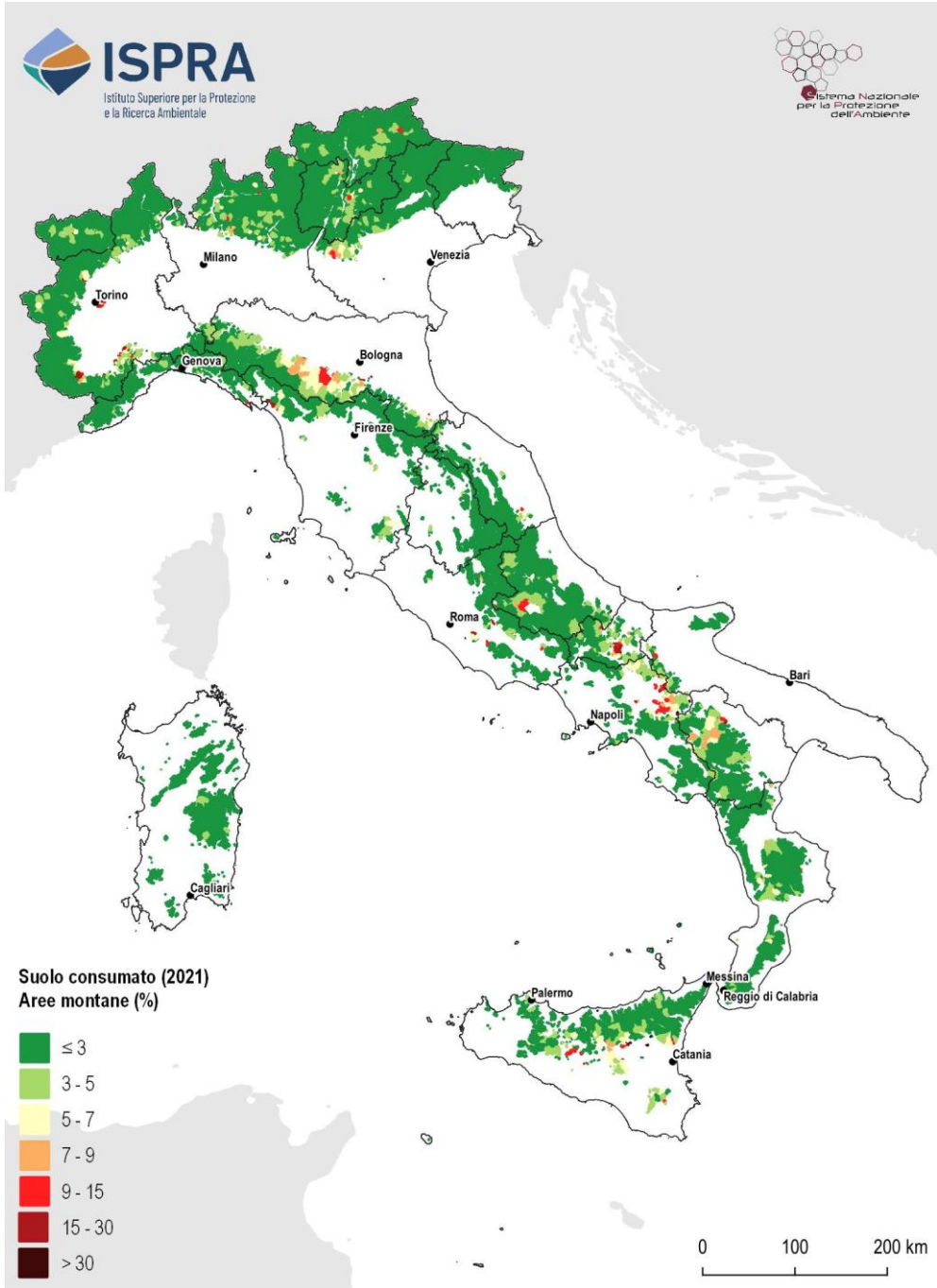


Figura 162. Suolo consumato in percentuale nelle aree montane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il suolo consumato è maggiore nelle aree con **pendenza** inferiore al 10%, in cui a livello nazionale il 11,7% risulta essere coperto da superfici artificiali, contro il 2,4% delle aree a maggiore pendenza. La Liguria, per le sue particolari caratteristiche orografiche, è la regione con le percentuali maggiori sia nelle aree con pendenza inferiore al 10% (con il 29,2% di suolo consumato), sia in quelle con pendenza maggiore del 10% (con il 4,5%). Nelle altre regioni la percentuale è inferiore al 20% nelle zone con pendenza inferiore al 10% e al 4% nelle zone con pendenza maggiore del 10%, ad eccezione della Campania che registra il 4,3% di suolo consumato (Tabella 104).

Tra il 2020 e il 2021 l'incremento percentuale maggiore si è registrato in Abruzzo con 0,79% (+308 ettari) in più

nelle aree con pendenza minore del 10% è sempre in Abruzzo con 0,72% (+111 ettari) nelle aree con pendenza maggiore del 10%.

In termini assoluti, il consumo di suolo dell'ultimo anno si è concentrato nelle aree a bassa pendenza, dove sono stati rilevati 5.690 ettari (90% del totale dei cambiamenti). La Regione con il maggiore incremento di consumo di suolo in termini assoluti in queste aree è il Veneto, in cui tra il 2020 e il 2021 è aumentato di 833 ettari.

La densità del consumo di suolo è maggiore in Abruzzo, in Campania e in Lombardia, con rispettivamente 8,5 m²/ha, 6,9 m²/ha e 5,7 m²/ha. Le aree con pendenza maggiore del 10% invece hanno una densità di consumo di suolo inferiore all'1% per tutte le Regioni, con l'Abruzzo che registra il valore più alto (1,54 m²/ha).

Tabella 104. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) per classe di pendenza. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		Consumo di suolo (incremento ettari)		Consumo di suolo (incremento %)		Densità di consumo di suolo (m ² /ha)	
	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza
Piemonte	12,4	1,9	583	47	0,40	0,18	5,01	0,34
Valle d'Aosta	13,4	1,2	5	6	0,14	0,16	1,82	0,20
Lombardia	18,1	2,7	833	50	0,31	0,20	5,69	0,54
Trentino-Alto Adige	13,7	1,4	55	33	0,22	0,20	2,98	0,28
Veneto	16,2	2,5	660	23	0,32	0,16	5,25	0,41
Friuli-Venezia Giulia	14,0	1,4	94	4	0,16	0,08	2,27	0,11
Liguria	29,2	4,5	22	18	0,12	0,08	3,57	0,37
Emilia-Romagna	12,5	3,3	637	21	0,37	0,07	4,68	0,24
Toscana	11,0	2,5	243	51	0,22	0,16	2,43	0,39
Umbria	9,5	2,3	91	21	0,27	0,18	2,62	0,42
Marche	13,4	2,8	117	20	0,24	0,13	3,22	0,36
Lazio	12,0	3,1	372	35	0,32	0,15	3,84	0,47
Abruzzo	10,8	2,1	308	111	0,79	0,72	8,53	1,54
Molise	5,9	2,3	44	10	0,38	0,17	2,23	0,41
Campania	17,2	4,3	453	37	0,40	0,12	6,93	0,52
Puglia	8,8	2,5	489	10	0,32	0,21	2,79	0,53
Basilicata	4,8	2,0	60	17	0,30	0,15	1,43	0,29
Calabria	9,7	2,5	61	22	0,12	0,09	1,16	0,23
Sicilia	9,5	2,9	400	87	0,30	0,26	2,84	0,75
Sardegna	5,2	1,2	162	19	0,24	0,14	1,28	0,16
Italia	11,7	2,4	5.690	641	0,32	0,18	3,74	0,43

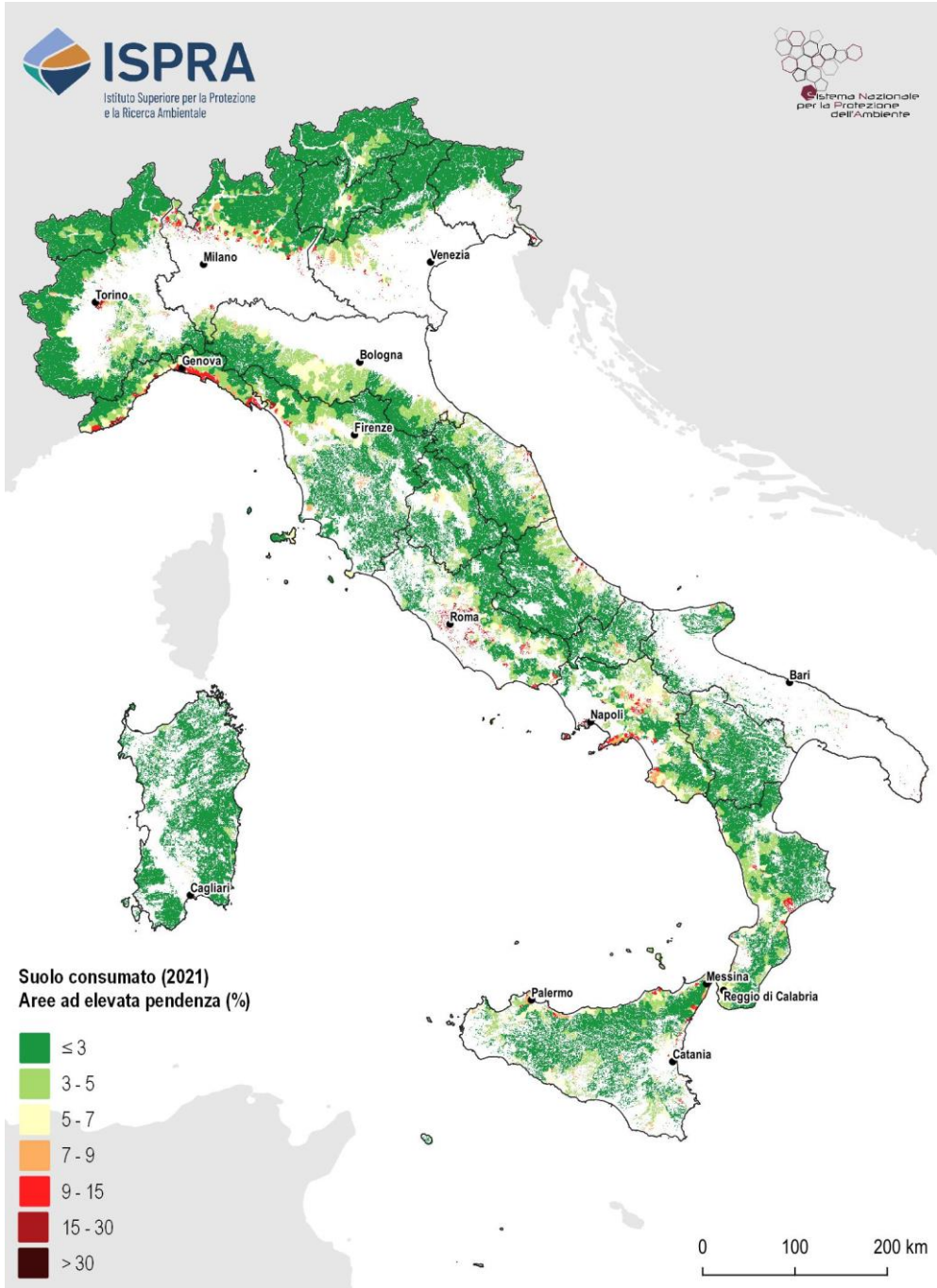


Figura 163. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pendenza elevata. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

TIPOLOGIE DI SUOLO

I suoli sono corpi naturali che, essendo il risultato dell'interazione di diversi fattori ambientali (morfologia, substrato, copertura del suolo, organismi, clima, vegetazione) nel tempo, sono estremamente variabili nello spazio (e nel tempo). Risolvere cartograficamente questa variabilità richiede approcci differenziati a seconda della scala di rappresentazione e dei fenomeni che si intende mettere in luce e nel nostro Paese permane un quadro conoscitivo lacunoso dei suoli. A scala nazionale il primo elaborato pubblicato è la carta Ecopedologica d'Italia, realizzata con un progetto del Ministero dell'Ambiente (MATTM) con la collaborazione del *Joint Research Centre* e di alcune regioni (Rusco *et al.*, 2003). Successivamente è stata elaborata dal CREA la Carta dei Suoli d'Italia (Costantini *et al.*, 2012) nella quale vengono rappresentati i principali paesaggi pedologici italiani. La carta è un prodotto derivato dal progetto "Carta dei Suoli d'Italia a scala 1:250.000" (finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole negli anni 1999-2006), che ha definito degli standard di riferimento dal punto di vista delle scale e dei relativi contenuti informativi e ha prodotto carte dei suoli in scala 1:250.000 in diverse regioni italiane.

Nella Carta dei Suoli d'Italia le 10 regioni pedologiche (RP) rappresentano il primo livello della gerarchia dei pedopaesaggi nazionali. I fattori fondamentali per la determinazione delle regioni sono le condizioni climatiche e quelle geologiche; si presuppone infatti che tali elementi caratterizzino lo sviluppo di diversi processi pedogenetici così da dar luogo a differenti suoli dominanti. Mantenendo il significato di contenitore pedogeografico complesso, in cui un insieme di paesaggi è legato da relazioni funzionali relative ai fattori della pedogenesi e alla gestione dei suoli, all'interno delle regioni pedologiche sono state individuate 47 province pedologiche (PP) che si differenziano per fisiografia e caratteristiche geomorfologiche. A scala di maggior dettaglio, i sistemi e sottosistemi di suolo differenziano i diversi pedopaesaggi.

Le unità cartografiche della carta contengono molti tipi di suolo con caratteristiche tra loro molto diverse, che tuttavia si ripetono con pattern spaziali tipici.

Sovrapponendo la carta del suolo consumato aggiornata al 2021 si ottengono i dati riportati in Tabella 105. Se si considera il suolo consumato in ettari, la RP maggiormente coinvolta è la **D** e subito dopo con valori molto simili tra di loro, troviamo la **L** e la **G**. Queste prime tre RP comprendono la quasi totalità dei terreni pianeggianti italiani. All'interno della RP **D** "Suoli della pianura padana e colline associate", si trovano i suoli tra i più fertili di Italia, dove è concentrata molta della produzione agricola nazionale. Circa 690.291 ettari sono stati consumati, ed il consumo interessa prevalentemente i suoli migliori (PP 21, 22, 23, 24). La RP **L**, "Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia", comprende altre importanti pianure costiere ed interne della penisola, dove circa 245.855 ettari sono stati consumati complessivamente. Anche in questo caso il consumo si concentra sui suoli migliori per l'agricoltura: il Campidano in Sardegna, la pianura di Metaponto in Basilicata, la piana di Catania, la zona del Tavoliere della Puglia (PP 47). Considerando il valore percentuale di suolo consumato all'interno delle RP, la **D** risulta consumata per il 14,47%, in particolare nella pianura lombarda vicino a Milano (PP 19) e nelle zone di alta pianura piemontese, veneta e friulana (PP 21). Appena dopo abbiamo la RP **L** che identifica i "Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia" con circa il 9,18 % di suolo consumato. Notevole è anche la RP **H** "Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari", la quale ha perso per consumo di suolo gran parte del territorio. Il consumo arriva in questo caso a poco meno del 7%, che si concentra però in zone dove sono presenti suoli di origine vulcanica di particolare pregio (intorno a Napoli). La RP **I** "Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei", arealmente più limitata, comprende zone dove sono diffusi suoli tipici dell'area mediterranea, come le terre rosse mediterranee (PP 42 e 44) di Sicilia e del Salento, importanti oltre che sul piano agricolo per colture di qualità, come vite ed olivo, anche sul piano paesaggistico.

Tabella 105. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) per Regione Pedologica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia MIPAAFT e SNPA

Regioni pedologiche		Suoli: gruppi principali	Suolo consumato 2021 (ha)	Suolo consumato 2021 (%)	Consumo di suolo 2020-21 (%)	Densità di consumo di suolo 2020-21 (m ² /ha)
A	Suoli delle Alpi e Prealpi	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Podzol	154.324	3,09	0,17	0,53
B	Suoli degli Appennini a clima temperato	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Calcisol	126.094	3,59	0,22	0,77
C	Suoli delle colline del nord Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Luvisol, Calcisol	62.780	5,84	0,14	0,80
D	Suoli della pianura padana e colline associate	Cambisol, Calcisol, Luvisol, Vertisol, Fluvisol	690.291	14,47	0,38	5,51
E	Suoli degli Appennini centrali e meridionali	Cambisol, Regosol, Calcisol, Luvisol, Umbrisol	108.555	3,64	0,24	0,87
F	Suoli delle montagne della Sardegna e Sicilia su rocce ignee e metamorfiche	Leptosol, Cambisol, Umbrisol, Andosols, Luvisol	34.375	2,64	0,14	0,38
G	Suoli delle colline del centro e sud Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Calcisol, Phaeozem, Luvisol	235.236	4,96	0,25	1,26
H	Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari	Cambisol, Regosol, Andosol, Leptosol, Luvisol	107.420	6,79	0,50	3,37
I	Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei	Luvisol, Cambisol, Regosol, Phaeozem, Vertisol	116.615	6,71	0,30	2,04
L	Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia	Cambisol, Luvisol, Calcisol, Vertisol, Regosol	245.855	9,18	0,34	3,08

UNITÀ FISIOGRAFICHE DEL PAESAGGIO

I cambiamenti di consumo di suolo avvenuti tra il 2020 e il 2021 sono analizzati all'interno delle diverse tipologie di paesaggio, prendendo come riferimento i dati del Progetto della Carta della Natura⁸³, i quali mediante l'individuazione delle unità fisiografiche del paesaggio, permettono di quantificare, attraverso una sovrapposizione con la carta del consumo di suolo, su quali di esse incidono maggiormente i cambiamenti avvenuti alla scala nazionale. In Tabella 106 sono riportate le percentuali di suolo consumato rispetto alla superficie dell'unità fisiografica nel 2021, il nuovo consumo di suolo annuale netto avvenuto tra il 2020 e il 2021 espresso in ettari e in incremento percentuale rispetto al 2020.

Le maggiori trasformazioni avvenute storicamente nel paesaggio italiano, rilevabili oggi in termini di percentuale di suolo consumato, confermano i dati delle edizioni precedenti del Rapporto e riguardano unità fisiografiche descrittive di paesaggi di pianura e collina, come ad esempio la pianura costiera (18,8%), le colline moreniche (18,1%), la pianura aperta (14,7%) e di fondovalle (14,1%), confermando anche il quadro nazionale che rileva una percentuale maggiore nelle aree pianeggianti. Le percentuali di suolo consumato più basse sono registrate nelle unità fisiografiche descrittive di paesaggi di montagna in alta quota, dove ci sono condizioni ambientali meno favorevoli alle attività antropiche: nel paesaggio dolomitico rupestre si registra lo 0,1% e in quello glaciale di alta quota lo 0,3%.

Analizzando invece la crescita del consumo di suolo tra il 2020 e il 2021 in valori assoluti, i paesaggi che sono

stati più interessati dal fenomeno sono quelli caratterizzati da territori agricoli, zone urbanizzate e strutture antropiche grandi e/o diffuse. Nello specifico sono i paesaggi di pianura aperta ad avere il maggiore incremento con 2.357 ettari di suolo a copertura artificiale, a cui seguono, con valori molto più bassi, la pianura costiera (634,34 ettari) e la pianura di fondovalle (608,27 ettari). Infine, l'analisi dell'incremento percentuale nel 2021 rispetto al 2020, mostra il valore più alto nel paesaggio glaciale di alta quota con il 0,48% seguito dal Pianura golenale con lo 0,42%, e dal Paesaggio collinare terrigeno con tavolati con lo 0,39%, tutti paesaggi caratteristici di ambiente di montagna.



⁸³ Il Progetto Carta Natura, coordinato dall'ISPRA e realizzato con la partecipazione di altri soggetti (Regioni, ARPA/APPA, Enti Parco, Università) ha l'obiettivo di "individuare lo stato dell'ambiente naturale in Italia, evidenziando i valori naturali ed i profili di vulnerabilità", come disciplinato dalla Legge quadro sulle aree protette (L. 394/91). L'esito del progetto è uno strumento cartografico realizzato con un approccio multiscalare dal quale vengono derivate anche alcune valutazioni sintetiche sullo stato dell'ambiente naturale (cfr. paragrafo seguente). Dal 2018, a seguito della disponibilità di dati a maggiore risoluzione e di perfezionamenti metodologici, le carte degli habitat sono state prodotte alla scala 1:25.000 con un'unità minima cartografabile di 1 ettaro, incrementando così il dettaglio spaziale rispetto alle precedenti, prodotte alla scala 1:50.000. Contestualmente, è stata adottata una

nuova legenda nazionale (https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/sistema-carta-della-natura/files/LegendaCartadellaNatura2019_04_18.pdf) che si allinea al sistema di nomenclatura europeo Palaeartic ed EUNIS. La classificazione EUNIS è un sistema gerarchico che considera tutti i tipi di habitat, naturali ed artificiali, terrestri, d'acqua dolce e marini, ed è realizzato in modo da potersi collegare con gli altri importanti sistemi europei di classificazione (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003800/3802-rapporti-39-2004-habitat.pdf>). Allo stato attuale, i lavori di restituzione cartografica e valutazione sono stati conclusi per quasi tutto il territorio nazionale ad eccezione delle regioni Calabria, Lombardia, Piemonte e Trentino Alto-Adige.

Tabella 106. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) per unità fisiografica del paesaggio. Fonte: elaborazioni ISPRA su Carta della Natura e cartografia SNPA

Unità fisiografiche del paesaggio		Suolo consumato 2021 (%)	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 (%)
1	Paesaggio glaciale di alta quota	0,3	14,01	0,48
2	Valle montana	2,2	33,77	0,16
3	Pianura di fondovalle	14,1	608,27	0,31
4	Montagne metamorfiche e cristalline	3,2	69,71	0,14
5	Montagne carbonatiche	2,6	106,03	0,16
6	Conca intermontana	9,8	62,89	0,34
7	Montagne terrigene	3,6	142,52	0,14
8	Paesaggio dolomitico rupestre	0,1	0	0,00
9	Montagne porfiriche	4,2	11,71	0,20
10	Montagne dolomitiche	2,7	26,54	0,14
11	Altopiano intramontano	3,0	2,85	0,10
12	Lago	0,8	1,65	0,14
13	Colline carbonatiche	6,4	89,28	0,22
14	Pianura aperta	14,7	2.357,2	0,37
15	Colline terrigene	6,0	352,26	0,21
16	Colline moreniche	18,1	154,2	0,34
17	Pianura golenale	7,5	79,68	0,42
18	Tavolato carbonatico	11,7	390,55	0,36
19	Lagune	2,9	4,8	0,14
20	Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	8,7	276,77	0,30
21	Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	7,1	374,62	0,39
22	Pianura costiera	18,8	634,34	0,30
23	Piccole isole	9,6	1,07	0,02
24	Rilievo roccioso isolato	3,2	2,77	0,17
25	Colline argillose	5,4	243,62	0,25
26	Paesaggio collinare eterogeneo	4,7	0	0,00
27	Rilievo costiero isolato	3,3	67,47	0,23
28	Montagne vulcaniche	9,9	5,14	0,14
29	Edificio montuoso vulcanico	2,5	3,72	0,38
30	Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	6,1	9,33	0,16
31	Paesaggio a colli isolati	4,6	148,21	0,23
32	Colline granitiche	6,6	8,78	0,18
33	Colline metamorfiche e cristalline	2,6	11,77	0,11
34	Montagne granitiche	2,1	14,54	0,20
35	Tavolato lavico	1,3	0,8	0,05
36	Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	3,1	4,01	0,09
37	Paesaggio con tavolati in aree montuose	7,8	4,88	0,08

AREE AD ALTO VALORE ECOLOGICO E AD ALTA FRAGILITÀ AMBIENTALE

Tra gli indicatori derivati dalla Carta della Natura, quelli che sintetizzano gli obiettivi della legge quadro in merito alla segnalazione dei “valori naturali” e dei “profili di vulnerabilità” sono, rispettivamente, il valore ecologico e la fragilità ambientale. L'indice di valore ecologico esprime il valore naturale di un biotopo dal punto di vista ambientale e mette in evidenza aree in cui sono presenti aspetti peculiari di naturalità del territorio; l'indice di fragilità ambientale, invece, esprime il livello di vulnerabilità ponendo in risalto i biotopi che, a causa della compresenza di determinati fattori naturali e disturbi antropici, risultano più sensibili.

Entrambi vengono rappresentati a livello cartografico tramite una suddivisione del territorio in 5 classi: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. È stata, pertanto, analizzata la distribuzione del suolo consumato e i cambiamenti avvenuti nell'ultimo anno all'interno delle diverse classi degli indicatori presentati.

Analizzando il suolo consumato all'interno delle classi di valore ecologico (Tabella 107), si osserva che a livello nazionale le aree a valore molto basso e basso sono quelle in cui la percentuale di suolo consumato è maggiore, pari, rispettivamente, al 5,25% e al 5,26% della superficie. Nelle aree a valore ecologico elevato e molto elevato la percentuale scende rispettivamente all' 1,6% e all'1%. A livello regionale, Liguria e Toscana presentano i valori più elevati di suolo consumato in aree a valore ecologico molto elevato (rispettivamente con 2,08% e 1,88%), mentre Puglia e Veneto hanno le percentuali più elevate nelle aree a valore alto (rispettivamente con 3,28% e 3,01%).

Tabella 107. Suolo consumato (2021) per classe di valore ecologico. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Suolo consumato 2021 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	1,1	4,3	0,5	1,8	0,7
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	8,4	9,6	6,1	3	0,9
Friuli-Venezia Giulia	4,1	10,6	2,5	1,4	0,8
Liguria	25	10	2,5	1,8	2
Emilia-Romagna	3,7	5,5	2,2	1,7	0,7
Toscana	3,4	5,3	1,7	1,5	1,9
Umbria	4,6	4,9	1	1,3	1
Marche	4	3	1,9	1,3	0,8
Lazio	7,4	5,9	2,1	1,3	0,9
Abruzzo	5,7	5,2	1,3	0,9	0,9
Molise	3,9	2,8	1,8	1,7	0,9
Campania	10,9	6,9	2,6	1,5	0,6
Puglia	5,9	5	3,4	3,3	1,3
Basilicata	2,3	3,1	2	1,3	0,8
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	11,9	4,6	4	2,2	1,2
Sardegna	2,5	3,5	1,3	0,8	0,7
Italia	5,2	5,2	2,2	1,6	1

In termini assoluti, a livello nazionale, nell'ultimo anno sono stati artificializzati 17 ettari di aree a valore ecologico molto elevato (prevalentemente in Abruzzo con 7 ettari di nuovo consumo e in Puglia in cui si registra un consumo di oltre 5 ettari) e 244 ettari in aree a valore ecologico alto, di cui 75 ettari solo in Sicilia e ulteriori 40 ettari in Toscana. Considerando l'incremento percentuale di suolo consumato tra il 2020 e il 2021, L'Abruzzo è la regione che ha registrato la percentuale maggiore di consumo di suolo in aree a valore ecologico molto alto (+1,05%), mentre nelle aree a valore ecologico alto è la Sicilia con +0,74% di nuovo consumo (Tabella 108).

Tabella 108. Consumo di suolo annuale (2020–2021) per classe di valore ecologico. Fonte: elaborazione ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Consumo di suolo 2020 - 2021										
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	0,2	0,8	0,1	0,05	0,2	0,05	6	0,2	0,4	0,1	
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	436,8	0,6	66,5	0,8	3,3	0,1	9,2	0,1	-11,3	-0,4	
Friuli-Venezia Giulia	60,3	0,7	14,3	0,2	1,4	0,1	3,2	0,1	1,7	0,1	
Liguria	0,07	0,01	16,5	0,2	3,4	0,1	10,8	0,2	1,4	0,2	
Emilia-Romagna	437,5	1,2	17,7	0,1	41,7	0,5	14,2	0,2	0,3	0,1	
Toscana	42,8	0,6	131,5	0,3	29,8	0,5	40	0,3	2	0,2	
Umbria	5,1	0,2	83,3	0,5	1,1	0,05	1,9	0,1	0,3	0,1	
Marche	63,8	0,3	2,1	0,1	12,9	0,4	7	0,4	0,01	0,01	
Lazio	99,5	0,5	178,7	0,5	24,3	0,5	13	0,3	1,3	0,1	
Abruzzo	152,4	1,6	152,6	1,1	31,9	1,2	18,5	0,7	7,1	1	
Molise	9,5	0,5	17,2	0,4	6,7	0,4	2,5	0,1	1,1	0,3	
Campania	28	0,6	345	0,7	14,8	0,4	1,5	0,04	1,4	0,2	
Puglia	6,5	1,9	308,7	0,5	33,8	0,4	17,5	0,5	5,4	0,2	
Basilicata	9,9	0,2	29,1	0,3	18,2	0,4	4,1	0,1	0	0	
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	3	0,1	254,4	0,4	100,8	0,5	75,6	0,7	4,6	0,2	
Sardegna	15,4	0,4	64,3	0,3	27,9	0,3	18,9	0,4	0,9	0,1	
Italia	1.371	0,7	1.682	0,5	352,4	0,4	244,1	0,3	17,3	0,1	

La percentuale delle aree a fragilità alta e molto alta occupata da superfici artificiali è pari all'1,87% con valori più elevati nella classe molto alta (5,11%). A livello regionale, la percentuale più elevata di suolo consumato nelle aree a fragilità molto elevata si registra nelle Marche con quasi il 13% di superficie artificializzata, in Liguria (9,7%), nel Lazio (9,4%) e nella Valle d'Aosta (9,3%); nelle aree a fragilità alta è l'Abruzzo la regione con la percentuale di suolo consumato maggiore, pari all'8,5% (Tabella 109).

Il confronto tra i dati 2020 e 2021 evidenzia che 1.982 ettari pari al 42,6% del consumo totale si è concentrato nelle aree a fragilità molto bassa (Tabella 110). Nelle aree a fragilità alta l'incremento di superfici artificiali è pari a 88 ettari, di cui 26,5 ettari solo in Sicilia, 12,4 ettari in Campania e ulteriori 12 ettari in Toscana. La regione che, in termini percentuali, ha registrato i valori più elevati di nuovo consumo nelle aree a fragilità alta è l'Emilia-Romagna con +4,66% (pari a 9,2 ettari). Nelle aree a fragilità molto elevata, la variazione percentuale si mantiene

prossima allo 0% in tutte le regioni tranne per la Sardegna (+7,8%), la Basilicata (+1,9%), il Lazio (+0,63%), la Sicilia (+0,57%), la Puglia (+0,5%) e la Toscana (+0,44%).

Pur tenendo conto di fattori di scala tra le carte, le analisi del consumo di suolo rispetto ai tipi di paesaggio, ma anche rispetto alle classi di valore ecologico e di fragilità ambientale in sintesi mostrano che negli anni e ancora oggi l'uomo ha consumato e consuma suolo, paesaggi, habitat ed ecosistemi dove più facilmente è riuscito a insediarsi sia in modo concentrato che diffuso e dunque nelle pianure e nelle aree collinari, coinvolgendo maggiormente aree a minore naturalità e dunque a minor valore ecologico. Nelle aree a maggior disturbo antropico possono rimanere lembi residuali con un discreto livello di naturalità che possono risultare a fragilità da media in su e che possono più facilmente ricadere tra le superfici "consumate". A scopo conservazionistico sarebbero da ridurre a zero le percentuali di consumo nelle classi di Valore o di Fragilità alta e molto alta, ma in particolare andrebbero tutelati i biotopi caratterizzati contemporaneamente da valore e fragilità elevati.

Tabella 109. Suolo consumato (2021) per classe di fragilità ambientale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Suolo consumato 2021 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	0,1	1,7	3,8	5,9	9,3
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND
T.-A.Adige	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	5,3	7	3,5	2,9	8,4
Friuli-V. Giulia	1,6	3,5	4,1	3,2	3
Liguria	5,6	2,3	3	7,7	9,7
E.-Romagna	3,4	2,9	2,6	3,9	1,8

Toscana	3,3	2,7	2,8	4,1	6,1
Umbria	4,6	1,9	1,2	3	1,9
Marche	3,2	2,4	3,5	8	12,9
Lazio	4,1	4,3	4,2	5,8	9,4
Abruzzo	3,2	2,5	2,1	8,5	6,6
Molise	2,7	2,6	1,4	3,1	6,2
Campania	5,6	4,1	4,9	2,7	7,6
Puglia	4,8	3,4	2,7	5,1	3,5
Basilicata	2,6	1,7	2	2,22	5,9
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	4,6	3,6	2,1	4,6	5,9
Sardegna	1,9	1,7	2,6	2,2	2,1
Italia	3,7	3,2	3	3,7	5,1

Tabella 110. Consumo di suolo annuale (2020-2021) per classe di fragilità ambientale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Consumo di suolo 2020 - 2021										
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	1,5	0,9	4,8	0,2	-0,5	-0,04	1,4	0,2	0	0	
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Veneto	250,1	0,7	257	0,5	8,6	0,2	-11,8	-0,4	-0,1	-0,1	
Friuli-Venezia Giulia	9,6	0,2	61	0,7	5,7	0,1	4,7	0,2	0	0	
Liguria	10,8	0,1	17,8	0,3	3,3	0,1	0,2	0,03	0	0	
Emilia-Romagna	422,7	0,8	63,1	0,5	16,5	1,3	9,2	4,7	0	0	
Toscana	105,5	0,4	102,4	0,4	26,1	0,3	12,1	0,4	0,9	0,4	
Umbria	71,1	0,4	17,3	0,3	2,5	0,2	0,8	0,1	0	0	
Marche	44,9	0,3	27,4	0,4	10,2	0,4	3,3	0,6	0	0	
Lazio	188,5	0,5	105,5	0,5	14,9	0,4	7,4	0,6	0,7	0,6	
Abruzzo	266	1,3	67,4	0,9	24,1	1,5	5	1,1	0	0	
Molise	18,3	0,4	8,7	0,4	6,5	0,3	3,4	0,3	0	0	
Campania	70,2	0,3	74,4	0,4	236,2	1,6	12,4	0,6	-2,5	-0,5	
Puglia	297	0,5	51	0,4	11,6	0,3	10,6	0,7	1,4	0,5	
Basilicata	33,3	0,3	15,8	0,3	8,4	0,3	2,3	0,2	1,4	1,9	
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Sicilia	156,5	0,4	206,8	0,5	46,2	0,8	26,5	0,6	2,5	0,6	
Sardegna	35,5	0,2	71,9	0,3	11,9	0,3	0,8	0,1	7,5	7,8	
Italia	1.982	0,5	1.152	0,5	432,3	0,7	88,4	0,4	11,8	0,5	

TIPOLOGIA DI ECOSISTEMI

La sovrapposizione della nuova carta nazionale del consumo di suolo con la carta degli ecosistemi d'Italia (Blasi *et al.*, 2017) ha consentito di valutare lo stato e l'evoluzione della copertura artificiale nelle 97 tipologie di ecosistemi individuate sul territorio italiano. Il fenomeno è stato analizzato in termini di suolo consumato totale (in ettari e in percentuale rispetto all'estensione di ciascuna classe), di consumo di suolo (in ettari) e di densità di consumo di suolo (in termini di metri quadrati di nuovo suolo consumato per ogni ettaro di estensione di ciascuna classe) come riportato nella Tabella 111. Con riferimento al consumo di suolo avvenuto tra il 2020 ed il 2021, la maggior parte dei cambiamenti si concentra nelle tipologie di ecosistemi: Seminativi (B1), Zone agricole eterogenee (B8), Superfici artificiali (A1), Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado (A2). In queste classi il consumo di suolo supera i 500 ettari, con un valore massimo

in corrispondenza dei seminativi, dove, con 2.812 ettari, si concentra la maggioranza dei cambiamenti totali avvenuti tra il 2020 e il 2021.

La percentuale più alta di suolo consumato è concentrata principalmente negli ecosistemi delle Superfici artificiali e delle Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado, rispettivamente con il 67,45% e il 60,66%, subito dopo troviamo le Aree verdi urbane con il 24,89%.

Con riferimento alla densità dei cambiamenti, i valori più elevati si registrano nelle aree classificate come Aree verdi urbane (A3), con 12,97 metri quadrati di cambiamenti per ettaro di estensione della classe, che sono andati a saturare le aree urbane, seguiti dalle Superfici artificiali (A1), dalle Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado (A2) e dai Frutteti e frutti minori (B4) con 12,36, 5,85 e 3,98 metri quadrati di consumo di suolo per ettaro di estensione della classe.

Tabella 111. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) per ecosistema. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Blasi *et al.*, 2017 e cartografia SNPA.

Ecosistema		Suolo consumato 2021 (ha)	Suolo consumato 2021 (%)	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Densità di consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha)
A1	Superfici artificiali	353.093	67,45	647,17	12,36
A2	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	579.746	60,66	558,69	5,85
A3	Aree verdi urbane	2.523	24,89	13,15	12,97
B1	Seminativi	483.806	5,96	2.812,48	3,47
B10	Aree agroforestali	2.969	1,7	1,48	0,08
B2	Risaie	11.454	4	93,07	3,25
B3	Vigneti	28.513	5,4	104,45	1,98
B4	Frutteti e frutti minori	29.366	7,34	159,28	3,98
B5	Oliveti	83.513	6,91	258,78	2,14
B6	Arboricoltura da legno	868	1,86	11,32	2,42
B7	Prati stabili (foraggiere permanenti)	25.277	5,94	136,81	3,21
B8	Zone agricole eterogenee	266.301	10,5	914,27	3,6
B9	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	127.060	6,21	265,13	1,29
C1	Ecosistemi forestali submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> della fascia insubrica	18	2,23	0	0
C10	Ecosistemi forestali peninsulari mesofili a prevalenza di <i>Quercus cerris</i>	9.987	1,21	28,84	0,35
C11	Ecosistemi forestali peninsulari termofili a prevalenza di <i>Quercus cerris</i> localmente con <i>Q. frainetto</i>	1.988	0,93	2,62	0,12
C12	Ecosistemi forestali peninsulari termofili a prevalenza di <i>Quercus virgiliana</i>	2.115	1,39	4,06	0,27
C13	Ecosistemi forestali dei querceti termofili sud-orientali con <i>Quercus virgiliana</i> , <i>Q. trojana</i> , <i>Q. macrolepis</i> o <i>Q. frainetto</i>	284	1,54	0	0

C14	Ecosistemi forestali peninsulari mesoigrofilo a dominanza di <i>Quercus robur</i>	276	2,24	0,15	0,12
C15	Ecosistemi forestali mediterranei e submediterranei della Sicilia e Sardegna a dominanza di querce caducifoglie (<i>Q. virgiliana</i> , <i>Q. congesta</i> , <i>Q. ichnusa</i> , <i>Q. gussoni</i> , ecc.)	836	0,95	0,44	0,05
C16	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a dominanza di <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> e/o <i>Carpinus betulus</i>	10.567	2,05	23,97	0,47
C17	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a dominanza di <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> e altre latifoglie mesofile	2.099	3,31	1,27	0,2
C18	Ecosistemi forestali peninsulari da planiziali a submontani a dominanza di <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>C. orientalis</i> , <i>Ulmus minor</i> , ecc.	4.607	1,12	4,69	0,11
C19	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a dominanza di <i>Castanea sativa</i>	4.355	2,08	7,7	0,37
C2	Ecosistemi forestali submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> della Pianura Padana	13	1,11	0	0
C20	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a dominanza di <i>Castanea sativa</i>	572	1,83	0,09	0,03
C21	Ecosistemi forestali peninsulari collinari e submontani a dominanza di <i>Castanea sativa</i>	10.131	1,71	16,89	0,29
C22	Ecosistemi forestali a dominanza di <i>Castanea sativa</i> dei rilievi delle Isole maggiori	149	1,8	0	0
C23	Ecosistemi forestali alpini e prealpini montani a dominanza di <i>Fagus sylvatica</i> con <i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , ecc.	3.684	0,87	3,8	0,09
C24	Ecosistemi forestali appenninici montani a dominanza di <i>Fagus sylvatica</i> con <i>Abies alba</i> , <i>Taxus baccata</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Acer lobelii</i> , ecc.	2.544	0,53	7,47	0,15
C25	Ecosistemi forestali mediterraneo-montani a dominanza di <i>Fagus sylvatica</i>	897	0,49	0,02	0
C26	Ecosistemi forestali igrofilo alpini e prealpini a dominanza di <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> , ecc.	128	2,97	1,73	4,02
C27	Ecosistemi forestali igrofilo della Pianura Padana a dominanza di <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Alnus</i> , ecc.	454	2,83	1,35	0,84
C28	Ecosistemi forestali igrofilo peninsulari a dominanza di <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Alnus</i> , <i>Platanus</i> , ecc.	1.002	2,13	10,52	2,24
C29	Ecosistemi forestali igrofilo della Sicilia e Sardegna a dominanza di <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Platanus</i> , <i>Nerium</i> , <i>Tamarix</i> , ecc.	94	2,1	0,02	0,04
C3	Ecosistemi forestali peninsulari mediterranei e submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> e/o <i>Q. suber</i> (e <i>Q. caliliprinos</i> nel Salento)	4.750	1,13	6,01	0,14
C30	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a dominanza di latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , ecc.)	381	3,59	1,71	1,61
C31	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a dominanza di latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Prunus serotina</i> , ecc.)	2.550	2,72	9,11	0,97
C32	Ecosistemi forestali peninsulari a dominanza di latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Ailanthus altissima</i> , <i>Eucalyptus</i>)	925	2,76	1,2	0,36
C33	Ecosistemi forestali della Sicilia e Sardegna a dominanza di latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Eucalyptus sp.pl.</i> , ecc.)	177	0,84	0,15	0,07
C34	Ecosistemi forestali submediterranei delle coste nord-adriatiche a dominanza di <i>Pinus pinaster</i> e/o <i>P. pinea</i>	302	5,82	0,27	0,52

C35	Ecosistemi forestali mediterranei e submediterranei peninsulari a dominanza di <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. pinea</i> e/o <i>P. halepensis</i>	4.292	2,29	5,08	0,27
C36	Ecosistemi forestali mediterranei a dominanza di <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. pinea</i> e/o <i>P. halepensis</i> delle Isole maggiori	977	0,88	1,94	0,18
C37	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a dominanza di <i>Pinus sylvestris</i> e/o <i>P. nigra</i>	2.489	1,43	3,51	0,2
C38	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a dominanza di <i>Pinus sylvestris</i> e/o <i>P. nigra</i>	45	1,31	0	0
C39	Ecosistemi forestali peninsulari e siciliani montani e oromediterranei a dominanza di <i>Pinus nigra</i> , <i>P. leucodermis</i> e/o <i>P. laricio</i>	2.224	1,04	3,01	0,14
C4	Ecosistemi forestali mediterranei e submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> , <i>Q. suber</i> e/o <i>Q. calliprinos</i> della Sicilia e Sardegna	2.076	0,62	4,23	0,13
C40	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a dominanza di <i>Picea abies</i> e/o <i>Abies alba</i>	5.832	0,77	12,36	0,16
C41	Ecosistemi forestali appenninici a dominanza di <i>Picea abies</i> e/o <i>Abies alba</i>	205	1,11	0,77	0,42
C42	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a dominanza di <i>Pinus cembra</i> e/o <i>Larix decidua</i>	1.355	0,46	-0,13	0
C43	Ecosistemi forestali a dominanza di conifere alloctone (<i>Pinus strobus</i> , <i>Douglasia</i> , <i>Cedrus</i> , <i>Cupressus</i> , ecc.)	208	1,51	0	0
C5	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a dominanza di <i>Quercus petraea</i> e/o <i>Q. robur</i>	563	1,99	1	0,35
C6	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a dominanza di <i>Quercus pubescens</i> , <i>Q. cerris</i> e/o <i>Ostrya carpinifolia</i>	749	1,89	1,22	0,31
C7	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a dominanza di <i>Quercus robur</i> e/o <i>Q. petraea</i>	777	1,89	1,55	0,38
C8	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici centro-settentrionali a dominanza di <i>Quercus petraea</i> e/o <i>Q. cerris</i>	1.695	1,43	0,4	0,03
C9	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a prevalenza di <i>Quercus pubescens</i> e/o <i>Ostrya carpinifolia</i>	7.553	1,32	10,57	0,18
D1	Ecosistemi erbacei d'altitudine delle Alpi (fasce alpina, subalpina e alto-montana) a <i>Kobresia myosuroides</i> <i>Carex curvula</i> , <i>C. firma</i> , <i>Festuca violacea</i> , <i>F. dimorpha</i> , <i>Sesleria sphaerocephala</i> , ecc.	1.726	0,24	6,73	0,09
D2	Ecosistemi erbacei montani e collinari delle Alpi (fasce montana, submontana e collinare) a <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Lolium perenne</i> , ecc.	1.147	0,95	1,54	0,13
D3	Ecosistemi erbacei basso-collinari e pedemontani delle Alpi e planiziali (Pianura Padana) a <i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Chrysopogon gryllus</i> , ecc.	150	1,77	0,9	1,06
D4	Ecosistemi erbacei appenninici d'altitudine (fasce alpina, subalpina e alto-montana) a <i>Sesleria juncifolia</i> , <i>S. nitida</i> , <i>Festuca macrathera</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Carex kitaibeliana</i> , ecc.	559	0,39	2,43	0,17
D5	Ecosistemi erbacei peninsulari montani e collinari (fasce montana, submontana e collinare) a <i>Brachypodium genuense</i> , <i>B. rupestre</i> , <i>Bromus erectus</i> , <i>Cynosurus cristatus</i> , ecc.	4.965	1,35	18,92	0,51

D6	Ecosistemi erbacei basso-collinari e pedemontani appenninici e delle pianure interne peninsulari a <i>Dasyrium villosum</i> , <i>Avena sp.pl.</i> , <i>Trifolium sp.pl.</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , ecc.	122	1,65	0	0
D7	Ecosistemi erbacei oromediterranei dell'Appennino meridionale e insulari a <i>Stipa sp.pl.</i> , <i>Festuca morisiana</i> , <i>Armeria sardo</i> , ecc.	175	0,73	2,51	1,05
D8	Ecosistemi erbacei submediterranei collinari e mediterranei costieri peninsulari e insulari a <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , ecc.	7.703	1,59	55,23	1,14
E1	Ecosistemi arbustivi d'altitudine delle Alpi a <i>Pinus mugo</i> , <i>Rhododendron sp.pl.</i> , <i>Vaccinium sp.pl.</i> , ecc.	919	0,35	3,53	0,14
E2	Ecosistemi arbustivi montani e collinari delle Alpi e del Carso a <i>Alnus viridis</i> , <i>Salix sp.pl.</i> , <i>Berberis vulgaris</i> , <i>Erica carnea</i> , <i>Juniperus communis</i> , ecc.	2.608	1,47	6,68	0,38
E3	Ecosistemi arbustivi basso-collinari e pedemontani delle Alpi e planiziali (Pianura Padana) a <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Genista cinerea</i> , <i>Cytisus scoparius</i> , ecc.	2.101	4,37	9,43	1,96
E4	Ecosistemi arbustivi appenninici (fasce subalpina e montana) a <i>Juniperus communis subsp. alpina</i> , <i>Pinus mugo</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rhamnus alpina subsp. fallax</i> , ecc.	293	1,22	0	0
E5	Ecosistemi arbustivi oromediterranei dell'Italia meridionale e delle isole maggiori a <i>Juniperus hemisphaerica</i> , <i>Astragalus sp.pl.</i> , <i>Berberis aetnensis</i> , <i>Genista sp.pl.</i> , ecc.	41	0,34	0,02	0,02
E6	Ecosistemi arbustivi peninsulari basso-montani, collinari e planiziali a <i>Spartium junceum</i> , <i>Rosa sp.pl.</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> , ecc.	9.650	1,82	20,72	0,39
E7	Ecosistemi arbustivi sempreverdi mediterranei e submediterranei peninsulari a <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosa sempervirens</i> , ecc.	5.298	1,91	8,2	0,3
E8	Ecosistemi arbustivi sempreverdi mediterranei e submediterranei insulari a <i>Olea sylvestris</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Euphorbia dendroides</i> , ecc.	9.791	1,1	21,08	0,24
F1	Ecosistemi psammofili delle coste nord-adriatiche a <i>Cakile maritima</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Ammophila arenaria</i> , <i>Crucianella maritima</i> , ecc.	353	13,88	0	0
F2	Ecosistemi psammofili costieri peninsulari a <i>Cakile maritima</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Ammophila arenaria</i> , <i>Crucianella maritima</i> , ecc.	849	17,02	0,07	0,14
F3	Ecosistemi psammofili delle coste e delle Isole maggiori a <i>Cakile maritima</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Ammophila arenaria</i> , <i>Crucianella maritima</i> , ecc.	48	5,06	0	0
F4	Ecosistemi casmofitici, comofitici e glareicoli alpini	132	0,03	0,14	0
F5	Ecosistemi casmofitici, comofitici e glareicoli appenninici e dei rilievi costieri peninsulari	159	0,71	0	0
F6	Ecosistemi casmofitici, comofitici e glareicoli dei rilievi interni e costieri delle Isole maggiori	181	0,74	0	0
F7	Ghiacciai e nevi perenni	2	0	0	0
G1	Ecosistemi igrofilii dulcicoli alpini (sponde fluviali e zone umide a copertura vegetale variabile)	595	5,2	0,75	0,66
G10	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lentic peninsulari (a idrofite natanti e radicanti)	433	0,81	0	0

G11	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lentici delle Isole maggiori (a idrofite natanti e radicanti)	152	1,01	0	0
G12	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lotici alpini (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	146	8,68	0,14	0,83
G13	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lotici della Pianura Padana (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	595	1,72	7,01	2,03
G14	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lotici peninsulari (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	208	2,73	0,18	0,24
G15	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lotici delle Isole maggiori (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	240	5,84	0,4	0,97
G16	Ecosistemi salmastrici costieri nord-adriatici (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	443	0,63	0	0
G17	Ecosistemi salmastrici costieri peninsulari (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	24	0,15	0,02	0,01
G18	Ecosistemi salmastrici costieri delle Isole maggiori (a idrofite radicanti sommerse e elofite)	64	0,55	0	0
G2	Ecosistemi igrofilici dulcicoli della Pianura Padana (sponde fluviali e zone umide a copertura vegetale variabile)	430	1,51	0,07	0,02
G3	Ecosistemi igrofilici dulcicoli peninsulari (sponde fluviali e zone umide a copertura vegetale variabile)	1.785	2,97	6,84	1,14
G4	Ecosistemi igrofilici dulcicoli delle Isole maggiori (sponde fluviali e zone umide a copertura vegetale variabile)	99	6,19	0	0
G5	Ecosistemi aloigrofilici costieri nord-adriatici a <i>Salicornia</i> , <i>Sarcocornia</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Juncus</i> , ecc.	221	0,68	0,33	0,1
G6	Ecosistemi aloigrofilici costieri peninsulari a <i>Salicornia</i> , <i>Sarcocornia</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Juncus</i> , ecc.	145	1,47	0,2	0,2
G7	Ecosistemi aloigrofilici costieri delle Isole maggiori a <i>Salicornia</i> , <i>Sarcocornia</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Phragmites</i> , <i>Juncus</i> , ecc.	141	1,64	0	0
G8	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lentici alpini (a idrofite natanti e radicanti)	352	0,39	0,01	0
G9	Ecosistemi idrofittici dulcicoli lentici della Pianura Padana (a idrofite natanti e radicanti)	1.242	9,98	1,5	1,21

CLASSI DI COPERTURA E AMBITI DI USO DEL SUOLO

Considerando le cartografie di uso e copertura del suolo, ottenute da integrazione di dati CLMS e Carta Nazionale del Consumo di Suolo⁸⁴, è stato possibile valutare in quali contesti siano avvenute le trasformazioni dovute al nuovo consumo di suolo verificatosi tra il 2020 e il 2021.

Il fenomeno ha interessato quasi esclusivamente le aree con presenza di vegetazione (alberi, arbusti e superfici erbacee), e in particolare le superfici a copertura erbacea, che hanno subito una riduzione di 2.947 ettari per quanto riguarda la vegetazione erbacea periodica e 2.319 ettari per l'erbaceo permanente (Tabella 112); quest'ultima classe è anche quella con i più alti valori di

densità di cambiamenti, con quasi 4 metri quadrati di nuovo consumo di suolo per ogni ettaro di territorio appartenente alla classe.

⁸⁴ Anche questi dati sono disponibili nell'area download del sito dell'ISPRA.

Tabella 112. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di copertura per il periodo 2020-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Copertura del suolo	Consumo di suolo (2019-2020)	
	(ha)	(m ² /ha)
Superfici consolidate	2	0,05
Superfici non consolidate	4	0,13
Latifoglie	804	0,82
Conifere	44	0,23
Arbusteti	187	0,93
Erbaceo periodico	2.947	3,27
Erbaceo permanente	2.319	3,76
Corpi idrici permanenti	18	0,40
Ghiacci e nevi perenni	0	0,00
Zone umide	6	1,03

Dal punto di vista dell'uso del suolo, i cambiamenti avvenuti tra il 2020 e il 2021 a livello nazionale hanno interessato soprattutto le aree agricole, con particolare riferimento ai seminativi, dove 2.569 ettari sono stati interessati dalla conversione in nuovo solo consumato. Importante anche il nuovo consumo di suolo nelle aree già a uso urbano e aree assimilate, in associazione a fenomeni di densificazione e diffusione del tessuto insediativo (Tabella 113).

Tabella 113. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di uso per il periodo 2019-2020. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Uso del suolo	Consumo di suolo 2019-2020	
	(ha)	(m ² /ha)
Seminativi	2.569	3,20
Foraggere	407	4,41
Colture permanenti	476	2,04
Aree agroforestali	20	1,20
Altre aree agricole	517	2,44
Forestale	327	0,35
Cave e miniere	48	22,16
Urbano e aree assimilate	1.535	6,55
Usi d'acqua	18	0,40
Zone umide	6	1,03
Altri usi non economici	408	0,94

DENSITÀ E CARATTERI DEMOGRAFICI

La densità di popolazione svolge un ruolo fondamentale nella descrizione dei processi di urbanizzazione e delle dinamiche territoriali. Per analizzare il consumo di suolo e la sua distribuzione in base alla densità di popolazione, gli indicatori del consumo di suolo sono stati confrontati con i dati sulla popolazione del censimento 2011 spazializzati da ISPRA. Per la spazializzazione sono stati integrati i dati censuari Istat e la cartografia del consumo di suolo, seguendo una metodologia sviluppata nell'ambito di un precedente lavoro eseguito in collaborazione tra Istat e ISPRA (Ballin *et al.*, 2016) aggiornata quest'anno. I dati utilizzati sono principalmente: la popolazione per sezione di censimento e la carta del suolo consumato relativa al 2012. Poiché lo strato informativo del suolo consumato non permette la distinzione dell'uso del suolo (ad esempio aree industriali o residenziali, etc.), per caratterizzarlo sono stati utilizzati ulteriori strati informativi ancillari quali il grafo stradale e le carte di uso del suolo regionali. In questo modo, per ciascuna sezione di censimento, si è potuto identificare il suolo consumato per uso abitativo prevalente. A questo punto si è potuto ridistribuire la popolazione censuaria di ciascuna sezione su una griglia di 10x10m.

I risultati dell'analisi (Tabella 114) evidenziano che la classe che presenta la percentuale più alta di suolo consumato (86%) è quella con la densità maggiore di popolazione (>10.000) e questa corrispondenza si conserva in tutte le classi. Quindi, al decrescere della densità di popolazione diminuisce anche la percentuale di suolo consumato. Viceversa, il suolo consumato pro-capite è molto basso nelle classi con alta densità (29 m²/ab) ed elevato nelle classi meno densamente popolate, fino a superare i 2,2 ettari per abitante.

Per quanto riguarda il consumo di suolo rapportato alla superficie della classe (Tabella 114), la classe che presenta maggiori incrementi è quella con un numero di abitanti compreso tra 1.000 e 5.000 (Classe 8), in cui nell'ultimo anno sono stati consumati 8,3 m² per ogni ettaro dell'intera superficie della classe. La classe più densamente popolata ha un incremento più basso (2,2 m²/ha), probabilmente a causa della minore disponibilità di suolo utile. Dalla Classe 7 alla Classe 0 gli incrementi decrescono progressivamente al diminuire della densità di popolazione.

Analizzando più in dettaglio la tipologia di cambiamento (Figura 164) si nota che i cambiamenti più frequenti sono i nuovi cantieri e aree in terra battuta, seguiti dai nuovi edifici. Per entrambe le categorie si nota che l'andamento segue quello generale, con picchi nella Classe 8

e decrescendo, da un lato fino alla Classe 0 e dall'altro fino alla Classe 10. In tutte le classi si continua a consumare più di quanto si rinaturalizzi.

Tabella 114. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2020-2021) per classe di densità di popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di densità di popolazione	Densità demografica (abitanti/km ²)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Suolo consumato (m ² /abitante)	Consumo di suolo (m ² /ha)	Consumo di suolo (ha)
Classe 0	0	145.488	1,3	-	0,5	531
Classe 1	0 - 1	34.747	2,3	22.634	1,0	159
Classe 2	1 - 20	229.869	3,7	4.063	1,6	1.015
Classe 3	20 - 100	361.775	7,0	1.174	3,1	1.569
Classe 4	100 - 150	106.692	10,4	830	3,5	365
Classe 5	150 - 200	78.571	11,9	679	3,8	253
Classe 6	200 - 500	279.736	15,7	448	4,5	800
Classe 7	500 - 1000	238.597	24,4	325	6,2	604
Classe 8	1.000 - 5.000	522.717	45,9	153	8,3	948
Classe 9	5.000 - 10.000	110.400	75,1	100	5,3	78
Classe 10	> 10.000	39.919	86,0	29	2,2	10

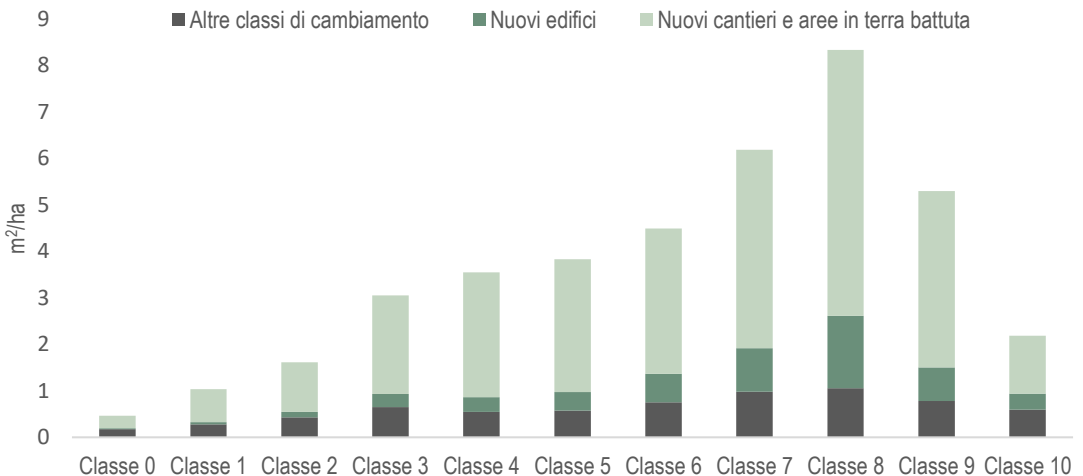


Figura 164. Densità (m²/ha) di consumo di suolo netto per tipologia di cambiamento. In verde chiaro l'incremento relativo ai nuovi cantieri e aree in terra battuta, in verde l'incremento dei nuovi edifici e in verde scuro tutte le altre tipologie di cambiamento. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi del consumo di suolo, considerando i cambiamenti relativi all'anno 2021, con l'**indice di dipendenza strutturale** permette di verificare la relazione con una variabile di rilevanza economica e sociale. L'indice di dipendenza rappresenta il rapporto tra la popolazione in età non attiva (0-14 anni e 65 anni e più) e popolazione in età attiva (15-64 anni), moltiplicato per 100.

La relazione tra il consumo di suolo e le classi dell'indice di dipendenza, è utile per analizzare le modalità di cambiamento dell'uso del suolo avvenute sulla base della distribuzione della popolazione attiva o meno. Il maggior consumo di suolo in ettari (circa l'82% di quello complessivo) e il maggior consumo di suolo per la classe degli edifici e dei fabbricati si concentrano dove l'indice assume valori compresi tra 25 e 75. In queste stesse aree vi sono densità dei cambiamenti dell'ultimo anno decisamente superiori alla media nazionale (Tabella 115). In altri termini, il consumo di suolo è più marcato laddove la popolazione risulta essere prevalentemente attiva.

Nell'ultimo anno i dati mostrano, inoltre, valori di densità superiori alla media nazionale anche per valori molto alti dell'indice (maggiori di 125).

Tabella 115. Consumo di suolo annuale netto (2020-2021) per classe di indice di dipendenza (elaborato sulle sezioni di censimento, escluse quelle prive di abitanti). Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Indice di dipendenza	Consumo di suolo 2020-2021 (ha)	Consumo di suolo 2020-2021 per edifici e fabbricati (ha)	Densità di consumo di suolo 2020-2021 (m ² /ha)
0-25	247	35	2,1
25-50	2.188	451	2,9
50-75	2.102	390	2,9
75-100	354	54	2,5
100-125	228	32	1,9
125-150	63	14	3,0
>150	74	11	2,5

IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO

Valutare l'impatto del consumo di suolo permette di comprendere la portata del fenomeno e le conseguenze su molti aspetti della nostra vita e sulla qualità della stessa. Di seguito è riportata una serie non esaustiva dei principali effetti ambientali, tra cui in particolare la frammentazione e la perdita di servizi ecosistemici, nonché alcuni aspetti specifici, quali il fenomeno dell'isola di calore urbana. La valutazione è prodotta con riferimento a un intervallo di tempo necessariamente più ampio rispetto all'ultimo anno, qui considerato in particolare per i servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2012 e tra il 2012 ed il 2021, anche in considerazione della qualità delle informazioni disponibili.

L'AREA DI IMPATTO POTENZIALE

Gli effetti indiretti collegati al consumo di suolo possono avere conseguenze sui servizi ecosistemici e la biodiversità, anche in aree limitrofe a quelle costruite. Il degrado ecologico indotto all'intorno delle aree costruite è, infatti, un fattore di impatto riconosciuto e collegato all'urbanizzazione e all'espansione delle aree artificiali anche, ad esempio, per il disturbo acustico, la contaminazione locale, la diffusione di specie alloctone, con relativi rischi di loro diffusione spontanea, o di predatori di compagnia.

È quindi necessario considerare questi effetti indiretti del consumo di suolo anche su aree distanti dalle superfici effettivamente costruite. A tal fine, viene elaborata una stima orientativa dell'impatto potenziale del consumo di suolo, considerando un criterio di influenza in base alla distanza, individuando le superfici potenzialmente interessate come aree con buffer (cioè una fascia all'interno di una certa distanza) di 60, 100 e 200 metri dalla superficie coperta artificialmente (Tabella 116).

La metodologia per il calcolo del buffer è stata aggiornata a partire dalla edizione 2021 al fine di calcolare la distanza in modo circolare (a differenza dei precedenti rapporti in cui il buffer era calcolato in modo quadrato). Come mostrato nella Figura 165, la metodologia circolare consente una stima della superficie interessata dal potenziale impatto del consumo di suolo (area di colore

verde in Figura 165), mentre l'approccio precedente tende a sovrastimare tale superficie (area di colore arancione in Figura 165). Ne consegue che i valori riportati nelle edizioni precedenti all'adozione della nuova metodologia, tendono ad essere sovrastimati rispetto ai dati pubblicati nel presente rapporto.



Figura 165. Dettaglio dell'elaborazione della distanza di 60 metri dal suolo consumato (in nero il suolo consumato, in verde il buffer circolare del nuovo metodo, in arancione il buffer quadrato del precedente metodo). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

La percentuale di superficie indirettamente interessata dal consumo di suolo a livello nazionale è risultata essere pari a 33,6% (entro 60 m), 46,3% (entro 100 m) e 66,1% (entro 200 m), da cui si evince che oltre un terzo del territorio nazionale ricade entro 60 metri dal suolo consumato (come illustrato in Figura 166), e circa due terzi ricadono entro 200 metri dal suolo consumato. Relativamente alle aree di impatto entro 100 m, le percentuali più alte al livello regionale risultano in Puglia, Campania, Emilia-Romagna e Veneto (rispettivamente con 61,8%, 58,4%, 54,7% e 54,1%). Per l'area di impatto entro 200 metri, le percentuali più alte sono in Puglia (82,8%), Campania (77,2%), Emilia-Romagna (77,2%) e Sicilia (75,6%).

Tabella 116. Percentuale di superficie del territorio impattata direttamente o indirettamente (a distanza di 60, 100 e 200 metri) dal suolo consumato al 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Superficie impattata dal suolo consumato (% 2021)		
	60 m	100 m	200 m
Piemonte	30,5	43,2	64,0
Valle d'Aosta	12,1	17,3	27,9
Lombardia	40,7	53,2	71,7
Trentino-Alto Adige	15,9	22,6	35,3
Veneto	41,8	54,1	71,3
Friuli-Venezia Giulia	32,6	43,3	59,4
Liguria	34,3	46,1	65,7
Emilia-Romagna	39,9	54,7	77,2
Toscana	32,2	45,1	67,1
Umbria	30,3	43,3	65,4
Marche	35,9	51,1	74,6
Lazio	37,4	49,4	67,2
Abruzzo	26,7	36,9	53,5
Molise	28,7	41,4	63,2
Campania	44,2	58,4	77,2
Puglia	45,0	61,8	82,8
Basilicata	24,2	35,8	56,7
Calabria	28,2	40,1	59,9
Sicilia	37,0	52,5	75,6
Sardegna	22,0	32,8	53,2
Italia	33,6	46,3	66,1

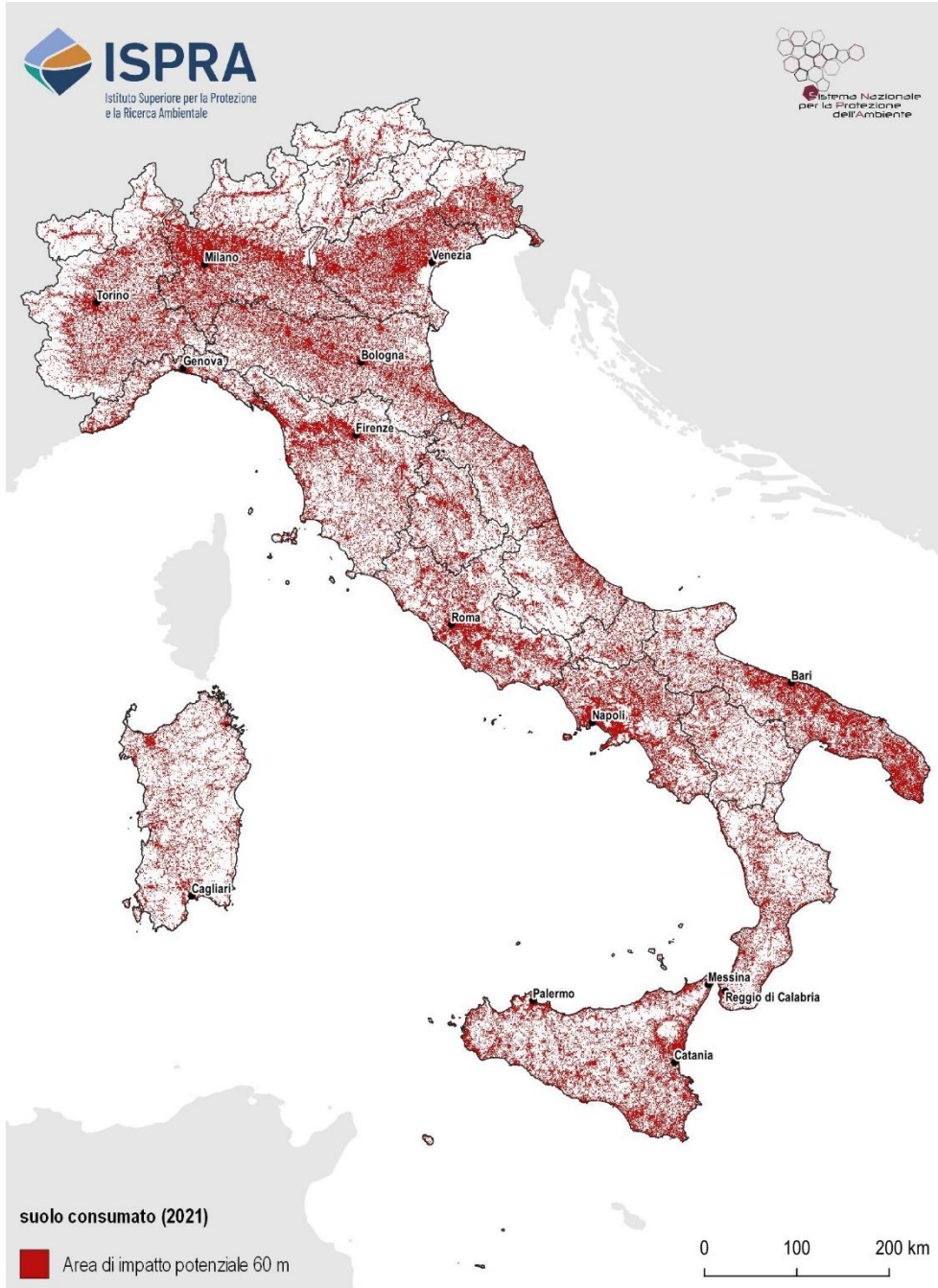


Figura 166. Superficie del territorio impattata direttamente o indirettamente (a distanza di 60 metri) dal suolo consumato al 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

LA FRAMMENTAZIONE DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO

La frammentazione del territorio è il processo che genera una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e seminaturali e un aumento del loro isolamento⁸⁵.

Tale processo, responsabile della trasformazione di *patch*⁸⁶ di territorio di grandi dimensioni in parti di minor estensione e più isolate, è frutto principalmente dei fenomeni di espansione urbana, che si attuano secondo forme più o meno sostenibili, e dello sviluppo della rete infrastrutturale. Ne deriva una riduzione della connettività ecologica, che influenza negativamente la resilienza e la capacità degli habitat di fornire servizi ecosistemici, aumenta l'isolamento delle specie (e di conseguenza la loro capacità di accedere alle risorse) e si ripercuote sulla qualità e sul valore del paesaggio (come definito dall'art. 131 del Codice dei beni culturali e del paesaggio). La frammentazione ha conseguenze anche sulle attività agricole, aumentando, ad esempio, i costi di produzione e il consumo di carburante per le lavorazioni.

Limitare la frammentazione del territorio e del paesaggio costituisce uno degli elementi chiave per proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'UE (7° PAA Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente) e pertanto deve rientrare tra gli aspetti da considerare nella pianificazione territoriale e paesaggistica ai diversi livelli territoriali.

La Strategia nazionale per lo Sviluppo Sostenibile richiama tra gli obiettivi strategici "garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano/rurali" (area pianeta Ob. III.4).

A livello nazionale il grado di frammentazione è monitorato attraverso l'indice *effective mesh-density* (S_{eff})⁸⁷ che misura l'ostacolo al movimento dovuto alla presenza sul territorio di barriere, definite come "elementi frammentanti". Esso è calcolato su tutto il territorio nazionale rispetto ad una griglia regolare di 1 km² (*reporting unit*) considerando come elementi frammentanti la copertura artificiale del suolo, valutata a partire da elaborazioni condotte sulla carta nazionale ISPRA-SNPA del consumo di suolo.

Per la valutazione del livello di frammentazione tramite l'*effective mesh-density* sono state considerate le 5 classi di frammentazione (Tabella 117) individuate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente per la descrizione del *Landscape fragmentation indicator effective mesh density* (S_{eff}).

Tabella 117. Classi di frammentazione utilizzate per l'analisi

S_{eff} (n° meshes per 1.000 km ²)	Classe di frammentazione
(0 – 1,5]	molto bassa
(1,5 – 10]	bassa
(10 – 50]	media
(50 – 250]	elevata
> 250	molto elevata

La rappresentazione dell'indice *effective mesh density* a livello nazionale (Figura 167) mostra che le aree a frammentazione molto bassa sono localizzate prevalentemente nell'arco alpino e in limitate aree di alcune regioni meridionali e insulari, mentre le aree costiere e di pianura presentano i livelli più alti di frammentazione.

⁸⁵ *The breaking up of extensive landscape features into disjunct, isolated, or semi-isolated patches as a result of land-use changes.*

The breaking-up of continuous tracts of ecosystems creating barriers to migration or dispersal of organisms and reducing the size of homogeneous areas. Fragmentation may be induced by human activities (e.g. road infrastructures, dams) or by natural processes (EEA, 2017c).

⁸⁶ Aree non consumate prive di elementi artificiali significativi che le frammentano interrompendone la continuità.

⁸⁷ L'indice rappresenta la densità delle patch territoriali (n° di meshes per 1.000 km²) calcolate secondo la metodologia dell'*effective mesh-size-meff* (Jaeger, 2000) opportunamente modificata secondo la "cross-boundary connections (CBC) procedure" (Moser, et al., 2007) che garantisce la continuità di territorio oltre i limiti della *reporting unit* (cella di 1 km²).

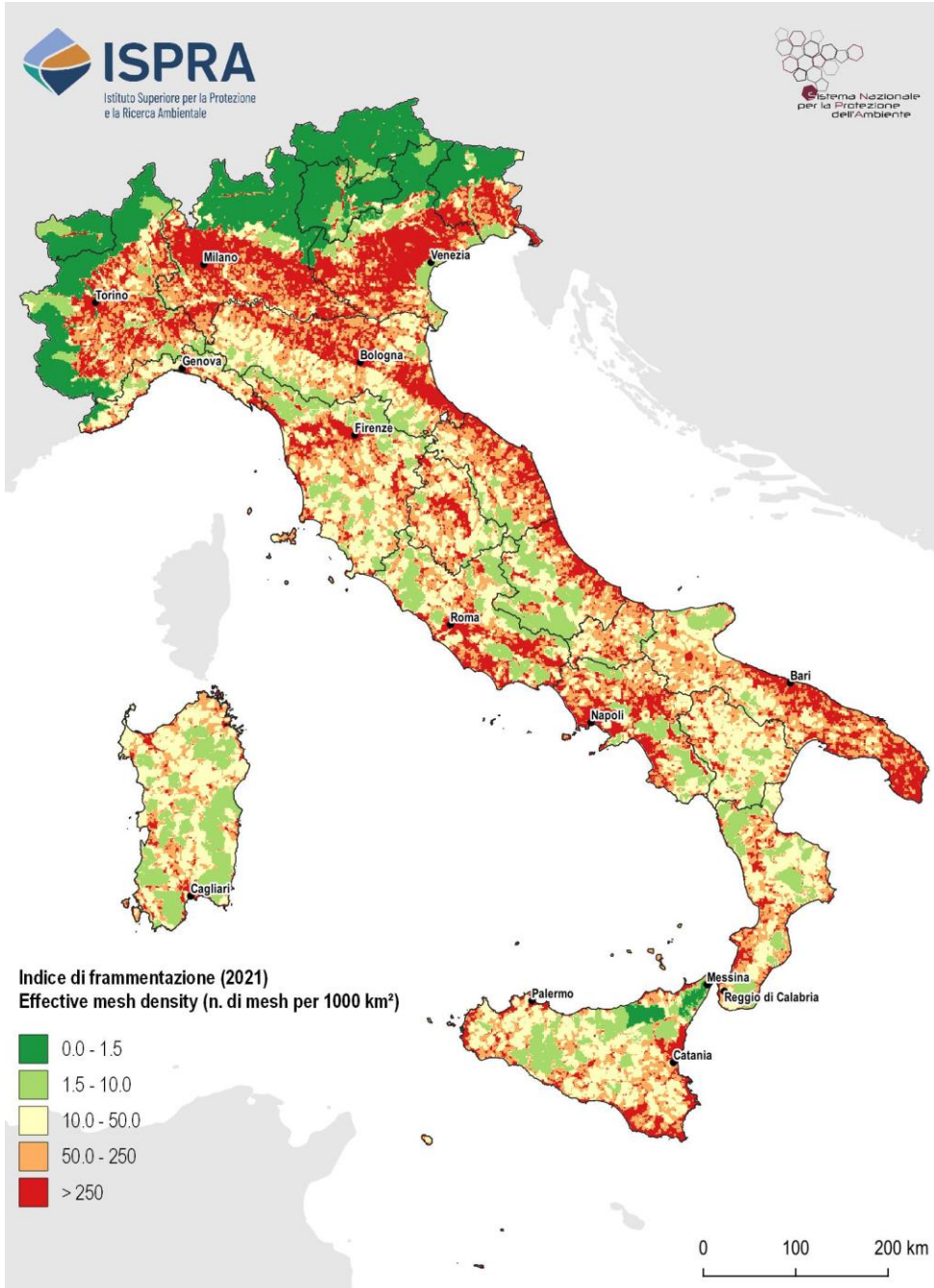


Figura 167. Indice di frammentazione (*effective mesh density*) su griglia regolare a 1 km² nel 2021. Valori più bassi dell'indice identificano livelli di frammentazione minori. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 168. Cantiere per la realizzazione di una nuova infrastruttura viaria a Robecco D'Oglio (Lombardia). L'immagine in alto è riferita al 2018, quella al centro al 2020 e quella in basso al 2021

Nel 2021 oltre un quarto (25,11%) del territorio nazionale risulta a frammentazione elevata, con un aumento dello 0,15% rispetto al 2012 e dell'1,37% rispetto al 2006,

mentre quasi un quinto (19,62%) ricade in zone a frammentazione molto elevata, con un aumento dell'1,44% rispetto al 2012 e del 5,84% rispetto al 2006 (Tabella 118).

Poco più di un quarto del territorio nazionale (27,16%) risulta classificato a media frammentazione. Tale dato dal 2012 non ha subito importanti variazioni, mentre rispetto al 2006 si registra una riduzione dell'1,26%. I cambiamenti più rilevanti hanno riguardato soprattutto i territori a frammentazione bassa (classe 2) che, a seguito delle trasformazioni subite, hanno registrato una riduzione di oltre 2 punti percentuali (-2,13%) tra il 2012 e il 2021 e di quasi 4 punti percentuali rispetto al 2006 (-3,86%); la variazione degli ambiti a frammentazione molto bassa risulta contenuta nel periodo 2012-2021 (-0,10%), mentre arriva a 3,48% se si estende l'intervallo di tempo fino al 2006.

Tabella 118. Classi di frammentazione (2021) e variazioni rispetto al 2006 e al 2012. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di frammentazione	2021		Variazioni 2006-2021		Variazioni 2012-2021	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
molto bassa	36.932	12,25	-379	-1,02	-37	-0,10
bassa	47.797	15,86	-2.869	-5,66	-1.041	-2,13
media	81.846	27,16	-1.041	-1,26	127	0,15
elevata	75.683	25,11	1.025	1,37	111	0,15
molto elevata	59.139	19,62	3.264	5,84	841	1,44

A livello regionale (Figura 169) si riscontra un quadro diversificato. In Valle d'Aosta e Trentino Alto-Adige l'ampia estensione delle aree montane porta a una prevalenza delle classi a frammentazione bassa e molto bassa, mentre nelle altre regioni del Nord la presenza in contemporanea dell'ambito padano e alpino porta una prevalenza delle classi estreme di frammentazione (molto elevata e molto bassa); in particolare, Lombardia e Veneto sono le regioni con la più alta percentuale del territorio a frammentazione molto elevata, a causa dell'alto tasso di urbanizzazione a bassa e media densità nelle aree più accessibili. Al centro-sud e nelle isole le aree a media frammentazione risultano prevalenti.

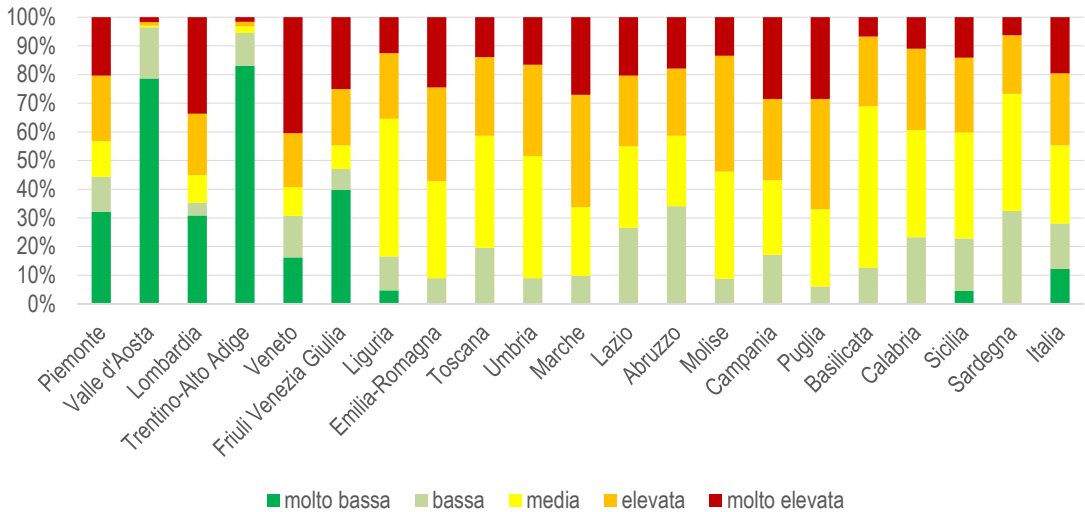


Figura 169. Territorio (%) coperto da ciascuna classe di frammentazione 2020. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Le variazioni rispetto al 2006 e al 2012 mostrano un generale aumento del grado di frammentazione del territorio, con passaggi dalle classi meno frammentate a quelle più frammentate (Tabella 119). La classe a frammentazione molto bassa subisce una riduzione di oltre 3.700 ettari, concentrati per la maggior parte in Friuli-Venezia Giulia; le aree a frammentazione bassa subiscono una riduzione in tutte le regioni, tranne in Trentino-Alto Adige, Lombardia e Piemonte, dove comunque l'espansione

della classe è legata a un aumento del grado di frammentazione delle aree a frammentazione molto bassa. Le aree a frammentazione molto elevata subiscono un'espansione in tutte le regioni, tranne in Valle d'Aosta (unica regione nella quale la frammentazione resta invariata nel periodo considerato), con valori di crescita più elevati per il periodo 2006-2012 in 16 regioni su 20. Le aree a frammentazione elevata sono interessate da diminuzione nel nord (principalmente per aumenti di frammentazione) e si espandono a sud e nelle isole.

Tabella 119. Variazione della copertura delle classi di frammentazione (ha) regionale per il periodo 2006-2021 e 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	molto bassa		bassa		media		elevata		molto elevata	
	2006	2012	2006	2012	2006	2012	2006	2012	2006	2012
Piemonte	-200	-200	-1.200	200	-900	938	-753	-4.138	3.053	3.200
Valle d'Aosta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lombardia	-5.813	-100	4.031	-6.700	-10.918	2.589	-18.516	-3.579	31.216	7.789
Trentino-Alto Adige	-7.792	-110	4.574	10	1.818	0	700	0	700	100
Veneto	-3.695	-490	-60	-46	-15.228	-1.599	-13.079	-4.662	32.062	6.797
Friuli-Venezia Giulia	-100	-2.800	-2.745	-164	-2.412	799	-457	679	5.714	1.485
Liguria	0	0	-47	0	-253	-1.958	-900	105	1.200	1.853
Emilia-Romagna	0	0	-3.121	-1.404	-18.929	-11.446	-250	5.722	22.300	7.128
Toscana	0	0	-13.833	-18.496	3.747	17.596	2.100	200	7.986	700
Umbria	0	0	-20.049	0	11.008	187	3.420	-787	5.622	600
Marche	0	0	-5.951	0	-2.064	-388	2.516	-912	5.499	1.300
Lazio	0	0	-40.000	-600	-25.976	-9.534	22.336	2.703	43.641	7.431

Abruzzo	0	0	-10.300	0	7.898	-1.500	-2.598	-1.219	5.000	2.719
Molise	0	0	0	-3.540	-2.898	540	2.498	2.619	400	381
Campania	0	0	-400	-3.047	-17.122	-4.352	7.060	-8.517	10.461	15.917
Puglia	0	0	-7.720	-200	-34.247	-13.900	14.125	3.124	27.842	10.976
Basilicata	0	0	-26.173	-312	12.258	-88	10.615	100	3.300	300
Calabria	0	0	-14.100	-200	-18.256	-2.267	15.864	1.967	16.492	500
Sicilia	-16.600	0	-7.600	-800	-14.135	-6.958	24.059	-438	14.277	8.196
Sardegna	0	0	-38.061	-68.836	9.815	44.006	22.666	18.137	5.580	6.693
Italia	-34.200	-3.700	-182.754	-104.136	-116.796	12.666	91.405	11.104	242.345	84.065

La correlazione tra frammentazione del territorio e aree urbane emerge chiaramente dall'analisi del grado di frammentazione rispetto alla variazione di densità di copertura artificiale (Figura 170). L'83,32% del territorio a alta densità di urbanizzazione ricade in classi a frammentazione molto elevata, mentre le aree a frammentazione media, bassa e molto bassa occupano meno del 10% delle aree artificiali. Le aree suburbane, malgrado la media e bassa densità delle coperture artificiali, presentano livelli di frammentazione alta e molto alta per oltre tre quarti della loro estensione. Le aree rurali mostrano una prevalenza delle classi intermedie, con oltre il 30% del territorio a media densità di frammentazione, e meno di un quarto con frammentazione molto alta o molto bassa.

La pressione esercitata dalla frammentazione del territorio sugli ecosistemi è valutabile a livello nazionale considerando le province delle ecoregioni⁸⁸ (Figura 171). Tale analisi conferma quanto riportato in precedenza. Le regioni biogeografiche Alpina e, per una piccola parte, Tirrenica presentano un territorio a frammentazione molto bassa rispettivamente per il 65,87% e l'1,48% della propria estensione, mentre la classe è assente nelle altre tre province. Le aree a frammentazione elevata e molto elevata occupano oltre il 40% del territorio in tutte le ecoregioni, con l'eccezione di quella alpina, raggiungendo l'81,68% del territorio nell'area padana. Fortemente

frammentata anche l'area adriatica, dove le classi a frammentazione elevata e molto elevata interessano quasi due terzi della classe

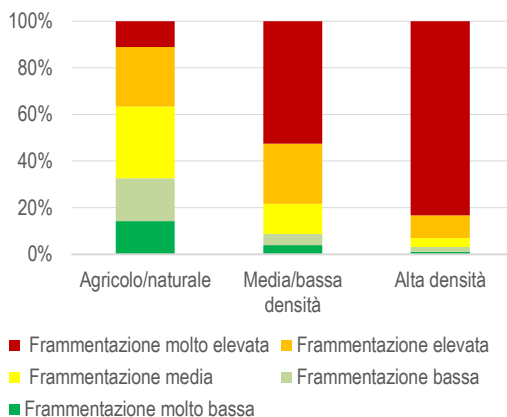


Figura 170. Frammentazione per densità di copertura artificiale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

⁸⁸ Le ecoregioni sono zone ecologicamente omogenee con simili potenzialità per clima, fisiografia, oceanografia, idrografia, vegetazione e fauna. La classificazione nazionale è organizzata in 4 livelli: divisioni, province, sezioni e sottosezioni. Nella presente analisi è stato considerato il livello nazionale delle province delimitato secondo sistemi

orografici e descritto tramite le fisionomie vegetazionali dominanti, diffuse e distintive (cfr. "Le Ecoregioni d'Italia, 2010" – Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

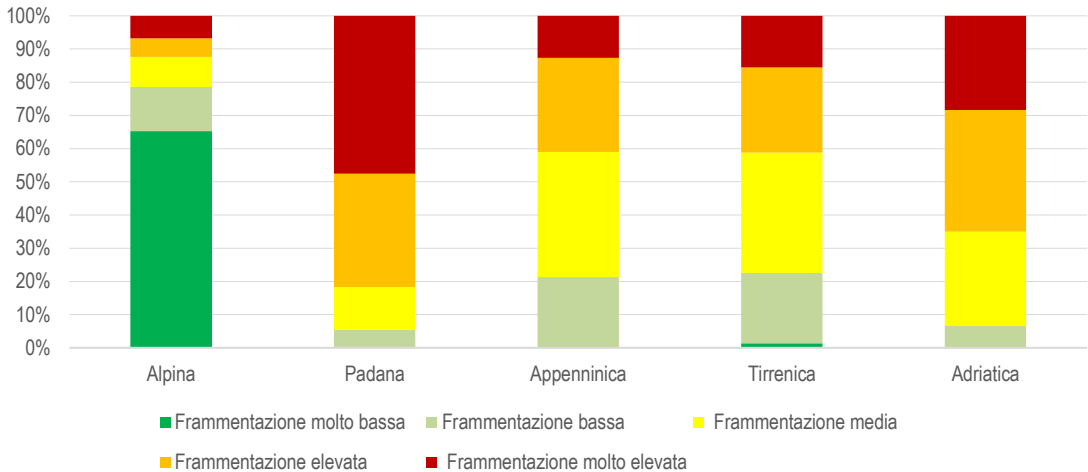


Figura 171. Classi di frammentazione per ecoregione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Blasi *et al.*, 2017

L'ISOLA DI CALORE URBANA

Tra i fenomeni legati alla densità e alla configurazione delle aree urbane, l'isola di calore urbana ne rappresenta uno dei più complessi, spesso in relazione con le ondate di calore che si verificano specialmente nei mesi estivi. L'isola di calore urbana, che è sinteticamente definibile come la differenza tra la temperatura delle aree urbane più compatte (generalmente più elevata) e la temperatura delle aree agricole e naturali circostanti (generalmente più bassa), è influenzata da vari fattori, tra cui: la disposizione e la concentrazione delle aree costruite, la presenza di vegetazione e la circolazione dei venti. Ancor più nello specifico, la temperatura superficiale al suolo (*Land Surface Temperature* – LST, cioè la temperatura misurata al livello di copertura del suolo) è generalmente più elevata laddove la densità di suolo consumato è maggiore e la copertura arborea è scarsa, come spesso accade nei luoghi in cui l'evoluzione del tessuto insediativo ha portato ad aree urbane compatte.

È stata quindi eseguita un'analisi spaziale per correlare la LST (nello specifico, la temperatura media diurna estiva ottenuta da dati satellitari MODIS della NASA) nel periodo 2019-2021 (Figura 172) con la densità del suolo consumato, la densità di copertura arborea (estratta dalla carta di copertura del suolo prodotta da ISPRA) e all'altimetria (suddivisa in fasce di altitudine minore di 200 m e altitudine compresa tra 200 e 600 m).

I valori di densità del suolo consumato e della copertura arborea sono stati ottenuti considerando un raggio di 300m, e calcolando il valore medio di densità per pixel (valori compresi tra 0 e 1); infine i valori di densità sono stati riclassificati in fasce di densità. La densità di suolo consumato è stata riclassificata con le seguenti condizioni:

- Aree rurali/artificiale assente o rado: $0 < \text{densità} \leq 0,1$;
- Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità: $0,1 < \text{densità} \leq 0,5$;
- Aree urbane/artificiale compatto: $0,5 < \text{densità} \leq 1$;

La densità di copertura arborea è stata riclassificata con le seguenti condizioni:

- Aree a copertura arborea: $0,5 < \text{densità} \leq 1$;
- Aree a copertura arborea rada o assente: $0 < \text{densità} \leq 0,5$;

Nelle successive figure (Figura 173, Figura 174, Figura 175, Figura 176, Figura 177) si mostra come su alcune aree specifiche (Torino, Milano, Bologna, Roma e Napoli) le temperature più elevate siano in prossimità delle zone con maggiore densità di suolo consumato.

Al livello di città metropolitane, in molti casi le differenze di temperatura tra aree a copertura artificiale (compatta o diffusa) rispetto a quelle rurali sono maggiori di 2°C,

con massimi di oltre 6°C a Torino e circa 4°C a Firenze (Tabella 120).

L'Italia è caratterizzata da una eterogeneità climatica con temperature notevolmente differenti tra Nord e Sud. La differenza di LST tra aree urbane e suburbane rispetto alle aree rurali è riassunta nella Tabella 121. Nella fascia di altitudine minore di 200 m, le aree urbane hanno generalmente una temperatura maggiore anche di 2°C rispetto alle aree rurali (differenza di temperatura positiva), in particolare in Trentino-Alto Adige, Lombardia e Piemonte, e tale differenza è ancora maggiore nella fascia 200-600 m (con differenze superiori a 3,7°C in Lombardia, Piemonte e Umbria). Nella fascia di altitudine minore di 200 m sono tuttavia presenti valori negativi (cioè temperature più basse nelle aree urbane rispetto alle aree rurali) in alcune regioni meridionali come la Sicilia, il Molise e la Calabria, poiché la LST nei mesi estivi è influenzata dalle particolari condizioni climatiche e dalla presenza di vaste aree agricole con scarsa copertura vegetazionale. La differenza di temperatura al livello nazionale è stata calcolata come la media delle differenze di temperatura regionali, pesata in base alla superficie regionale, nelle diverse fasce altimetriche. Al di sotto di 200 m di altitudine, la differenza di temperatura tra aree rurali e urbane compatte è di circa 1,2°C, e raggiunge i 2,2°C nella fascia tra 200 e 600 m. Le differenze di temperatura sono più contenute per le aree suburbane, con 0,2°C sotto i 200 m e 0,7°C tra 200 e 600 m di altitudine.

Per considerare quanto la presenza di alberi influisca sul clima urbano, sono state calcolate le differenze di temperatura tra le aree con assenza di copertura arborea e quelle con copertura arborea al variare delle fasce di altitudine e alla densità di suolo consumato (Tabella 122).

Nella fascia altimetrica minore di 200, la presenza di copertura arborea implica generalmente temperature più basse rispetto ad aree non alberate (cioè differenze di temperatura positive). Tuttavia, in alcune regioni tale stima è influenzata dalla ridotta estensione delle aree rurali (es. Trentino-Alto Adige). Anche nella fascia altimetrica tra 200 e 600 m, la differenza di LST tra aree non arborate e aree coperte da alberi è in generale superiore a 1°C, arrivando anche a 4°C in Valle d'Aosta per le aree urbane.

Al livello nazionale i valori sono stati ottenuti tramite il calcolo della media delle differenze regionali pesata con la superficie. In aree altimetriche minori di 200 m le aree urbane non arborate hanno una LST superiore alle zone arborate di circa 0,5°C; nelle aree rurali vi è una differenza di temperatura di 1,6°C. La differenza di temperatura è anche superiore nella fascia 200-600 m in cui le aree urbane compatte senza copertura arborea hanno una temperatura maggiore di circa 1,1°C rispetto alle aree non alberate, e nelle aree rurali la differenza di temperatura è di 2,6°. Tali differenze di temperatura sono influenzate anche dalla frammentazione delle aree arborate (come spesso accade nelle aree urbane) e dalla risoluzione spaziale dei dati satellitari utilizzati (cioè 1 km). È necessario quindi evidenziare che ulteriori approfondimenti richiederebbero dati con maggiore risoluzione spaziale, ma da questa analisi è possibile dedurre come la copertura del suolo influenzi la LST e, nello specifico, come la copertura arborea e la densità di suolo consumato influiscano significativamente sulle temperature al suolo; ne consegue che il consumo di suolo, che spesso comporta anche la rimozione di vegetazione, favorisce l'aumento della LST delle aree urbane e l'intensità dell'isola di calore urbano, con molteplici conseguenze sul microclima e sugli ecosistemi, ed effetti che variano in relazione alla fascia altimetrica.

Tabella 120. Differenza di temperatura (LST) media diurna dei mesi estivi 2019-2021 tra aree urbane/suburbane rispetto ad aree rurali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

Città Metropolitana	Differenza di temperatura (°C)
Bari	-0,2
Bologna	2,5
Cagliari	3,1
Catania	0,1
Firenze	4,4
Genova	2,8
Messina	1,9
Milano	2,9
Napoli	3,4
Palermo	-1,0
Reggio di Calabria	2,6
Roma	3,2
Torino	6,2
Venezia	1,1

Tabella 121. Differenza di temperatura (LST) media in °C dei mesi estivi 2019-2021 tra aree urbane e suburbane rispetto a aree rurali, per fascia altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

Regione	Altitudine < 200 m		Altitudine 200-600 m	
	Aree suburbane/artificiale a me-dia/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto	Aree suburbane/artificiale a me-dia/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto
Piemonte	1,4	2,9	0,7	3,8
Valle d'Aosta	-	-	2,2	6
Lombardia	1,3	3,2	1,6	4,4
T. Alto Adige	3	4,7	1	3,5
Veneto	0,7	1,9	0,8	2,3
Friuli V. Giulia	0,6	1,7	1,8	3,6
Liguria	1,3	2,8	0,6	1,9
Emilia-Romagna	0,6	1,7	0,5	1,7
Toscana	-0,1	1,9	0,8	2,8
Umbria	1,1	2,3	2,1	3,7
Marche	0	-0,2	0,9	2,4
Lazio	0,6	1,7	1,2	2,4
Abruzzo	0	0,4	0,6	2,2
Molise	-1,6	-1,8	-0,3	0,5
Campania	0,8	2,7	0,6	1,1
Puglia	-0,3	-0,5	0,4	0,6
Basilicata	0	2,3	-0,3	1,7
Calabria	-0,9	-1,3	0,2	1,9
Sicilia	-2,4	-2,6	-0,4	0,7
Sardegna	-0,2	0,5	1,6	1,8
Italia	0,2	1,2	0,7	2,2

Tabella 122. Differenza di temperatura (LST) media in °C dei mesi estivi 2019-2021 tra aree a copertura arborea e aree non a copertura arborea.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

Regione	Altitudine < 200 m			Altitudine 200-600 m		
	Aree rurali/artificiale assente o rado	Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto	Aree rurali/artificiale assente o rado	Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità	Aree urbane/artificiale compatto
Piemonte	0,8	1,4	-0,3	2,1	2,2	-0,2
Valle d'Aosta	-	-	-	2,5	2,6	4
Lombardia	0,9	1,1	-0,6	2,6	2,2	1,6
T. Alto Adige	-1,8	0,6	-0,2	0,5	0,4	0,1
Veneto	1,6	2,3	0	1,5	1,4	1,6
Friuli V. Giulia	1,4	2	0,8	2,8	1,3	1,1
Liguria	1	1,7	0,4	1,6	1,2	0,6
Emilia-Romagna	2	1,6	0	1,8	1,5	0,6
Toscana	3	2,7	1,7	3,6	3,6	2
Umbria	1,7	1,4	0,3	2,2	1,4	1,3
Marche	2,2	2,3	1,3	2,8	2,6	1,3
Lazio	2,2	1,8	0,6	2,3	1,8	1,8
Abruzzo	0,8	0,9	1	2,2	1,2	0,6
Molise	2,1	0,7	-0,5	2,7	0,8	0,1
Campania	2,1	2	2,6	3,1	2,6	1,5
Puglia	1,1	0,6	0,3	2,1	0,4	0,4
Basilicata	1,6	3,4	3,5	3,9	2,9	1,2
Calabria	1,6	0,4	-0,8	1,9	1,1	1,3
Sicilia	1	1,3	0,6	3	2,1	1,3
Sardegna	1,8	0,8	1,3	2,5	2,6	1,5
Italia	1,6	1,5	0,5	2,6	2	1,1

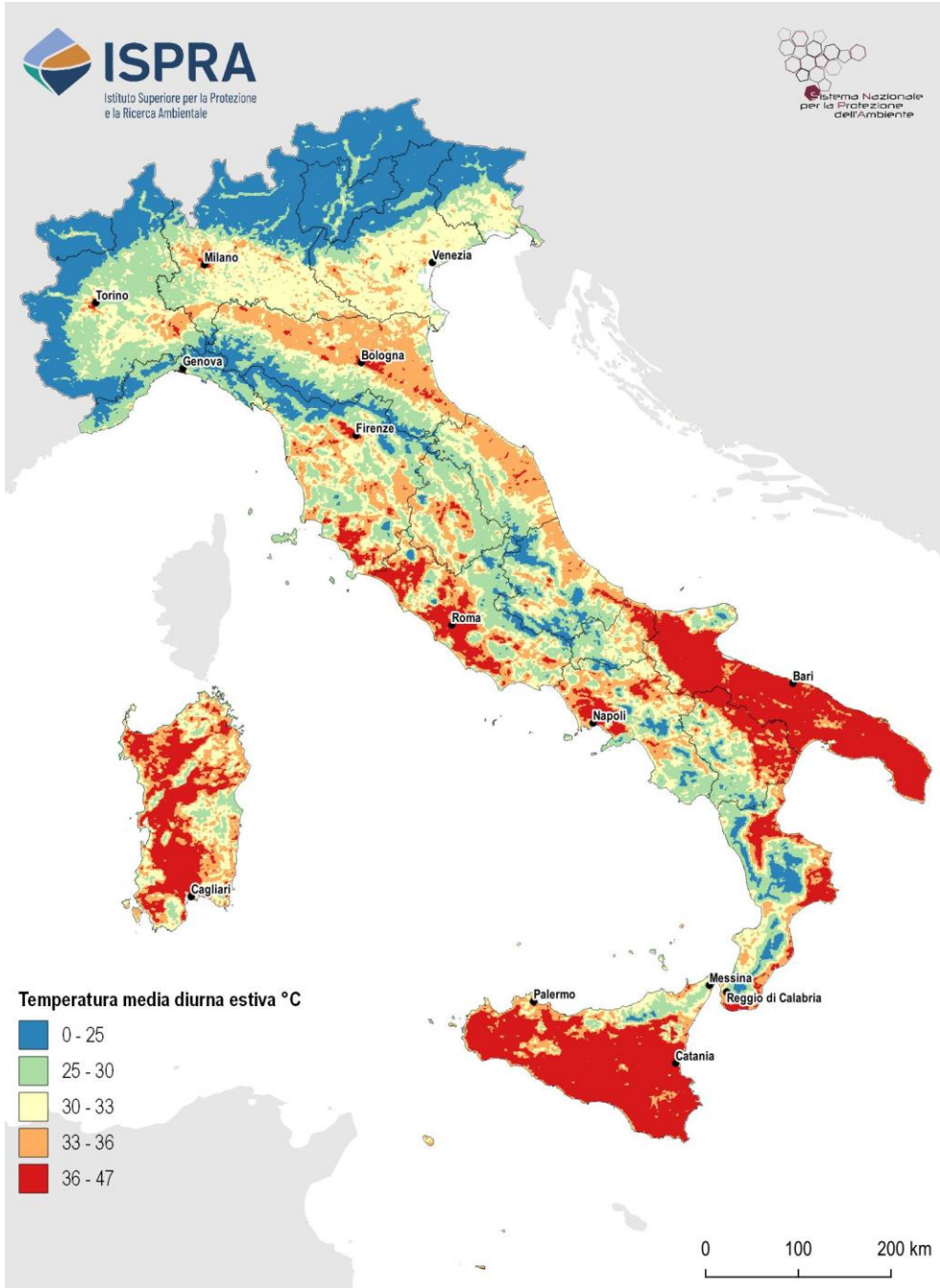


Figura 172. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

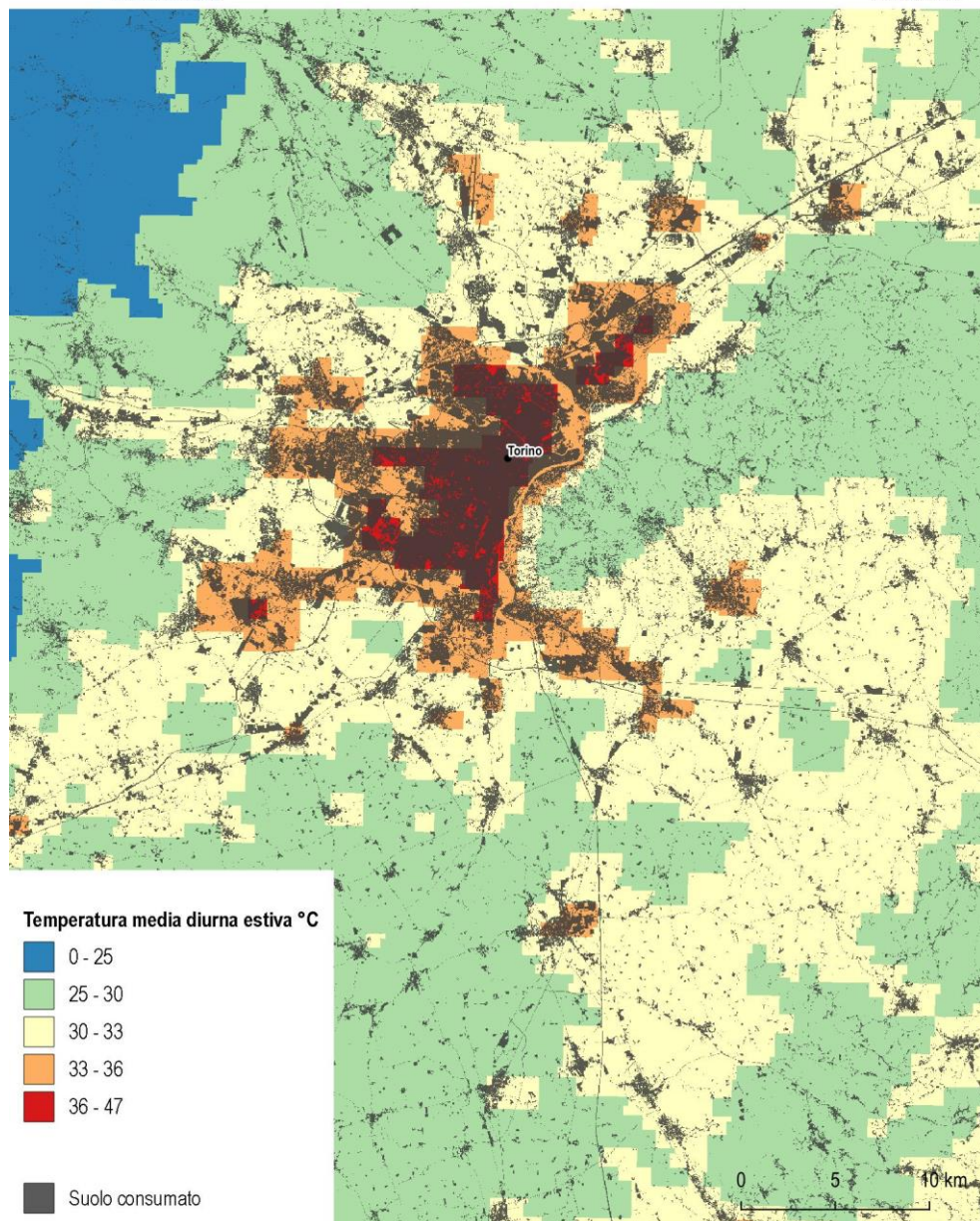


Figura 173. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021 nell'area di Torino. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

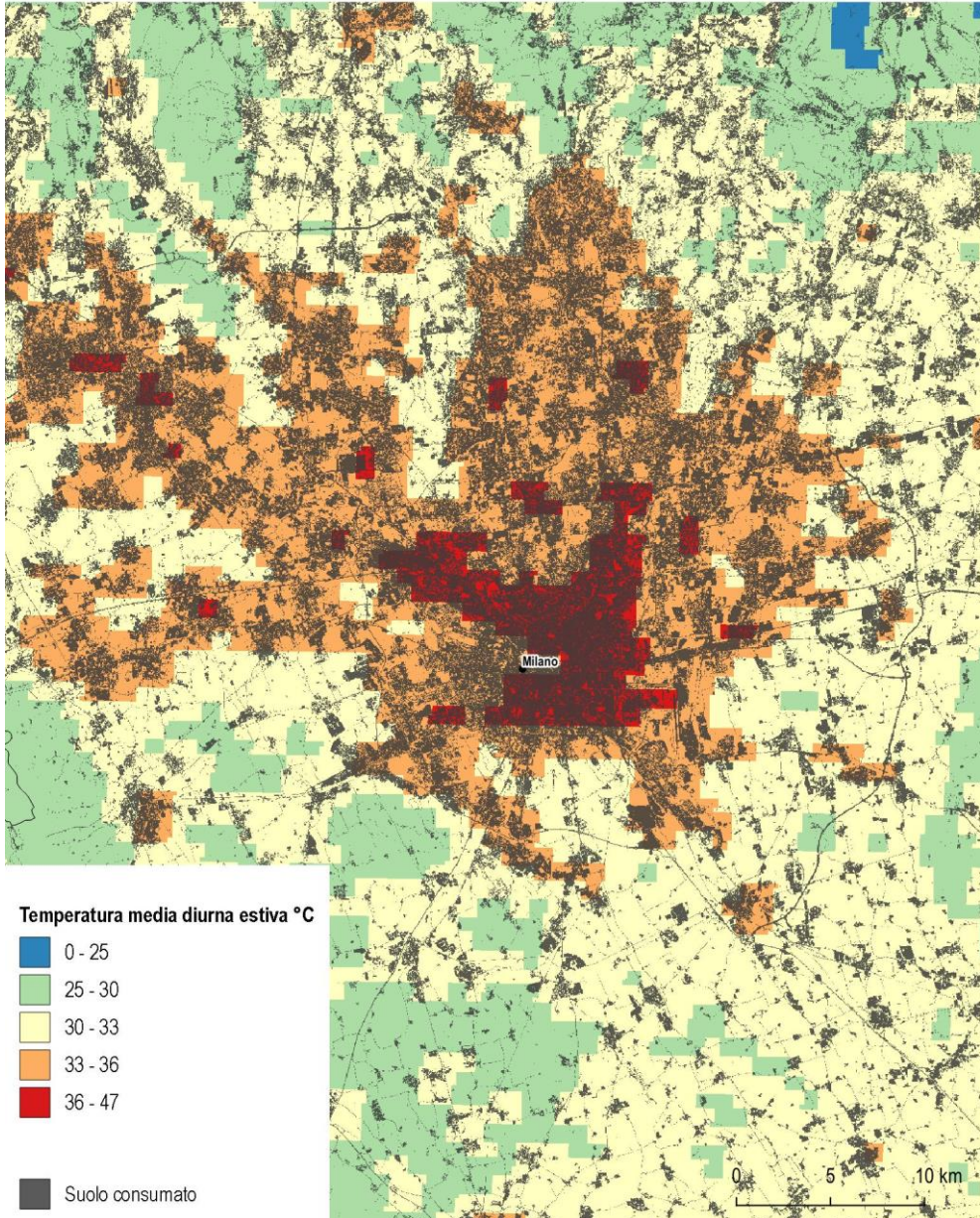


Figura 174. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021 nell'area di Milano. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

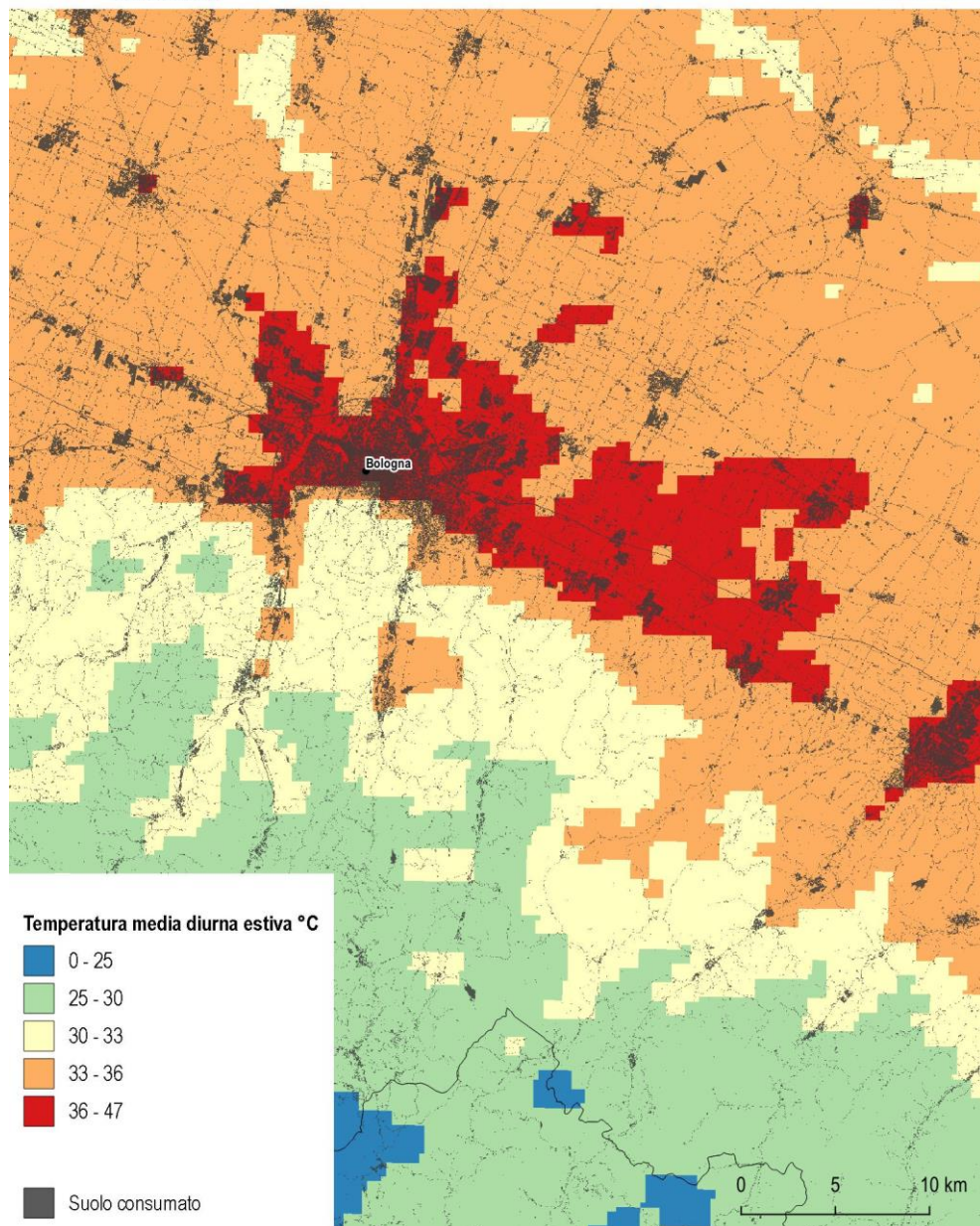


Figura 175. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021 nell'area di Bologna. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

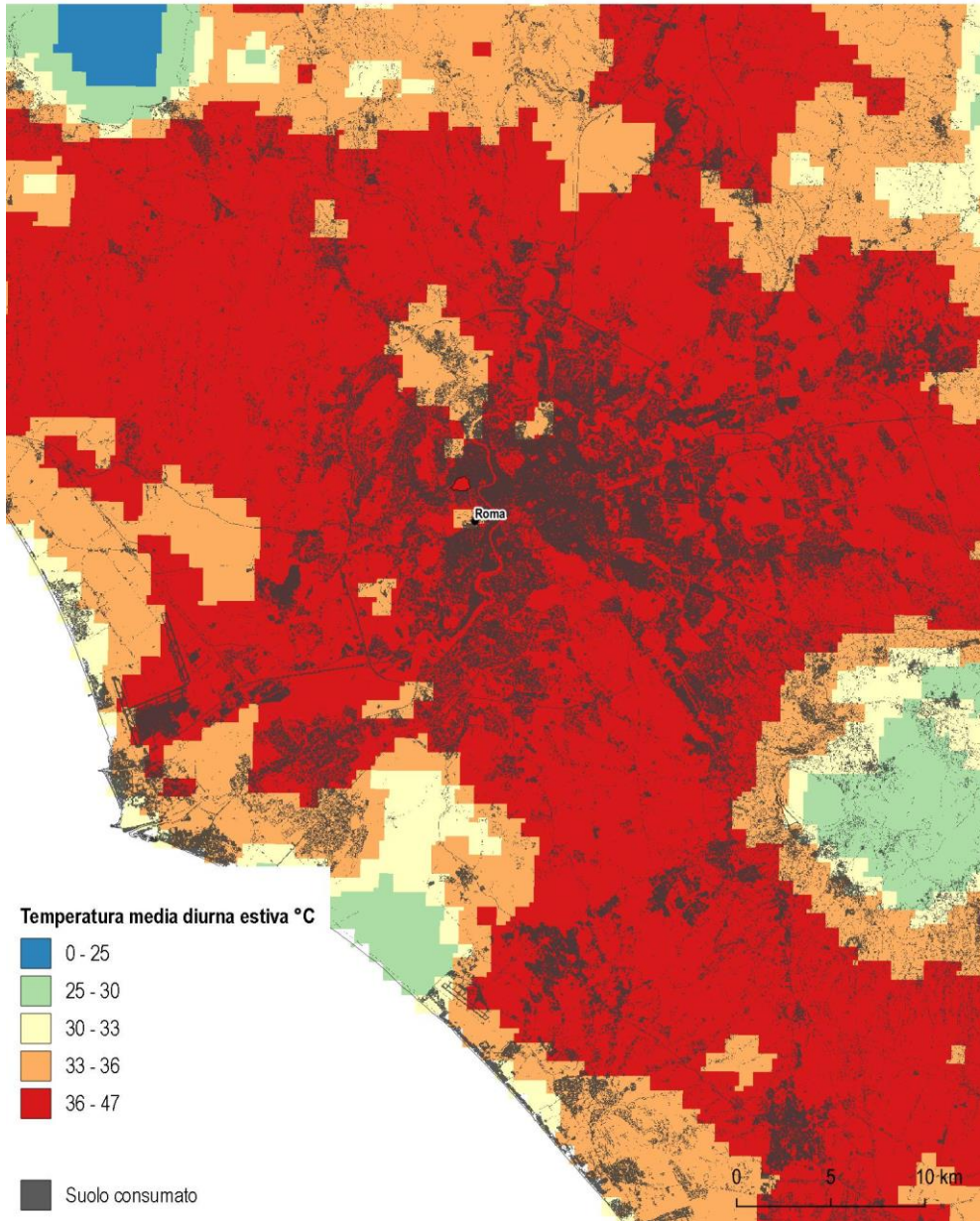


Figura 176. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021 nell'area di Roma. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

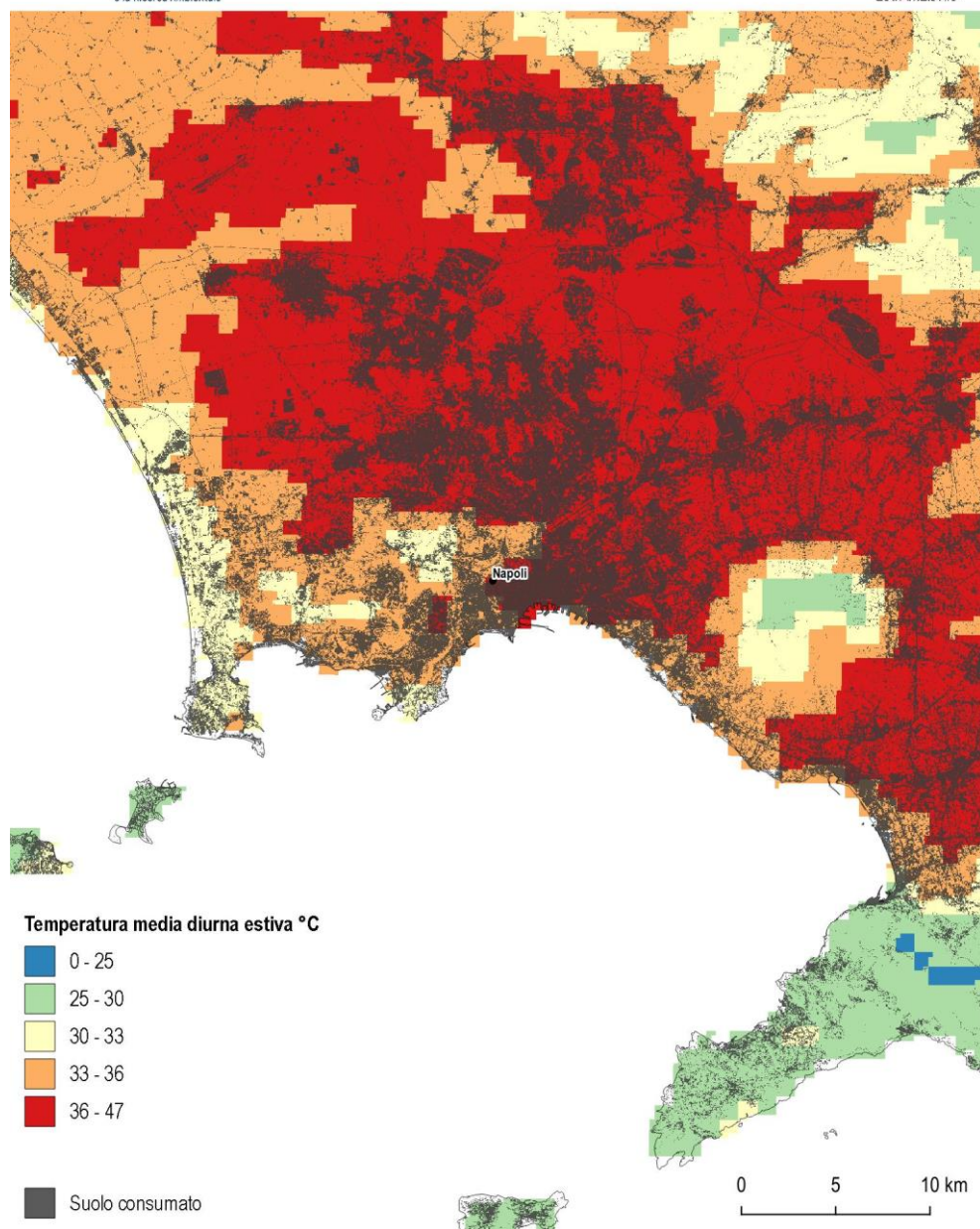


Figura 177. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2019 al 2021 nell'area di Napoli. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati MODIS

LA PERDITA DI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO

ISPRA e il Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente dal 2016 producono annualmente una valutazione a livello nazionale dei principali servizi ecosistemici forniti dal suolo, in particolare la produzione agricola, la produzione di legname, lo stoccaggio di carbonio, il controllo dell'erosione, l'impollinazione, la regolazione del microclima, la rimozione di particolato e ozono, la disponibilità e purificazione dell'acqua e la regolazione del ciclo idrologico, cui si aggiunge la qualità degli habitat, anche in considerazione della strategia dell'Unione Europea sulla Biodiversità (2020) che prevede la valutazione e la mappatura dello stato degli ecosistemi e dei loro servizi, al fine di supportare le scelte di pianificazione e protezione degli ecosistemi.

La valutazione dei servizi ecosistemici è condotta attraverso l'utilizzo di software GIS, e in alcuni casi, attraverso la suite di modelli InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs, Natural Capital Project*), sulla base delle carte di copertura e di uso del suolo prodotte da ISPRA relative al 2006, al 2012 e al 2021 e la carta nazionale del consumo di suolo degli stessi anni⁸⁹. Per ciascun servizio è stata utilizzata una metodologia specifica, sulla base di quanto sviluppato per le precedenti edizioni (2018-2019).

Il fine dell'analisi è la valutazione dell'impatto che i cambiamenti di uso e copertura del suolo hanno avuto sulla disponibilità dei servizi ecosistemici, in particolare si è fatto riferimento alla variazione da una copertura naturale o agricola a una artificiale. Anche quest'anno sono stati analizzati i flussi annui e gli stock del capitale naturale perso a causa del consumo di suolo, sia in termini biofisici che economici.

Considerando l'obiettivo di inserimento della protezione delle funzioni del suolo nella pianificazione territoriale, è necessario richiamare l'attenzione sull'importanza della quantificazione biofisica dei servizi e, in particolare, su quella di considerare una gerarchia nei servizi, individuando servizi prioritari come quelli di regolazione. Ciò perché troppo spesso, nella valutazione economica, ad

esempio, i servizi di regolazione sono meno considerati a causa della difficoltà di valutazione. Si vuole richiamare infine, per una corretta interpretazione dei dati forniti, il fatto che la valutazione economica viene fornita come supporto alla comprensione della dimensione dell'impatto ambientale prodotto con il consumo di suolo e che questi valori sono intrinsecamente una sottostima del valore delle risorse naturali. Di conseguenza, generare un modello di compensazione basato su tali valori deve essere considerato insufficiente dal punto di vista della protezione ambientale (Assennato *et al.*, 2019).

Di seguito sono illustrati e discussi i valori biofisici relativi ad alcuni dei principali servizi ecosistemici, con alcuni dettagli della distribuzione territoriale, mentre i valori della stima economica sono rappresentati per ciascun servizio con il valore minimo e massimo a livello nazionale.

L'analisi del flusso e dello stock (biofisico ed economico) del servizio di approvvigionamento di cibo attraverso la **produzione agricola** è stata effettuata sulla base dell'aggregazione delle colture, che sono state raggruppate in cinque macro-classi: seminativi, foraggere, frutteti, oliveti e vigneti, derivanti dall'aggregazione dei dati provinciali Istat sulla produzione agricola e dalla loro successiva spazializzazione sui dati ISPRA-SNPA.

La valutazione biofisica del flusso di produzione agricola, di cui si parlerà in seguito, è riferita alla produzione effettiva (in quintali, dati provinciali Istat) al fine di ottenere per ogni unità di superficie i valori in q/ha di tutte le produzioni e quantificarne la perdita complessiva.

Per quanto riguarda la valutazione economica, in questa sede, al fine di offrire un orientamento per la considerazione del servizio ecosistemico di produzione di cibo, si utilizza direttamente il valore economico delle produzioni, non depurato dai fattori sopra menzionati, con un confronto iniziale con il valore derivante dall'agricoltura biologica a scala nazionale. Naturalmente nel caso della produzione agricola, la produzione del valore dipende anche dall'azione antropica, che si aggiunge al servizio ecosistemico e, al contempo, produce un impatto am-

⁸⁹ Pur con alcuni limiti di confrontabilità per i dati fino al 2015, in corso di revisione, si consideri che il consumo di suolo considerato complessivamente tra il 2006 e il 2012 è di circa 63.000 ettari e tra il 2012 e il 2020 è pari a circa 56.000 ettari. I dati completi dei valori di consumo

di suolo e dei valori delle perdite di servizi ecosistemici sono disponibili anche per ciascun comune sul sito www.consumosuolo.isprambiente.it.

bientale, in primo luogo, per l'uso di fertilizzanti e fitofarmaci, ma anche per la potenzialità erosiva dell'aratura e per la perdita di biodiversità da monoculture. Tutti questi aspetti andrebbero considerati in uno studio di maggior dettaglio, anche con riferimento alla produzione agricola sostenibile. In questo studio si presenta un confronto con il valore economico che deriverebbe dall'uso dell'agricoltura biologica per tutte le aree agricole a scala nazionale, che si può considerare una prima stima del valore economico depurato da una parte dei costi degli impatti prodotti.

Per determinare la perdita economica è innanzitutto necessario considerare che la sottrazione di suolo determina una perdita di reddito permanente non solo a carico del proprietario della terra, ma anche di tutti i fattori produttivi impiegati nel ciclo produttivo agrario. In prima approssimazione si può pertanto ipotizzare che il danno annuale (flusso) dovuto alla sottrazione di una data superficie alla coltivazione sia pari al valore di mercato delle produzioni che in essa si possono ottenere. La valutazione economica del flusso di servizio si basa, dunque, sui valori di mercato dei prodotti, sulla base delle informazioni su produzioni e prezzi forniti dall'Istat e dal database RICA con valori di produzione e prezzi disponibili a scala sia nazionale che regionale⁹⁰.

In continuità con le valutazioni delle scorse edizioni viene ripetuta l'analisi del flusso con i valori di Produzione Standard (PS), che fa riferimento alla sola produzione lorda, senza includere i sussidi al prodotto e senza considerare la parte relativa ai costi specifici variabili. Quindi, la PS di una determinata produzione (vegetale o animale) è il valore monetario della produzione, che comprende le vendite al prezzo franco azienda. Le unità di riferimento rimangono quelle del reddito lordo standard ma il calcolo si effettua su una media quinquennale. È

stato calcolato che tra il 2006 e il 2012 la perdita in relazione alla PS è stata di 171.955.619 euro (Tabella 125) mentre tra il 2012 e il 2021 154.901.515 di euro (Tabella 123).

Poiché il consumo di suolo è in larga parte irreversibile, entro certi limiti tale danno si può considerare permanente e comporta quindi una perdita patrimoniale per la società, che si ottiene accumulando all'attualità il flusso infinito di redditi andati perduti. Tale operazione può essere effettuata dividendo il flusso annuale di perdite sociali per il saggio di capitalizzazione. Va comunque considerato che almeno una parte dei fattori produttivi che concorrono attualmente all'ottenimento delle produzioni agricole potranno in futuro essere impiegati in altre attività. Per tenere conto di tale eventualità può essere opportuno stimare il danno annuale non in termini di valore di mercato della produzione ma di Margine Lordo (ML)⁹¹ derivante dalla coltivazione.

La valutazione del flusso, la valutazione dello stock economico effettuata con il Margine Lordo consente di svincolarsi dall'utilizzo dei Valori Agricoli Medi, che comportavano alcune criticità nell'analisi, come segnalato nelle precedenti edizioni.

Il ML delle colture è stato ottenuto dal database RICA fornito dal CREA utilizzando il campione dei dati di colture e aziende riferito al 2013; ciascuna coltura è stata assegnata a una delle cinque classi, pesata sulla rispettiva SAU e spazializzata sulla carta di copertura ISPRA.

Per trasformare la perdita economica annuale stimata con il ML in danno patrimoniale, l'operatore economico è stato diviso per un saggio di capitalizzazione posto pari all'1% (saggi che si riscontrano annualmente nel mondo

⁹⁰ RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola), istituita con il regolamento CEE n. 79/1965, sostituito dal Reg. CE n. 1217/2009, nasce per soddisfare le esigenze conoscitive dell'Unione Europea riguardo al funzionamento economico delle aziende agricole. Essa rappresenta una indagine di natura economico contabile svolta, con una metodologia comune a tutti i paesi UE, su un campione di aziende agricole, il cui scopo è quello di raccogliere le informazioni necessarie a misurare l'evoluzione dei redditi degli imprenditori agricoli e il funzionamento delle aziende agricole nella UE. In Italia l'indagine RICA, istituita col DPR n. 1708/65, è affidata al Centro di Ricerca Politiche e Bioeconomia del Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'Economia

Agraria (CREA). Esso rappresenta, pertanto, l'organo ufficiale di collegamento tra lo Stato italiano e la Commissione europea e, inoltre, coordina la raccolta e l'elaborazione dei dati contabili delle aziende agricole fissate a livello comunitario, selezionate grazie alla collaborazione con l'Istat (<http://arearica.crea.gov.it>).

⁹¹ Per margine lordo si intende il reddito lordo colturale, che indica la differenza tra il valore totale della produzione (prodotto principali più eventuali prodotti secondari) e i costi sostenuti per la produzione, a loro volta riconducibili ai costi specifici, ai costi generici e ai reimpieghi di prodotti aziendali; nel caso di prodotti trasformati si tiene conto anche delle spese di trasformazione. È un valore della redditività delle attività produttive aziendali.

agricolo, ovvero il rapporto tra reddito e valore immobiliare), al fine di trasformare la perdita annuale in perdita patrimoniale.

La stima a scala nazionale è stata effettuata sia con riferimento all'agricoltura convenzionale che all'agricoltura biologica, al fine di confrontarne i valori.

Attraverso l'analisi basata sul ML, è stato calcolato che, a livello nazionale, la perdita economica causata dalla riduzione di produzione agricola provocata dal consumo di suolo tra il 2006 e il 2012 e tra 2012 e il 2020 è stata mediamente pari a 88.484.560 euro corrispondenti ad una perdita patrimoniale di 8.848.456.087 euro per il primo periodo e di 77.105.947 euro (perdita patrimoniale di 7.710.594.717 euro) per il secondo periodo analizzato per l'agricoltura convenzionale. Considerando i valori per la produzione sostenibile ottenuta con l'agricoltura biologica, la perdita annuale è valutata pari a 98.056.279 euro (periodo 2006-2012, danno patrimoniale a

9.805.627.919; Tabella 126) e di 94.844.895 euro (periodo 2012-2020, danno patrimoniale 9.484.489.511 euro; Tabella 124)

La Figura 178 rappresenta il valore medio di Margine Lordo (€) dell'azienda tipo di agricoltura convenzionale, proveniente dal campione del database Rica per l'anno 2013: Lombardia e Veneto registrano i valori maggiori nella classe dei seminativi, con un valore medio intorno a 20.000 euro; queste regioni sono anche le aree in cui il fenomeno del consumo di suolo è più intenso. Per le foraggere i valori medi sono compresi tra i 5.000 e il 14.000 euro (in Campania, Emilia-Romagna e Veneto); per quanto riguarda invece le colture legnose in Veneto, Sicilia e Friuli-Venezia Giulia si trovano i valori più alti per i vigneti (49.000 euro), in Lombardia e in Trentino per i frutteti (62.542 euro e 59.162 euro rispettivamente) e in Calabria per gli oliveti (19.195 euro).

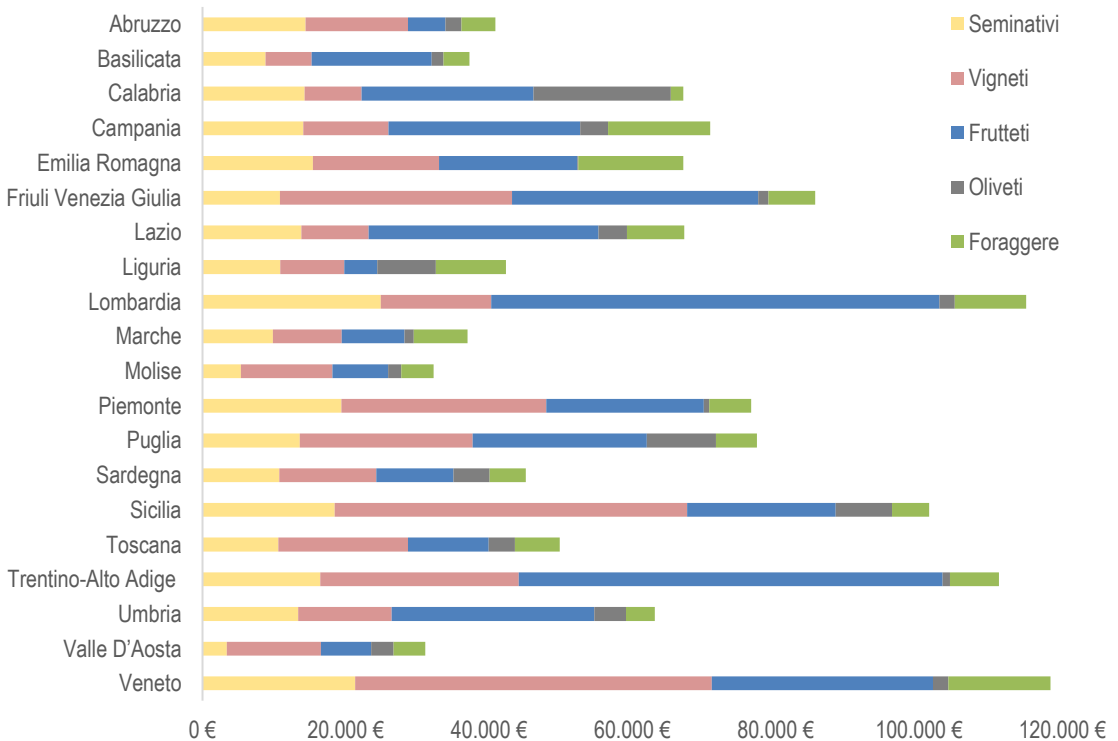


Figura 178. Media regionale dei valori di Margine Lordo (€) per le classi di colture analizzate. Fonte: Crea (2013)

L'analisi spaziale dei valori di ML rispetto alle superfici ha consentito di evidenziare anche il valore delle colture in termini di €/ha a livello nazionale. I valori maggiori si riscontrano nella classe dei frutteti (7.088 €/ha), seguiti dai vigneti (4.637 €/ha), mentre a scala regionale i valori maggiori si registrano nei seminativi della Liguria (16.969 €/ha) e nei vigneti e nei frutteti del Trentino-Alto Adige (rispettivamente 10.500 €/ha e 18.889 €/ha).

Un approfondimento ulteriore è stato condotto sui valori di produzione convenzionale attraverso un'analisi a scala provinciale in relazione all'altitudine (fascia pianiziale, collinare e montana), considerando le cinque macroclassi di colture.

Lo studio territoriale per fascia altimetrica, sempre per l'agricoltura convenzionale, mostra che tra il 2012 e il 2021, a fronte di una variazione media di 1.647 €/ha, si

raggiungono valori piuttosto importanti per i frutteti e i vigneti in montagna, rispettivamente 15.716 €/ha e 5.033 €/ha; queste due classi sono quelle che hanno subito una variazione maggiore anche in pianura e collina, con valori vicini o superiori a 5.000 €/ha; mentre per l'agricoltura biologica le perdite unitarie sono leggermente superiori, con un valore medio di 1.539 €/ha e le variazioni maggiori nelle classi di frutteti e vigneti nelle zone montane (rispettivamente 12.531 €/ha e 5.986 €/ha).

L'analisi riportata in Figura 179, Figura 180 e successive mostra come la perdita patrimoniale maggiore a livello nazionale si sia registrata, sia per il periodo 2006-2012 che per il 2012-2021, nelle aree di pianura, con valori che nel caso dei seminativi hanno superato i 4 miliardi di euro nel caso dell'agricoltura convenzionale e i 6 miliardi e mezzo di euro nell'agricoltura biologica.

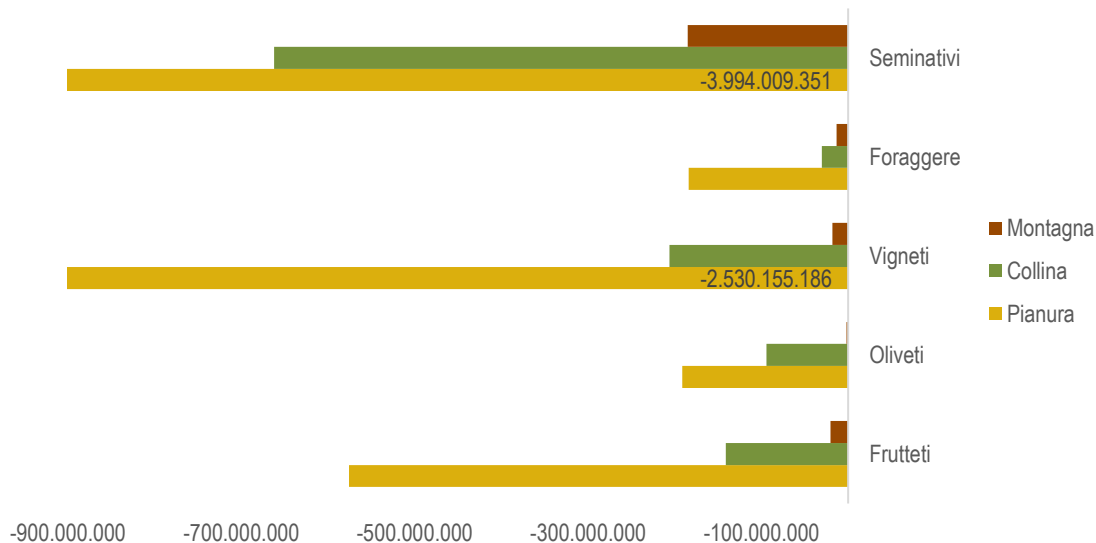


Figura 179 Stima della perdita economica (2006-2012, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola per seminativi, foraggere, vigneti, oliveti e frutteti per fascia altimetrica, in relazione alla produzione convenzionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

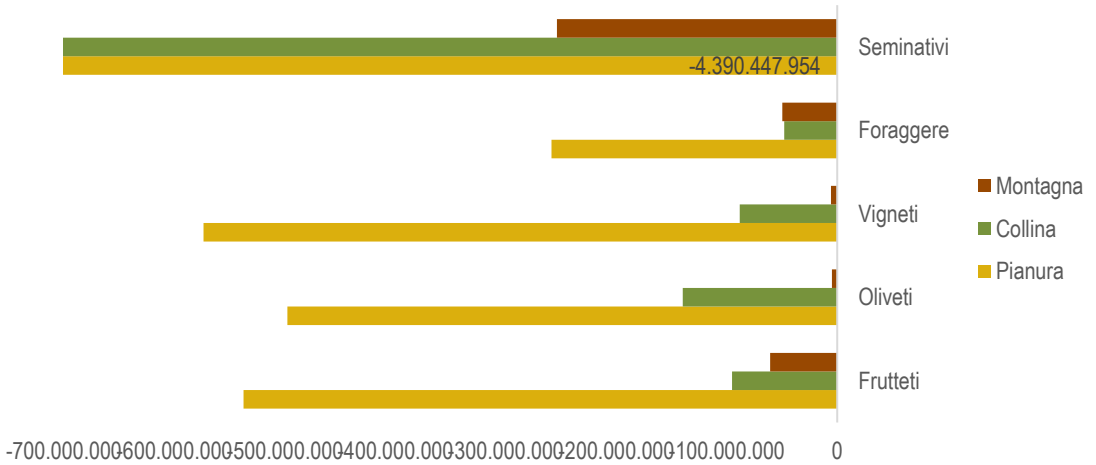


Figura 180. Stima della perdita economica (2012-2021, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola per seminativi, foraggere, vigneti, oliveti e frutteti per fascia altimetrica, in relazione alla produzione convenzionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

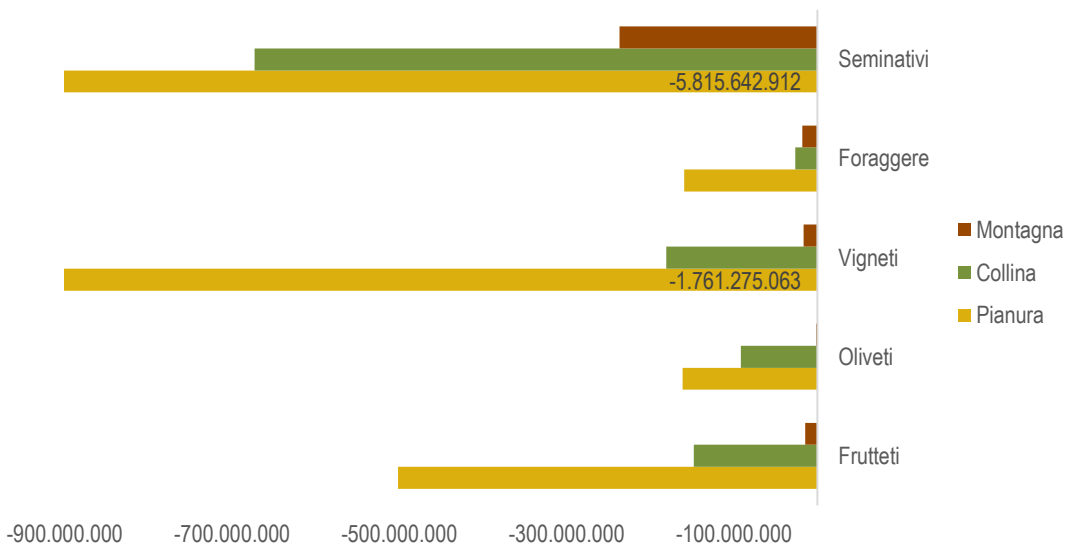


Figura 181. Stima della perdita economica (2006-2012, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola per seminativi, foraggere, vigneti, oliveti e frutteti per fascia altimetrica, in relazione alla produzione biologica. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

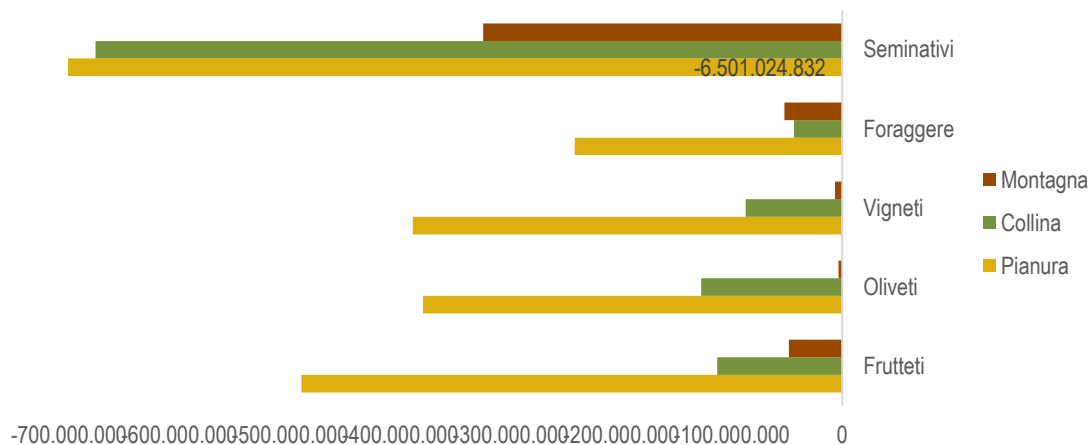


Figura 182. Stima della perdita economica (2012-2021, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola per seminativi, foraggere, vigneti, oliveti e frutteti per fascia altimetrica, in relazione alla produzione biologica. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

L'analisi è stata approfondita anche a scala regionale, per rappresentare la composizione della perdita patrimoniale per ciascuna regione, con valori in percentuale per ciascuna per fascia altimetrica e macro-classe dei seminativi, vigneti, oliveti, frutteti e foraggere. Come evidenziato in Figura 183 e Figura 184, i dati mostrano che, per entrambi i periodi analizzati, le perdite in pianura assumono valori che in molte regioni superano l'80% della perdita totale, oltrepassando il 95% in Lombardia, in Veneto, Friuli-Venezia Giulia e in Emilia-Romagna tra il 2012 e il 2021. Le variazioni maggiori (2012-2021) nella fascia collinare invece si sono verificate in Liguria con una perdita del 72%. Nella fascia montana invece le riduzioni maggiori (2012-2021) sono avvenute in Valle d'Aosta (89%) e in Trentino-Alto Adige dove la perdita economica nelle aree montuose è stata del 69%. Risultati analoghi sono stati osservati nel periodo 2006-2012.

Considerando il valore di perdita patrimoniale in €/ha per il periodo 2012-2021, di fronte a una perdita complessiva di 1.744 €/ha in pianura, 1.313 €/ha in collina e 1.324 €/ha in montagna, nelle aree di montagna la perdita maggiore è avvenuta nella classe dei frutteti e dei vigneti con picchi di perdite superiori ai 18.000 €/ha, registrati in Trentino-Alto Adige.

In termini percentuali nella fascia montana (Figura 185; Figura 186) la maggior parte delle perdite è dovuta alla diminuzione delle superfici destinate a seminativi, con valori che tra il 2006 superano il 60% del totale dei cambiamenti e tra il 2012 e il 2021 superano il 70% del totale in quasi tutte le regioni; in Friuli-Venezia Giulia, in Lombardia e Veneto invece le diminuzioni maggiori nelle aree montane sono imputabili alla contrazione delle foraggere (87%, 84% e 75% del totale per il periodo 2012-2021), mentre tra il 2006 e il 2012 le diminuzioni maggiori in questa classe si sono verificate in Veneto (80% dei cambiamenti) e in Toscana (77%). Valori prossimi al 40% delle perdite totali si registrano in Trentino-Alto Adige per la classe dei frutteti tra il 2012-2021 mentre una perdita di circa il 30% si è verificata tra il 2006 e il 2012.

Nelle aree collinari (Figura 187; Figura 188) la variazione unitaria maggiore si registra in Liguria con una diminuzione del valore dei seminativi di 29.276 €/ha, mentre per le classi dei frutteti e vigneti i valori si attestano attorno ai 5.000 €/ha, con valori prossimi o superiori ai 9.000 €/ha in Friuli-Venezia Giulia e Veneto (periodo 2012-2021). Anche in questa fascia altimetrica la variazione percentuale maggiore è causata dalla perdita di superfici a seminativo sia tra il 2006 e il 2012 che tra il 2012 e il 2021, ma per il periodo 2012-2021 in Trentino-Alto Adige nella

sola classe di frutteti si è registrato più del 50% della perdita.

L'andamento della riduzione delle produzioni si conferma anche nelle zone di pianura (Figura 189; Figura 190) con frutteti e vigneti che registrano diminuzioni maggiori di 5.000 €/ha in quasi tutte le regioni tra il 2012 e il 2021; in

questa fascia però è importante segnalare la diminuzione di superfici a frutteto che in Trentino-Alto Adige rappresenta il 59% della perdita economica totale. Tra il 2006 e il 2012 la perdita maggiore in pianura, oltre che nei seminativi, si è verificata in Trentino-Alto Adige per la classe dei vigneti (78% della perdita economica).

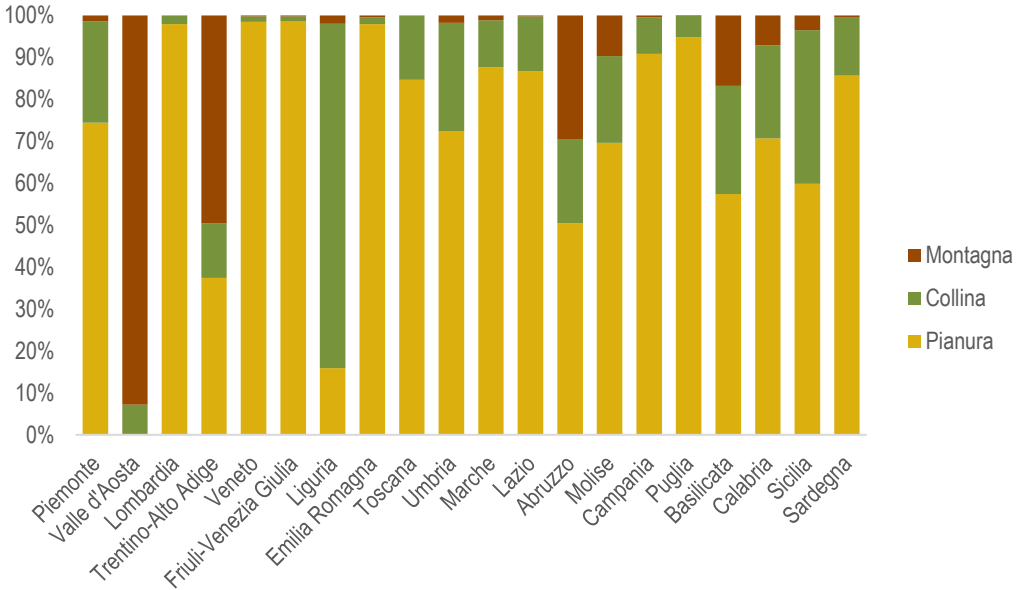


Figura 183. Ripartizione percentuale per fascia altimetrica della perdita economica (2006-2012, €) causate dalla riduzione della produzione agricola nelle fasce altimetriche riferita all'agricoltura tradizionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

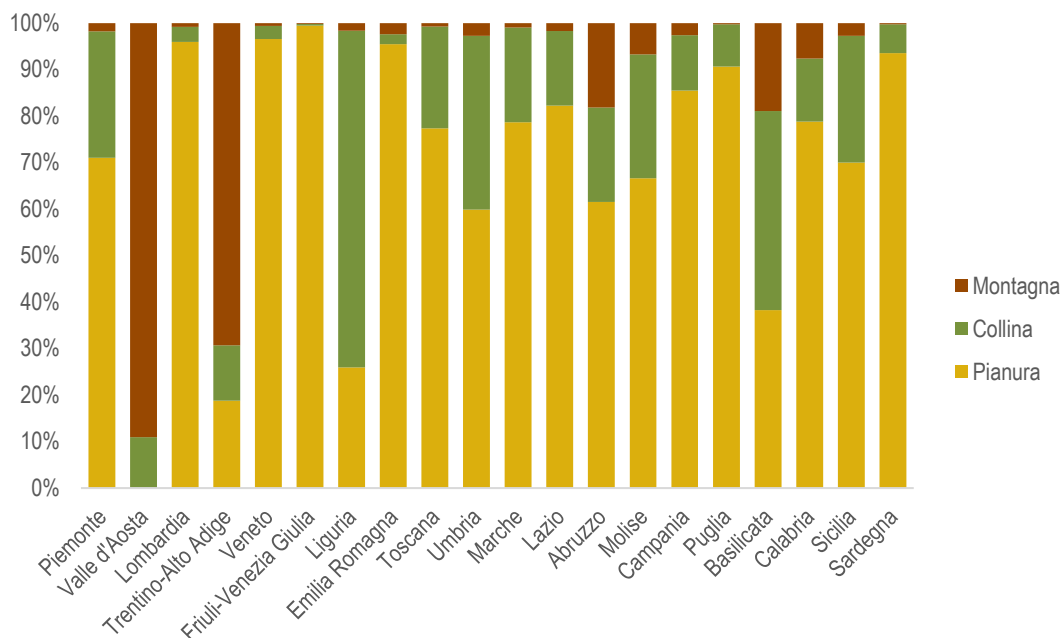


Figura 184. Ripartizione percentuale per fascia altimetrica della perdita economica (2012-2021, €) causate dalla riduzione della produzione agricola nelle fasce altimetriche riferita all'agricoltura tradizionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

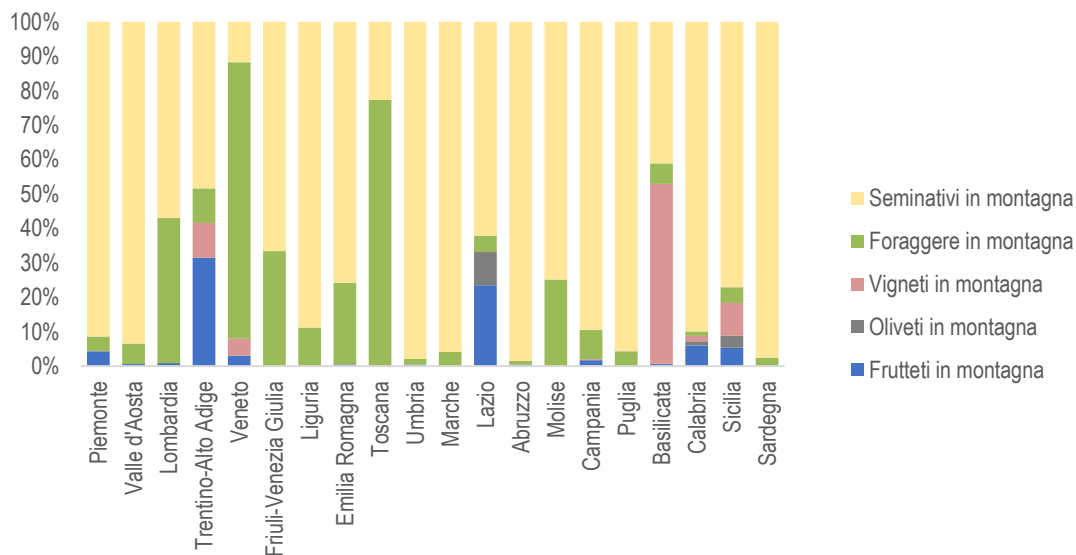


Figura 185. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2006-2012, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in montagna. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

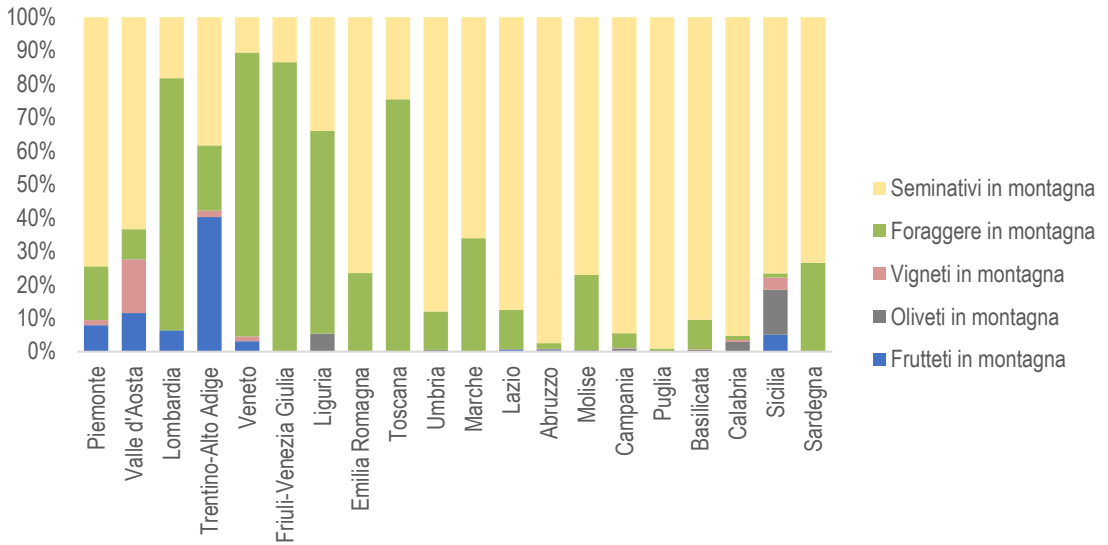


Figura 186. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2012-2021, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in montagna. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

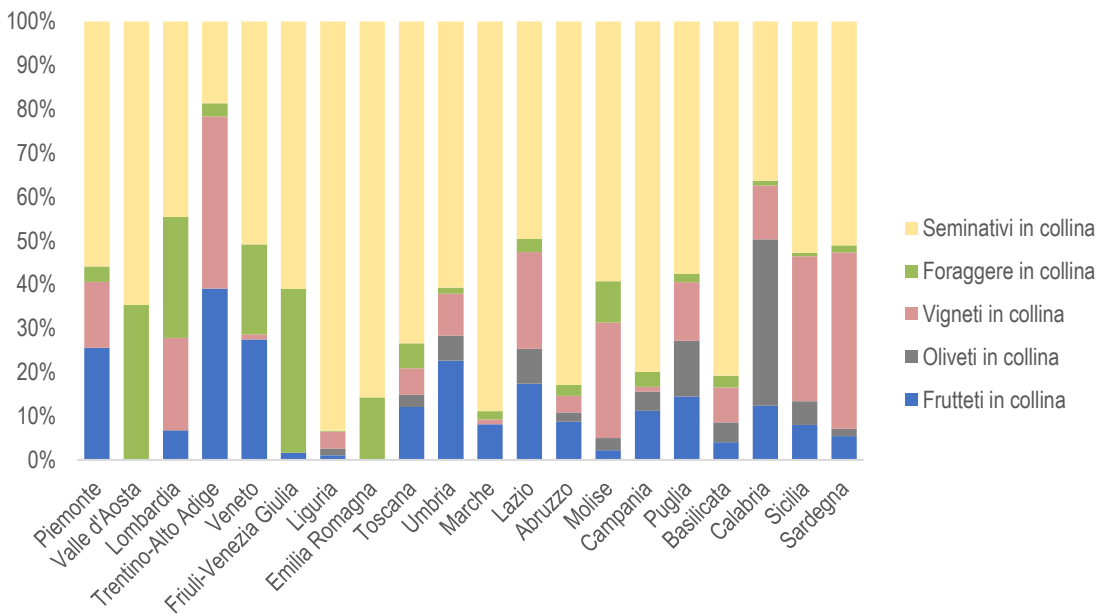


Figura 187. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2006-2012, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in collina

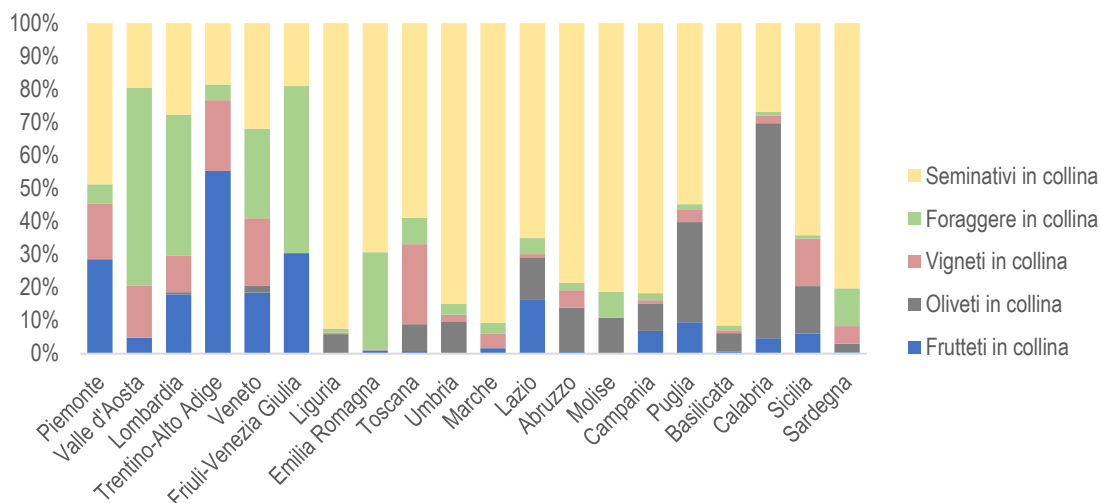


Figura 188. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2012-2021, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in collina. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

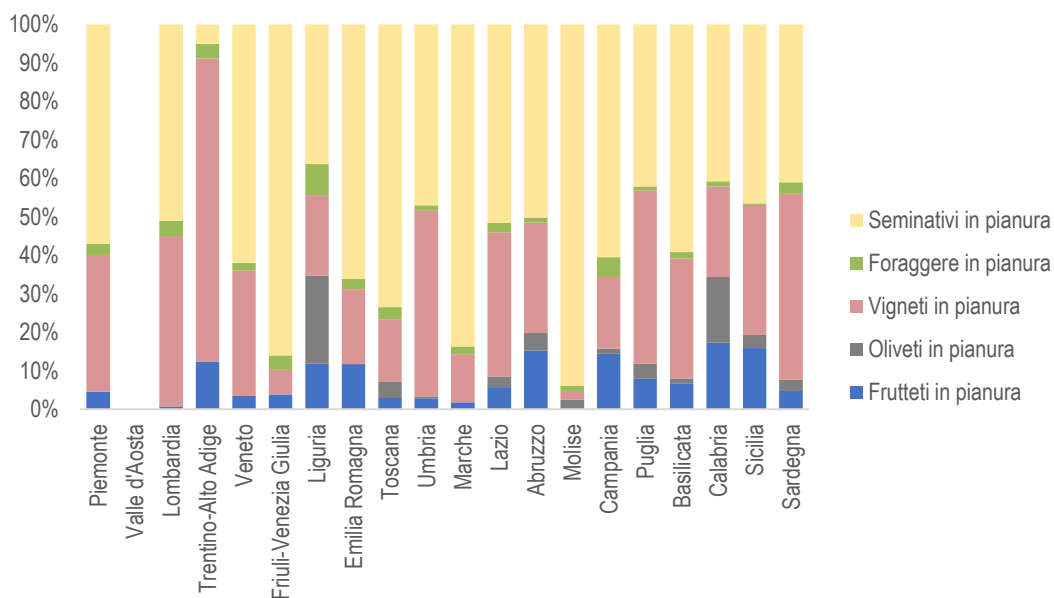


Figura 189. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2006-2012, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in pianura. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

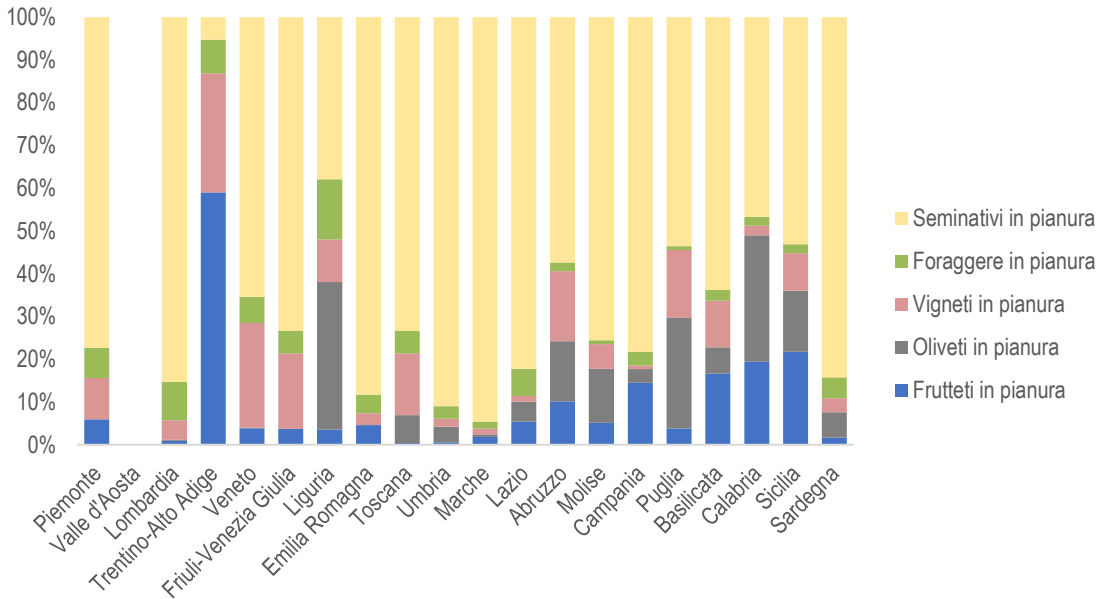


Figura 190. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2012-2021, €) dovuta alla riduzione della produzione agricola in pianura. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Crea (2011-2013) e cartografia SNPA

L'analisi della perdita della produzione agricola ha riguardato anche l'aspetto quantitativo, sulla base della produzione in quintali dei dati Istat (2013).

Tra il 2012 e il 2021 in Italia si stima una perdita potenziale, a causa del nuovo consumo di suolo, di circa 4.149.885 quintali di prodotti agricoli che avrebbero potuto fornire le aree perse nel periodo considerato (escludendo le rinaturalizzazioni); dato che conferma la perdita di prodotti agricoli avvenuta tra il 2006 e il 2012 che conta 3.994.074 quintali di prodotti in meno. Analizzando le cinque categorie principali di colture (vigneti, frutteti, oliveti, foraggere e seminativi (Figura 191; Figura 192) si osserva che tra il 2012 e il 2021 la maggiore riduzione stimata si è avuta nella classe dei seminativi, con 2.776.766 quintali, seguita dalle foraggere, dai frutteti, dai vigneti e dagli oliveti, con una perdita, rispettivamente, di circa 898.525, 192.583, 156.303 e 125.708 quintali di prodotti. I valori osservati tra il 2006 e il 2012, confermano una perdita di oltre 2 milioni di quintali per i seminativi e di 500.000 q per le foraggere, con una perdita minore per la classe dei frutteti (-191.860 quintali) e degli oliveti (-45.697 quintali) e con una perdita di 658.702 quintali per i vigneti. Analogamente al periodo

2006-2012 tra il 2012 e il 2021 la Regione con la variazione maggiore di produzione potenziale da aree precedentemente destinate a seminativi è l'Emilia-Romagna, in cui si è registrata una perdita per il consumo di suolo di più di 400.000 quintali, seguita dal Veneto con 394.756 quintali di prodotti in meno e dalla Lombardia, dove essa è stata di 290.741 quintali. Nelle altre Regioni la diminuzione si attesta tra i 50.000 e 200.000 quintali e solo in due Regioni è minore di 50.000 quintali, con il valore minore in Valle d'Aosta, dove la perdita è stata di circa 1.274 quintali.

Per la categoria delle foraggere la maggiore perdita si è avuta in Lombardia (circa di 216.800 quintali), seguita dalla Campania (85.850 quintali), dal Veneto (152.722 quintali), dall'Emilia-Romagna e dal Lazio (80.504 e 67.297 quintali rispettivamente). Nelle altre Regioni la contrazione è inferiore ai 20.000 quintali (2012-2021).

Si stima che la produzione potenziale degli oliveti perduta a causa del consumo di suolo sia invece maggiore in Puglia, con un decremento di 62.279 quintali (tra il 2006 e il 2012 è stata di 17.136 quintali), mentre nelle altre Regioni è stata inferiore a 20.000 quintali.

In Calabria e in Sicilia tra il 2012 e il 2021 si sono persi frutteti in grado di produrre potenzialmente quasi 21.000 e 48.000 quintali, in Trentino-Alto Adige 48.600, in Campania 25.600 quintali, mentre nelle altre Regioni la perdita è stata più contenuta, ponendosi al di sotto dei 10.000 quintali. Perdite minori si sono registrate per il periodo 2006-2012, con una diminuzione minore in Trentino-Alto Adige (-11.898 quintali), in Puglia (-24.414 quintali), Campania (-17.133 quintali), mentre in Emilia-Romagna la perdita di produzione potenziale di frutteti è stata di 26.266 quintali.

Infine, la variazione dei vigneti per il consumo di suolo nei nove anni considerati ha causato una riduzione potenziale di circa 10.000 quintali per tutte le Regioni a eccezione della Puglia (-28.900 quintali), della Sicilia (-29.262 quintali) e del Veneto (-48.769 quintali). Tra il 2006 e il 2012 la Puglia e il Lazio sono state le Regioni in cui i vigneti hanno subito la maggiore perdita, con rispettivamente 151.605 e 116.453 quintali di prodotti in meno.

I valori della variazione di produzione tra il 2012 e il 2021 sono disponibili anche a scala comunale.

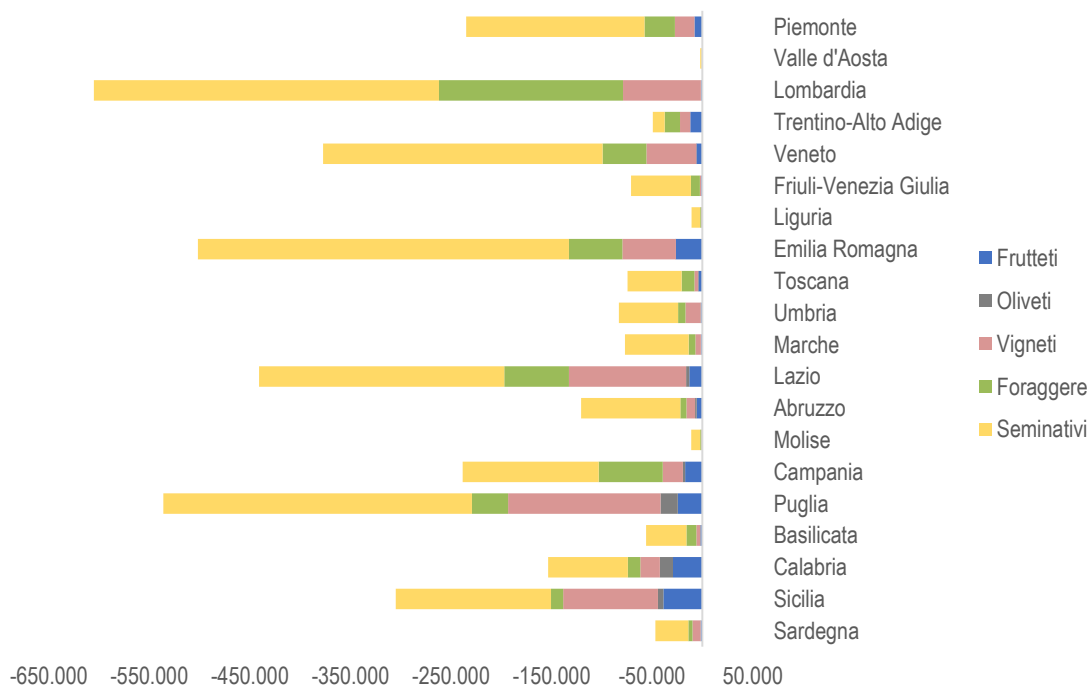


Figura 191. Stima della perdita in quintali di produzione agricola per superfici di vigneti, frutteti, oliveti, foraggiere e seminativi tra il 2006 e il 2012 a causa del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat 2013 e cartografia SNPA

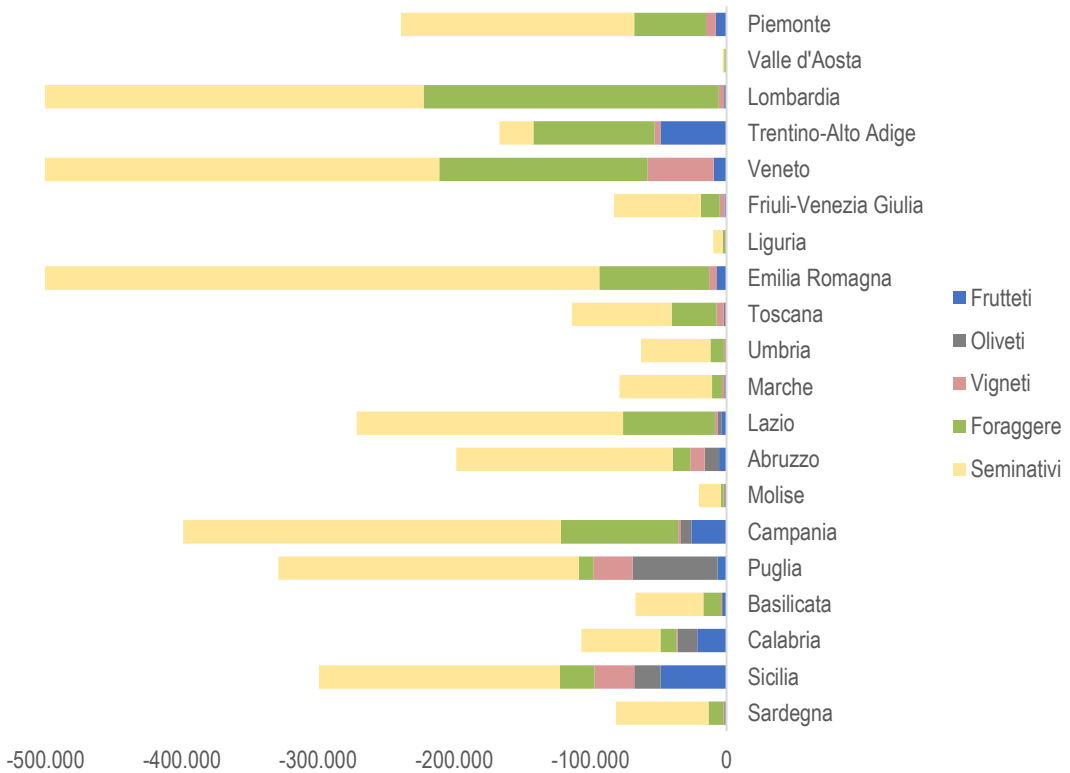


Figura 192. Stima della perdita in quintali di produzione agricola per superfici di vigneti, frutteti, oliveti, foraggiere e seminativi tra il 2012 e il 2021 a causa del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat 2013 e cartografia SNPA

L'analisi della perdita di produzione agricola è stata eseguita considerando non solo la variazione di copertura dovuta all'espansione del suolo artificiale, ma anche l'evoluzione della copertura naturale avvenuta tra il 2012 e il 2020. In questa sezione vengono riportati i flussi annuali di variazione della produzione agricola, ovvero la variazione (biofisica ed economica) che si ripercuoterà nei prossimi anni a causa della variazione della copertura del suolo 2012-2021.

I risultati non sono confrontabili con i risultati delle edizioni passate del rapporto in quanto sono state rielaborate le carte di copertura e uso del suolo, utilizzando i nuovi dati disponibili, che hanno permesso di ottenere una classificazione della copertura e dell'uso del suolo aggiornata.

In accordo con il metodo utilizzato nella quantificazione della perdita di produzione agricola causata da consumo di suolo, anche in questa analisi è stato considerato un'estensione di 20 metri dal margine delle aree consumate, per quantificare l'effetto della vicinanza delle aree costruite che influenzano la superficie destinata alle coltivazioni.

I risultati a livello nazionale di questa analisi mostrano una diminuzione minore della fornitura della produzione agricola (-3.064.314 quintali) rispetto a quella ottenuta dall'analisi dell'impatto del consumo di suolo (-4.149.885 quintali). Questa differenza è dovuta al fatto che l'analisi della variazione di copertura del suolo considera non solo il consumo di suolo, ma anche i cambiamenti che sono avvenuti nelle altre classi: per

esempio, tra il 2012 e il 2021 si è verificato una conversione di alcune aree destinate ad arboricoltura da legno in seminativi e c'è stata un'espansione delle colture permanenti, che hanno una produttività maggiore rispetto alle colture erbacee. Questo comporta una perdita minore, ma sicuramente non indifferente, rispetto alla perdita di produzione agricola dovuta al solo consumo di suolo.

Se non si considerasse l'estensione di 20 m dal margine del suolo consumato la variazione della produzione agricola complessiva sarebbe più contenuta, circa 1 milione di quintali, 13 milioni di euro per l'agricoltura convenzionale (pari a una perdita patrimoniale di 1.326.973.471 euro) e 35 milioni di euro per l'agricoltura biologica (pari a una perdita patrimoniale di 3.504.752.751 euro).

Come mostrato in Figura 193 la variazione di superfici agricole tra il 2012 e il 2020 ha visto una perdita economica importante per l'agricoltura convenzionale per quasi tutte le regioni e le classi di colture considerate, fatta eccezione per i vigneti in Veneto, Puglia, che hanno riscontrato un aumento rispettivamente di 6.906.019 euro, 4.039.058, mentre in Basilicata, Sicilia e Friuli-Venezia Giulia l'aumento è stato di più 1 milione di euro; anche i frutteti in Veneto Puglia e Basilicata hanno registrato valori positivi, con un guadagno di 1.153.304 euro, 1.389.601 euro e 511.687 euro. La perdita economica complessiva rimane comunque molto elevata, raggiungendo i 44.634.880 euro totali,

corrispondente a una perdita patrimoniale di 4.463.488.026 euro, in concordanza con la riduzione delle superfici agricole, dovuta sia all'aumento del consumo di suolo che all'abbandono culturale. Valori simili si osservano nella Figura 194 che rappresenta la variazione economica dell'agricoltura biologica causata dai cambiamenti di copertura. In questo caso la perdita complessiva è stata di 68.962.028 euro, pari a una perdita patrimoniale di 6.892.602.815 euro.

La Figura 195 mostra invece la variazione della produzione agricola in quintali tra il 2012 e il 2020: coerentemente con i grafici precedenti in tutte le regioni si è verificata una riduzione di prodotti agricoli, con la perdita maggiore per la classe dei seminativi (-2.536.187 quintali), seguita dalle foraggere (-756.807 quintali), dagli oliveti (-118.531 quintali), mentre i vigneti e i frutteti hanno registrato un aumento di produzione (rispettivamente 488 e 373.722 quintali). La regione dove la perdita è stata maggiore è la Lombardia, con 455.565 quintali di prodotti agricoli in meno; valori superiori a 400.000 ettari si sono registrati in Veneto e sopra i 300.000 in Emilia-Romagna. Un aumento della produzione agricola ha invece riguardato la classe dei vigneti in Veneto (+171.741 quintali), Friuli-Venezia Giulia (+25.572 quintali), Puglia (108.689 quintali), Basilicata e Sicilia (rispettivamente +24.114 e + 66.061 quintali). In Basilicata si è registrato l'aumento maggiore della produzione di frutteti (+40.790 quintali).

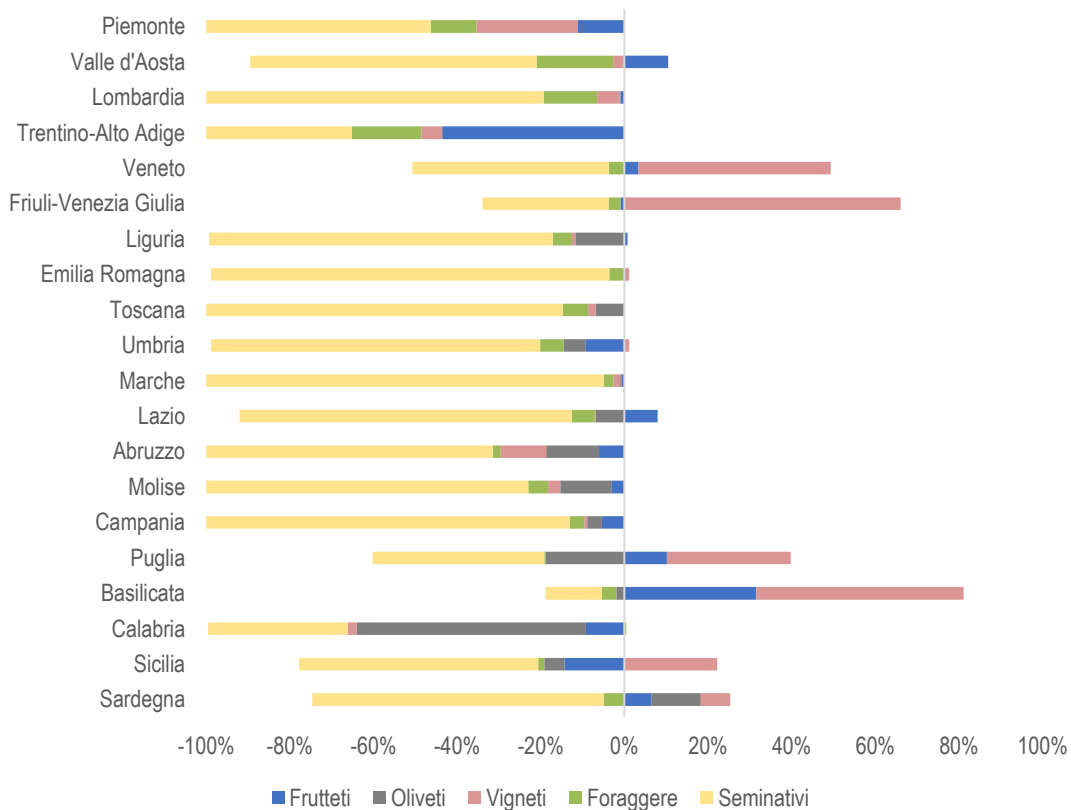


Figura 193. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2012-2020, €) da agricoltura convenzionale a causa della variazione di copertura del suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat 2013 e cartografia SNPA

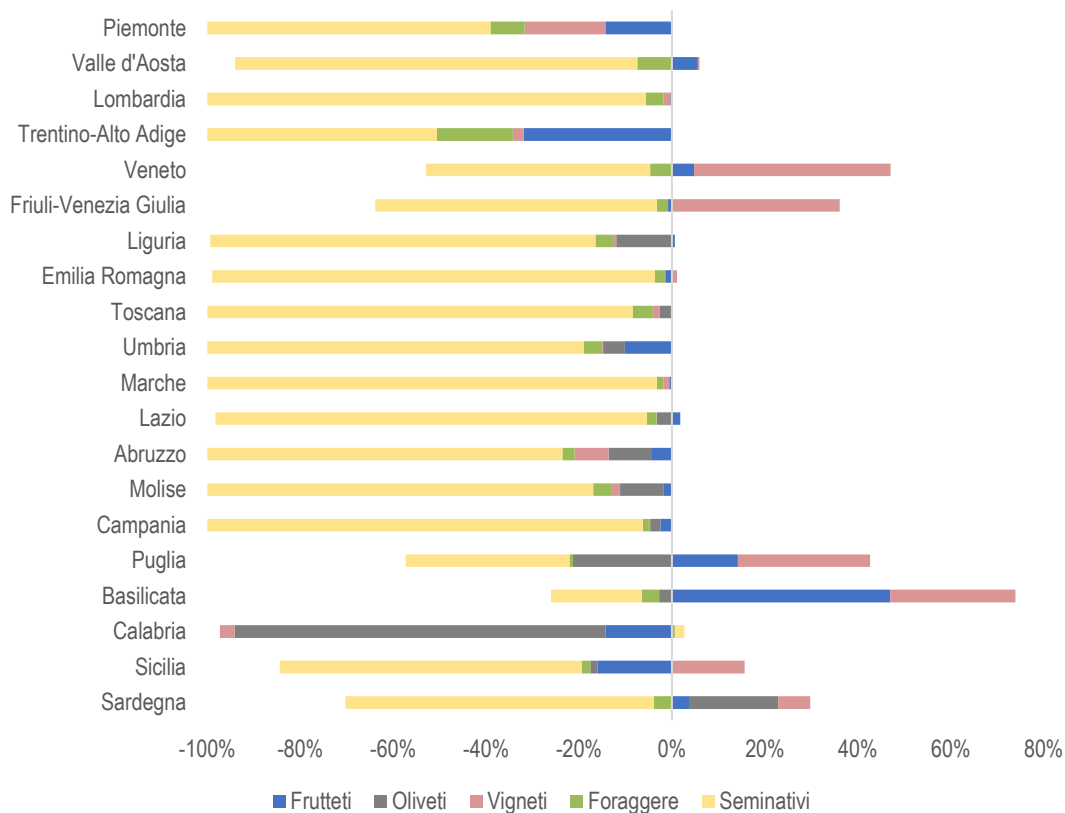


Figura 194. Ripartizione percentuale per tipo di coltivazioni della perdita economica (2012-2020, €) da agricoltura biologica a causa della variazione di copertura del suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat 2013 e cartografia SNPA

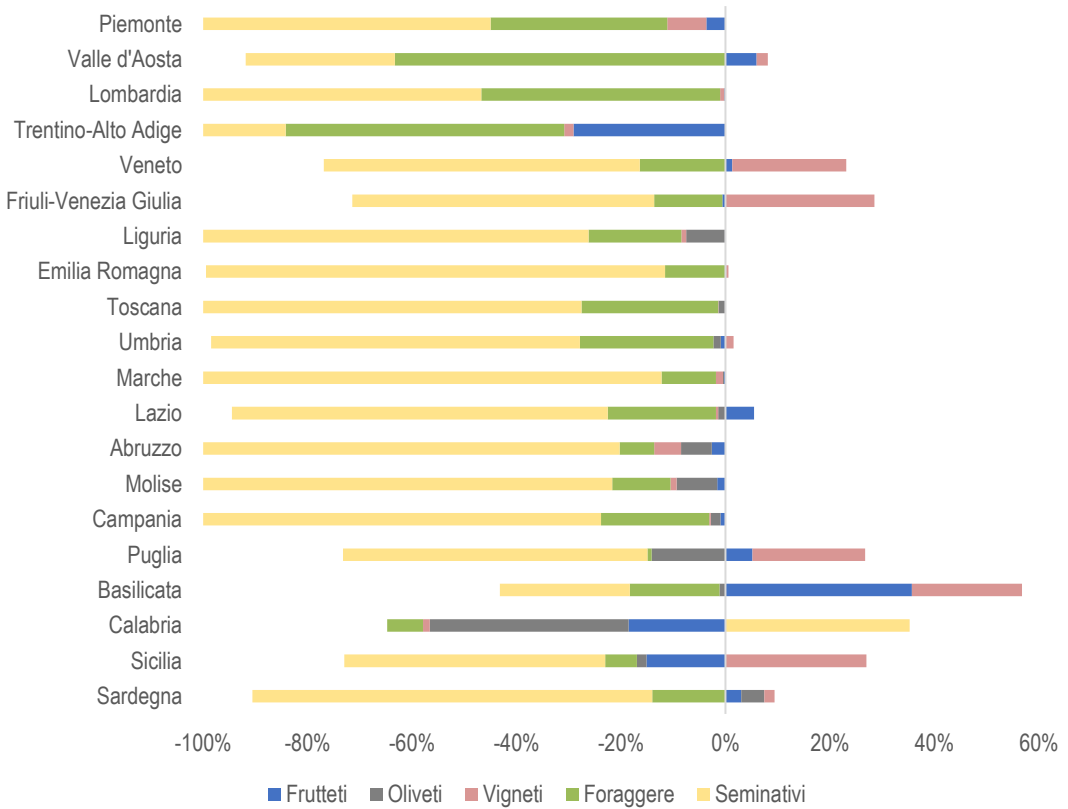


Figura 195. Stima della variazione in quintali di produzione agricola per superfici di vigneti, frutteti, oliveti, foraggere e seminativi tra il 2012 e il 2020 a causa dei cambiamenti di copertura del suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat 2013 e cartografia SNPA

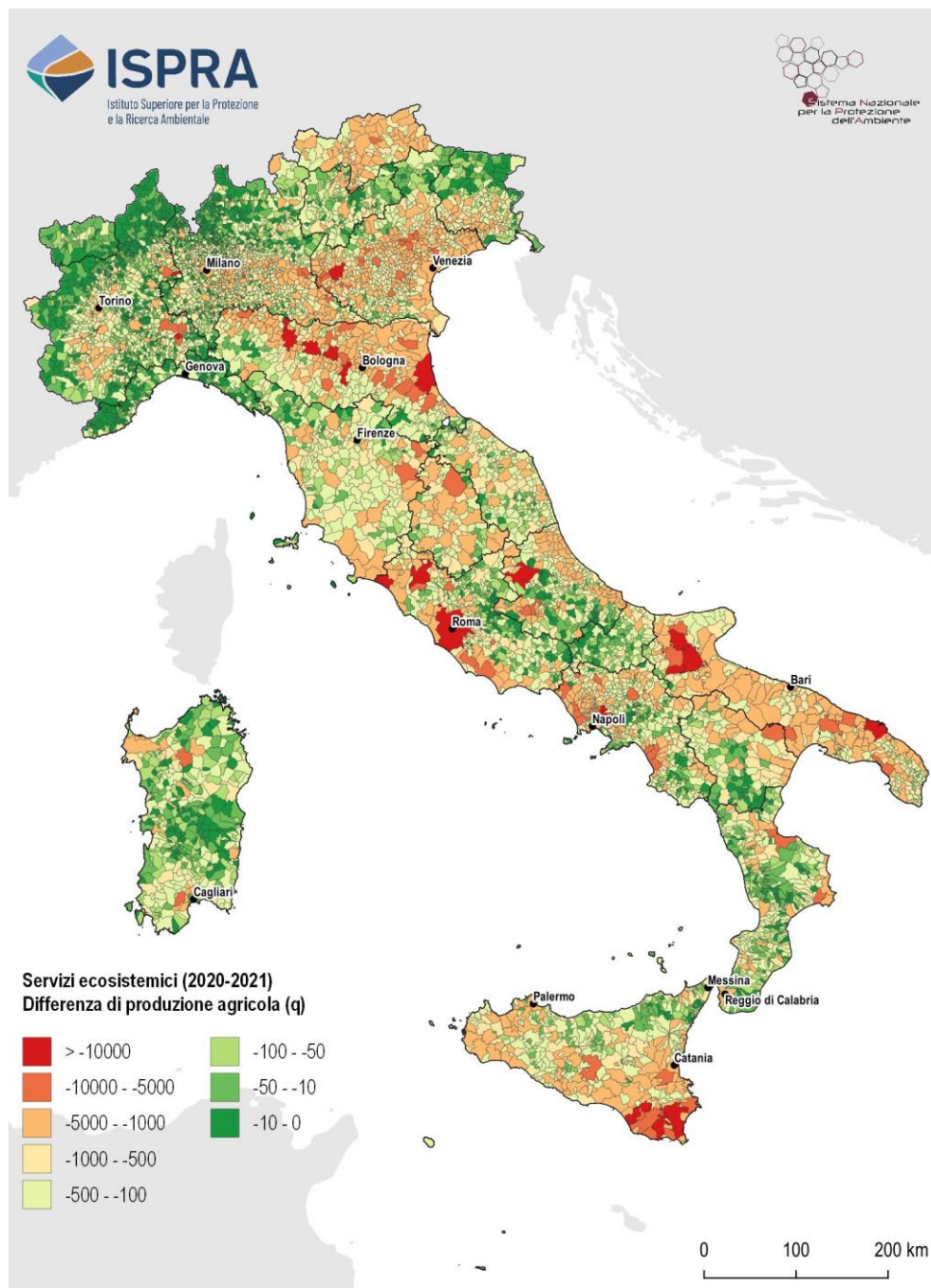


Figura 196. Stima della perdita di produzione agricola tra il 2012 e il 2021 a livello comunale a causa del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

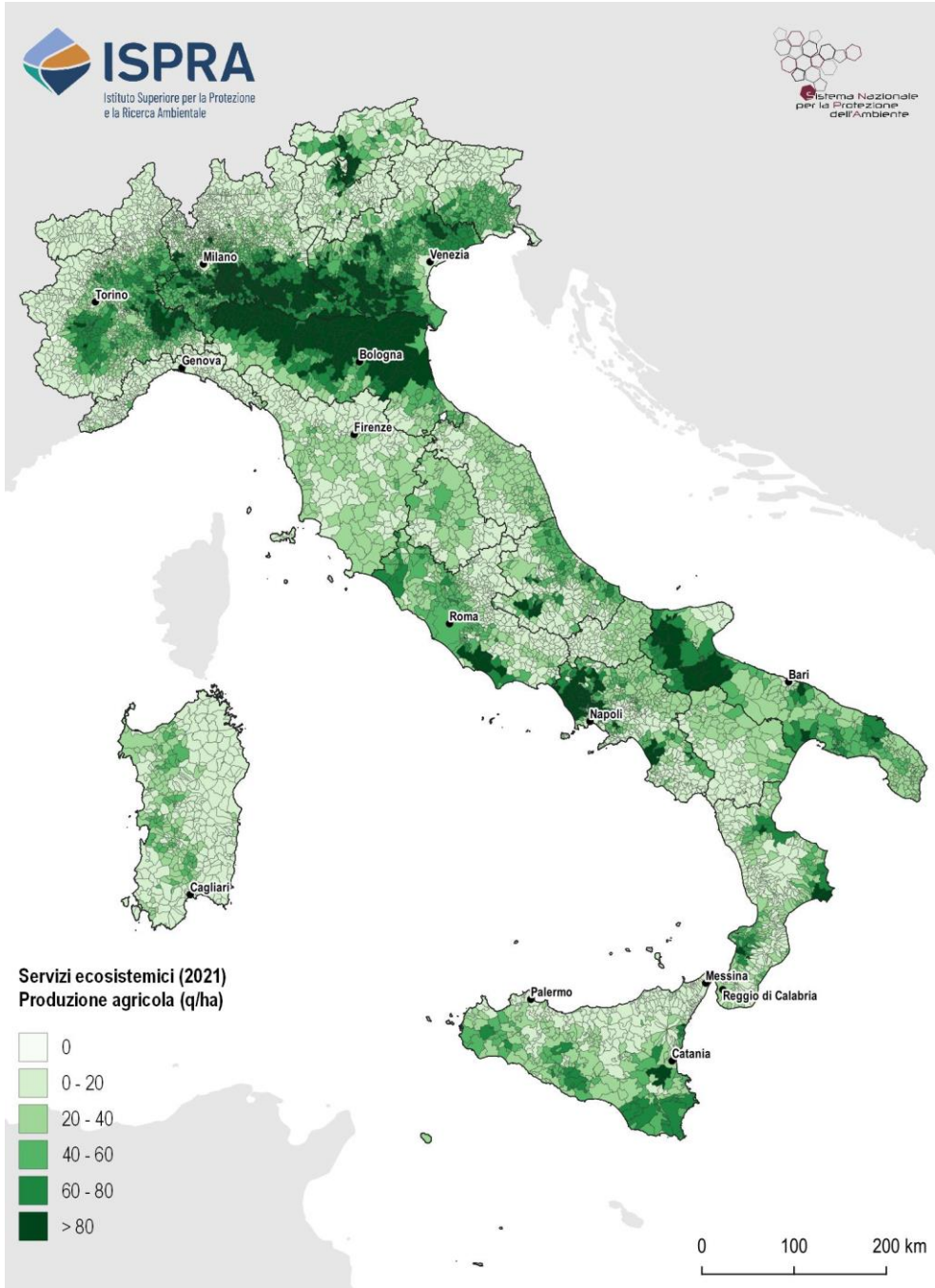


Figura 197. Stima della produzione agricola comunale in quintali su ettaro. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Il servizio di **sequestro e stoccaggio di carbonio** costituisce un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare il carbonio. Per valutare il servizio offerto dal suolo è necessario associare a ciascuna porzione del territorio e tipologia di copertura del suolo una caratterizzazione dei quattro pool di carbonio, biomassa epigea, biomassa ipogea, suolo e sostanza organica morta. In particolare, per il pool suolo è stata utilizzata la cartografia prodotta per la *Global Soil Partnership* (FAO and ITPS, 2018). La valutazione economica di questo servizio viene effettuata sia rispetto al valore di flusso di servizio sia dello stock. Mentre per il valore di stock, la valutazione viene fatta con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia di uso/copertura del suolo, la valutazione del flusso di servizio è possibile attraverso l'utilizzo dei valori di accrescimento della biomassa epigea.

Tra il 2012 e il 2021 in Italia si stima una perdita di circa 3.2 milioni di tonnellate (tra il 2006 e il 2012 è stata di

oltre 3,5 milioni di tonnellate) di carbonio immagazzinato (stock) a causa della variazione di uso e copertura del suolo (vengono considerate le trasformazioni da suolo naturale ad artificiale, escludendo le rinaturalizzazioni e i cambiamenti tra classi di copertura diverse).

In termini economici questo significa una perdita patrimoniale stimata intorno al valore medio di 235 milioni di euro tra il 2012 e il 2021 (Tabella 124) e di quasi 259 milioni di euro tra il 2006 e il 2012 (Tabella 126).

Analizzando i risultati complessivi a scala regionale, si conferma che la maggiore perdita si è avuta nelle regioni Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna, con un contributo significativo anche delle regioni Puglia, Sicilia, Lazio, Piemonte, Campania e Trentino-Alto Adige (Figura 198). Diversamente dal periodo 2006-2012 dove la perdita maggiore si registra in Lombardia, Veneto e Puglia seguite, con riduzioni rilevanti, da Emilia-Romagna, Piemonte, Sicilia, Lazio e Campania (Figura 199).



Figura 198. Tonnellate di carbonio perse a causa del consumo di suolo dal 2012 al 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA

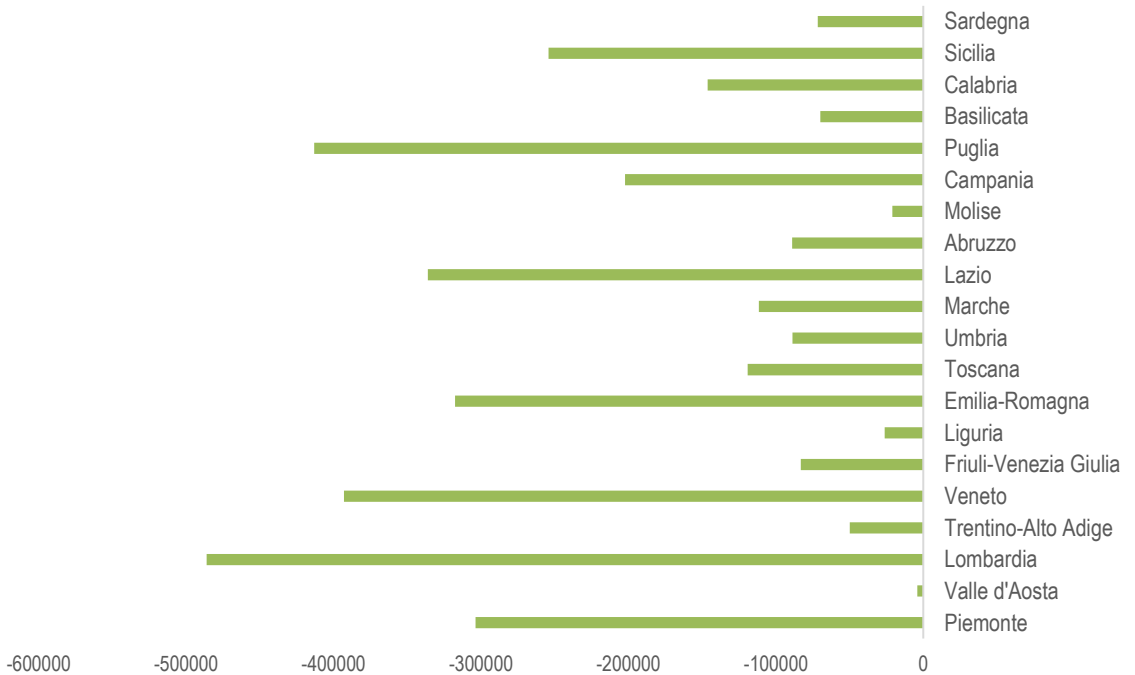


Figura 199. Tonnellate di carbonio perse a causa del consumo di suolo dal 2006 al 2012. Fonte: elaborazioni ISPRA

La **qualità degli habitat** rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli come un indice della biodiversità complessiva nonché delle condizioni di degrado (cfr. § *Il degrado dovuto alla di qualità degli habitat*). I diversi fattori di impatto sugli habitat (cambiamenti di uso del suolo, impermeabilizzazione, urbanizzazione, compattazione, salinizzazione, specie aliene invasive, frammentazione, etc.) portano infatti a fenomeni di degrado e alterazione del funzionamento dei processi eco-biologici.

La valutazione del servizio ecosistemico effettuata con il modello di *Habitat Quality* del software InVEST, che valuta la qualità degli habitat in relazione alle diverse classi di uso e copertura del suolo e alla presenza di minacce potenziali legate ai diversi usi del suolo, ha evidenziato attraverso i valori dell'indice di qualità (Figura 200) il permanere dell'elevata criticità delle aree antropizzate (sia urbane che agricole) e l'influenza che esercitano anche sulle aree naturali limitrofe.

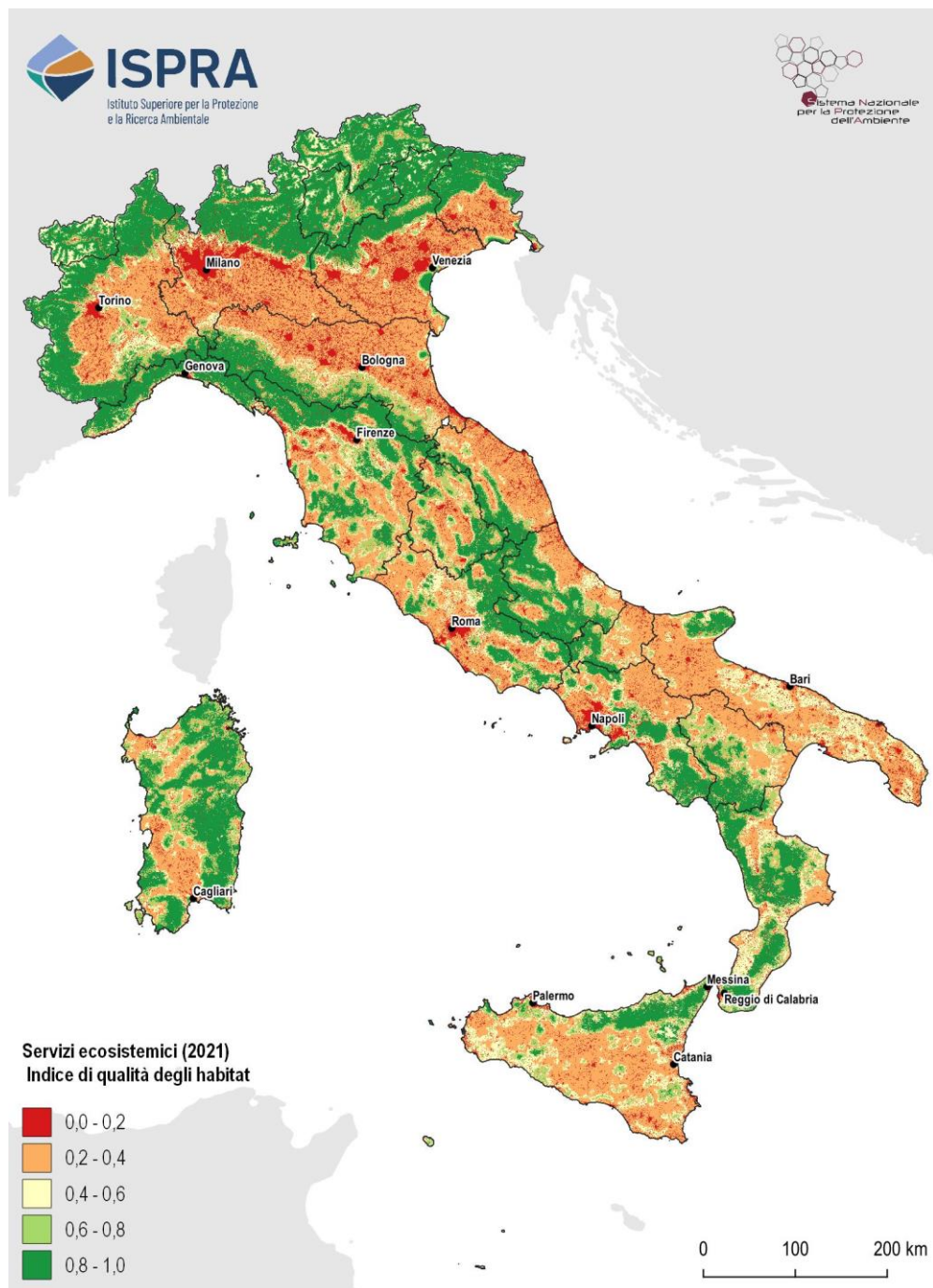


Figura 200. Indice di qualità degli habitat al 2021. Fonte: elaborazione ISPRA

L'analisi del flusso di servizi ecosistemici evidenzia che l'**impatto economico** del consumo di suolo in Italia produce perdite annuali che si confermano molto elevate.

La stima dei costi totali della perdita del flusso annuale di servizi ecosistemici varia da un minimo di 3,3 a un massimo di 4 miliardi di euro, persi ogni anno a causa consumo di suolo avvenuto tra il 2012 e il 2021 (Tabella 123). Il valore più alto di perdita è associato al servizio di regolazione del regime idrologico, ovvero all'aumento del deflusso superficiale prodotto dal consumo di suolo che è, infatti, tra gli effetti più significativi. Analizzando i valori di perdita del flusso annuale tra il 2006 e il 2012 la variabilità va da un minimo di 3,9 miliardi a un massimo di 4,8 miliardi di euro. Analogamente al periodo 2012-2020 il valore più alto di perdita tra il 2006 e il 2012 è connesso al servizio di regolazione del regime idrologico con una perdita di 4,2 miliardi di euro (Tabella 125).

Il valore perso di stock è valutato rispetto ad alcune delle funzioni che producono i servizi ecosistemici considerati, ovvero la produzione agricola, che è valutata,

quest'anno, attraverso il Margine Lordo e non più attraverso i VAM, la produzione legnosa e lo stoccaggio di carbonio. Sia nel periodo 2012 – 2020 che nel periodo 2006 – 2012 il valore complessivo varia tra 7.8/8 miliardi e 9,9 miliardi di euro, come perdita patrimoniale sempre a causa delle trasformazioni avvenute rispettivamente a partire dal 2012 e dal 2006 (Tabella 124 e Tabella 126). La perdita di stock più elevata rimane quella della produzione agricola. Questa analisi conferma che il maggiore impatto del consumo di suolo avviene a discapito delle principali funzioni ovvero della regolazione dei cicli naturali (in particolare quello idrologico), della produzione di beni e materie prime (che, in questo caso, assolvono bisogni primari come acqua e cibo) e dell'assorbimento degli scarti della produzione umana (in questo caso la CO₂ derivante dai processi produttivi).

Tabella 123. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2012 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€/anno]	Valore medio [€/anno]	Valore massimo [€/anno]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-340.298	-1.068.610	-1.796.922
Qualità degli habitat	-20.474.420	-20.474.420	-20.474.420
Produzione agricola	-154.901.515	-154.901.515	-154.901.515
Produzione di legname	-45.595.360	-45.595.360	-45.595.360
*Impollinazione	-9.792.643	-11.433.846	-13.075.048
Regolazione del microclima	-4.806.331	-12.015.827	-19.225.324
Rimozione particolato e ozono	-2.121.049	-4.282.759	-6.444.468
Disponibilità di acqua	-3.090.000	-38.625.000	-74.160.000
Regolazione del regime idrologico	-3.060.000.000	-3.312.960.000	-3.565.920.000
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-467.456	-66.911.424	-133.355.393
Totale	-3.301.589.071	-3.668.268.761	-4.034.948.450

Tabella 124. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2012 e il 2021. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€]	Valore medio [€]	Valore massimo [€]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-75.148.520	-235.982.691	-396.816.861
Produzione agricola	-7.710.594.717	-8.597.542.114	-9.484.489.511
Produzione di legname	-36.222.968	-36.222.968	-36.222.968
Totale	-7.821.966.205	-8.869.747.773	-9.917.529.340

Tabella 125. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2012. Fonte: elaborazioni ISPRA *Dati calcolati stimati in proporzione al consumo di suolo

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€/anno]	Valore medio [€/anno]	Valore massimo [€/anno]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-368.182	-1.156.171	-1.944.161
Qualità degli habitat	-21.197.553	-21.197.553	-21.197.553
Produzione agricola	-171.955.619	-171.955.619	-171.955.619
Produzione di legname	-41.213.712	-41.213.712	-41.213.712
Impollinazione*	-11.757.525	-13.728.033	-15.698.541
Regolazione del microclima	-5.804.168	-14.510.421	-23.216.674
Rimozione particolato e ozono	-1.801.707	-3.634.834	-5.467.960
Disponibilità di acqua*	-3.710.005	-46.375.060	-89.040.116
Regolazione del regime idrologico*	-3.673.985.356	-3.977.701.479	-4.281.417.602
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-525.182	-75.473.750	-150.422.317
Totale	-3.932.319.010	-4.366.946.632	-4.801.574.254

Tabella 126. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2012. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€]	Valore medio [€]	Valore massimo [€]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-82.480.208	-259.005.783	-435.531.359
Produzione agricola	-8.848.456.087	-9.327.041.639	-9.805.627.191
Produzione di legname	-27.555.109	-27.555.109	-27.555.109
Totale	-8.958.491.404	-9.613.602.531	-10.268.713.659

DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO

LA LAND DEGRADATION

Il progetto pilota sulla *Land Degradation Neutrality* (LDN), promosso dal Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione (UNCCD) e il programma LDN *Target Setting* lanciato dallo stesso Segretariato hanno lo scopo di aiutare e affiancare i Paesi nell'individuazione dei target volontari di LDN e nella definizione delle misure associate per il raggiungimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), da valutare attraverso l'evoluzione della "Percentuale di territorio degradato su superficie totale del territorio" (cfr. § *Consumo, copertura, uso e degrado del suolo*).

La complessità del degrado del suolo e del territorio implica la necessità di valutare molti fattori che siano rappresentativi di contesti pedogenetici estremamente eterogenei ed è per questi motivi che la metodologia di valutazione è ancora oggetto di dibattito scientifico. L'UNCCD (2021) raccomanda l'utilizzo combinato di tre sub-indicatori: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo, il contenuto in carbonio organico (*Soil Organic Carbon*, SOC), suggerendo comunque la possibilità di integrare altri sotto indicatori specifici a livello di singolo Paese. La Commissione Statistica delle Nazioni Unite ha definito l'indicatore 15.3.1 per il monitoraggio del Target 15.3 degli SDGs come percentuale di aree degradate del territorio nazionale, basandosi sulla metodologia usata dalla UNCCD, organismo internazionale di riferimento per quanto riguarda il target 15.3.

Il degrado viene valutato analizzando la variazione dei sotto indicatori considerando come riferimento temporale una baseline (2000-2015) e un periodo di reporting (2016-2019). Il degrado complessivo viene derivato dall'integrazione dei diversi sotto indicatori con il criterio *One Out, All Out* (UNCCD, 2021). La valutazione è comunque da considerarsi parziale, in quanto non sono stati considerati altri importanti fenomeni di degrado del suolo, particolarmente evidenti ed incisivi nel contesto italiano quali la salinizzazione, la contaminazione, la

compattazione, etc., che andrebbero quindi a aumentare l'effettiva superficie degradata.

La mancanza di queste informazioni, legata anche all'assenza di una rete di monitoraggio nazionale sui suoli, rende dunque parziale ed incompleta la valutazione effettuata. Tuttavia, l'approccio seguito in questo rapporto ricalca la metodologia proposta in ambito internazionale cercando di utilizzare e valorizzare anche dati nazionali e comunitarie in sostituzione di *dataset* globali di minor dettaglio.

I risultati dell'indicatore di degrado sono stati ottenuti tramite elaborazioni raster tra i dataset di input di Land Cover, Produttività, Contenuto del Carbonio Organico nel Suolo e Carta del Consumo di Suolo (in diverse annualità) utilizzando per alcuni sottoindicatori l'estensione Trends.Earth, che permette di processare serie storiche di indici e variabili da immagini satellitari, utilizzando i servizi di elaborazione e il database in cloud di Google Earth Engine.

IL DEGRADO DOVUTO AI CAMBIAMENTI DI COPERTURA DEL SUOLO

Le carte nazionali delle aree in degrado a causa di cambiamenti di copertura del suolo sono state derivate nel periodo di baseline (2000-2015) e nel successivo periodo di reporting (2016-2019). Per entrambi i periodi di riferimento sono stati utilizzati gli strati informativi relativi ai cambiamenti di copertura/uso del suolo, ottenuti da Corine Land Cover 2000-2012 e 2012-2018 aggiornando rispettivamente al 2015 e al 2019 le superfici artificiali derivanti dalla carta a 10 metri del consumo SNPA e inserendo come ulteriore causa di degrado le transizioni da suolo non consumato a suolo consumato avvenute nei rispettivi periodi. Le 44 classi della legenda al terzo livello del CLC sono state opportunamente ricondotte alle 7 categorie adottate dall'UNCCD nei processi di reporting ambientale (foreste, prati e pascolo, aree agricole, aree artificiali, suolo nudo, corpi idrici e zone umide). Si è preferito lavorare con i file dei cambiamenti per la migliore

MMU rispetto all'aggiornamento sessennale proposto dal programma CLC (5 ha vs. 25 ha), adeguando la risoluzione al dettaglio spaziale di 10 metri della carta del consumo di suolo SNPA e sommando per il periodo di baseline i cambiamenti 2000-2006 con quelli 2006-2012. Per valutare i cambiamenti della copertura del suolo che potenzialmente causano degrado nei due periodi di riferimento è stata utilizzata una matrice di transizione tra classi di copertura modificata rispetto all'UNCCD (Tabella 127). Nella matrice di transizione viene definito

il significato, in termini di degrado, di ogni transizione di copertura del suolo tra il periodo iniziale ed il periodo finale (2000-2015 e 2016-2019). Gli elementi indicati in rosso (segno -) sono identificati come degrado nell'output finale, quelli in bianco (zero) sono identificati come stabili, e in verde (segno +) sono indicati come miglioramento. Ad esempio, la transizione da foreste nel 2000, a qualsiasi altra classe di copertura nel 2015 viene considerata come causa di degrado.

Tabella 127. Matrice di transizione di copertura del suolo nei due periodi di riferimento (rosso = degrado, bianco = stabile, verde = miglioramento).
Fonte: ISPRA

		Copertura del suolo finale						
		Foreste	Prati e pascolo	Aree agricole	Aree artificiali	Suolo nudo	Zone umide	Corpi Idrici
Copertura del suolo iniziale	Foreste	0	-	-	-	-	-	0
	Prati e pascolo	+	0	-	-	-	-	0
	Aree agricole	+	+	0	-	-	-	0
	Aree artificiali	+	+	+	0	+	+	0
	Suolo nudo	+	+	+	-	0	+	0
	Zone umide	-	-	-	-	-	0	0
	Corpi idrici	0	0	0	0	0	0	0

IL DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI PRODUTTIVITÀ

La produttività del suolo è definita come la capacità di trasformazione da parte degli organismi autotrofi (anche detti produttori primari) di carbonio organico atmosferico in biomassa. La produttività primaria netta (NPP) è la quantità netta di carbonio assimilata tramite fotosintesi in un determinato periodo di tempo (Clark *et al.*, 2001) ed è tipicamente rappresentata in unità come kg/ha/anno.

Lo standard internazionale per il calcolo della NPP (gC/m²/giorno) è stato stabilito nel 1999 dalla NASA in previsione del lancio del sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a partire da dati multitemporali di riflettanza delle superfici, tenendo conto delle varie tipologie climatiche e vegetazionali.

L'indicatore più comunemente usato come proxy per la NPP è l'Indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI), calcolato utilizzando le informazioni spettrali dalle bande del rosso e del vicino infrarosso. I dati sono stati processati con l'ausilio del plugin *Trends.Earth* implementato all'interno del software QGIS, che utilizza prodotti MODIS e AVHRR per calcolare integrali annuali di NDVI, alla base del calcolo degli indicatori di produttività.

La variazione del potenziale degrado del suolo dovuto alla perdita di produttività è valutata utilizzando tre sotto indicatori derivati dai dati delle serie temporali MODIS per la valutazione dello stato di baseline (2015), calcolato dal 2001 e per il successivo periodo di monitoraggio (periodo di reporting) tra il 2016 e il 2019. Il metodo, ad oggi che fornisce la rappresentazione più consistente della risposta della produttività alle variazioni di umidità del suolo è la *Water Use Efficiency* (WUE) (Ponce-Campos *et al.*, 2013; Wessels *et al.*, 2007; JRC, 2022) che assumendo la precipitazione su un'area come totalmente assimilabile da suolo e vegetazione, tiene conto del bilancio idrico tra quest'ultima e *run-off* (ruscellamento superficiale), *groundwater recharge* (ricarica della falda, infiltrazione) ed evaporazione. Dal bilancio è ottenuta l'evapotraspirazione che concorre proporzionalmente al calcolo della produttività. Per lo studio dell'indicatore per l'Italia è stato utilizzato il dataset di MODIS di evapotraspirazione disponibile per l'intera serie temporale MODIS e utilizzabile tramite l'estensione *Trends.Earth* in connessione con *Google Earth Engine*.

Ad affiancare le statistiche di variazione della produttività secondo quanto appena detto, si è scelto di utilizzare indicatori di stato e performance secondo i valori medi annuali di NDVI sulle stesse immagini MODIS.

La WUE, come già detto, è utilizzata come indicatore proxy del tasso di variazione della produttività primaria nel tempo. In questo modo sono state identificate le aree in cui si sono verificati cambiamenti sostanziali della NPP per i due periodi di analisi: tendenze positive indicano un potenziale miglioramento delle condizioni del terreno, mentre tendenze negative un potenziale degrado. Nel presente studio si è utilizzata la serie storica MODIS (MOD16A2 v006) dal 2001 al 2020 a risoluzione spaziale di 500m e temporale di 8 giorni.

L'indicatore dello *stato* di produttività consente di rilevare i recenti cambiamenti nella produttività primaria rispetto a un periodo di riferimento. Per il presente studio sono state analizzate le serie storiche dell'indice NDVI ricavato da MODIS nel periodo di riferimento dal 2001 al 2012 e per il periodo di confronto dal 2012 al 2020. I valori di NDVI dei due periodi sono stati divisi in classi da 1 a 10 (dal valore più basso a quello più alto). Se la differenza tra il valore della classe del periodo di confronto e quello del periodo di riferimento in una data area è minore di -2, allora tale area viene identificata come potenzialmente in degrado, se è compreso tra -1 e 1 l'area risulta stabile, se è maggiore di 2 viene considerata in miglioramento.

L'indicatore di *performance* della produttività misura l'entità della produttività locale rispetto a tipologie di vegetazione, classi di copertura del suolo o regioni bioclimatiche simili in tutta l'area di studio. Il modello utilizza la combinazione unica di tipologia di suolo prevalente (a livello gerarchico di sottordini secondo il sistema USDA (*Twelfth Edition*, 2014) fornito da *SoilGrids* a una risoluzione di 250 m) e di copertura del suolo (37 classi di copertura del suolo fornite dall'ESA CCI a una risoluzione di 300 m) per definire queste aree di analisi.

I tre sub-indicatori considerati per il calcolo della produttività sono stati aggregati secondo la matrice di degrado in Figura 201.

Trend	State	Performance	3 Classes
Improving	Improving	Stable	Improving
Improving	Improving	Degrading	Improving
Improving	Stable	Stable	Improving
Improving	Stable	Degrading	Improving
Improving	Degrading	Stable	Improving
Improving	Degrading	Degrading	Degrading
Stable	Improving	Stable	Stable
Stable	Improving	Degrading	Stable
Stable	Stable	Stable	Stable
Stable	Stable	Degrading	Stable
Stable	Degrading	Stable	Degrading
Stable	Degrading	Degrading	Degrading
Degrading	Improving	Stable	Degrading
Degrading	Improving	Degrading	Degrading
Degrading	Stable	Stable	Degrading
Degrading	Stable	Degrading	Degrading
Degrading	Degrading	Stable	Degrading
Degrading	Degrading	Degrading	Degrading

Figura 201. Regole di aggregazione in 3 classi dei sotto indicatori della produttività. Fonte: Trends.Earth, 2022

IL DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO

Il terzo sotto-indicatore per il monitoraggio del degrado del territorio quantifica le variazioni del carbonio organico nel suolo (SOC) in un periodo di riferimento⁹². I cambiamenti nel SOC sono particolarmente difficili da valutare per diversi motivi: l'elevata variabilità spaziale delle proprietà del suolo, la diversa frequenza dei monitoraggi nonché le differenti metodologie di indagine costituiscono i principali limiti nelle stime del SOC per la maggior parte del territorio. Per stimare i cambiamenti di carbonio organico nel suolo negli orizzonti più superficiali, sono stati utilizzati i dati di copertura del suolo del paragrafo precedente (baseline: 2000-2015 e periodo di reporting: 2016-2019) e la carta nazionale del carbonio organico realizzata nell'ambito delle attività della *Global Soil Partnership (Global Soil Organic Carbon Map - FAO and ITPS, 2018)*, ottenuta dall'analisi di 6.748 profili stratigrafici collezionati dal 1990 al 2013 accompagnati da una serie di covariate (uso del suolo, dati pluviometrici, DTM, etc.).

⁹² Rispetto alla valutazione della perdita di carbonio stoccato come servizio ecosistemico qui viene valutato esclusivamente il pool "suolo", e sono considerati gli effetti di tutte le variazioni di copertura del suolo, non solo quelle da non artificiale ad artificiale.

⁹³ L'intervallo temporale per la quantificazione del degrado "baseline" ha inizio il 1° gennaio 2000 e termine il 31 dicembre 2015. Il Periodo

Le elaborazioni relative all'indicatore di degrado dovuto alla perdita di carbonio organico nel suolo sono state realizzate tramite *Trends.earth*, utilizzando come strati informativi di riferimento per la copertura del suolo, gli stessi ottenuti per il sottoindicatore specifico.

INDICATORE SDG 15.3.1

L'indicatore finale riassume le informazioni relative alla baseline e al periodo di reporting secondo la metodologia proposta dall'UNCCD per il calcolo dell'SDG 15.3.1 e tiene conto degli aggiornamenti ai metadati forniti da UNSD (2022) e aggiornati al 31 marzo 2022.

Per il periodo di baseline è prevista l'individuazione delle aree stabili o degradate, laddove solo uno dei tre subindicatori assume un valore in peggioramento (principio del "One Out All Out"). Rispetto alla media nazionale che si attesta sul 20% le regioni del Centro sono quelle che presentano valori al di sopra della media (Tabella 128). La percentuale di suolo degradato è legata, in questi casi, alla diminuzione della produttività e, in particolare, al valore assunto dal subindicatore della WUE. Il peso dell'indicatore risente, oltre che della risoluzione spaziale grossolana del dataset (500m), del contributo distortivo dei fattori climatici e dalle differenti risposte fenologiche, oltre che da fenomeni di disturbo di natura antropica a scala locale.

Nel calcolo della superficie degradata al 2019 è stata considerata come superficie complessiva la somma della superficie degradata al 2015 e quella degradata successivamente secondo calcolo da reporting nel periodo tra il 2016 e il 2019⁹³. Nel computo totale sono considerate degradate anche le superfici consumate al 2019 e quelle degradate da baseline e non migliorate di condizione nel successivo periodo.

di monitoraggio analogamente inizia il 1° gennaio 2016 e termina il 31 dicembre 2019. Il frame annuale di rilevazione è quindi leggermente disallineato da quello adottato per il monitoraggio del consumo di suolo a cura di SNPA che ha come mese centrale di riferimento quello di maggio ± 2 mesi, sulla base della disponibilità di immagini satellitari.

Tabella 128. Superfici e percentuali di degrado del suolo calcolate per il periodo 2000-2015 (Baseline)

Regione	2000-2015			
	Stabile	Degradato	Stabile	Degradato
	(ha)	(ha)	(%)	(%)
Piemonte	2.099.971	439.051	82,7	17,3
Valle d'Aosta	279.304	46.401	85,8	14,2
Lombardia	1.929.354	457.519	80,8	19,2
Liguria	436.256	105.380	80,5	19,5
Nord-Ovest	4.744.885	1.048.352	81,9	18,1
Friuli-Venezia Giulia	674.186	117.099	85,2	14,8
Trentino-Alto Adige	1.237.672	121.740	91,0	9,0
Emilia-Romagna	1.799.456	450.560	80,0	20,0
Veneto	1.545.534	288.009	84,3	15,7
Nord-Est	5.256.848	977.408	84,3	15,7
Umbria	596.266	249.142	70,5	29,5
Marche	671.858	260.585	72,1	27,9
Toscana	1.836.739	461.104	79,9	20,1
Lazio	1.177.521	542.264	68,5	31,5
Centro	4.282.385	1.513.095	73,9	26,1
Basilicata	817.833	181.345	81,9	18,1
Molise	355.581	88.383	80,1	19,9
Abruzzo	837.127	242.540	77,5	22,5
Calabria	1.255.530	250.604	83,4	16,6
Puglia	1.627.632	306.104	84,2	15,8
Campania	1.037.794	321.144	76,4	23,6
Sud	5.931.497	1.390.121	81,0	19,0
Sardegna	1.794.604	611.550	74,6	25,4
Sicilia	2.084.227	483.549	81,2	18,8
Isole	3.878.832	1.095.100	78,0	22,0
ITALIA	24.094.447	6.024.075	80,0	20,0

Nel confronto tra stime regionali è opportuno tener conto delle diverse condizioni geomorfologiche, climatiche e di uso del suolo che possono incidere nei tempi e nelle modalità di risposta alle cause di degrado. Nel periodo di reporting, la superficie nazionale considerata come degradata si attesta al 5,8%, è utile notare come nello stesso periodo la porzione di territorio nazionale che ha visto migliorare le sue condizioni in uno stato di non degradato ha raggiunto il 5,9%.

Tuttavia, le differenti stime regionali e di ripartizione rivelano comportamenti differenti, al centro migliorano le condizioni in maniera più decisa che nel resto del Paese.

Tabella 129. Superfici e percentuali di suolo degradato calcolato per il periodo 2016-2019

Regione	2015-2019					
	Stabile	Degradato	Migliorato	Stabile	Degradato	Migliorato
	(ha)	(ha)	(ha)	(%)	(%)	(%)
Piemonte	2.175.552	174.253	189.218	85,7	6,9	7,5
Valle d'Aosta	273.952	32.955	18.799	84,1	10,1	5,8
Lombardia	2.121.016	131.983	133.874	88,9	5,5	5,6
Liguria	493.249	14.751	33.636	91,1	2,7	6,2
Nord-Ovest	5.063.769	353.942	375.527	87,4	6,1	6,5
Friuli-Venezia Giulia	681.819	27.511	81.956	86,2	3,5	10,4
Trentino-Alto Adige	1.165.537	69.995	123.880	85,7	5,1	9,1
Emilia-Romagna	1.925.815	240.330	83.871	85,6	10,7	3,7
Veneto	1.659.821	66.731	106.992	90,5	3,6	5,8
Nord-Est	5.432.992	404.566	396.698	87,1	6,5	6,4
Umbria	743.497	17.942	83.969	87,9	2,1	9,9
Marche	791.673	35.544	105.226	84,9	3,8	11,3
Toscana	1.997.616	102.580	197.648	86,9	4,5	8,6
Lazio	1.431.866	65.602	222.317	83,3	3,8	12,9
Centro	4.964.652	221.668	609.160	85,7	3,8	10,5
Basilicata	912.967	37.438	48.773	91,4	3,7	4,9
Molise	416.580	15.327	12.057	93,8	3,5	2,7
Abruzzo	971.571	54.855	53.241	90,0	5,1	4,9
Calabria	1.349.284	110.144	46.705	89,6	7,3	3,1
Puglia	1.774.840	128.800	30.097	91,8	6,7	1,6
Campania	1.233.186	60.213	65.539	90,7	4,4	4,8
Sud	6.658.428	406.777	256.413	90,9	5,6	3,5
Sardegna	2.194.796	167.530	43.829	91,2	7,0	1,8
Sicilia	2.267.089	199.608	101.080	88,3	7,8	3,9
Isole	4.461.885	367.138	144.909	89,7	7,4	2,9
ITALIA	26.581.725	1.754.090	1.782.707	88,3	5,8	5,9

Il calcolo finale dell'SDG 15.3.1 al 2019, considerando l'apporto del degrado di baseline e di periodo di reporting combinati, stima il degrado per il livello nazionale al 17,0%. Valutando lo stesso indicatore al netto dei corpi idrici che possono incidere sulle superfici regionali anche con percentuali superiori al 5%, come nel caso del Veneto, le differenze, anche se di pochi punti percentuali consentono però di confrontare in maniera più coerente territori dalle diverse proporzioni tra suolo e acque interne.

In Tabella 130 sono inseriti i valori in ettari e in percentuale delle quote di territorio classificate come degradate,

stabili e migliorate. Limitandosi alla sola parte di degrado appare evidente la diversa condizione di Isole e Centro rispetto alle altre ripartizioni. La Sardegna e il Lazio sono quelle che registrano la maggior parte del proprio territorio in condizioni di degrado (rispettivamente 29,9% e 29,4%), mentre la Sicilia è la Regione con la superficie degradata maggiore in termini assoluti con 1,87milioni di ettari, di poco superiore al territorio degradato in Piemonte (1,82 milioni di ettari). La Sardegna, secondo l'indicatore SDG, è quella con la percentuale maggiore (28,1%) seguono Emilia-Romagna (23,5%) e Campania (20,8%).

Tabella 130. Risultati calcolo indicatore SDG 15.3.1 per il livello nazionale e regionale

Regione	Land Degradation - SDG 15.3.1 (2019)							
	Stabile	Degradato (baseline più nuovo degrado)	Migliorato	Stabile	Degradato (baseline più nuovo degrado)	Migliorato	SDG 15.3.1	SDG 15.3.1 (al netto dei corpi idrici)
	(ha)	(ha)	(ha)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Piemonte	1.822.432	526.939	189.157	71,8	20,8	7,4	13,3	13,5
Valle d'Aosta	242.885	63.917	18.776	74,6	19,6	5,8	13,9	13,9
Lombardia	1.721.135	531.505	133.857	72,1	22,3	5,6	16,7	17,3
Liguria	400.788	106.587	33.646	74,0	19,7	6,2	13,5	13,5
Nord-Ovest	4.187.239	1.228.948	375.435	72,3	21,2	6,5	14,7	15,0
Friuli-Venezia Giulia	583.869	124.948	81.942	73,8	15,8	10,4	5,4	5,6
Trentino-Alto Adige	1.070.198	165.128	123.878	78,7	12,1	9,1	3,0	3,1
Emilia-Romagna	1.553.382	612.502	83.891	69,0	27,2	3,7	23,5	23,9
Veneto	1.399.112	327.210	107.005	76,3	17,8	5,8	12,0	12,7
Nord-Est	4.606.560	1.229.789	396.716	73,9	19,7	6,4	13,4	13,7
Umbria	531.944	229.488	83.968	62,9	27,1	9,9	17,2	17,5
Marche	578.088	248.891	105.218	62,0	26,7	11,3	15,4	15,5
Toscana	1.610.495	489.048	197.653	70,1	21,3	8,6	12,7	12,8
Lazio	990.890	506.119	222.318	57,6	29,4	12,9	16,5	16,8
Centro	3.711.418	1.473.546	609.157	64,0	25,4	10,5	14,9	15,1
Basilicata	753.680	196.587	48.772	75,4	19,7	4,9	14,8	14,9
Molise	333.883	97.984	12.058	75,2	22,1	2,7	19,4	19,5
Abruzzo	753.579	272.678	53.227	69,8	25,3	4,9	20,3	20,4
Calabria	1.133.892	324.625	46.718	75,3	21,6	3,1	18,5	18,6
Puglia	1.498.457	404.105	30.101	77,5	20,9	1,6	19,3	19,5
Campania	944.539	348.317	65.497	69,5	25,6	4,8	20,8	20,9
Sud	5.418.030	1.644.296	256.372	74,0	22,5	3,5	19,0	19,1
Sardegna	1.640.730	719.910	43.825	68,2	29,9	1,8	28,1	28,5
Sicilia	1.860.555	604.200	101.091	72,5	23,5	3,9	19,6	19,7
Isole	3.501.285	1.324.110	144.915	70,4	26,6	2,9	23,7	23,9
ITALIA	21.424.532	6.900.689	1.782.596	71,1	22,9	5,9	17,0	17,2

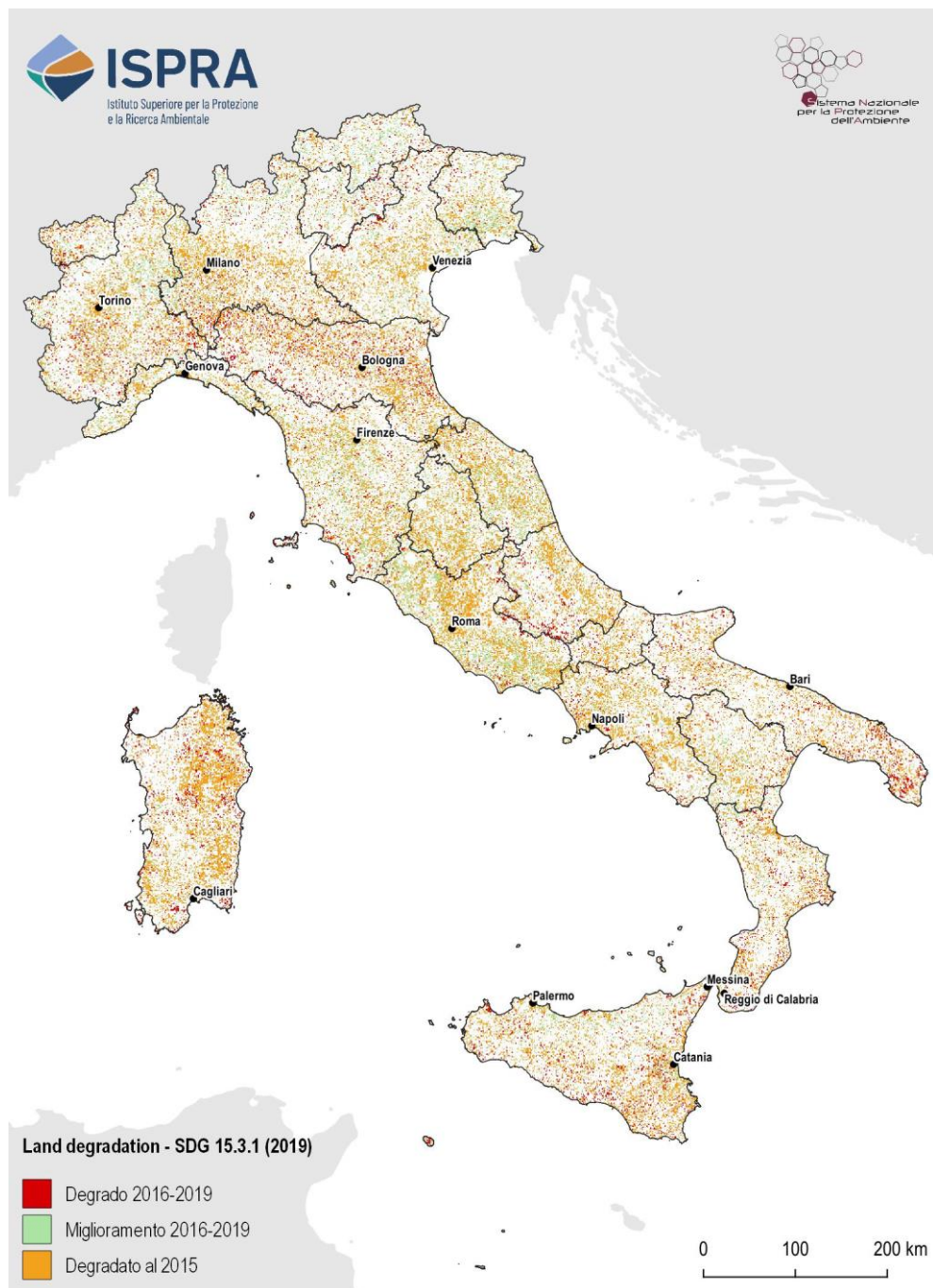


Figura 202. Aree degradate durante i periodi di *baseline* (2000-2015) e periodo di *reporting* (2016-2019) secondo la metodologia di calcolo SDG 15.3.1

IL DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI QUALITÀ DEGLI HABITAT

Il degrado dovuto alla perdita di qualità degli habitat legata alla perdita di servizi ecosistemici (cfr. § *La perdita di servizi ecosistemici del suolo*) è stato stimato calcolando la differenza tra il valore massimo dell'indice di qualità degli habitat tra gli anni 2012 e 2021, considerando degradate le aree con valori negativi pari allo 0,1%.

La gran parte delle aree con degrado in aumento si concentra in prossimità delle aree urbane e sull'intero territorio nazionale la perdita di servizi ecosistemici ha degradato oltre 56.000 km², superando il 18% del territorio (Tabella 131).

Tabella 131. Degrado del suolo e del territorio a causa della perdita di qualità degli habitat nel periodo 2012-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo	56.266	18,63

ALTRI FATTORI DI DEGRADO

Il degrado del suolo è causato da vari fattori oltre quelli precedentemente analizzati, ma legati ad attività antropiche e ad effetti indiretti del consumo di suolo, che quindi devono essere considerati per completare la stima della superficie degradata. In particolare, sono stati considerati i seguenti fattori:

- la frammentazione
- l'area di impatto potenziale del consumo di suolo
- le aree ad alta e media densità di coperture artificiali
- l'aumento di spazi non consumati di superficie inferiore a 1.000 m²
- la presenza di aree percorse dal fuoco negli ultimi anni.

Per la valutazione del degrado dovuto alla frammentazione (v. § *La frammentazione del territorio e del paesaggio*), è stata calcolata la differenza di *mesh density* tra le carte del 2016-2019 e 2020-2021. Quindi è stato definito il degrado come un aumento di *mesh density* maggiore di 10 (n° *meshes* per 1.000 km²) nel periodo di riferimento. Si è rilevato un aumento di circa 13.800 km² di superficie degradati a causa della frammentazione nel

periodo 2016-2019 e circa 6.300 km² nel periodo 2020-2021 (Tabella 132).

Tabella 132. Degrado del suolo e del territorio a causa della frammentazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2016-2019	13.778	4,56
Degrado del suolo 2020-2021	6.343	2,10

L'area di impatto potenziale (v. § *L'area di impatto potenziale*) è stata calcolata considerando un buffer di 60 m rispetto al suolo consumato per gli anni 2016-2019 e 2020-2021, quindi è stato calcolato l'incremento di superficie impattata in questi periodi (Tabella 133).

Tabella 133. Degrado del suolo e del territorio a causa dell'impatto potenziale del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2016-2019	337	0,11
Degrado del suolo 2020-2021	170	0,06

Un ulteriore fattore di degrado è relativo alla densità delle coperture artificiali, in particolare quelle ad alta e media densità (v. § *Le aree urbane*). Nella Tabella 134 si nota un aumento di superfici degradate di 716 km² nel periodo 2016-2019 e 350 km² nel periodo 2020-2021.

Tabella 134. Degrado del suolo e del territorio a causa della densità delle coperture artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2016-2019	716	0,24
Degrado del suolo 2020-2021	350	0,12

Un effetto del consumo di suolo è la frammentazione e la riduzione della dimensione degli spazi naturali e più in generale non artificiali, al di sotto di una soglia minima pari a 1.000 m², che quindi viene considerata superficie

degradata. Nel periodo 2016-2019 è stato calcolato un aumento del suolo degradato di circa 14 km² e ulteriori 7 km² nel periodo 2020-2021 (Tabella 135).

Tabella 135. Degrado del suolo e del territorio a causa dell'incremento degli spazi non consumati inferiori a 1.000 m². Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2016-2019	14	0,005
Degrado del suolo 2020-2021	7	0,002

Un ulteriore fattore di degrado del suolo è legato agli incendi; pertanto, sono stati elaborati i dati relativi alle superfici percorse dal fuoco (v. § *Aree percorse dal fuoco*). Come si può notare in Tabella 136 risultano oltre 1.700 km² di superficie degradata a causa di incendi nel periodo 2016-2019 e circa 890 nel periodo 2020-2021.

Tabella 136. Degrado del suolo e del territorio a causa di aree percorse dal fuoco. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati CUTFAA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2016-2019	1.719	0,57
Degrado del suolo 2020-2021	889	0,29

IL DEGRADO COMPLESSIVO

I fattori di degrado considerati nei paragrafi precedenti sono stati analizzati tramite una sovrapposizione spaziale per ottenere una stima totale della superficie in cui

il degrado è aumentato per una o più cause nei periodi 2016-2019 (considerando i sub-indicatori SDG 15.3.1 e gli altri fattori di degrado) e 2020-2021 (considerando solo gli altri fattori di degrado). La cartografia complessiva del degrado del suolo e del territorio (Figura 203 e Figura 204) permette quindi di valutare se una o più cause di degrado insistono sulla stessa area. Circa 33.400 km² di suolo hanno subito un aumento di degrado dal 2016 al 2019 (Tabella 137), anche se la maggior parte del degrado è causato da un singolo fattore. La superficie di territorio raggiunta da 2 cause di degrado è circa 2000 km², e circa 300 km² sono aree colpite da più di 2 cause, costituendo quindi aree di elevata criticità ambientale. Nel periodo 2020-2021 (Tabella 138) la superficie di territorio raggiunta degradata è circa 7.600 km², di cui oltre 7.400 km² sono aree colpite da 1 causa, 139 km² da 2 cause e 7 km² da più di 2 cause. Dal confronto tra i periodi 2016-2019 e 2020-2021 si nota come i fattori di degrado considerati influiscano sulle stime numeriche, e si può dedurre che nel periodo 2020-2021 le stime sarebbero più elevate se si considerassero anche i sub-indicatori SDG 15.3.1.

Il consumo di suolo influisce direttamente o indirettamente a molti fattori di degrado analizzati; tuttavia, è opportuno evidenziare che la metodologia qui descritta non è esaustiva in quanto sussistono ulteriori fattori che andrebbero considerati, come i processi di salinizzazione o la contaminazione dei suoli. Pertanto, le cifre riportate in questo paragrafo, seppure già molto elevate, sono comunque sottostimate rispetto alle superfici realmente degradate che si otterrebbero se si analizzassero tutti i fattori di degrado del suolo.

Tabella 137. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2016-2019. Fonte: elaborazioni ISPRA

Regione	1 causa di degrado (km ²)	2 cause di degrado (km ²)	3 o più cause di degrado (km ²)	Totale (km ²)
Piemonte	2.520,18	123,48	27,72	2.671,37
Valle d'Aosta	351,28	1,07	0,05	352,40
Lombardia	2.798,39	114,07	16,07	2.928,52
Liguria	321,64	8,96	1,34	331,95
Nord-Ovest	5.991	248	45	6.284
Friuli-Venezia Giulia	643,46	23,38	3,62	670,46
Trentino-Alto Adige	762,32	5,89	0,84	769,05
Emilia-Romagna	3.464,33	182,20	18,99	3.665,52
Veneto	2.908,55	135,96	22,34	3.066,86
Nord-Est	7.779	347	46	8.172
Umbria	355,69	8,47	1,84	366,01
Marche	781,13	36,63	3,94	821,71
Toscana	1.647,64	39,46	9,93	1.697,04
Lazio	1.572,27	119,53	7,37	1.699,17
Centro	4.357	204	23	4.584
Basilicata	520,89	19,79	2,58	543,26
Molise	295,33	8,93	0,41	304,66
Abruzzo	837,75	37,76	3,34	878,85
Calabria	1.608,02	114,67	11,29	1.733,98
Puglia	2.538,76	147,60	20,54	2.706,90
Campania	1.976,46	205,64	27,68	2.209,79
Sud	7.777	534	66	8.377
Sardegna	2.264,63	171,68	65,81	2.502,12
Sicilia	3.143,73	309,01	21,66	3.474,40
Isole	5.408	481	87	5.977
ITALIA	31.312	1.814	267	33.394

Tabella 138. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2020-2021. Fonte: elaborazioni ISPRA

Regione	1 causa di degrado (km ²)	2 cause di degrado (km ²)	3 o più cause di degrado (km ²)	Totale (km ²)
Piemonte	417,92	11,86	1,36	431,14
Valle d'Aosta	6,15	0,07	0,00	6,23
Lombardia	963,17	21,00	2,07	986,23
Liguria	34,59	0,19	0,01	34,79
Nord-Ovest	1.422	33	3	1.458
Friuli-Venezia Giulia	77,27	1,82	0,25	79,34
Trentino-Alto Adige	28,70	0,27	0,02	28,99
Emilia-Romagna	491,10	14,50	1,80	507,40
Veneto	1.046,78	19,23	2,15	1.068,17
Nord-Est	1.644	36	4	1.684
Umbria	116,83	2,12	0,04	118,99
Marche	140,70	4,16	0,73	145,59
Toscana	241,22	5,92	0,64	247,77
Lazio	639,15	6,78	0,53	646,46
Centro	1.138	19	2	1.159
Basilicata	80,03	0,81	0,02	80,86
Molise	69,69	1,00	0,04	70,73
Abruzzo	382,38	11,69	1,30	395,37
Calabria	379,37	0,82	0,03	380,22
Puglia	808,27	17,54	1,86	827,67
Campania	787,83	7,44	0,63	795,90
Sud	2.508	39	4	2.551
Sardegna	126,31	3,91	0,38	130,60
Sicilia	599,41	7,84	0,36	607,61
Isole	726	12	1	738
ITALIA	7.437	139	14	7.590

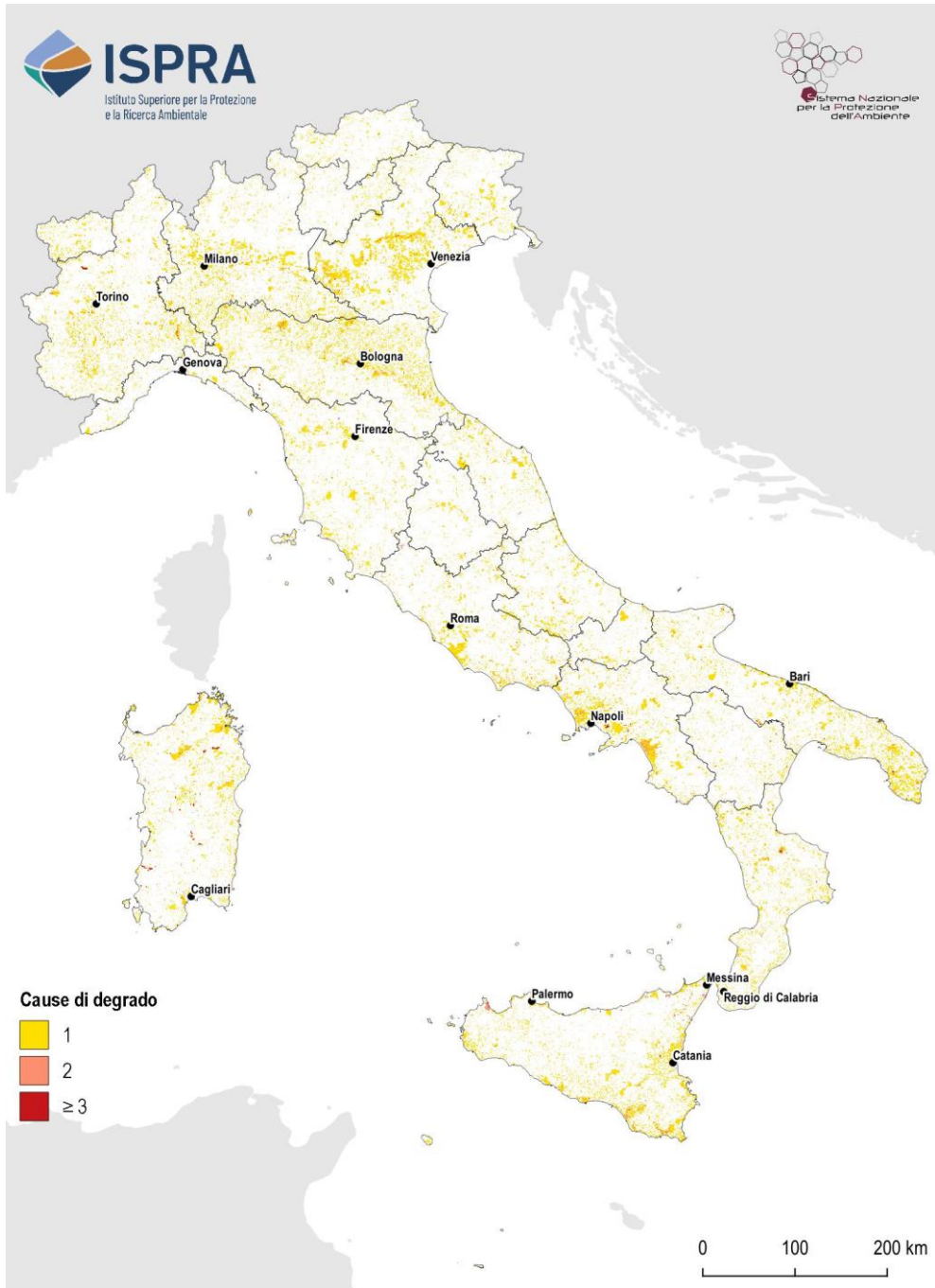


Figura 203. Aree in degrado tra il 2015 e il 2019 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA

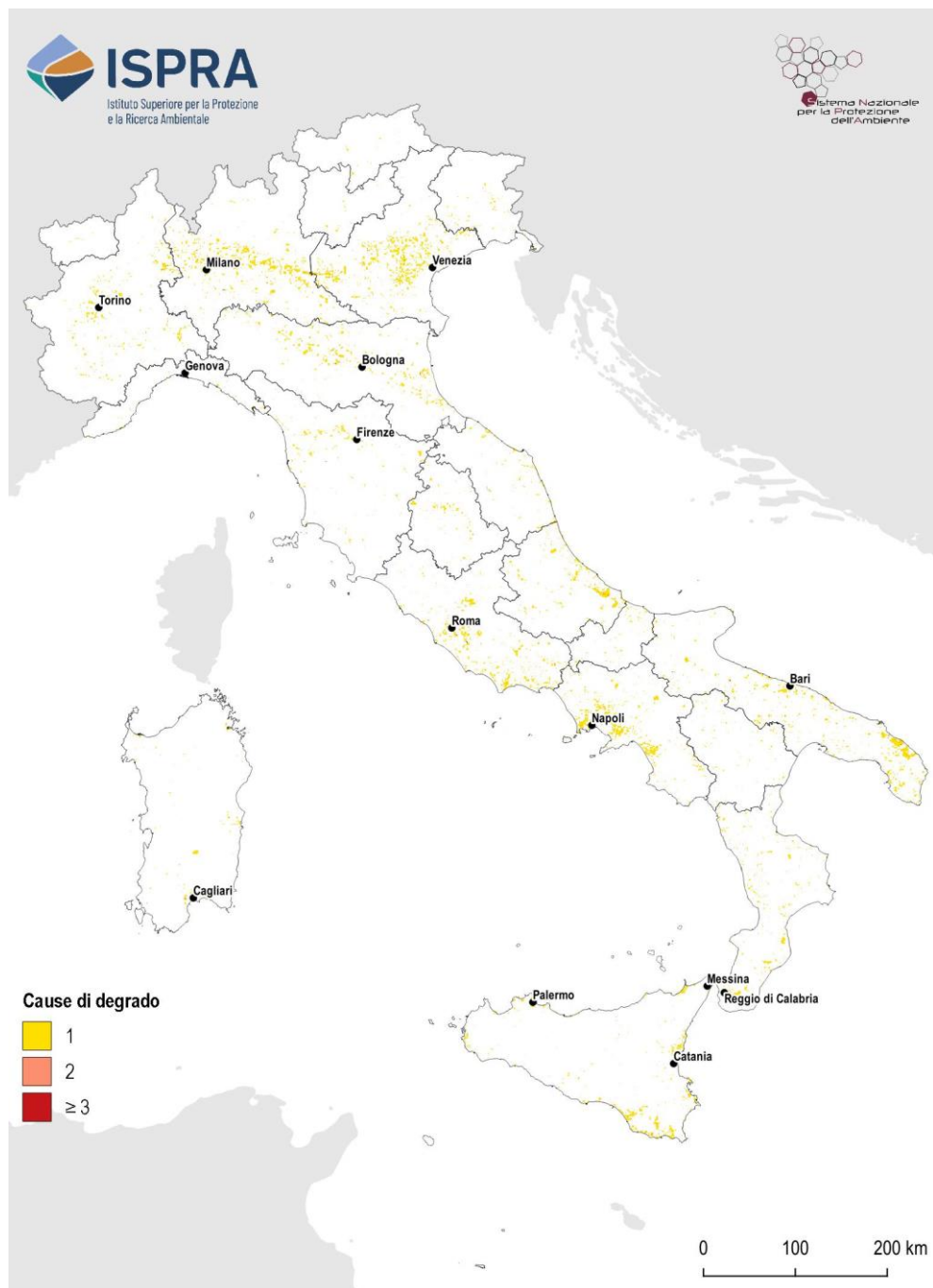


Figura 204. Aree in degrado tra il 2019 e il 2021 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA

CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO

IL MONITORAGGIO DEI CAMBIAMENTI E DEI DISTURBI DELLA COPERTURA FORESTALE NAZIONALE

Contributo a cura di *Saverio Francini (DAGRI Università degli di Firenze, Fondazione per il futuro delle città Firenze)*, *Marco Marchetti (DiBT, Università del Molise)*, *Gherardo Chirici (DAGRI Università di Firenze)*

Alla luce dei fenomeni di cambiamento climatico, il monitoraggio forestale rappresenta un elemento chiave per la produzione di informazioni aggiornate, precise ed accurate utili al supporto della pianificazione forestale di vasta scala. In questo contesto, il telerilevamento e le piattaforme di calcolo in cloud ad alte prestazioni sono strumenti fondamentali per produrre dati da integrarsi con i rilievi di campagna. Le più recenti piattaforme di calcolo in cloud ad alte prestazioni (come Sentinel Hub, Open Data Cube, SEPAL, JEODPP, pipsCloud e OpenEO) permettono oggi di applicare algoritmi complessi su aree molto vaste con tempi di elaborazione che sono di diversi ordini di grandezza inferiori a quelli comunemente ottenibili da più tradizionali sistemi di calcolo con piattaforme locali (Rogan *et al.*, 2008, Woodcock *et al.*, 2018). Google Earth Engine (GEE), in particolare, possiede una serie di pregi - fra i quali la semplicità nella programmazione e la potenza di calcolo grazie alla possibilità di utilizzare server Google - che lo rendono preferibile alle altre piattaforme (Gomes *et al.* 2020). GEE permette infatti di elaborare gratuitamente un enorme catalogo di dati, ulteriormente incrementato ogni giorno con le nuove immagini

acquisite dai vari satelliti di osservazione della terra (Gorelick *et al.*, 2017). Ne è un esempio la lunga serie temporale della missione satellitare Landsat che fornisce dati consistenti dal 1985, con una frequenza di 16 giorni e una risoluzione spaziale di 30 m (Wulder *et al.*, 2020). Un esempio di utilizzo della serie temporale Landsat è la recente mappatura sperimentale a scala nazionale degli eventi di disturbo alle foreste in Italia dal 1985 al 2019. I disturbi sono derivanti da utilizzazioni forestali, incendi, danni da vento, danni da gelo o siccità e danni dovuti all'attacco di patogeni, e sono stati mappati attraverso l'algoritmo 3I3D (Francini *et al.*, 2021; Francini *et al.*, 2022a).

Le mappe proposte nella Figura 205 permettono di identificare i disturbi forestali su scala annuale, con una risoluzione spaziale di 30 metri e con un'unità minima cartografabile di mezzo ettaro.

La superficie forestale italiana interessata annualmente dai disturbi varia tra 27.923 ha nel 2014 e 261.733 ha nel 1985 (Figura 206). La maggior parte dei disturbi forestali è stata identificata in Sicilia, Calabria, Toscana e Sardegna (Figura 207).

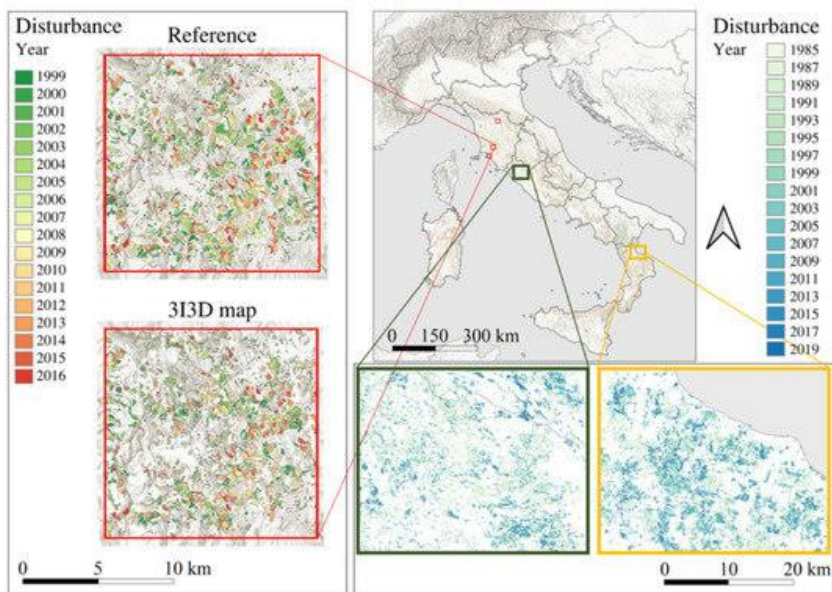


Figura 205. A sinistra, un confronto tra i disturbi forestali individuati automaticamente utilizzando l'algoritmo 313D e un dataset di riferimento costruito tramite fotointerpretazione. I diversi colori indicano l'anno del disturbo forestale. A destra, la mappa dei disturbi forestali (in alto) e due zoom (in basso) (da Francini *et al.*, 2022a)

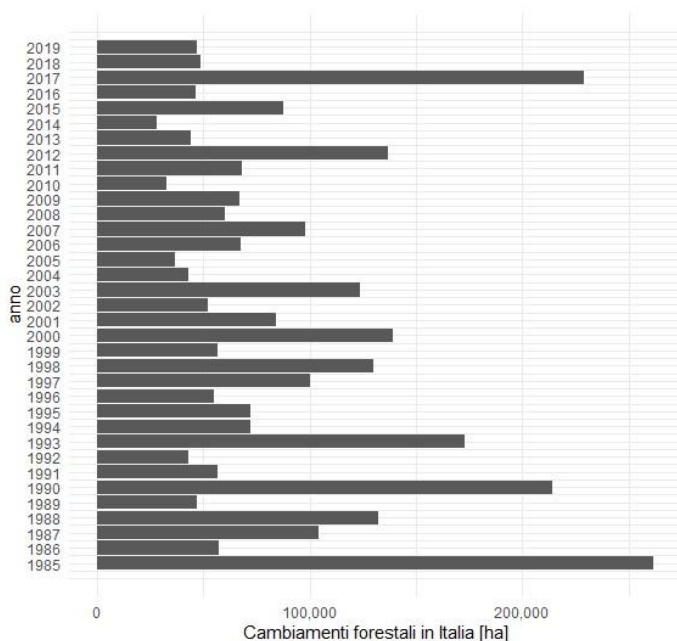


Figura 206. Superficie dei cambiamenti forestali avvenuti in Italia per ogni anno dal 1985 al 2019 (da Francini *et al.*, 2022b)

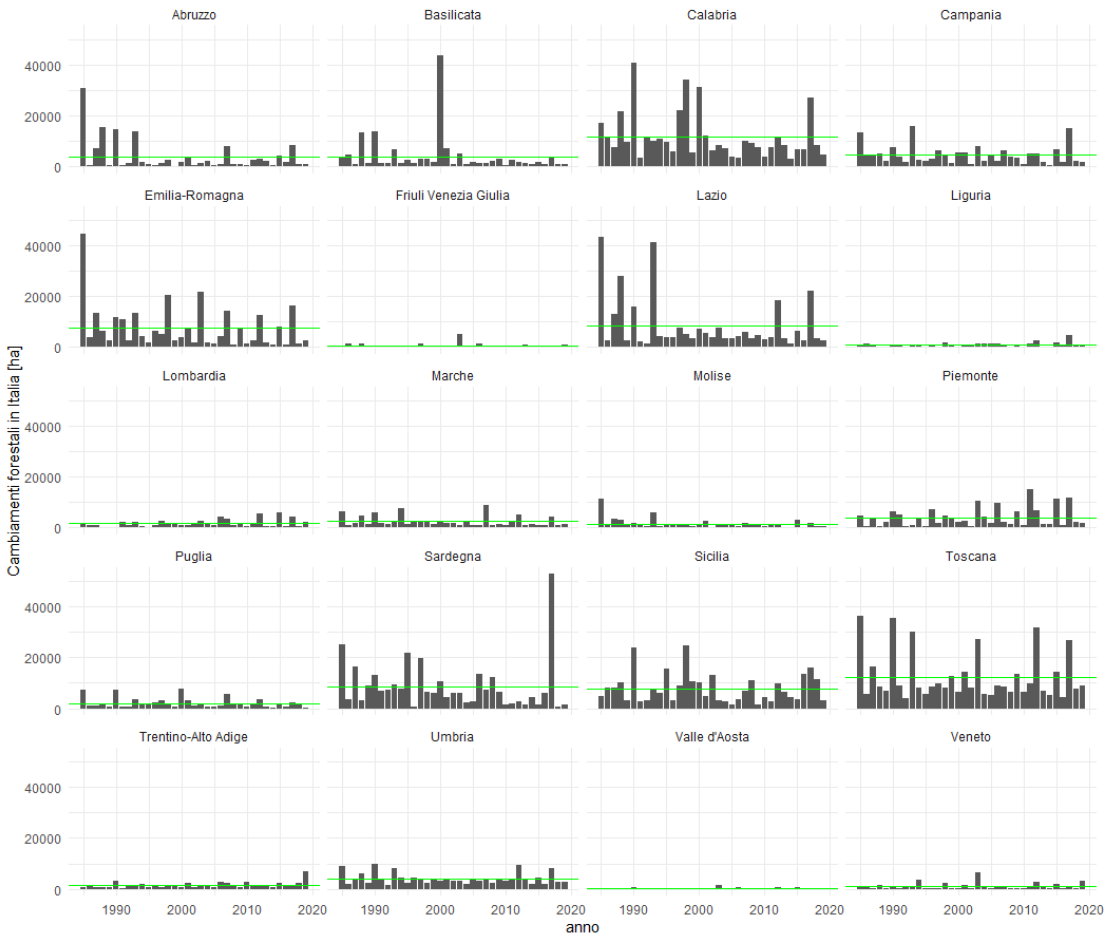


Figura 207. Superficie dei cambiamenti forestali avvenuti ogni anno in ogni regione (da Francini *et al.*, 2022b)

In studi a livello mondiale (Hansen *et al.*, 2013) e a livello europeo (Senf and Seidl 2020, Ceccherini *et al.*, 2021) è stato riscontrato un aumento nel tempo dei disturbi forestali, probabilmente anche a seguito del processo di cambiamento climatico. I nostri risultati suggeriscono invece un andamento del trend diverso in Italia, dove la maggior parte dei disturbi forestali è risultata in realtà concentrata nella prima metà del periodo di studio, soprattutto a causa di stagioni invernali caratterizzate da particolari gelate (vedi 1985 e 1990 in Figura 206). Le differenze nei risultati dei diversi studi possono essere dovute a molti fattori, fra i quali le diverse accuratèzze che possono raggiungere prodotti disponibili su scala

mondiale (Hansen *et al.*, 2013) o europea (Senf and Seidl 2021) basata sull'algoritmo di Landtrendr (Kennedy *et al.*, 2010), rispetto a prodotti calibrati specificatamente per un singolo paese. Un'ulteriore giustificazione delle differenze riscontrate tra le diverse mappature dei disturbi potrebbe essere dovuta alla definizione del disturbo stesso. Mentre la mappa di Hansen *et al.* (2013) identifica soltanto l'ultimo cambiamento forestale avvenuto e quella di Senf and Seidl (2021) prende in considerazione soltanto il cambiamento forestale con il maggior grado di severità, l'algoritmo 3I3D (Francini *et al.*, 2021) è invece capace di identificare tutti i disturbi per ogni

anno d'indagine. Quest'ultimo è inoltre in grado di identificare anche cambiamenti nell'attività fotosintetica degli habitat forestali che non implicano una perdita di biomassa ma soltanto un temporaneo indebolimento dell'ecosistema forestale (vedi alcune gelate o eventi di siccità) che non determinano un danno permanente ai soprassuoli. Infine, sappiamo che la Global Forest Change map (Hansen *et al.*, 2013) e la mappa di Senf and Seidl (2021) identificano solo una piccola percentuale dei tagli nei boschi cedui rispetto ad algoritmi specificatamente sviluppati per ecosistemi mediterranei (Giannetti *et al.*, 2020). Questo avviene a causa della rapida ripresa vegetativa che caratterizza i nostri cedui rispetto a quella di altri ecosistemi forestali come le foreste boreali (Chirici *et al.*, 2020).

Oltre a 3i3D, esistono altri algoritmi per l'identificazione automatica dei disturbi forestali, molti di quali implementati su GEE: (i) il LandTrendr (Kennedy *et al.*, 2012, Kennedy *et al.* 2018), (ii) il Continuous Change Detection and Classification (CCDC; Zhu *et al.*, 2014), (iii) l'Exponentially Weighted Moving Average Change Detection (Brooks *et al.*, 2014), (iv) il Vegetation Change Tracker (VCT; Huang *et al.*, 2010) e (v) l'algoritmo Verdet forest change detection (Hughes *et al.* 2017). Sebbene alcuni di questi algoritmi possano essere applicati utilizzando immagini di diverse missioni satellitari, sono stati tutti originariamente progettati per funzionare con i dati Landsat (Zhu, 2017). D'altra parte, i dati Landsat hanno alcuni limiti, come la limitata risoluzione spaziale (30 m) e tempo di rivisitazione relativamente lungo (16 giorni), che ne complica l'utilizzo per il monitoraggio di aree frammentate e caratterizzate da frequenti variazioni di copertura del suolo, come l'Italia. Anche per superare questi limiti, e integrare i dati forniti dalla missione Landsat, il programma di osservazione della Terra Copernicus dell'Unione europea ha sviluppato la missione Sentinel-2 che fornisce dati con una risoluzione spaziale fino a 10 m e

tempi di rivisitazione di 2-3 giorni alle medie latitudini (Drusch *et al.*, 2012).

Usando immagini Sentinel-2, 3i3D è stato applicato in Italia e ha permesso di ottenere accuratèzze più elevate rispetto a quelle che si raggiungono utilizzando approcci convenzionali (Francini *et al.*, 2021). Tuttavia, anche utilizzando immagini Sentinel-2, persistono errori di commissione pari al 25% ed errori di omissione fino al 30%, anche se concentrati quasi esclusivamente ai margini dei disturbi forestali (Hermosilla *et al.*, 2015, Francini *et al.*, 2022c). Gli sviluppi scientifici e i progressi tecnologici hanno portato a miglioramenti nelle informazioni spaziali ottenibili dai dati telerilevati, ma la diversità dei fenomeni di disturbo forestale naturali e antropici (es. tipologia, magnitudo, definizione) purtroppo implica ancora alcune limitazioni operative (Chirici *et al.* 2020). Queste possono essere facilmente superate laddove le mappe dei disturbi generate automaticamente da satellite possano guidare una successiva fase di selezione di un campione su cui acquisire dati a terra o per fotointerpretazione su immagini ad alta risoluzione (Olofsson *et al.*, 2014). Questo approccio permetterebbe di produrre stime precise e accurate delle superfici forestali interessate annualmente dalle diverse tipologie di disturbo: prelievi, incendi, danni da insetti, danni vento, danni dovuti al gelo o alla siccità, etc.

Una prima sperimentazione di questa metodologia ibrida ha permesso di stimare i disturbi alle foreste italiane per l'anno 2018 sulla base di 17.592 immagini Sentinel-2 acquisite tra il 2017 e il 2019 e l'uso di uno stimatore stratificato (McRoberts *et al.*, 2002) (Figura 208). I risultati indicano un totale di aree forestali disturbate pari a 57.717 ha \pm 716 ha (meno dello 0,6% del totale delle foreste italiane), classificate in tagliate a raso (46.604 ha \pm 754 ha), incendi (11.002 ha \pm 515 ha) e danni da vento (110 ha \pm 58 ha). I risultati ottenuti sono stati stimati con una sicurezza statistica del 95%.

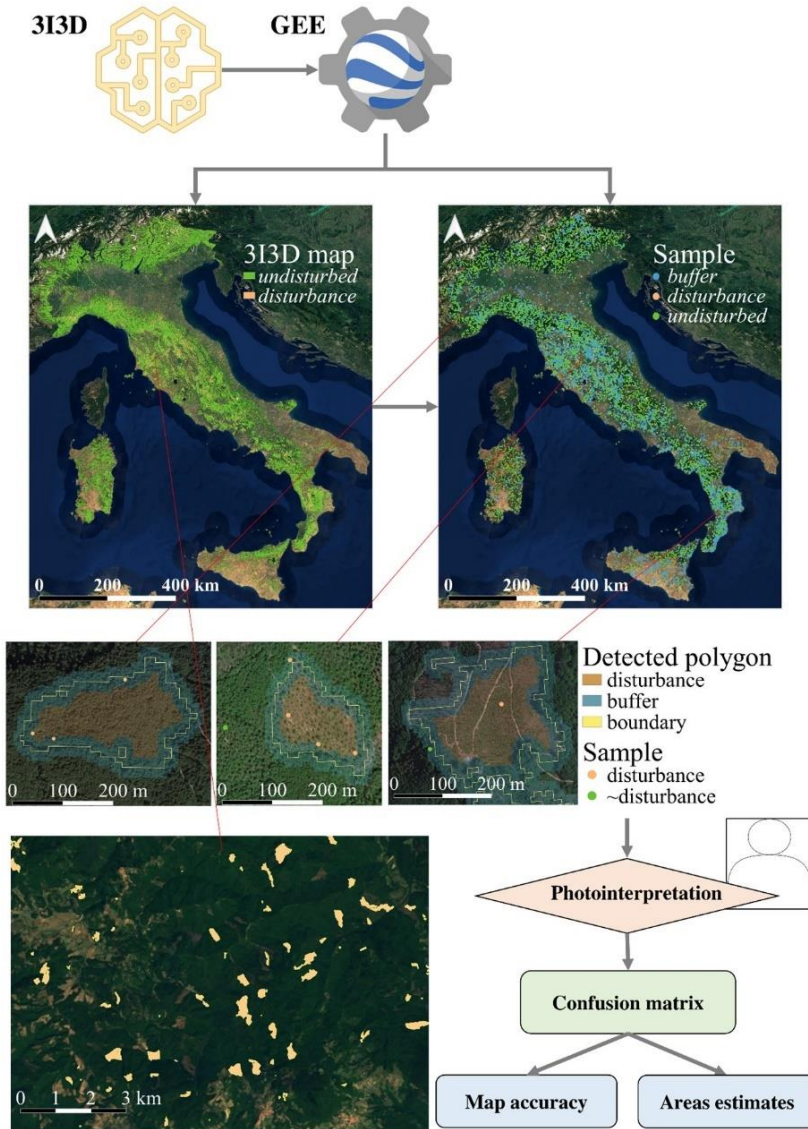


Figura 208. Mappa dei disturbi forestali prodotta utilizzando 3I3D e immagini Sentinel e schema del flusso di lavoro per la produzione di stime di superficie (Francini *et al.*, 2022c). In diversi colori le aree disturbate (disturbed), quelle non disturbate (undisturbed), e quelle ai margini dei poligoni identificati (buffer). In basso a destra, il flusso di lavoro: fotointerpretazione dal campione, costruzione di una matrice di confusione e quindi il calcolo dell'accuratezza e delle stime di superficie

La missione satellitare Sentinel-2 e l'algorithmo 3I3D permettono anche, se correttamente calibrati, di monitorare danni provocati da diversi patogeni come la Cocciniglia

nelle pinete di Pino domestico (Figura 209) e il Bostrico nelle peccete (Figura 210).

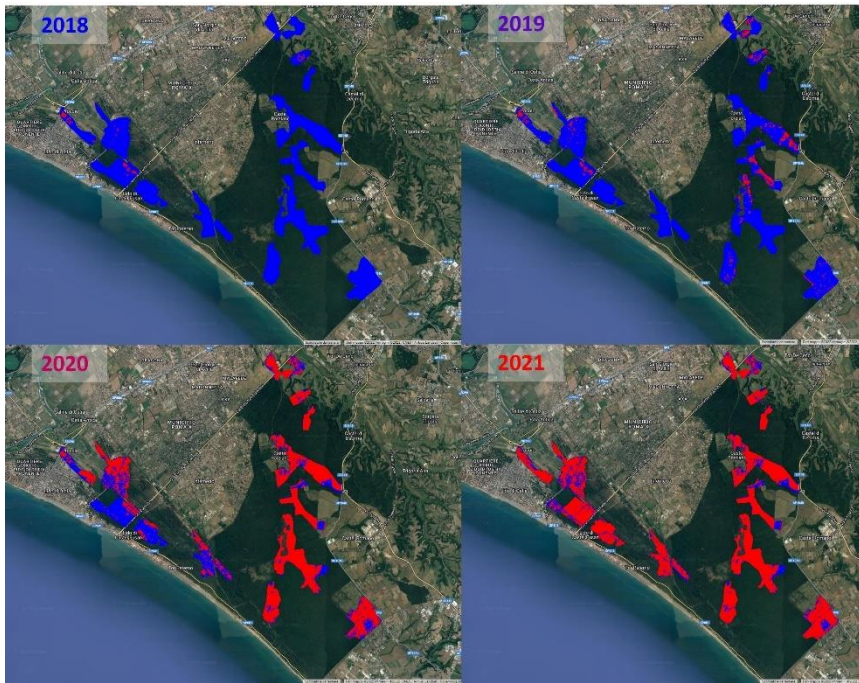


Figura 209. Esempio di mappatura automatica delle zone infestate dalla cocciniglia nella Tenuta Presidenziale di Castel Porziano (Roma)

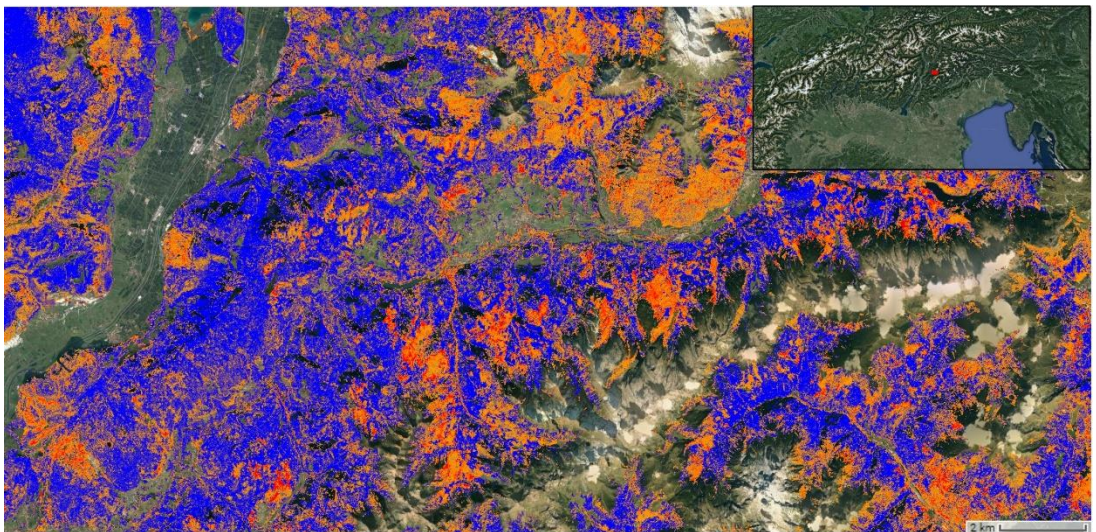


Figura 210. Esempio di mappatura automatica delle zone infestate dal Bostrico nel comune di Cavalese (Trentino). In blu, le foreste che non mostrano segni di infestazione di Bostrico, in arancione, le foreste potenzialmente infestate in maniera moderata e in rosso le foreste che mostrano segni evidenti di infestazione

Le nuove costellazioni di microsattelliti permettono di aumentare la densità delle serie temporali e di ottenere informazioni geografiche ancora più precise, arrivando a forme di monitoraggio in tempo quasi-reale. Ad esempio, la recente costellazione *PlanetScope* è costituita da circa 200 nano satelliti e permette l'acquisizione di immagini ottiche multispettrali con rivisitazione di 1 giorno e una risoluzione spaziale di 3 metri. Nell'ambito di una sperimentazione nella Provincia di Arezzo per l'anno 2019 è stato sviluppato un apposito algoritmo *Thresholding Rewards and Penances* (TRP) che permette di ottenere

una nuova mappa dei disturbi forestali ogni volta che viene acquisita una nuova immagine *PlanetScope* (Figura 211).

Questo significa che, in assenza di copertura nuvolosa, i disturbi forestali e quindi anche le utilizzazioni, possono essere monitorati con frequenza giornaliera (Figura 212). I risultati ottenuti nella sperimentazione hanno dimostrato errori di omissioni dell'8% ed errori di commissione del 14%.

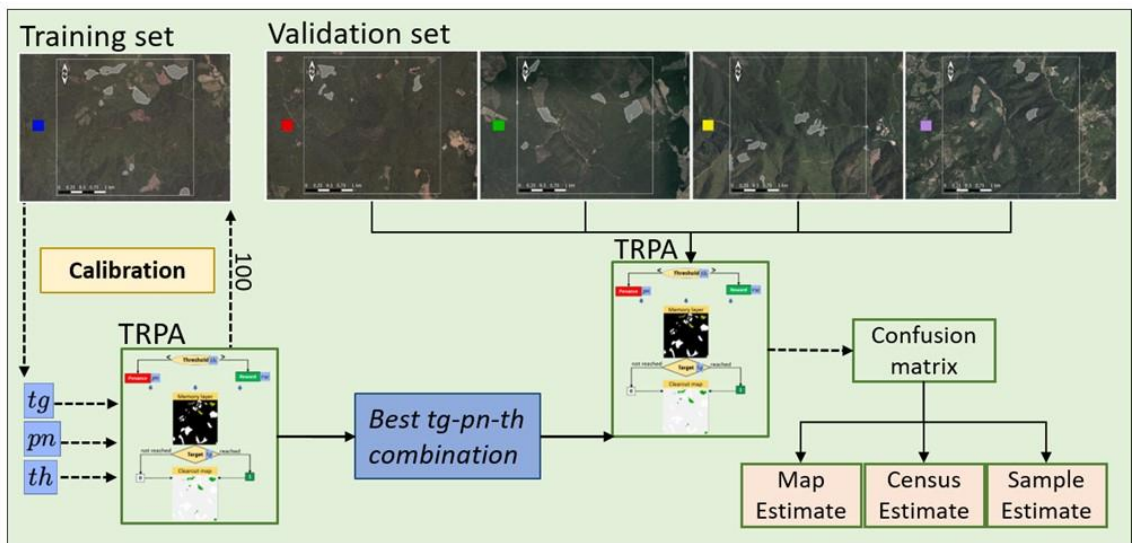


Figura 211. Flusso di lavoro dell'algoritmo Thresholding Rewards and Penances (TRP). Calibrazione, selezione da parte dell'algoritmo dei migliori parametri, individuazione dei disturbi forestali in tempo quasi reale, e calcolo di una matrice di confusione che permette di ottenere le stime di superficie (da Francini *et al.*, 2020)

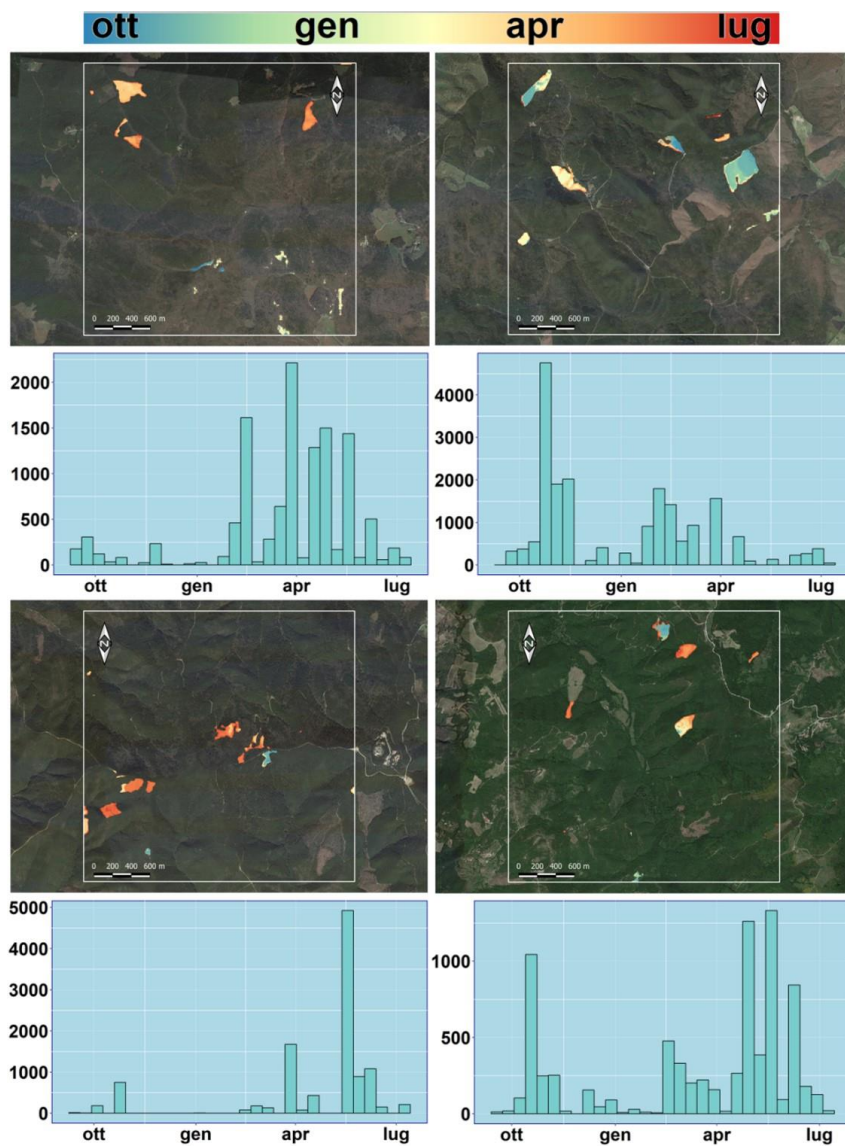


Figura 212. Un esempio dei risultati di mappatura automatica in tempo quasi reale di utilizzazioni forestali in 4 aree di studio (3x3 km) in Toscana (da Francini *et al.*, 2020)

I prodotti che si ottengono da questo tipo di elaborazioni (i) accrescono le nostre conoscenze sui disturbi forestali che avvengono in Italia e sulla loro tendenza temporale, (ii) costituiscono una base di dati utile per futuri indagini

e approfondimenti e (iii) rappresentano uno strumento cruciale per supportare la produzione di statistiche ufficiali sui disturbi forestali a scala nazionale.

MISURE DI RIGENERAZIONE URBANA PER IL CONTRASTO AL CONSUMO DI SUOLO

Contributo a cura di *Patrizia Colletta (Esperta Consiglio Superiore Lavori Pubblici)*

Il Rapporto sul consumo di suolo di ISPRA-SNPA consente, ormai con cadenza annuale di verificare con grande attenzione ciò che accade sul territorio nazionale e contestualmente di monitorare se quanto viene programmato e realizzato in termini di trasformazione, rigenerazione, di tutela del territorio e del patrimonio costruito vada nella direzione “obbligata” della riduzione di consumo del suolo. È innegabile che stiamo vivendo un periodo di grande rivoluzione economica, culturale e sociale, di grandi sfide planetarie, dall'emergenza climatica a quella sanitaria e per questo è necessario riflettere se quanto introdotto rappresenta la modalità e gli strumenti più adatti per raggiungere l'obiettivo fondamentale della riduzione di consumo di suolo che ci impongono da tempo le direttive europee e, da ultima, la “Strategia del suolo dell'UE per il 2030” approvata il 17 novembre 2021. La Strategia stabilisce, quale obiettivo principale, lo *zero net land take* da perseguire entro il 2050 da parte di tutti gli Stati membri della UE, che dovranno evitare di consumare suolo e mettere in atto azioni concrete, da porre in atto già entro il 2030, per avere i propri suoli “sani”. La Strategia, inoltre, prevede di approvare entro il 2023 una legge europea sulla salute dei suoli e chiede agli Stati membri– entro la stessa data, quindi subito – di stabilire ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali sul consumo di suolo. Questa legge dovrà garantire, attraverso la tutela dei suoli, un alto livello di protezione dell'ambiente e di salvaguardia della salute delle popolazioni, partendo dal principio che terreni sani producono cibi sani. Le indicazioni della Strategia dell'UE mirano a garantire entro il 2050 che tutti i suoli europei siano sani e più resilienti e che possano continuare a fornire i loro servizi ecosistemici, che il consumo netto di suolo sia ridotto a zero e che l'inquinamento dei suoli venga ridotto a livelli non nocivi per la salute delle persone e per gli ecosistemi; infine, devono essere protetti e gestiti in modo sostenibile ripristinando quelli attualmente degradati. La Strategia indica, tra gli altri, quali principali strumenti per il raggiungimento degli obiettivi, di potenziare la ricerca, la raccolta di dati e il monitoraggio sul suolo, nonché di aumentare nella società civile la consapevolezza dell'importanza del suolo come risorsa, destinando a questo scopo finanziamenti adeguati alle necessità.

In particolare, la Strategia europea, nell'indicare le misure per “Limitare l'occupazione di suolo e l'impermeabilizzazione del suolo con un uso circolare della terra”, dispone di integrare la “gerarchia del consumo di suolo” nei Piani di inverdimento urbano e dare priorità al riutilizzo e al riciclaggio dei terreni e alla qualità dei suoli urbani a livello nazionale, regionale e locale, attraverso adeguate iniziative normative e eliminando gradualmente gli incentivi finanziari che possono andare contro queste priorità, con benefici fiscali locali per la conversione di terreni agricoli o naturali in ambiente edificato. Inoltre, la Strategia auspica la necessità di “fornire una guida alle autorità pubbliche e alle aziende private su come ridurre l'impermeabilizzazione del suolo, comprese le migliori pratiche per iniziative guidate a livello locale per la de-sigillatura delle superfici artificiali per far respirare il suolo e, con una revisione delle linee guida dell'UE sull'impermeabilizzazione del suolo entro il 2024, promuovere uno scambio di migliori pratiche, basandosi sulle esperienze degli Stati membri o delle regioni che dispongono di sistemi di pianificazione territoriale che affrontano con successo la sfida dell'occupazione del suolo al fine di sviluppare una metodologia comune”.

Il rapporto di ISPRA sul consumo del suolo continua a soddisfare questa esigenza di conoscenza e di monitoraggio del fenomeno; senza entrare nel merito dei dati e dei risultati del Rapporto che puntualmente e dettagliatamente fotografano la situazione dei nostri territori e dei servizi ecosistemici, è possibile sintetizzare alcune riflessioni sugli strumenti che oggi sono sul tavolo della discussione parlamentare in merito alla rigenerazione urbana e al contrasto del consumo di suolo.

La rigenerazione urbana può contribuire fattivamente e concretamente a ripristinare la “salute dei suoli”? Come già richiamato, la UE chiede non solo di contrastare il consumo di suolo ma anche di garantire la salute del suolo e dei servizi ecosistemici, attraverso il ripristino delle aree degradate.

È in corso, da più legislature, la discussione per l'approvazione di una legge nazionale sulla rigenerazione urbana. Nel testo unificato del disegno di legge, oggi all'attenzione del Parlamento, viene affermato che la rigenerazione urbana per essere sostenibile deve avvenire

senza consumo di suolo. Ma, intanto, cosa intendiamo per rigenerazione urbana?

Se ne discute da oltre venti anni, in una profusione di testi, convegni e proposte di legge ed ogni soggetto o attore istituzionale o rappresentante di categoria, accademico o economico ha un punto di vista specifico per rappresentare la “rigenerazione urbana”. Questo primo dilemma su cosa deve essere la rigenerazione urbana ci induce a dover prima di tutto definire a cosa serve la rigenerazione urbana e quali obiettivi deve perseguire.

Primo obiettivo: la rigenerazione urbana deve essere una politica efficace, performante e tempestiva per rendere le nostre città più sostenibili, maggiormente resilienti ai cambiamenti climatici, più efficienti dal punto di vista energetico e della mobilità, più sicure strutturalmente e in grado di adattarsi ai rischi naturali, più vivibili e in grado di garantire migliore qualità di vita e di benessere. Un intervento di rigenerazione urbana deve offrire maggiori diritti di cittadinanza, coesione sociale e opportunità di vita e di lavoro. Insomma, deve mettere in atto tutti gli strumenti per garantire la “qualità della città e del vivere in comunità” e, in aggiunta, il benessere e la salute degli abitanti. È un obiettivo ambizioso, ma è necessario dotarsi di una nuova legge? e con una nuova legge saremo realmente in grado di perseguire questa nuova visione della città?

Certamente, per ricostruire città e territori più sostenibili e resilienti è necessario ridurre a zero il consumo di suolo, l'impermeabilizzazione e il degrado ambientale; quindi è necessaria una legge che imponga la drastica riduzione delle espansioni su suolo non costruito, che renda proficua la densificazione dei tessuti urbani tutelando allo stesso tempo gli spazi aperti e che recuperi con bonifiche e disinquinamento i suoli che ora sono compromessi dalle attività antropiche, creando un sistema di convenienze e opportunità per orientare la trasformazione urbana.

Inoltre, rigenerare l'ambiente urbano comporta due aspetti interconnessi: il primo, la componente multidimensionale da affrontare e definire poiché la riduzione del consumo di suolo si persegue determinando i diversi legami dei livelli di intervento, passando dalla macro scala territoriale e infrastrutturale per arrivare all'intervento edilizio puntuale; il secondo, la componente temporale di attuazione e di attualità dei progetti, i quali de-

vono rispondere alle esigenze dei cittadini e delle comunità, ma anche alle potenzialità di investimento del mondo economico e finanziario le quali mutano anche rapidamente. È convincente comune che il contrasto al consumo del suolo sia uno dei principi fondamentali sul quale fondare una legge organica sul governo del territorio e conseguentemente il principio ispiratore di ogni politica di rigenerazione urbana, di adattamento ai cambiamenti climatici e di riconversione ecologica di aree inquinate e degradate.

Per rispondere a queste esigenze non basta una nuova legge, serve anche una nuova cultura e una nuova capacità di fare, soprattutto rispetto allo straordinario periodo che stiamo vivendo di transizione ecologica supportato da grandi provvidenze finanziarie.

Ma dobbiamo essere in grado di uscire dalla “transizione” per approdare ad una fase di “stabilità” territoriale, ambientale e sociale utilizzando al meglio le risorse finanziarie messe a disposizione dal PNRR (Piano Nazionale Ripresa e Resilienza) e dalle altre fonti di finanziamento ed investimento. Sino a qualche tempo fa, tra i principali ostacoli al cambiamento si individuava la mancanza di risorse finanziarie, l'assenza di una programmazione economica e di monitoraggio della spesa, ora i temi ricorrenti sono la mancanza di personale qualificato, la debolezza delle strutture tecniche, la mancanza di una comprovata capacità di amministrare processi complessi.

Abbiamo una grande occasione, quindi, per rendere strutturali decisioni di programmazione e di pianificazione territoriale e urbana e per sancire definitivamente nel nostro Paese che si è chiuso il ciclo dell'espansione illimitata e della cultura dello spreco e che, finalmente, si è aperta l'epoca della città sostenibile e resiliente, della cura del territorio e della salubrità degli ambienti abitati.

Sicuramente i segnali sono incoraggianti: sempre più spesso nel dibattito politico e pubblico i termini della rigenerazione, del riuso, della riqualificazione e dell'efficientamento del patrimonio pubblico e privato vengono indicati come obiettivi da raggiungere e quasi a portata di mano. Gli esempi non mancano e il dibattito che si è avviato con il disegno di legge sulla rigenerazione urbana ha nuovamente riaperto delle speranze sull'approdo di una legge organica che si basa sul contrasto al consumo di suolo. Ma cosa potrebbe essere avviato, da subito, per avviare una politica di rigenerazione urbana?

Si tratta di ripensare la qualità dei sistemi territoriali, urbani, infrastrutturali e produttivi, facendo diventare la qualità urbana un sinonimo di sostenibilità e di benessere, coniugando le opportunità dell'innovazione con le azioni di tutela delle risorse non rinnovabili e la promozione dell'equità sociale. La prima risorsa non rinnovabile, fortemente depauperata e offesa dall'inquinamento quale è il suolo diventa "il bene" da difendere, da tutelare e da rigenerare.

Puntiamo concretamente, quindi, su una manutenzione ordinaria e costante del territorio, sulla resilienza e sulle strategie di adattamento dei sistemi territoriali, non solo da utilizzare negli slogan delle smart city e della sostenibilità da pubblicità televisiva. Si tratta di una visione strategica per disegnare un nuovo modo di essere e fare comunità, partendo dalla macro-scala urbana per arrivare al singolo condominio, insieme alla realizzazione di una efficiente rete di mobilità collettiva.

Se non ci fossero l'emergenza climatica e ambientale, le catastrofi naturali, la precedente crisi immobiliare e delle costruzioni a partire dal 2008 e ora in corso di superamento grazie alle ponderose iniezioni di incentivi fiscali e manovre economiche, forse non ci saremmo neanche posti questo dubbio. Avremmo continuato a pensare la trasformazione della città e quindi l'urbanistica e la pianificazione come uno strumento a servizio di una fase espansiva senza limite.

Sul sistema urbano, sull'adattamento ai cambiamenti climatici e sulla sua resilienza confluiscono diverse componenti quali l'efficienza energetica ed ambientale, le strategie per la mobilità sostenibile, per il disegno del verde, la gestione dei rifiuti, il recupero e il riciclo dell'acqua, il miglioramento del microclima e la mitigazione degli inquinamenti un vasto ambito di interventi dove le nuove competenze e i nuovi saperi, le professioni green trovano grandi opportunità. Sono aspetti che stanno entrando, in modo rilevante, anche nelle politiche di investimento di finanziatori immobiliari nazionali ed europei. È ormai consolidato che in base al Regolamento sull'informativa di sostenibilità dei servizi finanziari (SFDR) della UE, in vigore dal 10 marzo 2021, i soggetti finanziari non potranno più investire in progetti che non rispettano i criteri *Environmental Social Governance* (ESG), partendo dall'assunto che non vi può essere prosperità senza sostenibilità. La regolamentazione dei servizi finanziari basata sui criteri ESG, oltre essere uno strumento chiaro e

trasparente di rendicontazione, ha determinato la fine del fenomeno del *greenwashing* finanziario rappresentando una vera e propria rivoluzione del settore.

Questa nuova politica di investimento, nelle more di un riordino complessivo della fiscalità immobiliare e della definizioni delle regole del governo del territorio sul regime di proprietà, di competenza statale, può essere accompagnata da misure per ordinare e massimizzare l'effetto delle detrazioni e la convenienza per gli interventi di rigenerazione con una serie di azioni coordinate: l'incremento progressivo delle detrazioni fiscali per la ristrutturazione energetica per interventi su interi immobili e per la riqualificazione strutturale, collegando l'adeguamento sismico a quello energetico in modo stabile; rendendo tali misure più efficaci in termini di costo/beneficio e di rendicontazione ecosistemica; concentrando gli incentivi in determinati "ambiti urbani" su cui applicare, in aggiunta alle detrazioni fiscali nazionali, eventuali ulteriori detrazioni e esenzioni derivanti dalla fiscalità locale con scadenza decennale. In tal senso, le varie misure di detrazione fiscale e di incentivazione previste dal disegno di legge non appaiono configurare un vero e proprio sistema di premialità ma una serie di misure a "macchia di leopardo", tra l'altro censurate per i vincoli di equilibrio di bilancio, che non promuove comportamenti virtuosi e iniziative di grande respiro.

Considerate le questioni sinteticamente accennate una "legge sulla rigenerazione delle opportunità ambientali, urbane e sociali della città" dovrebbe essere costituita da brevi, chiari e semplici principi sui quali innestare tutti gli strumenti di cui disponiamo a partire dalla legislazione regionale ma cercando di avere lo sguardo rivolto al futuro e non alla rivisitazione di strumenti più o meno consumati dal passato.

La rigenerazione urbana e il contrasto al consumo di suolo, infatti, non possono essere il prodotto di un processo o il risultato di strumento di pianificazione, l'esito di un procedimento o la ricaduta di un disposto normativo ma sono un valore non negoziabile e intangibile per il futuro delle città e dei territori.

Come in tutti i processi di innovazione si stanno delineando gradualmente gli elementi costitutivi di un diverso paradigma spinto anche dall'enorme incremento e disponibilità delle informazioni e dalla capacità di innovare che contraddistingue la società del terzo millennio.

La promozione delle convenienze economiche e innovazione non sono sufficienti però se tutti i soggetti coinvolti nel processo di rigenerazione della città non assumono la “responsabilità di agire con efficacia”. Se vogliamo affrontare la sfida del contrasto al consumo di suolo, alla creazione di una città più efficiente, più sana e più giusta quindi sostenibile e, più in generale, “etica” è necessario diffondere nei committenti, pubblici e privati, i principi e le convenienze di queste scelte. Quindi è necessario passare dalla “rete dei soggetti” che agiscono, alla creazione di una vera e propria “squadra di protagonisti del cambiamento” capace di avere chiari gli obiettivi da perseguire con professionalità e determinazione. Per governare questa complessità non è sufficiente una nuova legge, che deve essere affiancata da una nuova capacità di fare “squadra” tra soggetti e de-semplificare i processi di governo e di gestione.

È necessaria, inoltre, una nuova governance. La grande sfida per gli anni futuri è ricostruire ex novo le “filiera decisionali” in tutti i campi: istituzionale, produttivo, amministrativo, economico, finanziario e, non da ultimo, con la comunità dei cittadini.

Nel breve termine, la “Cabina di regia nazionale per la rigenerazione” costituita da rappresentanti dei ministeri competenti prevista all’art. 3 del disegno di legge unificato, piuttosto che un ruolo di mero monitoraggio e coordinamento, potrebbe assumere un ruolo strategico, diventando una Task-force di supporto agli enti locali, rinnovandole modalità di concertazione istituzionale verticale ed orizzontale e riducendola dispersione dei centri decisionali e di spesa.

Si tratta di predisporre un complesso e articolato programma di lavoro, flessibile negli strumenti attuativi e chiaro negli obiettivi che diventi il “Piano nazionale di riqualificazione e di riuso per la salute della città” configurandosi come una chiamata generale di tutti i soggetti, istituzionali e non, comprese le categorie professionali a ragionare su una strategia complessiva di rigenerazione, programmando e coordinando progetti e interventi che riguardano lo spazio della città pubblica, la riqualificazione energetica di comparti ed isolati, la riconversione di ambiti degradati, la ricucitura di frange di città.

Nel disegno di legge attualmente in discussione si prefigura un collegato al DEF (Documento Economia e Finanza) che annualmente registri ciò che accaduto e quanto è stato realizzato.

Oggi sarebbe necessario avere uno strumento più coraggioso, che guarda al futuro e che disegna la città che verrà; si tratta di mettere a fattor comune e di coordinare in progetti di scala più ampia, il riuso e la riqualificazione di “pezzi” di città, programmi e risorse pubbliche e private e la promozione di misure di inclusione sociale e di welfare, sotto una regia pubblica forte e autorevole. Potrebbe sembrare una tentazione centralista, in realtà si tratta della esigenza di costituire una modalità di coordinamento e promozione, condivisa con le Regioni e le autonomie locali a supporto innanzitutto degli enti territoriali, dei Comuni che troppo gracilmente non riescono a sostenere l’impatto delle grandi sfide che hanno di fronte.

Temi di tale complessità richiedono un approccio olistico e si affrontano con una serie di politiche, di strumenti e di interventi differenziati e sinergici, utilizzando l’apparato legislativo esistente e il vasto corpo normativo e di esperienze maturate a livello regionale. Nel disegno di legge vengono richiamati gli strumenti di pianificazione esistenti; infatti, la cassetta degli strumenti esiste ed è un apparato normativo consolidato, che necessita certamente di un aggiornamento ma soprattutto, della capacità di attuazione e di coordinamento tra pianificazioni settoriali e politiche di welfare e coesione sociale.

Una politica ordinaria rappresenta l’unica prospettiva possibile per affrontare il “risanamento” organico e la riqualificazione del territorio e della città, una politica di interventi “ordinari” e programmati non determinati dall’emergenza ambientale, sanitaria, sociale, economica può generare grandi opportunità per il cambiamento. Sono tanti i temi su cui si deve operare: avere poche regole certe e condivise, chiudendo la stagione della macchina burocratica complessa, incapace di dare risposte alle dinamiche del mercato e oggetto di corrottele; i lunghi tempi tra il momento della progettazione e quello della realizzazione, che rende obsoleto quanto previsto, costringendo a proporre progetti depositati da anni nei cassetti delle amministrazioni ma non più adeguati alle esigenze; fissare i valori e i principi in un quadro legislativo statale valorizzando le importanti esperienze legislative regionali un Codice Unico di tutela e uso del territorio; stabilire criteri prestazionali e qualitativi delle dotazioni territoriali, sedimentando e utilizzando le migliori pratiche ed esperienze normative.

Affrontare le tematiche esposte potrebbe essere un primo piccolo passo verso quella grande opera di de-

semplificazione di cui il nostro Paese ha davvero bisogno per approdare all'era post-transizione ecologica.

Le questioni da affrontare richiedono un approccio non settoriale, una sintesi multidisciplinare e una capacità di

vision in particolare sui temi della rigenerazione e della riqualificazione energetica della città. Una nuova civiltà urbana.

CONSUMO DI SUOLO E INFLUENZA DIRETTA E INDIRETTA SULLA FORNITURA DI SERVIZI ECOSISTEMICI

Contributo a cura di *Fausto Manes (Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma)*, *Lina Fusaro (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia)*, *Alessandro Sebastiani (Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma)*

Il processo di urbanizzazione ha causato un aumento della superficie impermeabilizzata e quindi una perdita di suolo, influenzando negativamente sulla qualità ambientale. Le aree metropolitane si caratterizzano per un basso livello di naturalità e presenza di aree verdi, come si evince dagli elevati valori di radianza notturna rilevati sul territorio nazionale (Figura 213). È possibile notare come le aree maggiormente antropizzate, ed in particolar modo le principali città metropolitane italiane, mostrano elevati valori di radianza notturna, evidentemente legata al consumo di suolo.

Le proprietà fisiche dei materiali artificiali alterano il bilancio energetico a scala locale (Assennato *et al.*, 2022), il ciclo idrologico e quello del carbonio. L'urbanizzazione diffusa, che caratterizza l'espansione urbana degli ultimi anni, esercita un impatto negativo in termini di incremento di inquinanti atmosferici derivanti da traffico veicolare, che contribuisce per il 27% alla concentrazione di particolato atmosferico nelle aree urbane a scala globale (Heydari *et al.*, 2020). In tale contesto un ruolo importante è svolto dalle aree verdi, come le foreste urbane e periurbane, che forniscono numerosi Servizi Ecosistemici (SE) che migliorano la qualità dell'aria (Manes *et al.*, 2016), mitigano l'effetto isola di calore che caratterizza il tessuto urbano (Marando *et al.*, 2019), prevengono il rischio di inondazioni (Farrugia *et al.*, 2013) e consentono di migliorare il livello di biodiversità. Inoltre, è oggi ampiamente riconosciuta l'influenza dei SE (Servizi Ecosistemici) sul benessere psicofisico dell'uomo e le opportunità culturali offerte da tali spazi per le interazioni sociali (Enssle e Kabisch, 2020; Lausi *et al.*, 2022). Ultimo, ma non ultimo, è importante ricordare come l'esposizione dei cittadini al verde, eserciti un effetto positivo diretto sulla salute con particolare riguardo alle malattie cardiovascolari (Orioli *et al.*, 2019).

L'Europa ha ampiamente riconosciuto il ruolo e il valore dei SE nelle aree metropolitane. La nuova strategia dell'UE per la biodiversità al 2030 (CE, 2020) evidenzia la necessità di mettere a dimora alberi nelle aree urbane e periurbane per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici e per ridurre i rischi ambientali che da

essi derivano, creando nuove opportunità di lavoro. La strategia UE auspica infatti la messa a dimora di almeno 3 miliardi di alberi entro il 2030, invitando le città con più di 20.000 abitanti a sviluppare un ambizioso programma di forestazione urbana al fine di fornire spazi verdi accessibili e migliorare i collegamenti tra le infrastrutture verdi.

Il Leaf Area Index (LAI), definito come l'area della superficie fogliare per unità di superficie di suolo (Robinson e Lundholm, 2012) fornisce importanti informazioni sulla struttura della vegetazione. Manes *et al.* (2016) hanno osservato una correlazione positiva tra LAI e quantità di inquinanti atmosferici rimossi da parte della vegetazione, evidenziando come esso sia un indicatore chiave per la valutazione dei SE di regolazione. Le rilevazioni di LAI in campo sono estremamente dispendiose in termini di tempo e di risorse economiche, in quanto richiedono l'impiego di personale qualificato e di un'apposita strumentazione; per questo motivo, sono generalmente condotte su piccole aree come filari alberati o parchi urbani. Una valida alternativa alle misure in campo è rappresentata dalle stime di LAI derivate da dati satellitari. Gran parte di questi prodotti sono gratuiti, distribuiti in tempo quasi reale (Fuster *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2010) e possono coprire aree molto vaste in maniera continuativa durante il corso dell'anno. Tra i prodotti più largamente utilizzati per la stima del LAI vi sono quelli derivati dal satellite MODIS e quelli distribuiti nell'ambito del programma europeo Copernicus Global Land Service; entrambi sono stati validati in numerosi biomi a livello internazionale e in diversi periodi dell'anno, mostrando un'accuratezza apprezzabile (Serbin *et al.*, 2013; Yan *et al.*, 2016). Tuttavia, questi prodotti possono fornire soltanto un contributo limitato alle nuove strategie di pianificazione urbana, in quanto la loro risoluzione spaziale è compresa tra i 500 m e i 300 m, non consentendo studi di dettaglio (Figura 214). In questo contesto, le stime di LAI ottenute elaborando immagini satellitari multispettrali come Sentinel-2 (Figura 215), con risoluzione spaziale di 10 m, possono rappresentare un valido strumento per studi a scala locale (Dong *et al.*, 2020; Meyer *et al.*, 2019; Fusaro *et al.*, 2017).



Figura 213. Mappa di inquinamento luminoso elaborata a partire da dati NASA VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*). I crediti appartengono a Jurij Stare creatore del sito www.lightpollutionmap.info. Il prodotto mostrato è il NASA's *Black Marble nighttime lights product* (2021)

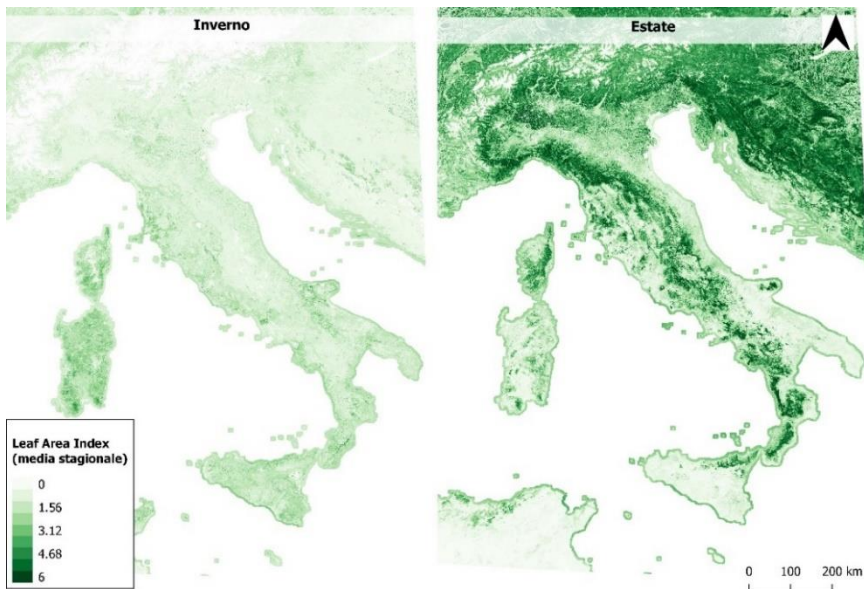


Figura 214. *Leaf Area Index* stagionale estivo ed invernale. Le mappe sono state derivate dall'elaborazione dei dati del programma europeo *Copernicus Global Land Service*. Aree montane dall'elevato valore naturalistico, dove il consumo di suolo è ridotto (es. l'arco alpino e la dorsale appenninica) mostrano un valore di LAI medio estivo anche pari a 6

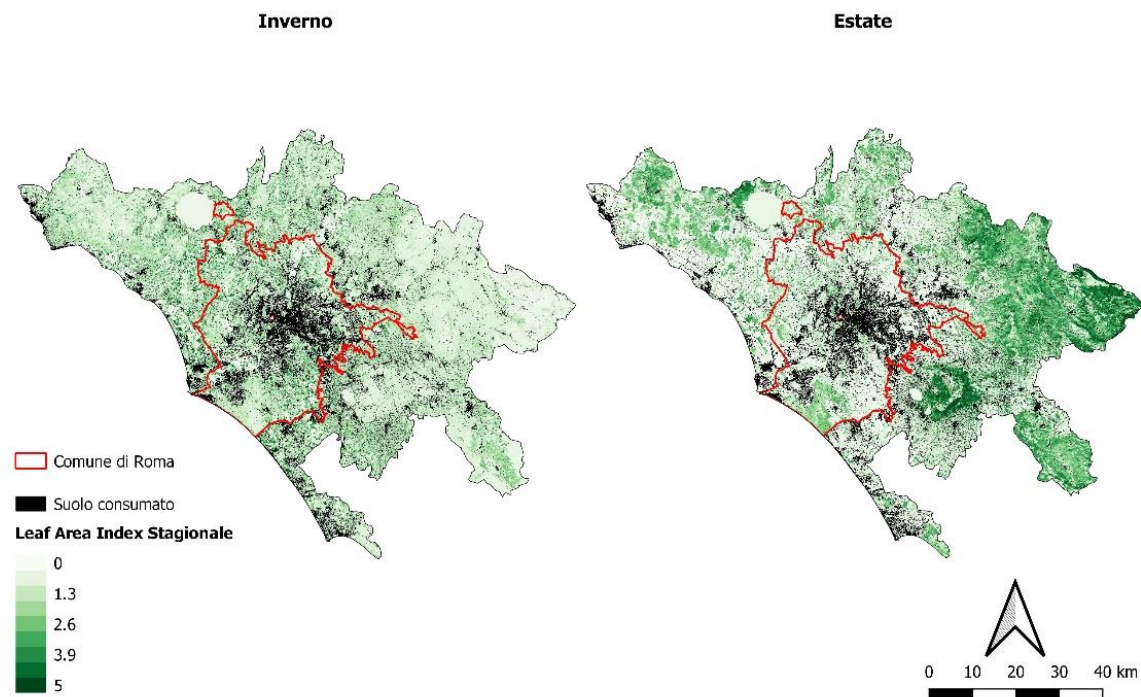


Figura 215. LAI della città metropolitana di Roma per la stagione estiva e per quella invernale, derivato da dati satellitari Sentinel-2

Tuttavia, ad oggi, solo poche ricerche hanno validato la performance dei dati Sentinel-2 nella stima del LAI in ecosistemi forestali mediterranei (Chrysafis *et al.*, 2020). Nella Figura 215 è interessante notare che i valori più elevati di LAI sono riscontrabili, nelle aree periurbane, dove vi è una minor incidenza di consumo di suolo ed un minor impatto antropico. Tali aree, che durante la stagione estiva mostrano un LAI anche superiore a 5, sono in molti casi soggette a importanti vincoli di tutela; esse includono infatti Parchi Regionali (Parco Regionale dei Castelli Romani, Parco Regionale dei Monti Simbruini, Riserva statale del Litorale Romano) e aree facenti parte della Rete Natura2000.

La vegetazione svolge un ruolo essenziale nella rimozione del particolato atmosferico, il quale è responsabile in Italia di un rilevante numero di morti premature (59.817 nel 2019) (EEA, 2021). Nella Municipalità di Roma le foreste urbane e periurbane arrivano a rimuovere 0,1837 Mg ha⁻¹ di PM₁₀, per un totale di 293 Mg/anno che corrisponde, in base alla stima delle esternalità negative, ad un valore monetario di 31,5 milioni di euro l'anno (Fusaro

et al., 2017; valore di esternalità aggiornato da EEA, 2021). La rimozione del PM, pur fornendo numerosi benefici per la salute dei cittadini, determina danni alla vegetazione, in quanto il PM viene adsorbito sulla superficie fogliare e incluso all'interno delle cere epicutcolari, esercitando un'azione ossidativa a carico dell'apparato fotosintetico dovuta ai metalli presenti nel materiale depositato (Fusaro *et al.*, 2021; Frezzini *et al.*, 2022). Gli stress ossidativi possono causare una perdita di funzionalità delle piante, diminuendo la capacità di fornire Servizi Ecosistemici (Fusaro *et al.*, 2017). L'impatto di questo effetto dannoso dipende non solo dal carico ossidativo, ma anche dalla diversa sensibilità delle specie vegetali agli stress ambientali, che varia in relazione a diversi tratti funzionali, soprattutto a livello fogliare. Specie latifoglie sempreverdi, come *Quercus ilex* L., ampiamente presente nelle foreste urbane e periurbane mediterranee, e nell'arredo verde delle città, presentano un grado di sclerofillia e un pool costitutivo di molecole antiossidanti che conferiscono un maggior grado di tolle-

ranza allo stress indotto dal particolato e da altri inquinanti ad azione ossidativa come l'ozono troposferico (Manes *et al.*, 2007). Tuttavia, un recente studio svolto nell'area urbana di Roma, ha evidenziato che il meccanismo di azione del particolato potrebbe danneggiare anche specie resistenti come *Q. ilex*, diminuendo l'efficienza della fotochimica primaria anche del 46 % (Fusaro *et al.*, 2021). La misura della fluorescenza della clorofilla *a*, una tecnica non distruttiva e non invasiva, che permette di analizzare l'insieme delle variazioni funzionali dell'efficienza fotosintetica totale, ha consentito di evidenziare un'azione di "ombreggiamento" operata dal PM adsorbito sulla lamina fogliare, che esercita un effetto di schermo fisico per la radiazione solare. È interessante sottolineare che tale effetto è stato evidenziato solamente su foglie di leccio campionate in siti urbani prossimi ad arterie ad elevato traffico veicolare, con concentrazioni medie annuali di PM più elevate (Fusaro *et al.*, 2021).

L'analisi della fluorescenza consente quindi un rapido screening degli stress in ambito urbano, connessi al consumo di suolo, con importanti ricadute per il monitoraggio

ambientale. Inoltre, l'effetto di danno indiretto svolto dal PM evidenziato da tale studio, può avere un impatto sulla produttività primaria, riducendo in generale il processo di assimilazione del carbonio che è alla base della fornitura dei SE di regolazione. Un recente studio ha analizzato il miglioramento della qualità dell'aria operato dalla vegetazione della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, evidenziando come una perdita di copertura vegetale pari al 6,8%, abbia determinato una diminuzione del PM adsorbito del 39% (Conte *et al.*, 2022). Alla luce dei numerosi casi studio effettuati in aree urbane e periurbane emerge dunque la necessità di studiare i processi complessi come il consumo di suolo utilizzando approcci integrati che siano capaci di rappresentare con una visione d'insieme i principali tratti funzionali alla base della fornitura dei SE (Sebastiani *et al.*, 2021a e b; Muresan *et al.*, 2022). Per potenziare la fornitura dei SE (Manes *et al.*, 2012; Blasi *et al.*, 2017), occorre sviluppare delle strategie innovative di pianificazione del territorio, soprattutto a scala urbana, incentivando l'utilizzo di adeguati indicatori morfo-funzionali acquisiti a differente scala spazio-temporale.

OPPORTUNITÀ PER NUOVI BOSCHI ED ALBERI IN AMBITO METROPOLITANO

Contributo a cura di *Daniela Tonti (DiBT, Università del Molise)*, *Lorenzo Sallustio (DiBT, Università del Molise)*, *Marco Marchetti (DiBT, Università del Molise)*

Da decenni in Italia si assiste ad una ricorrente dinamica di trasformazione del territorio che contrappone l'espansione delle foreste, colonizzatrici dei suoli agricoli abbandonati, soprattutto nelle aree interne e montane, al consumo di suolo, maggiormente diffuso nelle aree pianeggianti del Paese e lungo le coste, dovuto a processi di inurbamento e di urbanizzazione (Sallustio *et al.*, 2020).

L'espansione delle cosiddette "infrastrutture grigie" è più evidente nelle città metropolitane. Nel 2020, oltre 4.600 km² del suolo artificiale italiano erano concentrati nei territori delle 14 città metropolitane, i cui modelli di espansione portano ad una diffusa peri-urbanizzazione, con conseguente incremento di suolo consumato a maggiore distanza dal centro urbano principale (Munafò, 2021).

L'impermeabilizzazione conduce alla perdita irreversibile di suolo e, in particolare, l'urbanizzazione diffusa causa la frammentazione del territorio, una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e semi-naturali e un aumento del loro isolamento, con tutte le conseguenze dovute alla perdita di habitat e quindi di biodiversità. In senso generale, il consumo di suolo riduce o in alcuni casi rischia di azzerare completamente la fornitura di servizi ecosistemici (SE) e rende i territori più vulnerabili ai cambiamenti climatici (Munafò, 2021).

Il rapporto sul consumo di suolo del 2021 rileva come, tra le città metropolitane, Roma sia quella con la maggiore superficie consumata in termini assoluti (quasi 70.000 ettari al 2020 e ulteriori 216 ettari nel 2021; cfr. § *Il livello provinciale*). Il territorio della città metropolitana (CM) di Roma è inoltre molto eterogeneo, grazie alla grande diversificazione delle sue caratteristiche fisiche (condizioni litologiche e geomorfologiche), climatiche, floristiche e vegetazionali, ma anche grazie alla sua diversità culturale che si trova riflessa nelle modalità di interazione e modificazione del paesaggio da parte dell'uomo nel corso del tempo.

La presenza dell'uomo ha sicuramente contribuito da un lato alla creazione di un paesaggio complesso e diversificato dall'altro, l'eccesso di utilizzo ha veicolato le transizioni da sistemi naturali a sistemi artificiali, riducendo l'eterogeneità del territorio, con particolare riferimento alla vegetazione naturale, pur senza eliminarla del tutto.

Una dinamica evidente nelle aree e nei Comuni periferici che svolgono un ruolo essenziale per garantire l'efficienza funzionale ed ecosistemica di tutto il territorio della CM. Intorno al capoluogo, in cui vivono i due terzi degli abitanti della Città Metropolitana e verso cui si concentrano i maggiori flussi di pendolarismo quotidiano per raggiungere i luoghi di lavoro e fruizione dei servizi della Capitale, c'è un hinterland in crescita, in un territorio la cui ruralità è patrimonio prezioso per l'area vasta.

Negli ultimi venti anni la massima intensità di consumo di suolo si è avuta oltre il grande raccordo anulare intorno alle grandi strutture che convogliano e distribuiscono i flussi di merci e persone, dove ora si estendono paesaggi "operazionali" (riconoscibili dalle strutture della viabilità, spesso ridondante e abbandonata, dagli impianti tecnologici e dalle aree di scavo) e superfici produttive (Munafò, 2021). Allontanandosi dal cuore metropolitano di Roma Capitale e dalla sua periferia, si raggiungono le aree interne, ancora lontane dalla dimensione urbana, che costituiscono l'elemento fondante del capitale naturale di una delle più importanti metropoli europee. L'unico strumento che ha finora opposto resistenza al fenomeno della frammentazione della matrice agricola che si estende intorno al cuore della Capitale, e che crea discontinuità rispetto ai Comuni confinanti, è la Rete Ecologica Provinciale (REP), elemento fondamentale del Piano Territoriale Provinciale Generale (PTPG) di quella che era ancora la Provincia di Roma, entrato in vigore il 9 marzo del 2010. La REP è il primo elemento ordinatore dell'assetto insediativo e della riqualificazione ambientale del territorio metropolitano, che riserva ad usi sociali, produttivi compatibili e al tempo libero, una corona di aree verdi che dalle montagne arriva al mare, passando per l'area centrale di Roma, l'alveo del Tevere e dell'Aniene (che costituisce la "componente primaria" della REP) e i due anelli verdi di aree agricole tutelate e parchi rurali (la "componente secondaria").

La matrice agricola che costituisce la "componente secondaria" è fondamentale da un punto di vista strategico, poiché svolge una funzione di connessione ecologica, sia in termini funzionali, sia di paesaggio, tra tutti gli elementi della REP e il sistema insediativo e agricolo.

Il PTPG è considerabile come uno strumento anticipatore delle modifiche attuate dalla legge Delrio (7 aprile 2014, n. 56), definendo l'obiettivo generale di "Costruire il territorio dell'area metropolitana". Il PTPG è uno strumento tuttora valido, ma grazie alla disponibilità delle mappe di uso/copertura del suolo più dettagliate del Programma europeo Copernicus, può essere aggiornato in alcune parti.

Nel 2020 è stato stipulato un accordo di collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria Civile e ambientale dell'Università degli Studi La Sapienza (DICEA) e la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC) - Dipartimento VI - Servizio 1 "Pianificazione Territoriale e della mobilità, generale e di settore. Urbanistica e attuazione del PTPG". L'accordo, in coerenza e continuità con il percorso istituzionale che ha portato alla redazione del Documento preliminare del Piano Strategico Metropolitan (PSM) (approvato con decreto del vice sindaco metropolitano n. 99 del 01.09.2020), ha sostenuto studi e ricerche orientati alla conoscenza e valorizzazione del territorio, volti da una parte ad integrare e potenziare i contenuti del PTPG vigente sui temi della tutela e valorizzazione del territorio rurale, dello sviluppo insediativo, della riorganizzazione territoriale e dello sviluppo locale delle periferie, dall'altra, a supportare la programmazione di politiche e azioni in materia di sostenibilità ambientale, resilienza, contrasto agli effetti dei cambiamenti climatici a livello di area vasta e governo del territorio.

Il gruppo di lavoro dell'Università degli Studi del Molise, supportato da ISPRA, ha collaborato all'accordo nell'ambito dell'"Asse 4". Sostenibilità ambientale, cambiamento climatico e governo del territorio", con una specifica attenzione verso i temi delle reti ecologiche, delle funzionalità ecosistemiche e della mappatura dei servizi ecosistemici.

Partendo dalle banche dati Urban Atlas (UA), che rappresentano la componente locale di Land Monitoring del programma Copernicus, pubblicate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EC, 2011), sono stati realizzati una serie di strati informativi allo scopo di:

i) monitorare l'evoluzione del consumo di suolo a scala metropolitana, attraverso l'analisi del trend della copertura e dell'uso del suolo;

ii) armonizzare a livello topologico e tassonomico le categorie della REP del 2010 con il dettaglio del dato Copernicus al 2018;

iii) analizzare l'effetto cumulativo della sostituzione e frammentazione degli habitat causata dal consumo di suolo, mappando i principali SE di fornitura e regolazione;

iv) mappare i principali disservizi legati al consumo di suolo/impermeabilizzazione;

v) classificare le aree agricole di particolare "pregio" da un punto di vista ambientale, della capacità d'uso dei suoli e della produzione agricola all'interno del territorio della CMRC.

Il progetto UA fornisce informazioni di copertura/uso del suolo per agglomerati urbani europei, le Functional Urban Areas (FUA) definite Large Urban Zone (secondo la definizione di Urban Audit). I principali datasets sono: Urban Atlas 2006, Urban Atlas 2012, Urban Atlas 2018, i datasets relativi ai cambiamenti 2006-2012 e 2012-2018 e i prodotti Street Tree Layer 2012 e Street Tree Layer 2018. A livello europeo il dato del 2006 comprende 319 FUAs (aree con più di 100.000 abitanti), quello del 2012 comprende 785 FUAs (aree con più di 50.000 abitanti), mentre quello del 2018 è costituito da 788 FUAs⁹⁴. Per CMRC sono disponibili le cartografie UA per tre date: 2006, 2012 e 2018.

Il prodotto finale deriva dall'uso combinato di dati satellitari ad altissima risoluzione e di dati cartografici ausiliari (come ortofoto e carte tecniche regionali) e consiste in una carta di uso del suolo (CUS) in formato vettoriale in scala 1:10.000, con nomenclatura del tipo Corine Land Cover approfondita al 4° livello per le classi artificiali e al 2° livello per le classi naturali, per un totale di 27 classi di copertura e uso del suolo, distribuite tra 5 gruppi tematici:

1. Artificial surfaces
2. Agricultural areas
3. Natural and (semi-)natural areas

⁹⁴ <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/local-component>

4. Wetlands

5. Water

Il tessuto urbano è classificato sulla base della densità del suolo impermeabilizzato, mentre altre classi di aree artificiali riguardano l'edificato disperso, le aree produttive, commerciali o militari, le infrastrutture, il verde urbano, le attrezzature (Iovino, 2014).

Dalla produzione del dataset del 2012 in poi la nomenclatura identifica 17 classi urbane con unità cartografica minima di 0,25 ha e 10 classi rurali con unità cartografica minima di 1 ha. Le mappe vengono aggiornate ogni 6 anni.

Per CM, le tre banche dati UA attualmente disponibili sono state integrate con i dati della carta di uso del suolo (CUS) della Regione Lazio (al 2010 e con i cambiamenti al 2016) per quanto riguarda la classe 3.1 Forest, ampliandone il dettaglio tematico e producendo tre cartografie "ibride" con accuratezza di 0,25 ha. Esse sono state impiegate per analizzare i cambiamenti di uso/copertura del suolo e la mappa al 2018, trasformata in dato raster (con 10 m di risoluzione del pixel), è stata utilizzata come input in InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs, Natural Capital Project) (Sharp *et al.*, 2018) per la valutazione spazialmente esplicita dei SE.

La metodologia per la valutazione dei SE segue quella applicata per il rapporto sul consumo di suolo (AA.VV., 2018). In particolare, per CM sono stati analizzati quattro servizi: 1) stoccaggio di carbonio (t/ha); 2) produzione agricola (q/ha); 3) disponibilità di impollinatori (indice da 0 a 1) (tool InVEST 3.3.0 Crop pollination) e 4) qualità degli habitat (Habitat Quality – HQ) (indice da 0 a 1) con il corrispondente degrado degli stessi (Habitat Degradation – HD) (entrambi output dello specifico tool InVEST 3.3.0 Habitat Quality).

Mentre HQ è un indice a cui può essere ricondotta la capacità di un dato uso del suolo di ospitare biodiversità in un singolo pixel, HD fornisce un'indicazione quantitativa dell'impatto cumulativo legato alle diverse fonti di minaccia e pressione di origine per lo più antropica presenti in un determinato territorio (Sallustio *et al.*, 2020).

Per classificare le aree agricole di "pregio" (AA di P) è stato applicato un approccio multi-criteriale su base raster (con risoluzione del pixel di 10 m) in Idrisi Selva (Eastman, 2012).

Sono stati selezionati sei fattori come proxy per individuare il valore ambientale più elevato, la migliore capacità d'uso dei suoli agricoli e i più elevati valori quantitativi ed economici della produzione agricola, assumendo che per ogni pixel tanto più elevato è il valore cumulativo dei diversi fattori, tanto maggiore sarà il valore ecologico e funzionale dello stesso (Figura 216).

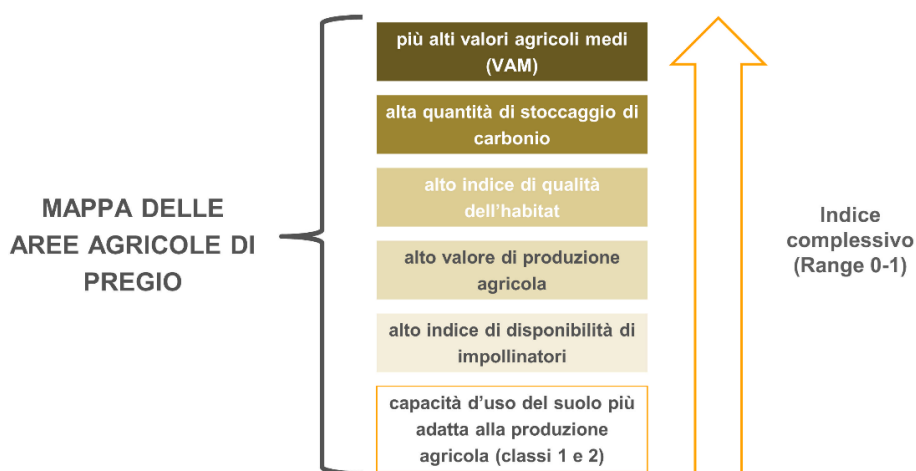


Figura 216. Fattori selezionati per realizzare la mappa delle aree agricole di pregio di CMRC

Per il valore ambientale sono state utilizzate le mappe dei SE di stoccaggio di carbonio, di disponibilità di impollinatori, di HQ e di produzione agricola.

Tra i suoli agricoli a capacità d'uso più elevata sono stati selezionati quelli appartenenti alla I e alla II classe della Carta dei Suoli del Lazio, dato vettoriale in scala 1:100.000 pubblicato da ARSIAL (Napoli, *et al.*, a cura di, 2019). Queste classi identificano in generale suoli agricoli pianeggianti o in leggera pendenza, adatti ad ospitare diverse colture e con scarse o poche limitazioni d'uso (Napoli, *et al.*, 2019).

Il valore economico delle aree agricole è stato mappato applicando la metodologia utilizzata da ISPRA nel rapporto sul consumo di suolo (AA.VV., 2018), la cui valutazione economica è stata condotta utilizzando la metodologia proposta da Sallustio *et al.*, 2018.

Essa si appoggia ai valori economici dell'Agenzia delle Entrate, i Valori Agricoli Medi (VAM), determinati dalla Commissione Provinciale Espropri e pubblicati ufficialmente sui Bollettini Ufficiali Regionali, con la principale finalità delle procedure di espropriazione per pubblica utilità delle aree non edificabili. I valori sono espressi in euro per ettaro (€/ha) e sono forniti per regioni agrarie (RA), livello territoriale utilizzato dall'ISTAT per l'acquisizione di dati statistici ed economici in campo agricolo (ISTAT, 2005, AA.VV, 2018). Il territorio di CMRC ricade in tredici RA (Tabella 139).

Tabella 139. Regioni Agrarie di CMRC

Regioni Agrarie (ISTAT, 2005)
Alto Aniene
Montagna nord-occidentale dei Lepini
Colline dei Sabatini
Colline del basso Tevere
Colline della Sabina meridionale
Colline dei Tiburtini
Colline di Palestrina
Colline del Sacco
Colline litoranee della Tolfa
Colline litoranee dei Colli Albani
Pianura dell'Arrone (xxx, xxxiii, xxxv, xxxviii, xxxix, xl-xlix, xlv)
Porto e Maccarese (xxvii, xxviii, xxix, xxxii, xxxiv e Fiumicino)
Pianura di Anzio e Nettuno

Le tipologie colturali presenti nelle tabelle dei VAM sono state aggregate e associate alle diverse classi di uso/copertura del suolo della mappa vettoriale UA ibrida al 2018, cercando la migliore corrispondenza tra le classi VAM (alcune volte mediandone i valori) e quelle UA di Tabella 140.

Tabella 140. Classi UA a cui sono stati aggregati i VAM

Classi UA
21000-Arable land (annual crops)
22000-Permanent crops (vineyards, fruit trees, olive groves)
23000-Pastures
24000-Complex and mixed cultivation patterns
32000-Herbaceous vegetation associations (natural grassland, moors...)

A ciascuna delle classi di uso/copertura del suolo e per ciascuna RA è stato possibile associare i valori corrispondenti, ottenendo un risultato in €/ha che rappresenta una proxy per la stima del valore di stock relativo alla risorsa suolo agricolo. La stima è comunque affetta dall'incertezza derivante dalla diversa finalità per cui i VAM sono costruiti (AA.VV, 2018).

Tutti i fattori sono stati quindi normalizzati in un range di valori compresi tra 0 e 1 secondo una funzione lineare monotona in IDRISISelva (Eastman, 2012).

La mappa finale delle aree agricole di "pregio" (AAdiP) periurbane di Figura 217, esprime per ogni pixel un indice di pregio che varia da 0 (assenza di pregio) a 1 (elevato pregio). Il massimo valore dell'indice è pari a 0,92 e il valore medio è pari a 0,17.

Intorno al nucleo di Roma Capitale si distribuiscono in maniera frammentata aree agricole di "pregio alto" di piccole dimensioni (minimo 0.25 ha). L'estensione di queste aree aumenta allontanandosi dagli insediamenti. I valori più elevati dell'indice sono localizzati maggiormente nelle aree pianeggianti (in cui si hanno basse limitazioni di capacità d'uso dei suoli), in prossimità degli alvei fluviali e nelle aree a contatto con aree naturali e semi-naturali (in cui si ha una più elevata qualità ambientale) (Figura 217).

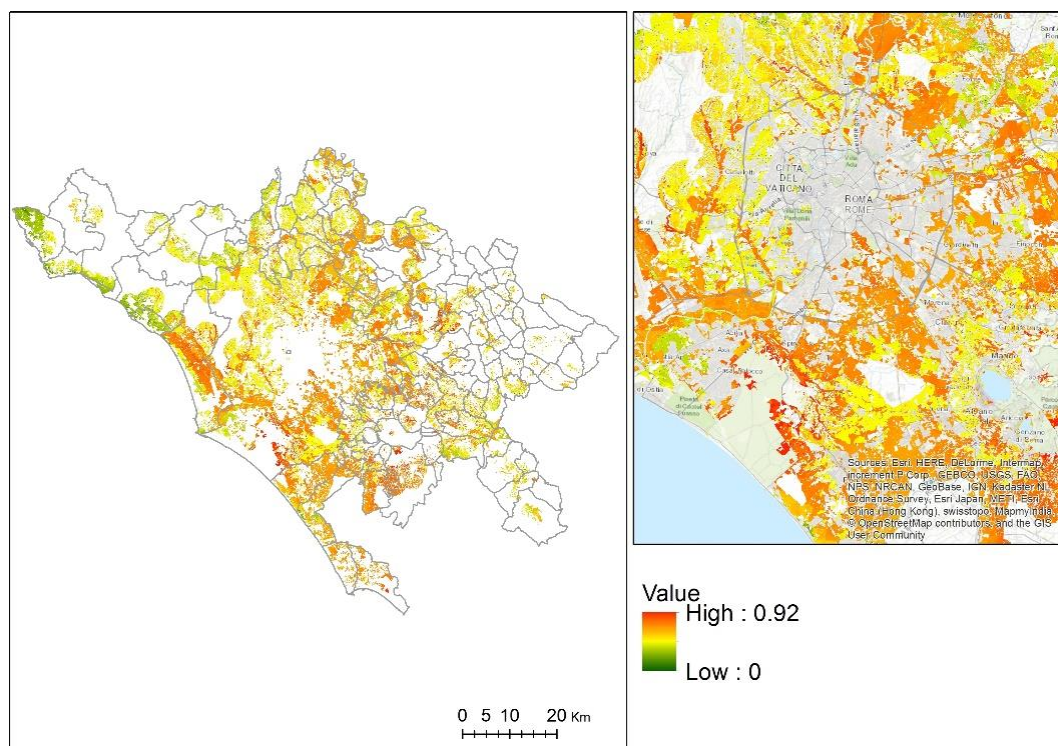


Figura 217. Mappa delle aree agricole periurbane di pregio di CMRC

La mappa delle AAdiP può essere uno strumento di supporto alla realizzazione di diverse azioni attuative del PSM di CMRC, in particolare quelle del Cluster I: Risorse Naturali, Agricoltura e Ambiente, Bio-Economy e Cibo, e del Cluster II: Clima, Energia e Mobilità, consentendo di individuare ambiti agricoli da tutelare e preservare da qualsiasi alterazione e modificazione. Parallelamente, e utilizzata in combinazione con la mappa di HD, la mappa delle AAdiP rappresenta un elemento di supporto all'individuazione di ambiti di minor pregio dove proporre interventi basati sulle cosiddette Nature Based Solutions finalizzati al ripristino e al recupero ambientale. Interventi che possono essere di vario genere, passando dalla costituzione di nuove aree forestali all'adozione di tetti verdi ed altre soluzioni più facilmente implementabili in contesti edificati. Queste soluzioni sono caratterizzate da differenti rapporti tra costi e benefici che ne consentono l'implementazione in contesti e progettualità differenti e,

a dispetto delle soluzioni “classiche” di tipo ingegneristico, sono in grado di offrire simultaneamente diversi servizi e benefici a favore del benessere umano e della sostenibilità ambientale in ambito urbano e periurbano (Di Pirro *et al.*, 2021a). Nel caso specifico della CMRC, ad esempio, le aree in cui effettuare nuovi impianti sarebbero da individuare preferibilmente tra quelle in cui non sono già presenti infrastrutture verdi (aree “core”, “buffer” e di “connessione primaria” della REP), aree protette e aree forestali, e caratterizzate da un indice di pregio molto basso e un elevato indice di degrado. In questo modo si andrebbe quindi ad agire nell'ottica di mitigare le emergenze negative al fine di migliorare la qualità e funzionalità complessiva del sistema territoriale di cui la REP rappresenta l'ossatura principale ma non esclusiva ed esaustiva.

La disponibilità di indici aggregati spazialmente espliciti e ad alta risoluzione rappresenta un elemento fondamentale di supporto alla pianificazione territoriale di area vasta quale elemento di raccordo tra le linee guida e politiche a scala nazionale, come ad esempio quelle contenute all'interno della Strategia Nazionale per il Verde Urbano⁹⁵, e la scala di dettaglio rappresentata dai piani e progetti implementati a scala delle singole amministrazioni. È importante sottolineare, infatti, che se la costruzione di politiche nazionali efficienti basate su evidenze rappresenta oggi l'elemento di razionalizzazione ed efficientamento dello sforzo pubblico nel migliorare la sostenibilità ambientale e sociale in contesti urbani e periurbani (Di Pirro *et al.*, 2022b), è proprio la scala intermedia rappresentata da ambiti territoriali come le Città Metropolitane a fornire il campo ideale di sperimentazione per interventi coordinati tra loro e diffusi nello spazio che permettano il ripristino e potenziamento delle reti

ecologiche esistenti secondo una logica razionale e funzionale. In tale ottica, il presente studio offre spunti metodologici e un approccio innovativo basato sull'overlay di informazioni di base in grado di guidare in maniera efficace i piani e progetti dei prossimi anni. In tal senso, il possibile potenziamento della REP proposto in questo studio non va inteso come mero aumento dei beni e servizi offerti dalle infrastrutture verdi, bensì va inquadrato in una logica funzionale territoriale più estesa ed olistica per cui la rete ecologica stessa, oltre ad offrire beni e servizi, può svolgere - di per sé - anche un freno ai processi insediativi diffusi e frammentati alla base del degrado ecologico direttamente e indirettamente riconducibile al consumo di suolo, in perfetta sintonia quindi con quanto già chiaramente indicato all'interno della stessa Strategia Nazionale per il Verde Urbano e successivamente ripreso nell'ambito di documenti strategici collegati.

⁹⁵ https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf

L'IMPATTO DELLE ENERGIE RINNOVABILI SUL CONSUMO DI SUOLO

Contributo a cura di *Annamaria Telesca (Scuola di Ingegneria, Università degli studi della Basilicata)*, *Lucia Saganeiti (DICEAA, Università dell'Aquila)*, *Beniamino Murgante (Scuola di Ingegneria, Università degli studi della Basilicata)*

Negli ultimi anni, lo sviluppo insediativo è sempre più caratterizzato da nuove componenti antropiche, sviluppatesi in seguito al grande impulso del settore energetico che ha portato alla diffusione sul territorio nazionale di impianti per la produzione di energia rinnovabile. Dal Rapporto del 2022 sull'economia circolare realizzato dal Circularity economy network in collaborazione con ENEA, emerge, in contrapposizione alla good performance riguardante i consumi di energia da combustibili fossili e da rinnovabili, la bad performance riguardante il consumo di suolo e la eco-innovazione. Positiva, quindi la quota italiana di consumo di energia da combustibili fossili che, nel 2019, è stata del 64,2%, maggiore della media europea; negativo il risultato sulla copertura artificiale dei suoli, pari al 7,1% del territorio totale (anno di riferimento 2018) che risulta superiore alla media europea (4,2%) e negativo, inoltre, il dato riguardante gli investimenti in progetti di eco-innovazione che nel 2021, fanno posizionare l'Italia solamente tredicesima rispetto alle altre nazioni europee (Munafò 2020; Leoni *et al.* 2022).

Se da un lato, quindi, con l'obiettivo di raggiungere una transizione energetica totale, si tende a proporre politiche volte allo sviluppo di tecnologie per la produzione di energia pulita, dall'altro si trascura l'effetto (non secondario) che queste hanno sul territorio, sugli habitat naturali e sul paesaggio in generale.

Caso particolare, a tal riguardo, è quello della regione Basilicata che, dagli anni 70 registra un trend di crescita disaccoppiata tra componente insediativa e demografica. Il consumo di suolo in Basilicata è dovuto, all'espansione delle aree urbane, alla trasformazione delle aree rurali e all'utilizzo di terreni agricoli per la produzione di energia rinnovabile attraverso l'installazione di impianti fotovoltaici e di numerosi impianti per la produzione di energia eolica. Il fenomeno è reso ancor più grave dalla disposizione degli elementi sul territorio che generano un effetto denominato urban sprinkling ossia una dinamica di trasformazione territoriale caratterizzata dalla presenza di numerosi insediamenti antropici di piccole dimensioni disposti in maniera disordinata e diffusa nel territorio (Romano *et al.* 2017).

In questo contributo sarà valutata la frammentazione territoriale causata dalla rete infrastrutturale dei trasporti, dal 2006 al 2018, nel territorio della regione Basilicata in seguito all'installazione di numerosi impianti per la produzione di energia eolica. Confermando che nei primi anni '90 la frammentazione territoriale è stata causata principalmente dalla costruzione di nuove infrastrutture stradali a servizio di aree e nuovi insediamenti urbani (Saganeiti *et al.* 2018a; Scorza *et al.* 2020b), l'ipotesi alla base di questo contributo è che nell'ultimo decennio, la costruzione di nuove infrastrutture stradali sia da ricondurre principalmente ad una nuova componente del sistema insediativo riguardante le installazioni di impianti di energia rinnovabile. In diversi studi (Saganeiti *et al.* 2020b; Scorza *et al.* 2020a, b) si è evidenziato come, nel territorio in esame, rispetto agli anni '90, ci sia stata un'inversione di tendenza tra la quantità di suolo consumato per la costruzione di nuovi edifici ad uso residenziale, industriale e per attività del settore terziario e la quantità di suolo consumato per dare spazio alle "nuove" tecnologie per la produzione di energia pulita (eolica, solare, idraulica etc.). Secondo il report GSE 2020-2022, la regione Basilicata detiene il più alto numero di turbine eoliche, primato che non rispecchia invece la potenza installata. Rapportando il numero di impianti eolici e la potenza installata totale deriva che la Basilicata si discosta dalla media nazionale di 1,01 MW/pala (media nazionale: 1,93 MW/pala, regione Basilicata: 0,91 MW/pala, regione Abruzzo - con il valore della media più alto - 5,99 MW/pala).

Si vuole quindi indagare quanto abbia influito l'installazione di numerosi impianti di energia rinnovabile sulle altre componenti naturali e antropiche del sistema insediativo con l'obiettivo di evidenziare che l'aumento dell'indice di frammentazione da infrastrutture verificatosi nell'ultimo decennio, sia attribuibile all'installazione di nuove turbine eoliche.

La frammentazione dovuta alla mobilità e alle infrastrutture di trasporto porta alla suddivisione del paesaggio in frammenti più piccoli, con effetti diretti sul consumo di suolo e sui servizi ecosistemici tra cui: la perdita di habitat naturali, la mortalità e/o l'isolamento di specie animali e vegetali (Geneletti 2003; Kabisch *et al.* 2016). Infatti,

insieme alle altre componenti del sistema insediativo, le infrastrutture di trasporto stanno trasformando i paesaggi europei in frammenti sempre più piccoli, con conseguenze potenzialmente devastanti per la flora e la fauna del continente (EEA 2011). In questo contributo, la frammentazione del paesaggio causata dalle infrastrutture stradali sarà valutata attraverso l'Indice di Frammentazione infrastrutturale (IFI) (Corridore and Romano 2004; Romano and Zullo 2015; Bruschi *et al.* 2015; De Montis *et al.* 2017). L'indice IFI definisce l'estensione del sistema di mobilità multimodale, comprendente tutti i tipi di strade e la rete ferroviaria, in relazione a una unità territoriale presa come riferimento. L'indice IFI sarà calcolato con riferimento a una griglia regolare di 1 chilometro quadrato per due sezioni temporali: il 2006 e il 2018. L'indice è formulato a partire dalla densità infrastrutturale a cui viene aggiunto un coefficiente di occlusione dipendente dalla tipologia di strada. L'indice IFI può essere implementato in diversi modi e, a seconda del metodo di calcolo dell'indice di occlusività ecosistemica, è possibile ottenere la pesatura delle lunghezze dei segmenti infrastrutturali calibrata sul loro carattere di occlusività. I valori dei coefficienti di occlusione sono stati definiti sulla base di una valutazione comparativa per le diverse tipologie di infrastrutture partendo da quelli stabiliti da Romano e Zullo (2015). L'indice IFI ha valori maggiori in funzione della lunghezza dei tratti stradali e di conseguenza dell'occlusione ecosistemica nella superficie territoriale di riferimento. Ne consegue che valori maggiori dell'indice corrisponderanno a valori maggiori del grado di frammentazione territoriale.

L'indice IFI restituisce un valore per ogni cella della griglia che è esprimibile in grado di frammentazione territoriale. In generale, considerando una sezione temporale di n anni da t_0 a t_1 , all'aumentare dell'indice IFI dal tempo t_0 al tempo t_1 , aumenta il grado di frammentazione territoriale. La variazione dell'indice IFI non può che essere

positiva, poiché la costruzione di nuove infrastrutture stradali lineari non può che andare ad incrementare il grado di frammentazione territoriale in una determinata superficie territoriale. Solamente la rimozione totale dell'infrastruttura stradale esistente (evento di estrema rarità) comporterebbe una riduzione dell'indice IFI.

Il dataset riguardante la viabilità è stato costruito mediante un'analisi spazio-temporale delle infrastrutture stradali incrociando i dati della carta tecnica regionale (CTR) con il rilievo tramite confronto visivo da ortofoto di sezioni temporali precedenti e successive a quelle della CTR. Sulla base del dataset CTR del 2013 si sono sviluppati i rilievi delle infrastrutture stradali alle date: 2006 e 2018.

La Figura 218 riporta i principali risultati dell'analisi effettuata: in alto a sinistra la mappa della distribuzione spaziale dell'indice IFI all'anno 2018 in un range di valori compreso tra basso ed alto; sulla destra, invece è riportata la mappa di sovrapposizione tra la variazione percentuale dell'indice IFI tra il 2006 e il 2018 e la mappa di densità della localizzazione degli impianti per la produzione di energia eolica riferita all'anno 2018. Le aree con l'indice IFI più elevato, ossia quelle più frammentate, all'anno 2018, corrispondono nello specifico: alle aree circostanti le due città capoluogo di provincia, Matera e Potenza (Figura 218 cfr n.1 e n. 2); al comune di Melfi, il cui sviluppo economico è guidato principalmente dal settore industriale e il cui territorio, negli ultimi anni, ha visto sottrarre gran parte dei suoi terreni a vocazione agricola per la costruzione di nuove infrastrutture viarie a servizio degli impianti per la produzione di energia eolica (Figura 218 cfr n.1 e n. 4); la costa ionica che è stata interessata, già dagli inizi degli anni '90, da grandi trasformazioni territoriali dovute dalla forte spinta del settore terziario riguardante nello specifico l'agricoltura e il turismo (Figura 218 cfr n.1 e n. 3).

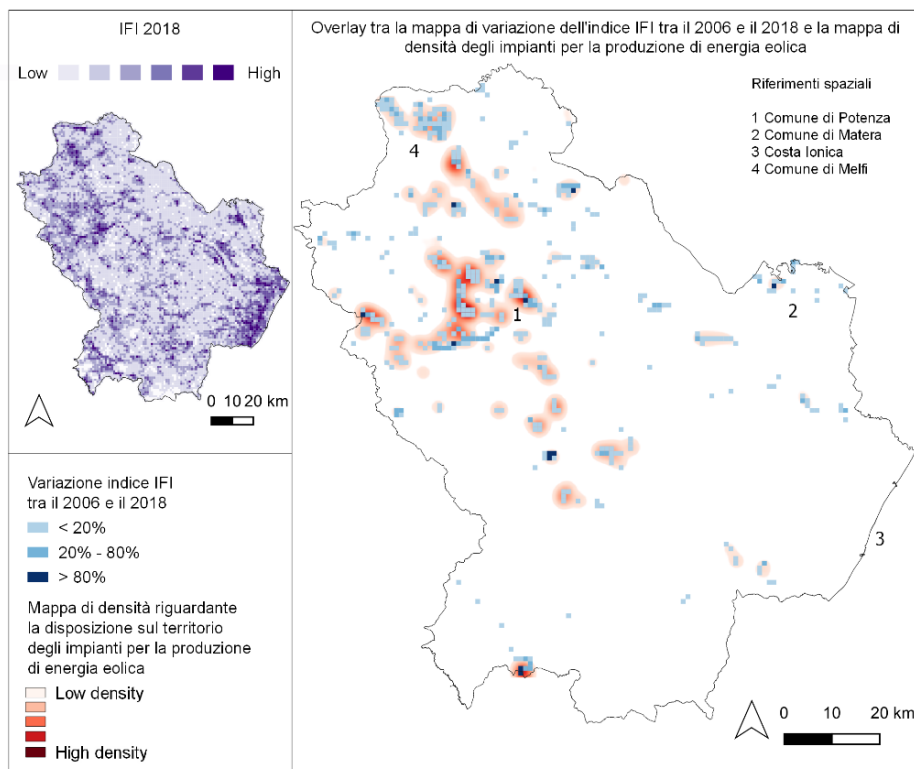


Figura 218. In alto a sinistra la mappa dell'indice IFI calcolato per l'anno 2018, sulla destra l'overlay tra la variazione percentuale dell'indice IFI tra il 2006 e il 2018 e la mappa di densità della disposizione degli impianti per la produzione di energia eolica nella regione Basilicata

La crono sezione 2006-2018 è significativa per analizzare il fenomeno della frammentazione da infrastrutture in relazione all'installazione di impianti di energia eolica. L'anno 2006, infatti, è indicativo del periodo in cui è iniziata l'installazione di questi impianti eolici, che nella regione Basilicata hanno avuto una crescita smisurata in numero. Il dato riguardante gli impianti eolici deriva da precedenti ricerche nelle quali sono stati integrati i dati del GSE con rilievi puntuali (Saganeiti *et al.* 2019a, 2020b). Dalla mappa in Figura 218 si può notare, come, in prossimità del maggior numero di turbine eoliche (densità più alta), il grado di frammentazione causato dalle infrastrutture viarie sia aumentato tra il 2006 e il 2018. Solo poche celle che subiscono variazione dell'IFI non sono posizionate in prossimità degli impianti eolici.

Il grafico in Figura 219 riporta la relazione tra il numero di impianti eolici per ogni cella di 1 km² all'anno 2018 (asse y) e la variazione percentuale dell'indice IFI tra il 2006 e il 2018 (asse x). Seppur con una significatività molto bassa, esiste una relazione lineare tra le due variabili secondo la quale all'aumentare del numero di impianti eolici in una cella aumenta il grado di frammentazione causato da infrastrutture viarie nella stessa cella. Il basso valore dell'R² è espressione soprattutto del fatto che si sta analizzando un fenomeno complesso ossia quello delle trasformazioni territoriali in cui entrano in gioco tante altre esternalità come: le trasformazioni dei suoli per la realizzazione di edifici adibiti ai diversi usi, la necessità di realizzare poli industriali e per attività produttive, gli strumenti di governance territoriali stessi e per ultimi, ma non trascurabili, le scelte soggettive dei vari individui che vivono quel territorio.

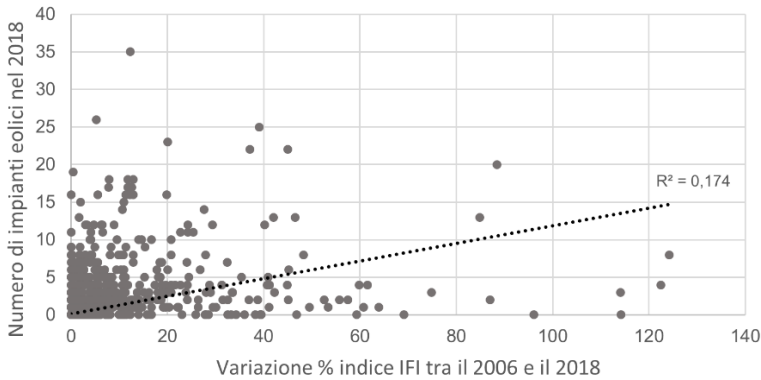


Figura 219. Grafico della relazione tra la variazione dell'indice IFI tra il 2006 e il 2018 e il numero di impianti eolici presenti in ogni cella di 1 km² all'anno 2018

I comuni con il maggior numero di impianti eolici hanno subito variazioni elevate o almeno medie rispetto alla frammentazione causata dalle infrastrutture. Ad esempio, nel territorio comunale di Potenza e nel suo intorno, a fronte di un elevato numero di turbine eoliche installate (il più grande di tutta la regione Basilicata, 297 all'anno 2018, Saganeiti *et al.* 2019b), si registra un aumento del grado di frammentazione causato dalle infrastrutture.

L'evoluzione insediativa della regione Basilicata è stata analizzata in diverse ricerche (Saganeiti *et al.* 2018b, 2020a, b; Scorza *et al.* 2020b) al fine di comprendere la forma e la struttura dell'intero sistema insediativo del territorio che risulta estremamente frammentato e caratterizzato da una conformazione dispersa e a bassa densità degli insediamenti urbani, nota come fenomeno di urban sprinkling (Romano *et al.* 2017). Da circa un decennio, gli impianti eolici sono entrati a far parte del sistema territoriale e dal momento che, oltre a produrre energia pulita, occupano suolo (seppur in maniera limitata) sono da considerarsi come un ulteriore componente del sistema insediativo (oltre a edifici e infrastrutture viarie). Come è emerso dai risultati di questo contributo, se pur non direttamente, gli impianti eolici producono frammentazione del paesaggio e degli habitat naturali a causa della realizzazione della viabilità tecnica di servizio per l'accesso agli impianti, infatti, tra il 2006 e il 2018 sono state costruite diverse infrastrutture stradali a servizio di nuovi impianti di energia rinnovabile. Nell'attuale pianificazione

territoriale, gli impianti di fonti di energia rinnovabili non sono considerati una componente di trasformazione territoriale e pertanto, la loro distribuzione spaziale - a meno dei grandi parchi eolici - è avvenuta senza alcun regime preciso o progettazione spaziale definita. Oggi, nuove politiche per affrontare le sfide poste dalle strategie volte ad una totale transizione energetica del territorio nazionale (e non solo), sono quanto più urgenti e il rischio è quello di considerare favorevoli dei fattori a scapito di altri come, ad esempio, favorire incentivi per la produzione di energia pulita senza nessuna strategia atta a contenere il consumo di suolo che l'implementazione di queste strategie comporta. Le politiche settoriali producono, infatti, dei rapidi cambiamenti nelle categorie di antropizzazione a cui gli strumenti di pianificazione tradizionali e le leggi urbanistiche non sono più in grado di rispondere perché obsolete e non adatte a supportare il processo decisionale verso uno scenario di sviluppo efficace e sostenibile. Limitare l'impermeabilizzazione del suolo e fermare il consumo di suolo significa bloccare la conversione di terreni naturali o seminaturali in artificiali. Le politiche nazionali e regionali hanno il compito di limitare, o meglio fermare, i fenomeni di espansione urbana incontrollata, che causano una frammentazione del paesaggio urbano e rurale incoraggiando il riutilizzo di aree già edificate, come le aree dismesse, nell'ambito di strategie di rigenerazione urbana il cui obiettivo è limitare l'impermeabilizzazione del suolo.

IL CONSUMO MARGINALE DI SUOLO E LE CRITICITÀ DELLE POLITICHE DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Contributo a cura di *Paolo Pileri (DASU, Politecnico di Milano)*

Il consumo marginale di suolo è un indicatore di efficienza che ben rappresenta il modo responsabile di trasformare il territorio. I comuni con valori positivi di consumo marginale di suolo ($C_{marg}>0$) rappresentano i casi in cui il suolo è stato consumato avendo alle spalle un aumento di abitanti che ne 'giustificava' almeno in via teorica il consumo. Al polo opposto ci sono i comuni con valori negativi ($C_{marg}<0$), consumatori a fronte di una diminuzione della popolazione. Infine, i comuni con valore nullo dell'indicatore ($C_{marg}=0$) che sono verosimilmente i più virtuosi in quanto non hanno consumato suolo pur avendo registrato un aumento della popolazione che, probabilmente, si sarà collocata nella quota di alloggi già presenti e non utilizzati. Nel seguito sono offerte due letture diverse. Una che considera la comparazione tra due intervalli di tempo ampi (2012-2016 e 2016-2021) e l'altra che compara l'ultimo biennio disponibile, 2020-2021, con il penultimo, 2019-2020, e che offre una interpretazione istantanea e, anche, più in grado di dare interpretazioni anche relative alla anomalia del periodo pandemico attraversato. I comuni che hanno avuto una variazione demografica nulla nei periodi analizzati non sono inclusi nella statistica in quanto l'indice non è calcolabile.

Numero di comuni e consumo marginale di suolo. Periodi 2012-2016 e 2016-2021

L'insieme dei comuni 'virtuosi' con $C_{marg}=0$ si è rimpicciolito del 5,2% (da 817 a 774 comuni; Tabella 141). Più

ancora sono diminuiti i comuni con consumo marginale di suolo positivo: -32%, da 2.399 a 1.631. Infine, ed è il dato negativo più grave, nel periodo 2016-2021 si registra un aumento consistente, del 17,4% (+808 unità), dei comuni più inefficienti ($C_{marg}<0$) che hanno consumato suolo nonostante la domanda demografica teorica diminuisse (Figura 220). Ma è la diversa numerosità dei singoli gruppi a preoccupare. Il numero dei comuni inefficienti è infatti 3,3 volte più numeroso dei comuni con consumo marginale positivo e questo è un dato di grandissimo allarme, ancor più acuto se pensiamo che buona parte di questo peggioramento è avvenuto in epoca pandemica. Significa che le unità decisionali locali che fanno scelte inefficienti sono di gran lunga più numerose e quindi più difficilmente controllabili e correggibili. Questo dato conferma l'urgenza di una riforma che sia in grado di ridurre la deregolamentazione locale e la relativa frammentazione decisionale amministrativa. Se aumenta il numero di comuni inefficienti, la preoccupazione è che il suolo sia ancora visto in termini speculativi a scapito della dimensione ecosistemica che non risulta ancora compresa e rispettata. Il governo del territorio ne esce più debole e conferma una preoccupante dose di inadeguatezza nel gestire le sfide ambientali. È assai possibile che le poche leggi regionali contro il consumo di suolo non stiano dando i risultati attesi, men che meno nel campo largo dei piccoli e medi comuni.

Tabella 141. Numero comuni suddivisi per classi demografiche e categoria di consumo marginale di suolo

Classi demografiche comuni	2012-2016			2016-2021		
	$C_{marg} >0$	$C_{marg} <0$	$C_{marg}=0$	$C_{marg} >0$	$C_{marg} <0$	$C_{marg}=0$
0-500	123	379	377	88	437	349
500-2000	512	1754	358	335	1924	364
2000-5000	628	1300	66	416	1529	53
5000-10000	497	653	12	342	811	8
10000-25000	441	369	4	319	495	0
25000-50000	125	124	0	84	165	0
50000-100000	46	52	0	29	69	0
>100000	27	17	0	18	26	0
Totale comuni	2399	4648	817	1631	5456	774
		7864			7861	

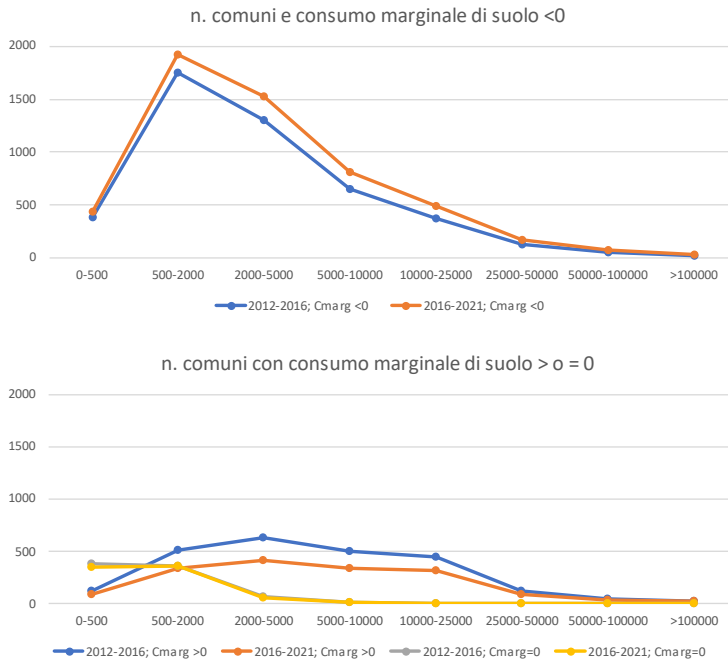


Figura 220. Andamento del numero di comuni a seconda della categoria di consumo di suolo marginale di appartenenza e per classi demografiche di comuni. Periodo 2012-2021

Consumo marginale di suolo: valori medi comunali. Periodi 2012-2016 e 2016-2021

Il valore medio comunale nei comuni con $C_{marginale} > 0$ si è innalzato tra i due periodi esaminati passando dai 682 m^2/ab_{new} del quadriennio 2012-2016 ai 1.089 m^2/ab_{new} del periodo 2016-2021 (Tabella 142). Quindi un +407 m^2/ab_{new} a conferma di una tendenza all'inefficienza anche nei casi con indicatore positivo e nullo. Nel periodo 2016-2021 il valor medio di consumo marginale di suolo risulta peggiorato soprattutto nei comuni sopra i 5.000 abitanti con $C_{marginale} > 0$ (Figura 221 grafico in basso), mentre sono più inefficienti rispetto al periodo 2012-2016 i comuni tra 2.000 e 25.000 ab. e quelli sopra i 50.000 (Figura 221 in alto). Se ne evince che la situazione continua a essere fuori controllo e altalenante tra i diversi periodi, cosa sicuramente amplificata da una frammentazione amministrativa che incide sulla irrazionalità degli

usi del suolo. Le ragioni possono essere molteplici (pressioni locali, pressioni sovralocali, scarsità di personale tecnico, debolezza culturale, mancanza di aggiornamento, fragilità politica, etc.) e andrebbero indagate una ad una al fine di individuare le risposte più appropriate per ridurre l'esposizione al consumo di suolo.

I valori medi comunali dell'indicatore $C_{marginale} \geq 0$ si mantengono elevati: tra i 700 e gli 1.000 m^2/ab_{new} , valori che crescono (tra 900 e 1.200) nel sottoinsieme dei comuni solo con $C_{marginale} > 0$ (valori asteriscati in Tabella 142).

Osservando i dati riportati in Tabella 142 e in Figura 221, si nota altresì che i valori medi comunali dell'indicatore $C_{marginale} < 0$ sono tendenzialmente più alti nei medi-grandi comuni rispetto al resto. Questa tendenza si è parzialmente attenuata nel periodo 2016-2021 per i comuni fino a 25.000 abitanti, ma è peggiorata di molto per il gruppo di comuni tra 25.000 e 50.000 ab.

Tabella 142. Media comunale di consumo marginale di suolo (m^2/ab_{new}), per classi demografiche. L'asterisco (*) indica che i valori riportati sono calcolati solo sulla serie dei comuni che presentano un consumo marginale del suolo >0 , ovvero i valori non tengono conto dei comuni con consumo di suolo marginale nullo

Classi demografiche comuni	2012-2016		2016-2021		2012-2016*	2016-2021*
	C _{marginale} ≥ 0	C _{marginale} < 0	C _{marginale} ≥ 0	C _{marginale} < 0	C _{marginale} > 0	
0-500	412	-637	129	-401	1.676	643
500-2000	700	-377	452	-431	1.189	942
2000-5000	1.154	-552	1.316	-470	1.275	1.484
5000-10000	732	-857	1.987	-668	750	2.033
10000-25000	751	-1.145	1.208	-1.037	758	1.208
25000-50000	660	-1.551	789	-2.309	660	789
50000-100000	661	-483	1.573	-319	661	1.573
>100000	386	-1.135	1.262	-303	386	1.262
Valore medio	682	- 842	1.089	- 742	919	1.242

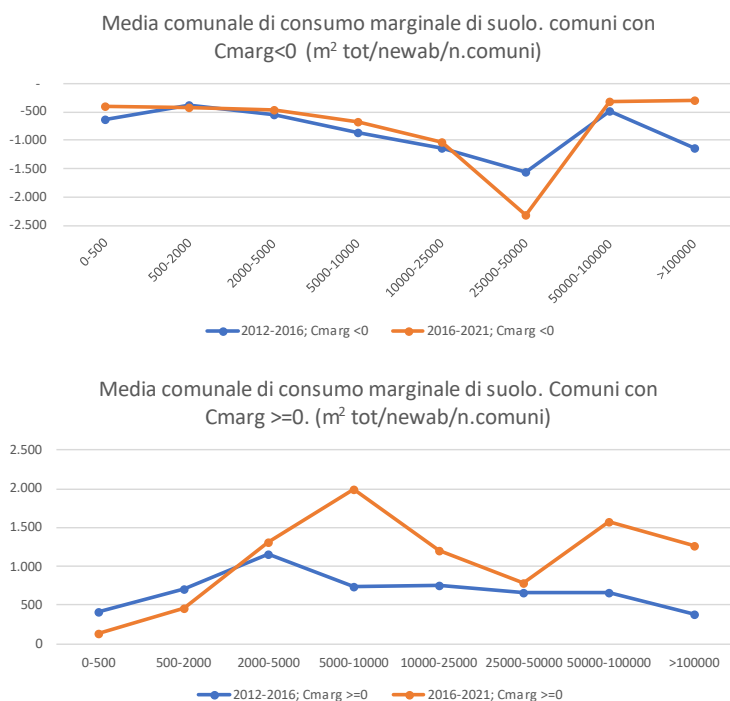


Figura 221. Andamento del valor medio comunale del consumo marginale di suolo per classi demografiche di comuni

Numero di comuni e consumo marginale di suolo. Periodo 2019-2020 e 2020-2021

Il comportamento dell'indicatore consumo marginale di suolo nei due più recenti bienni ci mostra una situazione inaspettata e preoccupante sotto il profilo del comportamento dei comuni. Osservando i grafici di Figura 222 in alto si nota che il numero di comuni con $C_{\text{marg}} > 0$ è leggermente diminuito passando dal biennio 2019-2020 a

quello 2020-2021, ma non così accade nei comuni inefficienti ovvero quelli con $C_{\text{marg}} < 0$ (Figura 222 in basso) dove invece sono aumentati parecchio nella fascia dei comuni più fragili, ovvero quelli tra 500 e 10.000 abitanti. Rimane ancora preoccupante il divario tra il numero dei comuni inefficienti e quelli con $C_{\text{marg}} > 0$: i primi sono circa 2,5 volte più numerosi dei secondi a conferma, ancora una volta, di un sistema urbanistico fragile.

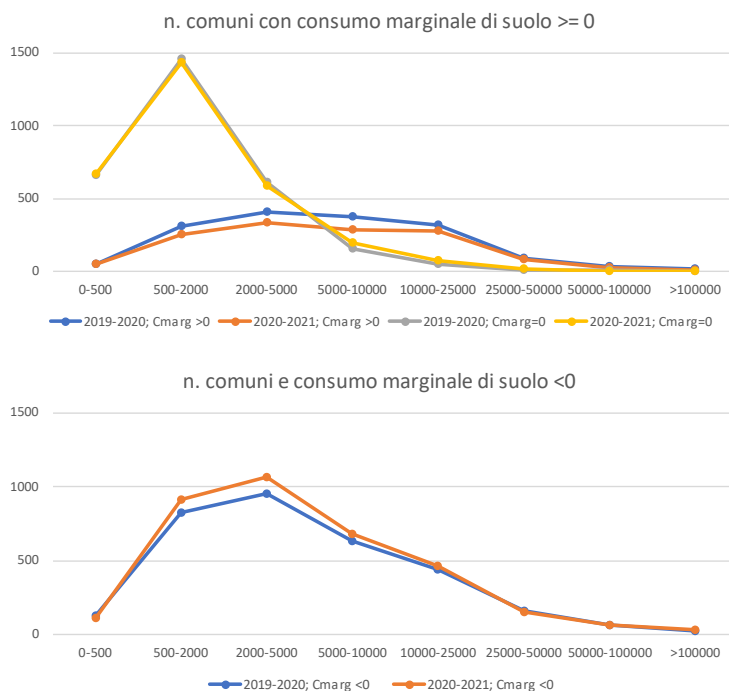


Figura 222. Andamento del numero di comuni a seconda della categoria di consumo di suolo marginale di appartenenza e per classi demografiche di comuni. Periodo 2019-2021

Consumo marginale di suolo: valori medi comunali. Periodo 2019-2020 e 2020-2021

In termini di quantità medie consumate per ogni nuovo abitante insediato, i risultati sono invece più positivi. Il biennio 2020-2021 mostra una riduzione dei valori medi del consumo marginale all'interno della famiglia dei comuni con $C_{\text{marg}} \geq 0$, per i comuni tra i 2.000 e i 10.000 abitanti e oltre i 25.000. Eccezione per i comuni tra 10.000 e 25.000 abitanti che hanno incrementato i valori medi di C_{marg} nel biennio 2020-21 (Figura 223, in alto). Nel campo dei comuni inefficienti, quelli con $C_{\text{marg}} < 0$, si registra una generale contrazione del valore medio dell'indicatore rispetto al biennio 2019-2020, che è interpretabile come una riduzione dell'inefficienza (Figura 223, in basso).

In conclusione, possiamo affermare che se da un lato i valori del consumo marginale di suolo sono ancora preoccupanti al punto che appesantiscono la prestazione del periodo 2016-2021 rispetto al periodo 2012-2016, dall'altro va detto che il biennio 2020-2021 ha registrato un miglioramento dei valori dell'indicatore ovvero un comportamento meno dissipativo dei comuni, forse anche aiutato da un rallentamento delle trasformazioni a causa dei lockdown da pandemia. Altresì questo rallentamento rischia di essere fragile e temporaneo e infatti occorrerà vedere i valori dei prossimi anni per capire se consolidare questo andamento positivo.

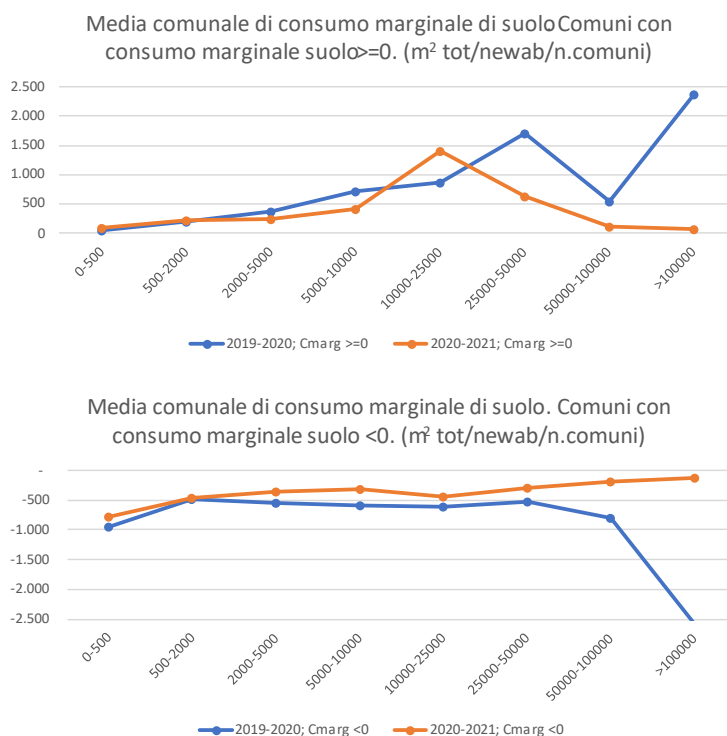


Figura 223. Andamento del valore medio comunale del consumo marginale di suolo per classi demografiche di comuni. Periodo 2019-2021

MODELLI DI RICOMPATTAZIONE URBANA: INDICATORI DI EQUILIBRIO TRA EDIFICATO E VUOTI

Contributo a cura di *Bernardino Romano (Università dell'Aquila)*, *Francesco Zullo (Università dell'Aquila)*, *Camilla Sette (Università dell'Aquila)*, *Cristina Montaldi (Università dell'Aquila)*

Gli obiettivi di contenimento ed inversione del consumo di suolo nei prossimi decenni, in ottemperanza agli indirizzi internazionali quali quelli di Sviluppo Sostenibile (SDGs) definiti nel 2015 dall'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite per il 2030 (Barbier & Burgess, 2017; Leal Filho *et al.*, 2018), oltre alla seppur ridotta attenzione del PNRR, richiedono un adeguamento delle procedure di pianificazione territoriale in atto in Italia, con specifici indirizzi che non potranno fare a meno di una regia di impianto almeno regionale, più vigorosa di quanto non sia ora.

Come molta letteratura specialistica sta già evidenziando il protagonismo comunale esclusivo nelle decisioni trasformative del territorio è chiaramente inappropriato per produrre effetti in tale direzione, per quanto convintamente sostenuto da alcuni influenti settori politici e disciplinari (Cinà, 1996; Cappuccitti, 2006; Fedele e Moini, 2006; Mariano, 2012; Caridi, 2013).

Gli stessi autori di questo contributo hanno ribadito più volte la oggettiva impossibilità per il Paese, allo stato attuale delle norme e della prassi, di poter avere contezza, ovviamente prima che le modificazioni avvengano, di quanto territorio sia esposto ad una potenziale conversione urbana a causa della carenza di quadri di lettura e di interpretazione a scala strategica. Le intenzioni trasformative future sono depositate solo nei piani comunali, fatte salve alcune circostanze virtuose non statisticamente rilevanti, per cui è quello il livello al quale dovrebbero essere estratti i dati relativi. Ciò sarebbe possibile se fossero operativi sistematicamente i mosaici degli strumenti urbanistici comunali (PTM - dispositivi oggi solo facoltativi e privi di uno standard unificante) almeno a livello delle singole regioni (Sferlazza, 2004; Romano *et al.*, 2019; Fiorini *et al.*, 2021), ma ciò non è, appare quindi palese, anche ad un osservatore non specialistico, la difficoltà di misurare prima, valutare e poi rimodulare le previsioni di impegno dei suoli in osservanza di limiti e cut-off imposti o suggeriti da soggetti terzi (quali gli organismi comunitari o, nel caso avvenisse, anche dallo stesso governo nazionale).

È invece, come noto, divenuta molto efficiente la misura ex-post, grazie soprattutto all'attività dell'ISPRA ed alla

disponibilità di tecniche di rilevamento di elevata definizione come quella offerta dal programma Copernicus (<https://land.copernicus.eu/local/coastal-zones>), con elevata periodicità e, come detto, risoluzioni elevatissime che sono la chiave della presa di coscienza per una politica di tutela del suolo (Romano *et al.*, 2022). Si deve constatare come le possibilità di una azione pro-attiva siano molto ampie, soprattutto tecnologicamente se non applicativamente (un dualismo che in Urbanistica rappresenta da sempre uno iato non facilmente saldabile e accordabile) il che è dimostrato anche in questo caso da una produzione scientifica piuttosto cospicua (Besio e Monti, 1999; Murgante, 2008; Zoppi, 2012). Restando sul livello comunale, che, almeno per ora, non sembra superabile in quanto non sono in vista riforme paradigmatiche volte verso questo obiettivo, una delle chiavi di limitazione dell'impegno di suolo per il futuro, anche nell'ambito degli auspicati meccanismi del "bilancio zero", è costituita dalla riduzione sistematica delle aree di pertinenza dei volumi edilizi, a qualsivoglia fine questi siano dedicati (residenza, produzione, etc.).

Infatti, quando si riescono a processare dati di confronto tra sedimi edificati e superfici artificiali/urbanizzate, emerge regolarmente come queste ultime siano molto sovradimensionate rispetto agli involucri edilizi funzionali di cui costituiscono pertinenze accessorie, e come l'indice di relazione (rapporto di copertura) sia diminuito progressivamente nel corso dei decenni. Per dare una risposta efficace agli attuali indirizzi di matrice internazionale e comunitaria di contenimento del consumo di suolo, e di auspicabile inversione del fenomeno, si deve necessariamente chiamare in campo, negli strumenti di pianificazione operativa, un controllo diverso di questo classico parametro urbanistico, appunto il rapporto tra proiezioni edificate e aree pertinenziali (Rc), orientandolo a supporto del progetto urbano in chiave di risparmio di suolo. Ciò dovrebbe valere in tutte le zone omogenee trattate nella pianificazione, con una decisa revisione dei modelli correnti, con particolare riferimento alle zone B, C e D (sensu D.M. 1444/68) previste nei piani, per approdare, con la auspicabile guida di linee regionali, nelle norme tecniche di attuazione e, per alcuni aspetti, anche nei re-

golamenti edilizi municipali, ma evidentemente attribuendo a Rc un obiettivo più mirato di quanto la tradizione urbanistica non abbia fatto. Una regolazione stringente del Rc sarà certamente più complessa nel caso delle superfici destinate a fini produttivi (industriali, artigianali, commerciali, etc.), in quanto la estensione richiesta di spazi esterni dipende dalle singole e molto eterogenee caratteristiche delle aziende, ma molto più efficacemente e uniformemente si può operare nel caso delle destinazioni residenziali. Il presente lavoro cerca di allestire un percorso di analisi e diagnosi, in parte ucronico, che dimostra la rilevante apprezzabilità dei risultati conseguibili applicando delle attenzioni indirizzate all'equilibrio pieni-vuoti dei tessuti urbani, derivando gli esiti di simulazione dalla situazione attuale, ma chiaramente proiettando tali esiti nella programmazione degli assetti futuri.

Il metodo utilizzato, in primo luogo, ha dovuto produrre una stima delle superfici artificiali/urbanizzate italiane destinate a fini residenziali. Partendo dalla rilevazione ISPRA (Munafò, 2021) è stata effettuata una selezione di categorie (dataset SC_LAEA_2020_v21 disponibile

sul portale ISPRA) estraendo quelle più probabilmente connotate da presenza di corpi edilizi: 1 (suolo consumato), 11 (suolo consumato permanente), 111 (edifici, fabbricati, capannoni), 115 (porti), 116 (altre aree impermeabili/pavimentate). In seconda battuta sono stati analizzati i più aggiornati dati ISTAT (2011) che riportano per l'Italia la consistenza degli edifici totali e quelli destinati a scopi residenziali: i valori nazionali denunciano circa 14,5 milioni di edifici in totale, dei quali 12,2 milioni vengono identificati come residenziali, esprimendo pertanto una frazione dell'84%. La stessa frazione è stata applicata alle superfici urbanizzate derivate dal dataset complessivo ISPRA come detto in precedenza, ricavando 1,15 milioni di ettari a fronte degli 1,37 complessivi. Da qui deriva che la densità abitativa residenziale sulle aree destinate a ciò è dell'ordine dei 52 ab/ha residenziale a fronte di una densità nazionale complessiva media di 1,89 ab/ha).

Tali passaggi, inserendo anche l'informazione censuaria della popolazione residente ISTAT 2011, hanno consentito di calcolare alcuni indicatori come segue:

$$S_{urs} = S_{urb} \frac{n_{edrs}}{n_{edt}} \text{ [km}^2\text{]} \quad DAE = \frac{n_{abrs}}{n_{edrs}} \text{ [ab/edif]} \quad DAUR = \frac{n_{abrs}}{S_{urs}} \text{ [ab/ha]}$$

$$PFRM = \frac{S_{urs}}{n_{edrs}} \text{ [m}^2\text{/ed]} \quad DDF = \frac{DAE}{PFRM} \text{ [ab/m}^2\text{]}$$

Dove:

DAE = Densità abitativa degli edifici

DAUR = Densità abitativa dell'urbanizzato residenziale

PFRM = Pertinenza Fondiaria Residenziale media

DDF = Indice di densità demo-fondaria

n_{abrs} = Numero di abitanti residenti (ISTAT 2011)

S_{urs} = Superficie urbanizzata per uso residenziale

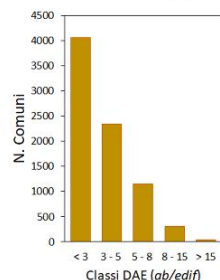
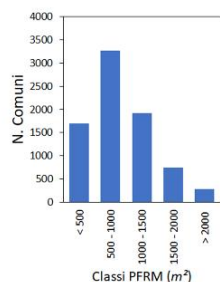
S_{urb} = Superficie urbanizzata estratta dai dati del suolo consumato ISPRA 2020 (categorie 1,11,111,115,116)

n_{edrs} = Numero di edifici residenziali (ISTAT 2011)

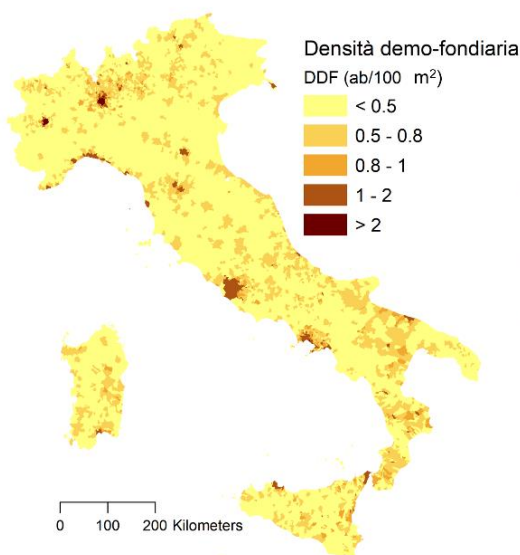
n_{edt} = Numero di edifici totali (ISTAT 2011)

La Figura 224 mostra alcuni risultati emersi dalla implementazione degli indicatori formulati in precedenza: dai diagrammi 1.1. emerge come quasi tremila comuni italiani (oltre il 37% del totale) presentino un valore di PFRM superiore ai 1000 m², mentre solo poco più di un quarto sono quelli con PFRM ≤ 600 m². L'attestazione, essenzialmente spontanea, di queste classi con limitata PFRM accomuna l'area alpina occidentale e centrale, l'Appennino settentrionale, l'Appennino centrale e Calabro e le aree più montane delle isole maggiori. Appena le morfologie si fanno più distese la PFRM aumenta sensibilmente ed insieme ad essa la artificializzazione del suolo. Il notevole sottoutilizzo di spazi ed edifici nel Paese è inoltre testimoniato dal fatto che, in circa la metà dei comuni italiani, si riscontri un valore DAE inferiore ai 3 ab/edificio (media nazionale = 4,86) e dalla distribuzione spaziale dell'indicatore DDF (Figura 224, 1.2) che denota una larghissima prevalenza nazionale dei comuni con valori inferiori a 0,5 abitanti per 100 m² di superficie fondiaria residenziale, con una pressoché totale indifferenza alla latitudine ed alla morfologia locale. Dalla Figura 224 (1.3) si desume l'efficacia del controllo che è possibile ottenere sull'indicatore DDF in sede di regole di pianificazione, gestendo alcuni parametri critici quali il Rapporto di copertura fondiario ($Rc = \frac{\text{Superficie coperta}}{\text{Superficie fondiaria}}$),

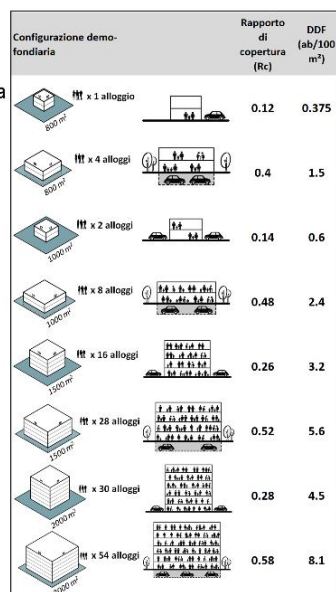
le dimensioni volumetriche degli edifici e gli usi degli spazi pertinenziali privati. I due indicatori Rc e DDF crescenti si legano strettamente all'incremento di aggregazione del costruito, a parità di volumi d'uso, oltre che al ricorso a tipologia edilizia più intensiva. Una soluzione che consentirebbe un rilevante risparmio di suolo senza incidere sul vettore delle vere economie edilizie, ovvero il volume costruito, è la previsione sistematica di parcheggi sotterranei nello stesso sedime degli edifici e/o la messa in comune di aree pertinenziali per più edifici mediante progetti urbanistici finalizzati. Dal primo schema in alto all'ultimo in basso della Figura 224 (1.3) si assiste ad un aumento del DDF di oltre 20 volte a fronte di un aumento di superficie fondiaria impegnata di 2,5 volte. Se tale esempio è però drogato da una decisa variazione di tipologia edilizia (da monofamiliare a multifamiliare intensiva) sullo stesso modello monofamiliare, peraltro molto presente nella domanda residenziale italiana, una contrazione delle superfici di intervento dai piuttosto frequenti 800 m² a 500 m² già consentirebbe un oltre 37% di risparmio di suolo, il che, sulle estese aree suburbane dello sprinkling italiano, potrebbe comportare differenze enormi nella consistenza di suoli liberi.



1.1



1.2

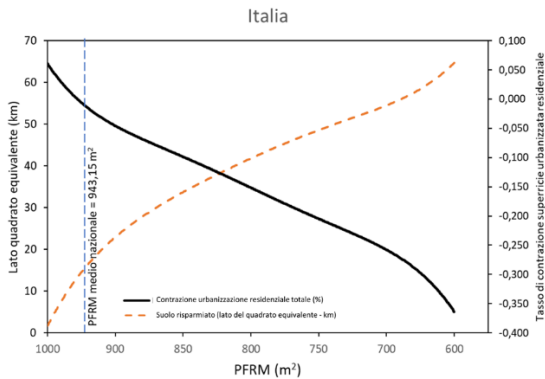


1.3

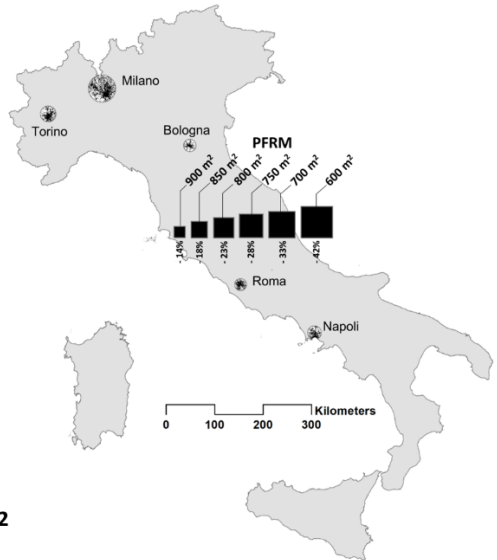
Figura 224. A sinistra Fig.1.1. la classificazione per numero di comuni degli indicatori PFRM e DAE; al centro Fig.1.2. la distribuzione nazionale su base comunale dell'indice DDF; a destra Fig.1.3. corrispondenza tra le configurazioni demo-fondarie e alcuni valori-soglia dei rapporti di copertura fondiaria (Rc) e dello stesso indicatore DDF

Quanto accennato risulta più evidente dalla simulazione ucronica effettuata sull'insediamento italiano e restituita nella Figura 225. Al variare in riduzione della PFRM il suolo impegnato per le urbanizzazioni si riduce drasticamente e molto velocemente e nel quadrante a destra viene esposta una simulazione campionata che dimostra come, con una contrazione massima della PFRM dagli attuali oltre 940 m² di media nazionale a 600 m² si sarebbe risparmiata una quantità di suolo pari a quella coperta dalle aree urbane di Torino, Bologna, Roma e Napoli o poco meno della estensione della intera regione Molise. Ma anche scelte meno incisive nel taglio delle

superfici pertinenziali, comporterebbero risultati comunque molto apprezzabili: già con 800 m² si avrebbe un risparmio del 23% che diviene del 28% con 750, del 33% con 700 fino ad oltre il 40% con l'opzione già citata dei 600 m². In termini di superficie, nella condizione appena citata di PFRM=600 m², si sta parlando di quasi 4.200 km² sottratti alla urbanizzazione che sarebbero stati disponibili per l'erogazione di importanti servizi ecosistemici di approvvigionamento e regolazione, considerando che nel 90% dei casi le aree urbane italiane si sviluppano a discapito di zone basso collinari e pianeggianti destinate ad agricoltura e zootecnia (Dall'Olio, 2010; Romano *et al.*, 2013).



2.1



2.2

Figura 225. A sinistra Fig. 2.1 l'andamento confrontato del tasso di riduzione stimato del consumo di suolo per finalità residenziali con le superfici di suolo risparmiato al diminuire dei valori di PFRM; a destra Fig. 2.2 i quadrati rappresentano le superfici di risparmio di suolo rispetto alla estensione attuale relative alla variazione dell'indice PFRM in confronto con le dimensioni di alcune tra le più estese aree urbane italiane.

Le valutazioni derivate dalla ricognizione ucronica forniscono una indicazione piuttosto netta su alcuni indirizzi tecnici da applicare nella linea di perseguimento di una maggiore compattazione urbana che, al di là di espressioni settoriali o di stampo movimentista, si colloca attualmente nel pieno del dibattito culturale sulla sostenibilità del futuro degli insediamenti a largo spettro: economico, prestazionale, energetico, sociale e ambientale. Uno dei punti indubbiamente più interessanti in tal senso è costituito dal modello della “città dei 15 minuti” (Allam *et al.*, 2021) che compendia molti dei risultati di sostenibilità elencati, ma la compattazione viene anche inserita negli esiti auspicati di rigenerazione urbana, azione che non dovrebbe divenire in nessun caso occasione di consumo di suolo ulteriore, ma di contrazione e riorganizzazione spaziale (Forgione, 2019).

Pur restando nella sfera di egemonia decisionale del Piano Comunale, che, come già detto, sembra una invariante politica del Paese che non riscontra, almeno per ora, alcuna disponibilità di ridiscussione, gli argomenti posti manifestano diversi lati di attacco per consentire il

raggiungimento di considerevoli risultati: la compattazione delle superfici fondiari, la limitazione dei rapporti di copertura, la collocazione sistematica dei parcheggi privati sotto il sedime degli edifici, l'applicazione di azioni di progetto urbano coordinato, anche nelle zone B, per ottimizzare la disponibilità di pertinenze per più edifici, la riduzione e il confinamento geografico-spaziale delle superfici fondiari destinate alle costruzioni sono tutti obiettivi conseguibili lavorando su contenuti e struttura delle Norme Tecniche di Attuazione e dei regolamenti edilizi, nonché sui dispositivi di accordo, partecipazione e perequazione fondiaria già utilizzati in forma consolidata nelle procedure operative dei piani (Micelli, 2012; Camagni, 2014).

Del resto, sul tema “suolo”, gli strumenti urbanistici comunali manifestano spesso incapacità/impossibilità in gran parte dei casi di cogliere i più avanzati messaggi concettuali, metodologici, tecnologici e culturali, in quanto frequentemente molto datati nella loro elaborazione: infatti quasi il 20% del territorio e dei comuni italiani è gestito con piani precedenti il 1995, con oltre 700 comuni con strumenti risalenti a prima del 1984 e oltre

300 ante 1977, con 2.500.000 cittadini residenti in oltre 1 milione di ettari (una media regione italiana) regolati da piani aggiornati tra il 1969 e il 1977. Va da sé che strumenti così obsoleti non potranno essere adeguati ad accogliere e trattare istanze come quelle legate alla riduzione del consumo di suolo, ma anche all'efficace contrasto dei rischi multisorgente, dell'adattamento climatico, del miglioramento/incremento dei servizi ecosistemici e del molto altro che la contemporaneità sta presentando all'attenzione collettiva (INU, 2017; Romano *et al.*, 2018).

In mancanza di canali di lettura, interpretazione e governance più apicali e strategici su una condizione così delineata non possono neanche influire da sole le seppur avanzate e pervasive indicazioni comunitarie di quanto fino disponibile.

Ciò per ribadire come nel Paese si prosegua nel trascurare la pianificazione strategica e il progetto urbano che sembrano gli unici veicoli in grado di perseguire risultati su quelle che si vanno configurando come sfide epocali di governo del territorio (Munafò e Marinosci, 2018) e che inevitabilmente coinvolgono concetti come la densificazione urbana (*infilling*) e la de-impermeabilizzazione (*de-sealing*) (Di Luca, 2011; Coppola, 2012; Perrone e Gorelli, 2012).

La compattazione urbana, soprattutto considerata come obiettivo da ottenere lavorando sugli insediamenti esistenti, comporta indubbiamente un notevole impegno, che non può essere ottenuto mediante soluzioni semplicistiche (Vergnes *et al.*, 2014; Lin *et al.*, 2015; Dembski *et al.*, 2020), e le difficoltà si amplificano in un contesto legislativo che non è stato in grado di produrre un aggiornamento del quadro urbanistico nazionale in 80 anni.

Per l'applicazione delle azioni di ri-aggregazione del disperso insediativo nelle loro varie forme (*sprawl*, *sprinkling*, *urban dust*) si deve tener conto che i tessuti urbani, in tutta Italia, sono costellati di superfici ad uso precario/dismesso teoricamente utilizzabili per nuove funzioni (Filpa e Lenzi, 2013), ma, molto spesso, tali aree sono di proprietà privata e quindi l'operatore pubblico è generalmente impedito nell'inserirle nei circuiti della compensazione, perequazione e bilancio di suolo.

Un ausilio, almeno parziale, in tal senso potrebbe cercarsi nelle procedure negoziali pubblico-private (accordi di programma e simili), ma troppo spesso queste si traducono in convenienze solo apparenti per la parte pubblica, o comunque di portata troppo ridotta.

Anche su questo fronte ci sarebbero pertanto ampi margini di riforma, per accentuare decisamente le convenienze dei contratti verso il pubblico, ricorrendo a soluzioni di delocalizzazione geografica delle concessioni/compensazioni e allargandone l'area di azione all'acquisto di aree, alla riqualificazione naturale di superfici degradate e abbandonate, alla demolizione di ruderi ed edifici abusivi con successiva de-impermeabilizzazione, al restauro di paesaggi semi-naturali, al recupero di spazi agricoli.

La connessione degli argomenti esposti con il tema del "consumo di suolo" appare molto ben evidente, ma parimenti emerge una esigenza di riforma di ampio spettro di molte normative nazionali da troppo tempo lasciate in stand-by, mediante una energica e sistemica rilettura che produca, secondo i principi di un realismo impietoso, un ridisegno aggiornato della normativa territoriale nazionale del quale non si può ormai più fare a meno.

BIG EO DATA PER LA STIMA DEGLI HOT SPOT TERMICI URBANI TRAMITE CLOUD COMPUTING

Contributo a cura di *Alfonso Crisci (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia)*, *Giulia Guerri (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia)*, *Marco Morabito (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia)*

Negli ultimi anni, i satelliti di osservazione della Terra hanno generato grandi quantità di dati geospaziali che sono liberamente disponibili per i ricercatori che poi forniscono elaborati cartografici o indicatori di impatto sintetici utili per la società (Gomes *et al.*, 2020). Al giorno d'oggi, i dati di osservazione della Terra, denominati EO data, (Earth Observation data) svolgono un ruolo cruciale nella comprensione dei processi sul nostro pianeta, permettendoci di fare grandi passi avanti nel monitoraggio del cambiamento ambientale, rilevamento del rischio e analisi strutturali urbane (Stromann *et al.*, 2020).

Le ultime generazioni di satelliti stanno acquisendo volumi sempre più significativi di dati con una copertura globale completa, una maggiore risoluzione spaziale e una risoluzione temporale impressionante (Ravanelli *et al.*, 2018). Infatti, sta affermandosi una nuova era dell'EO basata sul paradigma dei "Big EO Data", in cui saranno sempre più necessari strumenti innovativi in grado di supportare le indagini di telerilevamento al fine di sfruttare tutte le informazioni geospaziali potenzialmente disponibili in esso contenute, contribuire efficacemente allo studio dei fenomeni su scala globale e al monitoraggio di questi in tempo quasi-reale (Gomes *et al.*, 2020).

Recentemente, la quantità di dati EO aperti disponibili per la società ed i ricercatori è cresciuta grazie alla policy sui dati adottate dai governi e dalle agenzie spaziali. Tale scenario comporta innumerevoli sfide per le tradizionali infrastrutture di dati spaziali (Spatial Data Infrastructure, SDI) che dovranno affrontare un rinnovamento tecnologico soprattutto per le funzioni relative alla raccolta, elaborazione e diffusione di questi set di big data (Sedona *et al.*, 2019). Sulla base delle informazioni estratte dai Big EO data, i ricercatori mettono a disposizione dei decisori politici utili informazioni necessarie per applicare politiche efficaci per la protezione ambientale e la gestione sostenibile delle risorse naturali. In particolare, l'Istituto per la Bioeconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IBE) di Firenze è impegnato in un ampio spettro di attività di ricerca sfruttando dati aperti in vari settori dell'EO quali la meteorologia di base e applicata, la climatologia, il telerilevamento per l'analisi degli ecosistemi, la modellazione dell'impatto meteo-climatico sulla

salute (modellazione ambientale) e gli ecosistemi in generale, la gestione dei dati a fini operativi durante le emergenze meteorologiche/climatiche e gestioni dell'uso del territorio. Grande attenzione è stata rivolta anche al tema dell'impatto delle ondate di calore nelle grandi capitali europee (Morabito *et al.*, 2017) e allo studio delle isole di calore urbane e delle anomalie termiche, con analisi dettagliate svolte in molte città italiane e considerando vari elementi urbani come il consumo di suolo e la copertura arborea (Morabito *et al.*, 2015, 2016, 2018, 2021). Inoltre, sono state realizzate esperienze nello sviluppo di soluzioni operative per contrastare gli estremi termici per la popolazione esposta (Casanueva *et al.*, 2019; Morabito *et al.*, 2019) e, a partire da dati satellitari ad alta risoluzione spaziale, è stata prodotta la mappatura degli hot-spot termici superficiali estivi, sviluppando una robusta metodologia che essendo prevalentemente basata su dati open source è quindi facilmente replicabile in qualsiasi contesto metropolitano (Guerri *et al.*, 2021, 2022).

La complessità nella gestione e nell'analisi dei big EO data ha recentemente promosso lo sviluppo di numerose piattaforme di cloud computing, tra cui: Google Earth Engine (GEE), Sentinel Hub, Open Data Cube (ODC), System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring (SEPAL), openEO, JEODPP, e pipsCloud. All'interno di questo panorama, la piattaforma GEE (Google, 2022), creata da Google nel 2010, appare come la piattaforma di analisi più funzionale e potente sotto il profilo operativo, oltre a mostrare estrema facilità di utilizzo in quanto consente l'analisi scientifica su larga scala, l'elaborazione e la relativamente rapida visualizzazione di set di dati geospaziali (Ravanelli *et al.*, 2018).

GEE, grazie ad un'infrastruttura dedicata di High Performance Computing (HPC), consente di accedere facilmente e rapidamente a più di trent'anni di archivi di dati geospaziali, tra cui immagini storiche e set di dati scientifici, ma anche serie di dati socioeconomici e topografici. Attraverso l'utilizzo dei dati delle recenti missioni e programmi satellitari (come Landsat, Modis, Aster, e Sentinel), è possibile effettuare analisi relative ai cambiamenti

delle risorse naturali, dei processi superficiali urbani e climatici su larga scala. Prima di essere resi disponibili, questi set di dati sono pre-processati, consentendo quindi un accesso efficiente e rimuovendo molte barriere associate alla gestione di dati (Gorelick *et al.*, 2017). In questo modo, molte delle limitazioni relative al download, alla memorizzazione e all'elaborazione dei dati, che di solito si verificano quando viene analizzata una quantità così grande di "big EO data", vengono superate senza sforzo (Gorelick *et al.*, 2017; Nascetti *et al.*, 2017). Queste caratteristiche hanno attirato l'attenzione di ricercatori di diverse discipline, che hanno integrato GEE in diverse applicazioni di terze parti (Gorelick *et al.*, 2017).

Grazie alla disponibilità di oltre 800 funzioni per la gestione di grandi set di dati EO e la possibilità di condividere script e risorse con altri utenti della piattaforma, le caratteristiche di GEE hanno motivato il suo utilizzo da parte dei ricercatori della comunità EO. Tuttavia, è importante considerare che vi sono alcuni limiti legati all'esportazione dei dati e al fatto che gli script utilizzano algoritmi implementati internamente dalla piattaforma e non possono essere estesi sul lato server. Pertanto, GEE non può garantire che un'analisi effettuata sulla piattaforma possa essere riprodotta in futuro, poiché tali algoritmi interni possono essere modificati o interrotti dalla piattaforma in qualsiasi momento (Google, 2022).

Innumerevoli studi hanno dimostrato l'utilità di GEE in vari settori di ricerca relativi a remote sensing nelle aree urbane, ad esempio nelle valutazioni dello stato della vegetazione (Ranti *et al.*, 2022; Duan *et al.*, 2019; Campos-Taberner *et al.*, 2018) e nell'analisi della temperatura superficiale terrestre (Jamali *et al.*, 2022; Ermida *et al.*, 2020; Ravanelli *et al.*, 2018).

In particolare, le attività di ricerca CNR-IBE hanno previsto lo sviluppo di codici all'interno della piattaforma GEE e il software statistico R (R Core Team, 2022), finalizzati al calcolo della temperatura superficiale (Land Surface Temperature, LST) che rappresenta un importante parametro geofisico del comportamento termico, utilizzato in numerosi studi per l'analisi dell'isola di calore urbana (Morabito *et al.*, 2021). Le immagini Landsat-8 delle missioni NASA con una copertura nuvolosa inferiore al 15% sono state utilizzate per il calcolo della LST: tali dati offrono un prezioso contributo per una vasta gamma di applicazioni relativi alla valutazione delle condizioni super-

ficiali del suolo, come l'analisi del pattern termico superficiale intra-urbano (Guerra *et al.*, 2021), la valutazione delle condizioni di evapotraspirazione e dello stress vegetativo (Mokhtari *et al.*, 2019), in quanto forniscono immagini ad alta risoluzione geometrica, spettrale e temporale adatte all'analisi a scala urbana (Ermida *et al.*, 2020).

Le analisi sono state effettuate sui territori comunali di Milano, Bologna e Firenze, selezionati come casi studio, e hanno previsto l'utilizzo dei seguenti layers ad alta risoluzione spaziale (compresa tra 10 m e 30 m): la LST media rilevata in orario diurno (circa 10:00 UTC) del periodo estivo (Giugno, Luglio, Agosto) 2017-2021 (res: 30 m), il modello digitale di elevazione (DEM, Digital Elevation Model) della NASA (Farr *et al.*, 2007) (res: 30 m), e il layer di consumo di suolo dell'anno 2020 prodotto da ISPRA (res: 10 m).

Il calcolo di LST ha adottato la metodologia sviluppata recentemente da Ermida *et al.* (2020), che risulta caratterizzata da numerosi aspetti innovativi. Il dato LST è stato filtrato per le aree rurali, suburbane e urbane prevalentemente pianeggianti (quota < di 300 m s.l.m.) interessate da 3 diverse classi densità di consumo di suolo (rispettivamente $\leq 10\%$, compresa tra 10% e 50%, e tra 50% e 100%).

Ulteriori informazioni relative al codice ed ai prodotti cartografici sono disponibili nelle piattaforme Git e GEE:

- <https://github.com/urbanclimatelabs/LSTgee.git>
- <https://code.earthengine.google.com/252a9ea99843b4a5f0a92dc89a070ae0>

Le attuali dinamiche insediative delle città, congiuntamente agli effetti del cambiamento climatico e degli eventi estremi, pongono una notevole sfida per lo sviluppo sostenibile degli insediamenti. È stato ampiamente documentato dalla letteratura scientifica che, con la rapida urbanizzazione e la crescita della popolazione, il progressivo aumento di superfici artificiali a scapito di quelle vegetate nelle città ha modificato le proprietà fisiche superficiali, alterando il microclima urbano a scala locale e regionale, i bilanci energetici superficiali e il ciclo idrologico (Pachauri *et al.*, 2014).

In particolare, nelle città italiane stiamo assistendo ad un significativo aumento del consumo di suolo, definito come la copertura permanente del suolo con materiali

impermeabili artificiali, dovuto all'occupazione di superficie permeabile originariamente agricola, naturale o seminaturale (Munafò, 2021). Tali condizioni influenzano notevolmente il pattern termico urbano, amplificando gli effetti dell'isola di calore urbana atmosferica (UHI, Urban Heat Island) e superficiale (SUHI, Surface Urban Heat Island), e in particolare la distribuzione delle anomalie termiche superficiali intra-urbane (thermal hot-spot) (Guerra *et al.*, 2021).

In termini operativi, la procedura dell'individuazione dell'isola di calore urbana superficiale richiede prioritariamente l'individuazione spaziale di due domini di analisi: un centro urbano di riferimento e il relativo territorio rurale. Tuttavia, le configurazioni della città diffusa dalle forme irregolari, generate dalle dinamiche legate allo sprawl urbano, comportano comprovate difficoltà di distinzione netta tra i due domini territoriali (centro urbano e aree periferiche rurali) determinando quindi una certa arbitrarietà operativa e una scarsa rappresentatività delle attuali condizioni meteo-climatiche urbane.

Un approccio alternativo all'analisi dell'isola di calore è rappresentato dalla "thermal hot-spot detection" (Guerra *et al.*, 2022; 2021), un metodo innovativo finalizzato all'indagine del pattern termico superficiale, recentemente applicato dal presente gruppo di ricerca CNR-IBE ai territori comunali di Milano, Bologna e Firenze.

L'applicazione dell'algoritmo Getis-Ord G_i^* è stata effettuata in ambiente ArcGIS (ESRI, 2020) ed ha previsto una categorizzazione in 6 classi di hot- e cool-spot su 6 livelli in funzione di livelli di confidenza del 99%, 95% e 90%, in cui si registrano differenti soglie di LST media diurna estiva.

L'individuazione dei punti caldi e freschi, attraverso una metodologia robusta e replicabile in qualsiasi contesto metropolitano, fornisce informazioni estremamente importanti per attuare azioni di mitigazione locale e mirate al fine di migliorare la situazione termica urbana e in generale la qualità della vita degli abitanti delle città.

In particolare, l'integrazione delle caratteristiche termiche e dei dati di consumo di suolo delle aree urbane risulta un'operazione fondamentale per programmare azioni di mitigazione locale. Per i casi studio di Milano, Bologna e Firenze, in ciascuna area (rurale, suburbana e urbana) classificata da ISPRA secondo diverse classi di densità di consumo di suolo (rispettivamente $\leq 10\%$, compresa tra 10% e 50%, e tra 50% e 100%) si osservano le seguenti caratteristiche termiche (Tabella 143), espresse in termini di LST media estiva e della presenza delle aree termiche superficiali estive hot- e cool-spot.

A titolo esemplificativo riportiamo le mappe delle anomalie termiche superficiali estive delle città di Milano (Figura 226) e Bologna (Figura 227).

Tabella 143. Descrizione delle caratteristiche termiche delle classi di consumo di suolo nei casi di studio selezionati (Milano, Bologna e Firenze): temperatura superficiale (LST) media estiva e aree termiche hot- e cool-spot

Casi studio	Classi di consumo di suolo	Superficie (km ²) [%]	Caratteristiche termiche		
			LST media (°C)	Hot-spot (km ²) [%*] [%**]	Cool-spot (km ²) [%*] [%**]
Milano	Rurale	17.4 [9.5]	31.7	0	13.5 [45.3] [77.6]
	Suburbano	48.2 [26.5]	34.0	0.3 [1.7] [0.7]	16.0 [53.6] [33.1]
	Urbano	116.6 [64.0]	37.3	19.1 [98.3] [16.3]	0.3 [1.2] [0.3]
Bologna	Rurale	47.9 [33.9]	35.3	0.4 [2.6] [0.9]	18.3 [78.8] [38.2]
	Suburbano	47.1 [33.3]	37.3	2.8 [17.0] [5.8]	4.8 [20.8] [10.3]
	Urbano	46.3 [32.7]	39.3	13.0 [80.4] [28.1]	0.1 [0.4] [0.2]
Firenze	Rurale	12.8 [12.5]	36.1	< 0.1 [0.5] [0.5]	4.3 [37.8] [42.6]
	Suburbano	49.9 [48.5]	37.8	0.7 [10.9] [3.2]	4.3 [58.4] [16.9]
	Urbano	40.1 [39.1]	40.5	6.6 [88.6] [32.6]	0.3 [3.8] [1.4]

Nota: per quanto riguarda la descrizione delle aree termiche, il primo valore percentuale [%*] è espresso in termini di superficie complessiva rappresentata dalle aree di hot (o cool-) spot osservate in ciascun caso studio; il secondo valore percentuale [%**] si riferisce alla superficie di ciascuna classe di consumo di suolo

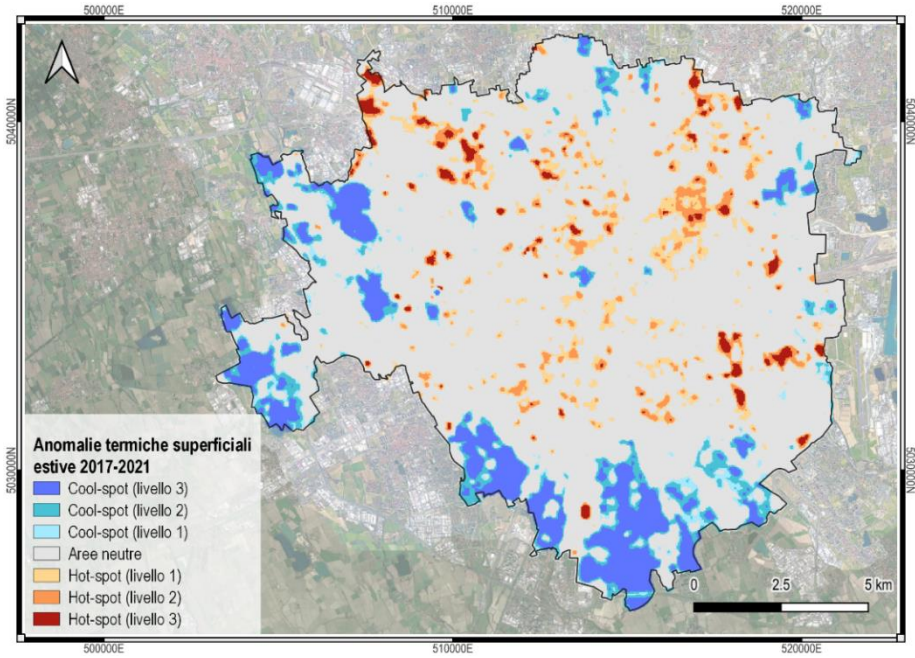


Figura 226. Mappa delle anomalie termiche superficiali estive di Milano

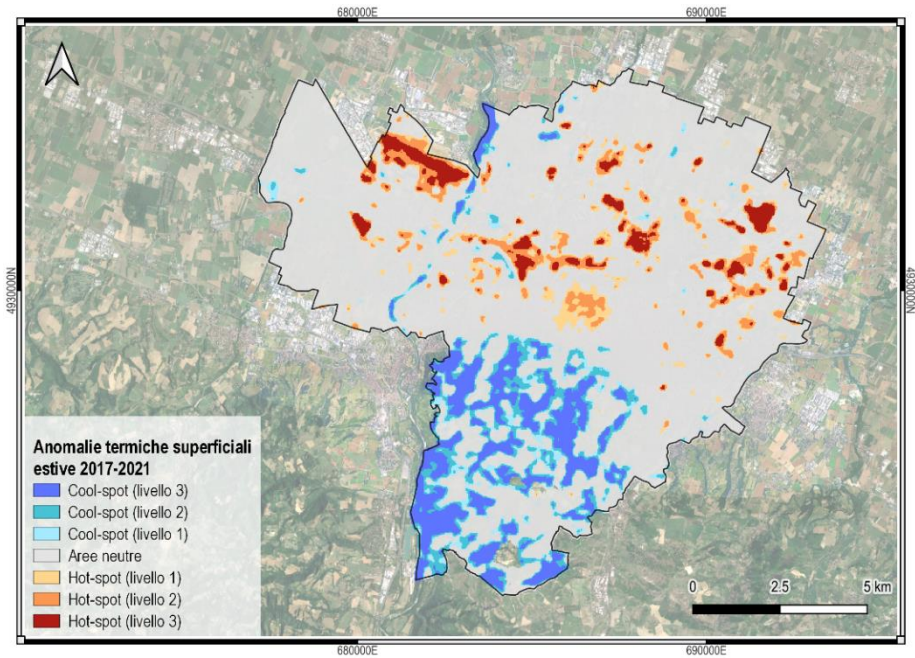


Figura 227. Mappa delle anomalie termiche superficiali estive di Bologna

La comunità scientifica internazionale conferma la portata epocale dei danni inflitti dalle attività antropiche al sistema Terra, con evidenti ripercussioni sugli ecosistemi naturali, sui sistemi antropici e sui settori economici. In particolare, le città, sono contesti particolarmente vulnerabili agli effetti degli eventi estremi e in generale dei fenomeni associati al cambiamento climatico, come ad esempio le anomalie termiche superficiali intra-urbane (Guerri *et al.*, 2021; Morabito *et al.*, 2021), data l'elevata densità di popolazione, la concentrazione di beni immobili, infrastrutture e attività economiche.

A causa della diffusa vulnerabilità microclimatica delle città a livello globale, emerge la necessità di mettere a punto apposite strategie di resilienza urbana atte a mitigare gli effetti dei fenomeni meteo-climatici sui territori urbani. Negli ultimi decenni è cresciuta l'attenzione alla salvaguardia dell'ambiente, sia in ambito nazionale che internazionale, e la consapevolezza delle comunità e dei policy-makers sull'urgenza di intraprendere azioni efficaci per contrastare il trend dei cambiamenti climatici ed i loro effetti sugli ecosistemi e le città. Numerose città in ambito internazionale (New York, Londra, Rotterdam, ecc.) e Italiano (come Bologna, Firenze, Milano, Mantova e Padova) hanno predisposto appositi strumenti e strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Oltre a tali misure di adattamento, le politiche di resilienza urbana hanno bisogno di essere supportate da dati scientifici concreti, ottenuti da misurazioni di parametri microclimatici effettuati in contesti rappresentativi del tessuto urbano e da modelli di simulazioni numeriche di scenari progettuali.

Un notevole supporto alle scelte di pianificazione urbana è rappresentato proprio dai modelli di simulazione numerica che sono volti a quantificare il valore ecosistemico, anche in termini energetici, di una rosa di interventi progettuali di greening e in generale di raffrescamento tramite appositi materiali "cool materials" integrati alle su-

perfici urbane e alle coperture degli edifici, grazie all'ausilio di software specifici di modellazione microclimatica. Tramite questi modelli, è possibile analizzare le condizioni ex-ante e post gli scenari progettuali con particolare attenzione alla valutazione dell'effetto del mosaico urbano sul microclima urbano locale, considerando non solo la composizione delle superfici urbane, ma anche la presenza di infrastrutture verdi e blu, così come altre componenti urbane di impatto termico.

Gli elaborati finali modellistici permettono di quantificare numericamente e localizzare il benessere termico ottenibile attraverso determinati interventi di progettazione. L'obiettivo finale è contribuire alla mitigazione delle isole di calore urbane e delle anomalie termiche intra-urbane, ed inoltre al raggiungimento degli obiettivi della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici per la costruzione di una città resiliente.

A questo proposito, l'individuazione delle aree termiche di hot-spot gioca un ruolo determinante nella definizione delle aree critiche in cui le strategie di mitigazione al fenomeno termico risultano prioritarie per le azioni di mitigazione/rigenerazione. Le attività di ricerca applicativa nell'ambito di tale modellistica consistono in una prima fase di raccolta dati riguardanti le caratteristiche microclimatiche (temperatura, umidità, radiazione e direzione/intensità del vento, derivati da stazioni meteo posizionate in prossimità delle aree di studio) e quelle relative ai materiali costituenti le superfici urbane, alle caratteristiche delle aree verdi e dei corpi idrici. Alla fase di raccolta dati e caratterizzazione superficiale, segue la fase di simulazione numerica attraverso l'ausilio di specifici software che richiedono elevate competenze di analisi dati e di caratterizzazione urbana microclimatica. Tra i software attualmente disponibili si citano ad esempio I-Tree, ENVI-met, UMEP, tramite i quali è possibile valutare il pattern termico superficiale e atmosferico, analizzare i benefici economici e microclimatici derivanti dalla copertura arborea, ed elaborare molteplici indici bioclimatici.

CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI E DEI TAVOLI TECNICI DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

OSSERVATORI/TAVOLI TECNICI A SUPPORTO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO E DELLA PIANIFICAZIONE SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

Con riferimento al mandato affidato al Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) in tema di consumo di suolo, che, ai sensi della legge 132 del 2016, ha tra i suoi compiti il monitoraggio del consumo di suolo (art. 3) e il concorso al perseguimento della sua riduzione (art. 1), l'ISPRA ha promosso un tavolo di consultazione permanente degli enti coinvolti nella governance del suolo a livello nazionale e l'attivazione di 21 Osservatori a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio nelle Regioni e Province Autonome, con l'avvio di tavoli tecnici di confronto tra le varie competenze regionali. Con il Decreto Ministeriale 39/2020 è stato istituito il Tavolo Nazionale sull'uso sostenibile del suolo con l'obiettivo di migliorare la governance dei processi decisionali in materia di suolo.

L'attivazione degli Osservatori regionali per monitorare il consumo di suolo e del Tavolo Nazionale ha portato, nel 2021, alla stesura di un Libro Bianco destinato a Governo e Ministeri competenti e alla Carta dei principi per l'uso sostenibile del suolo per le amministrazioni locali. Le attività sono state realizzate anche grazie al contributo del progetto *Soil4life*, cofinanziato dalla Commissione Europea con il programma Life.

Gli obiettivi degli Osservatori sono i seguenti:

- analisi della normativa vigente e delle competenze istituzionali per il monitoraggio e la riduzione del consumo di suolo a livello nazionale e regionale;
- condivisione di dati, strumenti e metodologie per la verifica e la mappatura del consumo di suolo;
- promozione e diffusione degli strumenti di valutazione degli impatti ambientali ed economici del consumo di suolo integrando anche le conoscenze pedologiche a supporto della pianificazione;
- analisi e miglioramento del flusso di informazioni verso il pubblico e le amministrazioni locali.

L'attivazione degli Osservatori ha consentito di avere un tavolo di coordinamento regionale e la possibilità di confronto a livello nazionale su temi solitamente gestiti da diverse strutture competenti e da una vasta pluralità di figure professionali. Con la loro connotazione multidisciplinare, gli Osservatori hanno anche l'obiettivo di fornire indicazioni efficaci e tempestive a un'utenza ampia e diversificata e di rendere un servizio di supporto alle decisioni degli utenti finali, mediante la condivisione e la restituzione ragionata delle informazioni sul consumo di suolo a livello locale.

In questa sezione del rapporto sono raccolti i contributi degli Osservatori alle tematiche poste alla base della loro costituzione, a testimonianza del concreto e positivo avanzamento della condivisione e della collaborazione tra le strutture regionali e il SNPA nei vari contesti.

REGIONE VALLE D'AOSTA

UN SERVIZIO GEOSPAZIALE PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE IN VALLE D'AOSTA

Contributo a cura di *Tommaso Orusa, Duke Cammareri, Paolo Mongino, Davide Freppaz (IN.VA spa - Area Sistemi Informativi Geografici e Territoriali), Pierre Vuillermoz, Chantal Trèves (RAVA - Struttura Pianificazione territoriale, Dipartimento programmazione, risorse idriche e territorio dell'Assessorato finanze, innovazione, opere pubbliche e territorio della Regione autonoma Valle d'Aosta)*

Introduzione

Nel corso dell'ultimo decennio la Regione autonoma Valle d'Aosta ha sviluppato il Sistema delle Conoscenze Territoriali, quale strumento aggregatore di dati e informazioni finalizzato a supportare i diversi livelli dell'Amministrazione nella pianificazione e monitoraggio del territorio regionale.

In tale contesto e in virtù delle esigenze palesate da diversi portatori di interesse sia a livello locale sia nazionale ed europeo e dei limiti dei prodotti CORINE Land Cover (CLC) ed HRL a livello locale, la Regione autonoma Valle d'Aosta tramite la società di servizi partecipata IN.VA. S.p.A ha deciso di realizzare una prima mappa di copertura del suolo con GSD a 10 m che tenga conto delle specificità territoriali e che apra la strada ad un possibile servizio di mappatura annuale a scala regionale. La proposta metodologica è stata condivisa con ISPRA nell'ambito della collaborazione tra enti relativa alla rete degli osservatori regionali sul consumo di suolo e ha permesso di mettere a punto una legenda che consente di dare maggiore evidenza del contesto montano locale e al tempo stesso assicura l'allineamento con quanto richiesto a livello europeo nell'ambito di EAGLE. La carta di copertura del suolo ottenuta è stata poi raffinata con dati PlanetScope di Planet e banche dati regionali aggiornate a livello locale all'anno di riferimento della mappatura (il 2020); è stata inoltre calcolata la matrice di confusione definendo accuratezze ed errori. Sul Geoportale della Regione autonoma Valle d'Aosta è possibile reperire tutte le informazioni relative alla Land Cover VdA e la matrice di confusione della cartografia ottenuta. A tal proposito si rimanda al Geoportale Valle d'Aosta⁹⁶.

La carta regionale di copertura del suolo, elaborata a partire da immagini satellitari con una restituzione ad una scala sufficientemente dettagliata per consentire valutazioni utili per l'analisi territoriale delle politiche regionali,

consentirà di aggiornare lo strato informativo per l'insieme della Valle d'Aosta con una periodicità annuale o, nei casi richiesti, con frequenza anche maggiore.

A seguito della carta della copertura del suolo è intenzione dell'amministrazione regionale dare avvio al progetto riguardante gli usi del suolo, secondo i criteri indicati da EAGLE, che sarà composto da un sistema di banche dati a cui si collegherà una adeguata cartografia tematica.

Di seguito è descritto sinteticamente il percorso metodologico seguito per realizzare la Carta di copertura del suolo della Valle d'Aosta e una possibile applicazione delle sue potenzialità conoscitive nell'ambito della pianificazione territoriale della Regione autonoma. In particolare, è stato condotto un caso studio nel comune pilota di Saint-Christophe con l'intento di verificare l'interesse nell'attivazione locale di servizi di mappatura delle componenti del territorio da Earth Observation data e banche dati GIS periodicamente aggiornate applicati alla valutazione delle dinamiche di occupazione di suolo ancora libero nelle zone territoriali edificabili dei piani urbanistici comunali (PRG).

Carta di copertura del suolo Valle d'Aosta. Materiali e metodi

Ai fini della realizzazione della nuova Land Cover Valle d'Aosta e di una sua traduzione applicativa in ambito pianificatorio per la valutazione del consumo di suolo relativamente ad alcune aree del piano regolatore sono state utilizzate le seguenti fonti informative:

- EO data Sentinel-1 SAR. I dati radar sono stati ottenuti dall'Alaskan Facility Center (ASF) in formato SLC calibrati in ESA SNAP vers.8.0.0 e processati in Google Earth Engine (GEE) (Gorelick *et al.* 2017).
- EO data Sentinel-2A. Il satellite acquisisce dati ottici multispettrali con una risoluzione spaziale tra i 10-

⁹⁶ Geoportale Regione Autonoma Valle d'Aosta: <https://geoportale.regione.vda.it/download/carta-copertura-suolo/>

60 m in funzione della banda considerata. La risoluzione temporale è di 10 giorni. I dati ottici multispettrali sono stati ottenuti e processati con uno script del GEO4Agri DISAFA Lab in Google Earth Engine (GEE) facendo riferimento alla collection COPERNICUS/S2_SR. Si è utilizzato per ogni anno il valore mediano della riflettanza di ciascuna banda nel periodo di tempo ricadente tra il 1° maggio 2020 e il 30 settembre 2020. Le bande non native a 10 m sono state ricampionate bilinearmente.

- EO data PlanetScope nell'ambito del programma spaziale privato Planet di Google con i suoi. Il satellite acquisisce dati ottici multispettrali a cadenza giornaliera in 3-4 bande con risoluzione geometrica introno ai 3 m con vari livelli. Si sono adottate immagini geo-riferite e calibrati atmosfericamente in riflettanza al suolo per raffinare la classificazione ottenuta e per la verifica foto-interpretativa tra aree della LC e del PRGC.
- Digital Terrain Model (DTM) della Regione autonoma Valle d'Aosta con passo 10 metri acquisito con volo e sensori lidar nel 2008 (ricampionato a partire dal prodotto nativo avente GSD di 2 m).
- Training set: i poligoni per addestrare il classificatore sono stati definiti tramite segmentazione per oggetti a cui è seguita analisi delle firme spettrali e foto-interpretazione dell'immagine e campagna di raccolta in campo con GNSS tramite l'applicativo per cellulare Lemon GPS sviluppato da GeneGIS e/o Garmin 64S. Ai fini di una corretta ed adeguata rappresentatività e numerosità campionaria per ciascuna classe costituente la legenda desiderata, è stata dapprima condotta una classificazione automatica K-means a 15 classi e quindi, sulla base del metodo di Richards (Richards e Richards 1999), è stato definito il numero minimo di regioni di interesse - ROI (espressa come area e numero di pixel minimi) da definire.
- Validation set: poligoni per validare la classificazione sono stati ottenuti sia tramite foto-interpretazione sia in campo. Oltre ad una validazione con essi sono state utilizzate anche carte tematiche relativamente recenti per verificare e raffinare, là dove necessario, la cartografia finale. In particolare, si è utilizzato una immagine composita mediana Planet con GSD 3m per il periodo maggio settembre 2020 senza nuvole ed ombre in GEE.
- Anche dati geografiche aggiornate della Regione autonoma Valle d'Aosta quali: catasto e deep-learning edificato e PRGC per l'anno di riferimento.

Il processamento è stato effettuato in vari software open-source SAGA GIS v.8.0.0 (Conrad *et al.* 2015), QGIS vers.3.16.4 (QGIS Development Team e others 2018) ed Orfeo Toolbox vers. 7.0.0 (Grizonnet *et al.* 2017) e RStudio vers. 1.4.1106 anche ESRI ArcGIS Map e Pro vers.7.2.1 (Inglada e Christophe 2009). Ai fini di una comprensione di maggior dettaglio, si rimanda alla flow-chart della Figura 228.

In merito alla metodologia, è stato adottato un approccio gerarchico nella classificazione delle componenti di copertura. Ad una prima classificazione, supervisionata individuando come algoritmo ottimale per la realtà alpina valdostana il K-Nearest Neighbour applicato a tutte le bande ed alcuni indici spettrali derivati solo da Sentinel-2, è seguita una classificazione supervisionata sempre sulla componente ottica adottando il Minimum Distance sulle colture legnose (vigneti e frutteti per la più parte) e il calcolo dell'entropia sul NDVI (Haralick, Shanmugam, e Dinstein 1973). Nel caso delle colture è stato adottato un criterio colturale creando stack regolarizzati di NDVI e NDRE a 10 giorni (Chen *et al.* 2004; Schafer 2011; Jorge, Vallbé, e Soler 2019), tenendo conto della loro entropia nel tempo (si rimanda alla Figura 228).

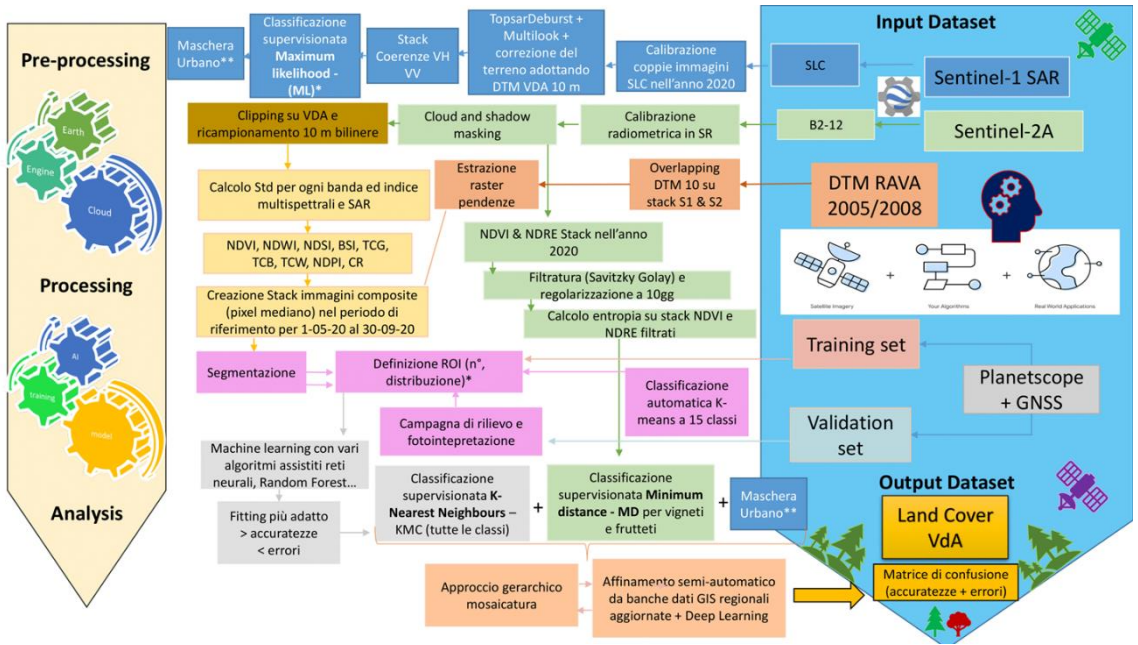


Figura 228. Flowchart operativo della metodologia proposta come potenziale servizio applicativo

Tramite immagini SAR dal Sentinel-1, analizzando le coerenze attraverso l'interferometria, è stata classificata in modo supervisionato tramite Maximum Likelihood la sola componente urbana assumendo assenza di variazione per tale componente nell'anno di riferimento. Il radar è stato utilizzato anche per validare in modo speditivo la classificazione tramite le immagini composite mediane derivate da Sentinel-2 relativamente ai corpi d'acqua. Le maschere di maggior dettaglio sono state utilizzate per integrare le informazioni ottenute nella prima classificazione attraverso una mosaicitura con priorità alla componente urbanizzata seguita da quella culturale e delle restanti classi. Al fine di raffinare la componente urbana sparsa (es. alpeggi) e le colture rimanendo pur sempre all'interno della capacità mappabile con dati Sentinel (GSD a 10 m), un affinamento è stato condotto a partire

da banche dati GIS aggiornate e un deep learning è stato eseguito sia sulla vecchia ortofoto 2018 sia su immagine Planetscope composita riferita al 2020. Infine, la matrice di confusione è stata calcolata per la definizione delle accuratezze ed errori. Va detto che durante le diverse fasi operative del seguente flusso di lavoro più matrici sono state computate sia per definire e valutare la migliore tecnica ed algoritmo di machine learning sia per saggiare la qualità del prodotto cartografico ottenuto rimanendo adesi ad un'accuratezza complessiva idonea a prodotti ufficiali ed europei pari ad OA di almeno 0.8 (Büttner 2014).

Analisi e Risultati

La Figura 229, la Figura 230 e la Figura 231 riportano la Land Cover ottenuta e la relativa matrice di confusione.

Datum: ED50
 Sistema di riferimento: UTM / ED50 32 N
 Scala di rappresentazione: 1:500.000
 Scala nominale: 1:10.000
 Titolo: Carta di copertura del suolo della Valle d'Aosta 2020

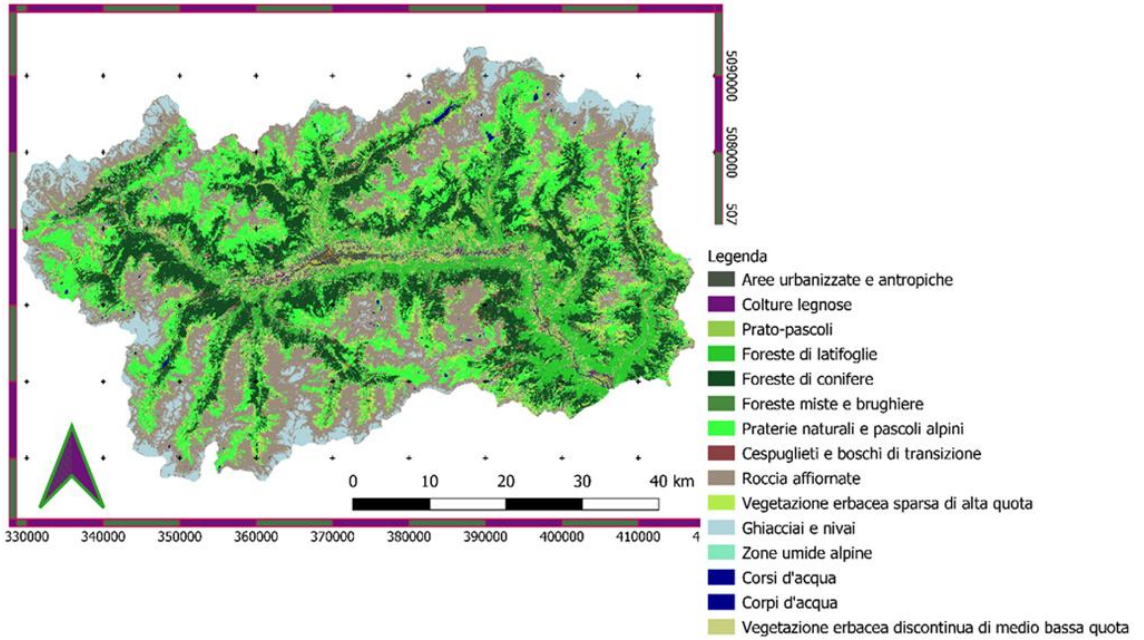


Figura 229. Nuova carta di copertura del suolo della Valle d'Aosta

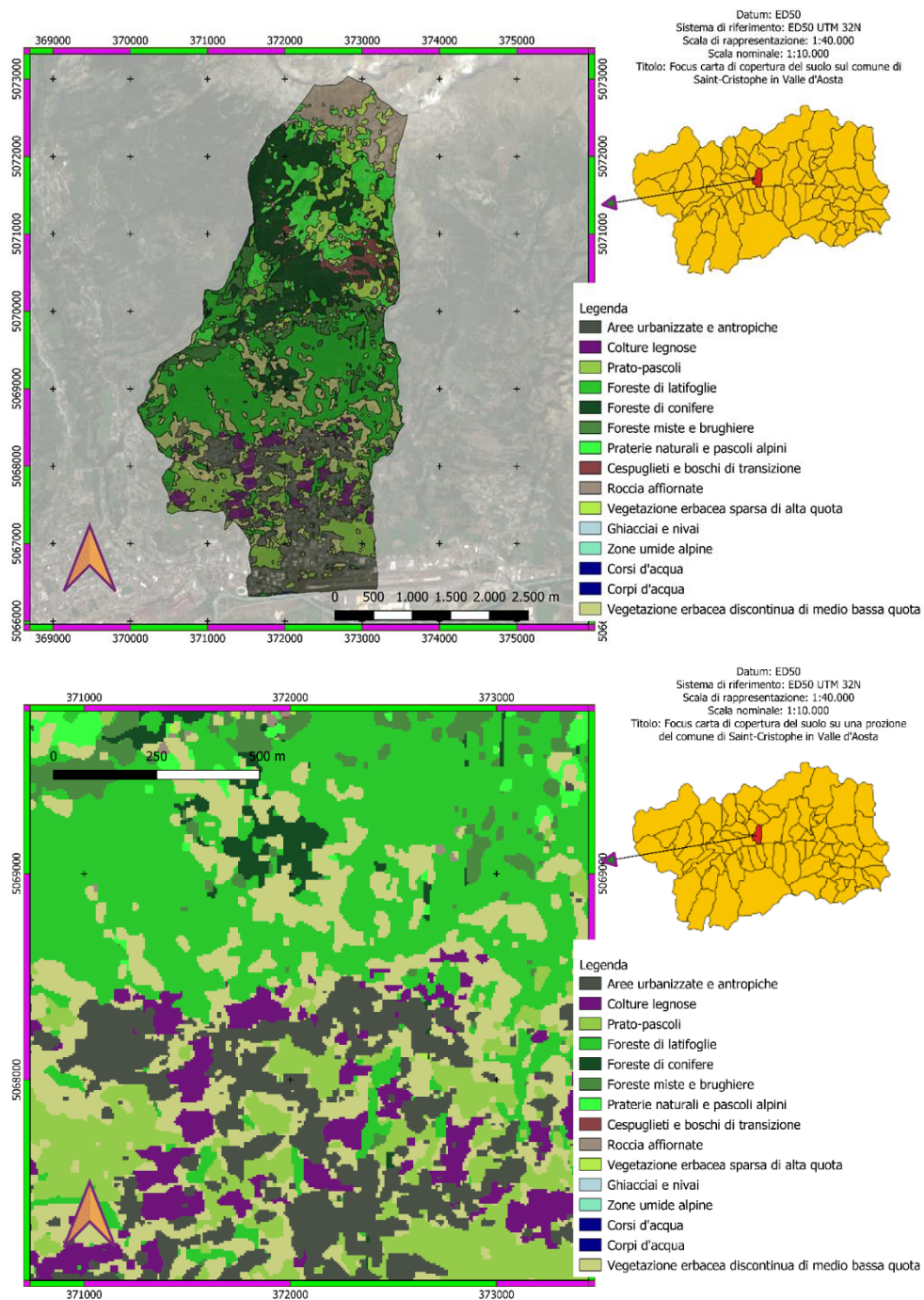


Figura 230. Focus della Land Cover sul Comune di Saint-Christophe della nuova carta di copertura del suolo della Valle d'Aosta

Al fine di effettuare un'ulteriore verifica formale, la Land Cover generata è stata sottoposta a statistiche zonali (Tabella 144) relativamente alla superficie in metri quadrati per ciascuna classe a livello sia di intera regione sia di singolo comune, ossia per i 74 comuni presenti sul territorio valdostano.

Tabella 144. Statistiche sulla distribuzione delle classi della Land Cover sul territorio valdostano

ID	Descrizione	Superficie in percentuale (%)
1	Aree urbanizzate e antropiche	1,90
2	Culture legnose	0,32
3	Prato-pascoli	2,85
4	Foreste di latifoglie	7,17
5	Foreste di conifere	18,81
6	Foreste miste e brughiere	2,64
7	Praterie naturali e pascoli alpini	20,66
8	Cespuglieti e boschi di transizione	0,74
9	Roccia affiorante	27,05
10	Vegetazione erbacea sparsa di alta quota	9,00
11	Ghiacciai e nevai	5,84
12	Zone umide alpine	0,35
13	Corsi d'acqua	0,14
14	Corpi d'acqua	0,27
15	Vegetazione erbacea discontinua di media e bassa quota	2,24
Totale		100,00

Monitoraggio del consumo di suolo nelle zone del piano regolatore attraverso un utilizzo combinato tra Land cover e banche dati GIS aggiornate

La Struttura organizzativa pianificazione territoriale della Regione autonoma Valle d'Aosta ha tra le sue competenze quelle di supportare i comuni per l'attuazione della normativa regionale urbanistica e di pianificazione territoriale, la l.r. 11/1998, nonché di svolgere attività di indirizzo, supporto e consulenza per l'applicazione del Piano territoriale e paesistico regionale (PTP) e la predisposizione e gestione degli strumenti urbanistici comunali. A tal fine attua un monitoraggio sull'evoluzione della pianificazione urbanistica e sullo stato di attuazione dei piani regolatori comunali (PRG).

Dal 2015, inoltre, l'amministrazione regionale, nell'ambito del Sistema delle conoscenze territoriali (SCT), fornisce ai comuni un servizio on line denominato IN.COMUNE a supporto delle attività degli uffici tecnici.

CLASSI LEGENDA	CLASSE															Somma dell'utilizzatore	Accuratezza dell'utilizzatore	Errore di Ommissione																			
	ID	Aree urbanizzate e antropiche	Ghiacciai e nevai	Roccia affiorante	Vegetazione erbacea sparsa di alta quota	Vegetazione erbacea sparsa di media quota	Corpi d'acqua	Vegetazione discontinua di media e bassa quota	Foreste di latifoglie	Foreste di conifere	Foreste miste e brughiere	Zone umide alpine	Corsi d'acqua	Vegetazione erbacea discontinua di media e bassa quota	Prato-pascoli				Praterie naturali e pascoli alpini																		
111	1252	335	186	332	333	511	512	981	311	312	313	410	221	324	331	331	1451	86,29	0,137																		
112	2352	2355	30	9031	2												23895	99,87	0,001																		
113	82	49															9165	98,53	0,015																		
114			64	1857													2157	98,09	0,139																		
115	333					1485	188					11		4		232	11759	88,52	0,135																		
116	512					159	1319					56					1334	85,98	0,140																		
117	509	2						2085									2318	89,09	0,109																		
118	311								2385	11		139		37		44	2408	91,45	0,086																		
119	312			180					14	24359				55			24412	95,96	0,010																		
120	413								41		4						2026	95,71	0,043																		
121	414					37	44				982						1026	95,71	0,043																		
122	211					88	40					1500		34			1829	87,25	0,127																		
123	212								22					307			3585	87,25	0,127																		
124	214													5483			5590	98,09	0,019																		
125	215													213		401	15109	96,62	0,034																		
126	216													25			18795	96,62	0,033																		
127	217													3			11538	96,62	0,033																		
128	1375	23515	9696	1395	1782	1590	2165	2447	24270	1022	1497	3819	5914	14539	13795		11538	96,62	0,034																		
129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,62	96,62	0,034																		
130	91,05	95,80	93,14	95,92	83,95	82,85	95,34	97,47	99,54	96,09	96,59	86,19	92,71	96,30	96,62	96,62	96,62	96,62	96,62	0,034																	
131	0,089	0,002	0,089	0,041	0,160	0,171	0,047	0,025	0,005	0,089	0,094	0,138	0,073	0,018	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034																	
Somme dei Produttori																	1451	86,29	0,137																		
Più non classificati																	0	0	0																		
Accuratezza del produttore																	91,05	95,80	93,14	95,92	83,95	82,85	95,34	97,47	99,54	96,09	96,59	86,19	92,71	96,30	96,62	96,62	96,62	96,62	96,62	0,034	
Errore di Commissione																	0,089	0,002	0,089	0,041	0,160	0,171	0,047	0,025	0,005	0,089	0,094	0,138	0,073	0,018	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
Accuratezza complessiva																	0,97																0,97				
Coefficiente K																																					0,97

Figura 231. Matrice di confusione

Il modulo del servizio denominato IN.PR.G ha lo scopo di supportare la gestione e la manutenzione del piano regolatore comunale. L'applicativo gestisce in particolare le informazioni utili per verificare la possibilità di attivare varianti urbanistiche, date le condizioni iniziali del piano in vigore e secondo parametri stabiliti dalla normativa di riferimento, parametri che definiscono soglie quantitative per individuare le principali tipologie di variante al PRG (dalla variante sostanziale generale alla variante sostanziale parziale, fino alle varianti non sostanziali).

Nel modulo IN.PR.G è a tale scopo presente un'apposita funzionalità che consente il monitoraggio delle superfici di suolo pianificato attraverso l'indicazione degli ampliamenti e delle riduzioni per tipologia di zona territoriale, determinati per confronto tra la zonizzazione d'impianto del PRG vigente e quella aggiornata dello stesso strato presente nel Sistema delle Conoscenze Territoriali (SCT), riportando la quantificazione delle variazioni di zona intervenute nel frattempo a seguito delle varianti effettuate.

In Figura 232 è riportato lo scenario di Ampliamenti - Riduzioni delle superfici per tipologia di zona del PRG del Comune di Saint-Christophe, nei pressi di Aosta, con il quale viene monitorato lo stato dell'arte del piano stesso consentendo l'analisi delle variazioni intervenute nell'az-zonamento. Come precedentemente accennato, tale informazione è necessaria qualora il comune voglia predisporre una nuova variante al piano in quanto la norma, di cui all'articolo 14 della l.r. 11/1998, richiede di verificare lo stato di attuazione del piano e di valutare l'entità dell'ampliamento della verifica, allo scopo di definire il procedimento di variante necessario. Infatti, la norma individua soglie diversificate in funzione delle tipologie di zona che variano tra l'1% e il 10% della superficie variata, a seconda dei casi. Inoltre, la stessa consente l'individuazione di aree di completamento e di nuovo impianto che ricadono nella categoria delle varianti sostanziali parziali a condizione che l'edificabilità contemplata nel PRG sia stata attuata almeno per il 70% delle previsioni.

Questo percorso permette di rilevare le variazioni di superficie delle zone di PRG, ma non di rilevare le variazioni di copertura del suolo interne alle zone stesse: non consente quindi di rilevare automaticamente il completamento delle aree libere all'interno delle zone edificabili del PRG.

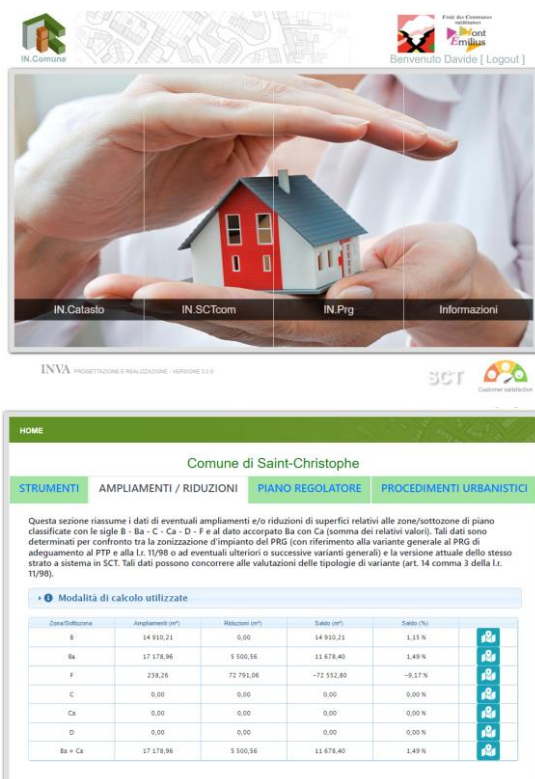


Figura 232. IN.COMUNE – Ampliamenti - Riduzioni

Al fine di definire un quadro complessivo dello stato attuale della pianificazione, è pertanto necessario integrare l'informazione fornita con IN.PR.G con quella relativa allo stato di attuazione del piano attraverso il monitoraggio del livello di saturazione delle aree libere potenzialmente destinate ad una nuova edificazione e che quindi in caso di cambio di copertura del suolo in edificato determinano un effettivo consumo dello stesso. L'approccio deve tuttavia scontare una oggettiva limitazione: senza una puntuale indagine documentale, non è possibile verificare con gli strumenti di telerilevamento utilizzati che tutte le aree libere individuate siano effettivamente superfici a disposizione per la nuova edificazione o siano già state vincolate da edificazioni precedentemente realizzate, in relazione all'applicazione degli indici urbanistici, o condizionate da limitazioni derivanti da norme diverse (ad esempio quelle per vincoli idrogeologici o paesaggistici).

e quindi non siano di fatto disponibili. Tuttavia, l'informazione che può essere ricavata da un approccio basato sulla lettura di dati satellitari consente comunque un indubbio vantaggio in termini di conoscenza complessiva e contestuale del territorio e di rapidità di aggiornamento a fronte di costi contenuti.

L'obiettivo è stato perseguito attraverso una analisi delle componenti del territorio, partendo dalle classi della Land Cover definite dalla carta ottenuta a scala regionale (e mappabili potenzialmente a cadenza periodica annuale), ha previsto un'intersezione tra questa e le zone territoriali di tipo B e C del PRG, relativamente al Comune di Saint-Christophe.

In base alla legge urbanistica regionale, le zone di tipo B sono definite come parti di territorio comunale costituite dagli insediamenti residenziali, artigianali, commerciali, turistici ed in genere terziari, diversi dai centri storici, totalmente o parzialmente edificate e infrastrutturate. Le zone di tipo C sono invece le parti del territorio comunale totalmente inedificate o debolmente edificate, da infrastrutturare, destinate alla realizzazione dei nuovi insediamenti. Per valutare le condizioni di saturazione del PRG si è dunque proceduto alla verifica delle variazioni delle aree edificate per le zone di tipo B e C aggiornando il valore delle aree libere per un dato momento di riferimento (2020). Partendo dalle classi della carta di copertura del suolo ricadenti nelle suddette zone di PRG, si è dunque definito quali aree risultano effettivamente libere e non interessate da alcuna forma di edificazione. È opportuno precisare che le zone di tipo B e C nel Comune di Saint-Christophe, ossia l'area di studio, si concentrano all'incirca tra le quote 550 e 800 metri s.l.m., in esposizione a sud.

Si è quindi sviluppato un indice per valutare nel tempo la trasformazione del suolo libero in suolo impermeabilizzato con riferimento a questi tipi di zone e in tal modo dar conto del grado di saturazione del PRG rispetto alle previsioni espresse all'atto di approvazione del piano vigente. Sebbene l'analisi permetta di mappare all'interno delle aree oggetto di studio del PRG la distribuzione delle varie classi della Land Cover, l'indice si focalizza sulla sola componente urbanizzata che definisce un consumo di suolo potenzialmente irreversibile. Lo strumento di monitoraggio è stato definito come Indice di saturazione urbana effettiva (ISUE).

$$ISUE = \frac{\sum S_{\epsilon} \cap LC_{urb}}{\sum S_{\epsilon}} \times 100$$

dove,

ISUE = Indice di saturazione urbana effettiva del PRG (adimensionale)

S_{ϵ} = superficie aree del PRG di interesse nel caso di studio rispettivamente le zone di tipo B e C (espressa in metri quadri)

LC_{urb} = classe delle Aree Urbanizzate ed Antropiche (espressa in metri quadri) della Land Cover (aggiornabile ogni anno)

L'area libera effettiva rispetto alla pianificata (ALE) si ottiene come:

$$ALE = 100 - ISUE$$

dove,

ISUE = Indice di saturazione urbana effettiva (adimensionale).

In Tabella 145 si riporta quanto ottenuto relativamente al Comune di Saint-Christophe, con in evidenza la percentuale di costruito presente entro il perimetro delle aree B e C come rappresentato all'anno 2020.

Tabella 145. ISUE calcolato sul Comune di Saint-Christophe

Zone di tipo B		%
ISUE	Indice di saturazione urbana effettiva	82
Zone di tipo C		%
ISUE	Indice di saturazione urbana effettiva	66

In 146 si riporta la ripartizione percentuale ricavata sulle aree libere effettive (ALE) per ciascuna classe della Land Cover presente nelle aree B e C del PRG per il Comune di Saint-Christophe.

Tabella 146. Ripartizione delle superfici della Land Cover VdA espresse in percentuale ricadenti nella ALE delle zone B e C del PRGC del Comune di Saint-Christophe

Zona B	%
Colture legnose	1,56
Foreste di conifere	0,10
Foreste di latifoglie	0,93
Foreste miste e brughiere	0,01
Praterie naturali e pascoli alpini	0,05
Prato-pascoli	4,27
Veget. erbacea discontinua a media e bassa quota	11,33
Vegetazione erbacea sparsa di alta quota	0,01
ALE	18
Zona C	%
Foreste di latifoglie	0,11
Prato-pascoli	10,31
Veget. erbacea discontinua a media e bassa quota	23,63
ALE	34

Conclusioni

Il possibile servizio applicativo per il monitoraggio del consumo di suolo nelle zone del piano regolatore comunale attraverso un utilizzo combinato della carta di copertura del suolo con dati GIS aggiornati ha rappresentato un valido strumento a supporto delle ordinarie procedure di monitoraggio del consumo di suolo a livello di pianificazione territoriale. Sebbene i dati Sentinel non permettano un monitoraggio di elementi sparsi ed inferiori a 100 m², un loro uso combinato con altri dati satellitari ad alta risoluzione come Planet e banche dati aggiornate consente di tracciare in modo accurato per l'intera regione, tenendo conto anche della complessità geomorfologica

(tale da rendere il telerilevamento più complesso), il consumo di suolo effettivo nelle aree del piano. Il potenziale servizio è naturalmente scalabile ad altre realtà alpine e regionali a livello nazionale ed europeo permettendo di soddisfare i criteri ad ogni livello, rimanendo pur sempre adesi alla caratterizzazione delle tipicità in ambito locale e alle esigenze di numerosi portatori di interesse. In conclusione, un attento uso combinato di dati satellitari e dati GIS (come, ad esempio, Deep Learning condotti su immagini ad altissima risoluzione a base periodica) può sicuramente rappresentare un importante trasferimento tecnologico e operativo in ambito pianificatorio permettendo attraverso appositi indici di mappare il consumo di suolo effettivo rispetto a quello pianificato come nel caso della Valle d'Aosta.

L'applicazione sperimentale della carta della copertura del suolo nella lettura dell'evoluzione dei piani regolatori comunali ha permesso di verificare che questa è un utile supporto per orientare il comune e il pianificatore nell'attuare le politiche urbanistiche locali sebbene non possano essere trascurati i limiti oggettivi del prodotto, che permette la lettura delle condizioni fisiche del contesto ma non può per sua natura prendere in esame il complesso normativo e autorizzativo connesso alla condizione giuridica dell'assetto proprietario e dello status urbanistico/edilizio del terreno non edificato. Ciò non toglie che l'informazione data dall'Indice di saturazione urbana effettiva (ISUE) unita alla quantificazione delle variazioni di superficie di zona fornite da IN.PR.G siano un primo importante tassello per la costruzione di un sistema di monitoraggio dell'evoluzione del suolo pianificato alla scala regionale e a quella comunale.

REGIONE LOMBARDIA

AGGIORNAMENTO DEL PIANO TERRITORIALE REGIONALE CONSEGUENTE AL PRIMO MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO

Contributo a cura di *Maurizio Federici, Sara Pace (Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio e Protezione Civile) in collaborazione con Fabrizio Ottolini, Ekaterina Solomatin (Fondazione Lombardia per l'Ambiente)*

In questo contributo viene proposta una sintesi dei contenuti dell'Aggiornamento 2021 dell'integrazione del PTR ai sensi della l.r. 31/2014⁹⁷, che Regione Lombardia ha potuto predisporre, in collaborazione con FLA⁹⁸, a tre anni dall'approvazione del Piano integrato⁹⁹ e in riferimento agli esiti del primo monitoraggio del consumo di suolo¹⁰⁰, di cui si è data informazione nelle edizioni 2020 e 2021 del Rapporto SNPA.

Un aggiornamento del Piano conseguente al primo monitoraggio era già stato previsto nel progetto di integrazione del PTR approvato nel 2018, laddove si evidenziava che "il carattere innovativo della politica introdotta dalla l.r. 31/14 prevede inoltre un periodo iniziale di sperimentazione e condivisione delle scelte pianificatorie, necessario a verificare il grado di attuabilità delle stesse e le ricadute sul sistema economico-sociale e insediativo regionale. Tema fondamentale diviene pertanto quello del monitoraggio del Piano, anche attraverso l'acquisizione di dati aggiornati e redatti a un livello di dettaglio maggiore rispetto a quello regionale".

In particolare, il primo step di acquisizione di dati aggiornati e di maggiore dettaglio, ha riguardato il tema centrale delle relazioni tra domanda e offerta insediativa, sulla base delle quali il PTR ex l.r. 31/2014 ha fissato le soglie tendenziali di riduzione del consumo di suolo. Si

ricorda infatti che il Piano, con riferimento a quanto indicato nell'Agenda globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica), stima il fabbisogno sulla base delle previsioni demografiche dell'ISTAT, e confronta questa stima con la misura del consumo di suolo programmato, ovvero la disponibilità di aree edificabili su suolo libero previste nei piani comunali. Sulla base di tali grandezze il Piano fissa le soglie regionali e provinciali tendenziali di riduzione del consumo di suolo. La soglia di riduzione del consumo di suolo è calcolata come valore percentuale di riduzione delle superfici territoriali urbanizzabili interessate dagli Ambiti di trasformazione (AT) su suolo libero dei piani comunali (PGT) vigenti al 2 dicembre 2014 (data di entrata in vigore della l.r. 31/2014), da ricondurre a superficie agricola o naturale. Il Piano individuava per le destinazioni prevalentemente residenziali una soglia regionale di riduzione del consumo di suolo pari al 25% per il 2020 e pari al 45% per il 2025.

Per quanto evidenziato, il primo aggiornamento del PTR ex l.r. 31/2014 (Aggiornamento 2021) è stato dunque sviluppato in riferimento agli esiti delle due indagini promosse da Regione Lombardia per la verifica delle relazioni tra domanda e offerta insediativa. Ci si riferisce in particolare:

⁹⁷ L'Aggiornamento 2021 dell'Integrazione del Piano Territoriale Regionale (PTR) ai sensi della l.r. 31/2014, è stato approvato dal Consiglio regionale della Lombardia con d.c.r. n. 2064 del 24/11/2021 e pubblicato sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia, serie Ordinaria, n. 49 del 7/12/2021, in allegato alla Nota di Aggiornamento al Documento di Economia e Finanza Regionale.

⁹⁸ L'Aggiornamento 2021, come l'Integrazione del PTR ai sensi della l.r. 31/2014, sono stati sviluppati da Regione Lombardia nell'ambito di specifici accordi di collaborazione stipulati in particolare con Fondazione Lombardia per l'Ambiente (Fondazione istituita da Regione Lombardia, Università degli Studi di Milano, Politecnico di Milano e Università di Pavia; riconosciuta giuridicamente, ai sensi dell'art. 12 cod. civ. con D.P.G.R. n. 14/R/86/LEG del 26 agosto 1986).

⁹⁹ L'Integrazione del PTR ai sensi della l.r. 31/2014, è stata approvata dal Consiglio regionale con D.C.R. n. 411 del 19/12/2018 ed ha acqui-

stato efficacia il 13/03/2019, con la pubblicazione sul BURL n. 11, Serie Avvisi e concorsi, dell'avviso di approvazione (comunicato regionale n. 23 del 20 febbraio 2019).

¹⁰⁰ I primi esiti del monitoraggio del consumo di suolo in attuazione della l.r. 31/2014 sono stati pubblicati nella Relazione 2020 sullo stato della pianificazione lombarda - Focus su Monitoraggio consumo di suolo (marzo 2021), predisposta nell'ambito dell'Osservatorio Permanente della Programmazione Territoriale di Regione Lombardia. La Relazione 2020 (Focus su Monitoraggio consumo di suolo - III Parte - pag. 31) è messa a disposizione sul portale regionale: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istitutio-nale/HP/DettaglioPubblicazione/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/territorio/governo-del-territorio/relazione-2020-stato-pianificazione-osservatorio-programmazione-territoriale>

- per quanto riguarda l'offerta insediativa, all'"Indagine offerta PGT", realizzata da Regione Lombardia nel 2019/2020, che ha restituito un dato completo e più preciso rispetto alle previsioni contenute nei PGT vigenti al 2014 (data di riferimento per il monitoraggio e la misurazione del consumo di suolo, nonché dato di partenza dell'offerta realmente disponibile) superando le incoerenze presenti nella banca dati regionale della Tavola delle Previsioni di Piano dei PGT e completando il dato con il grado di attuazione delle previsioni al 2014 (in origine non nota).
- per quanto riguarda la domanda insediativa residenziale, alla ricerca "Approfondimento sulle modalità di calcolo di fabbisogno e offerta abitativa in Lombardia, a supporto delle politiche per il contenimento del consumo di suolo (l.r. 31/2014)", promossa da Regione Lombardia con PoliS Lombardia e realizzata da CRESME Ricerche nell'agosto 2018, che ha consentito la stima, alla scala di Province ed Ato (ambiti territoriali omogenei individuati del PTR), della domanda in base al numero di famiglie attese nell'arco temporale 2020-2036 e di sostituire le stime demografiche originariamente considerate dall'integrazione del PTR alla l.r. 31/14 (vecchie stime ISTAT della popolazione in Italia dal 2011 al 2065).

Le due attività di indagine hanno evidenziato che sia la domanda residenziale primaria futura (sino al 2030) sia l'offerta insediativa (al 2014) sono inferiori a quelle stimate in origine dal PTR ex l.r. 31/2014. I nuovi dati, associati al ricalcolo della domanda primaria pregressa sulla base di serie storiche "ufficiali" e non stimate (risultando anch'essa in riduzione rispetto alla stima originaria), hanno consentito di verificare che, pur lasciando inalterate le ipotesi del PTR ex l.r. 31/2014 approvato nel 2018 (tra cui anche l'ipotesi che nel primo decennio di attuazione del piano l'offerta su superficie urbanizzata - c.d. ambiti di rigenerazione - sia completamente attuata e in grado di assorbire tutta la corrispondente domanda insediativa residenziale) la soglia di riduzione regionale stimata (45%) alla fine del primo decennio di attuazione del piano (allora considerato al 2025) è in realtà superiore a quella stimabile (41,86%) al 2030, che costituisce di fatto il primo vero step decennale di attuazione del piano (considerando che l'integrazione del PTR alla l.r.

31/14 ha acquisito efficacia il 13 marzo 2019). Al 2030, infatti, il fabbisogno residenziale di superficie territoriale su suolo libero stimato dall'Aggiornamento 2021 del PTR ex l.r. 31/2014 in circa 4.808 ha, è pari al 58,14% dell'offerta effettivamente disponibile al 2014 (8.271 ha) in AT su suolo libero. Inoltre, si evidenzia che le verifiche analitiche effettuate per l'Aggiornamento 2021 devono essere poste in relazione all'effettivo e limitato periodo di vigenza del PTR ex l.r. 31/2014 (efficace come detto solo dal 13 marzo 2019) che, di fatto, non ha consentito l'adeguamento diffuso, nei tempi previsti dall'art.5 della l.r. 31/2014, dei piani delle province (PTCP) e dei comuni (PGT).

Al fine di garantire l'attuazione graduale della politica di riduzione del consumo di suolo dichiarata dal PTR del 2018 ed il raggiungimento della soglia regionale di riduzione del consumo di suolo ipotizzata al 2025, senza modificare gli obiettivi prefissati ma sulla base degli esiti del primo monitoraggio e per le motivazioni sopra indicate, ne è derivata la necessità di traslare di un quinquennio (al 2030) le soglie regionali di riduzione del consumo di suolo residenziale originariamente fissate dal PTR e, conseguentemente, anche quelle originariamente fissate per le altre funzioni.

Coerentemente con quanto sopra e in considerazione della necessità di approfondire gli apporti che saranno forniti, in tema di riduzione del consumo di suolo, dalla nuova stagione di rigenerazione urbana inaugurata in Lombardia dall'emanazione della l.r. 18/2019, nonché dalla necessità di attendere che l'effettiva attuazione del PTR ex l.r. 31/2014 (ancora nella sua fase iniziale) consenta di analizzare una copertura significativa dei dati della "Carta del consumo di suolo" dei diversi PGT (superficie urbanizzata e urbanizzabile, qualità della superficie agricola o naturale), si è confermato anche in sede di Aggiornamento 2021 il carattere "tendenziale" delle soglie di riduzione del consumo previsto dal PTR ex l.r. 31/2014 approvato nel dicembre 2018.

Per maggiori approfondimenti in particolare rispetto alle due indagini citate, si riepilogano di seguito i principali esiti e le valutazioni che sono confluite nell'aggiornamento del piano regionale.

L'"Indagine offerta PGT" 2019/2020 e le ricadute sull'offerta insediativa al 2014

L'"Indagine offerta PGT", realizzata da Regione Lombardia nel biennio 2019/2020 in collaborazione con Province

Città metropolitana Comuni e con il supporto di FLA ed ARIA S.p.a., ha permesso di verificare e aggiornare alcune informazioni contenute negli strati informativi della banca dati dei piani comunali (in particolare le previsioni contenute negli Ambiti di trasformazione della Tavola delle Previsioni di piano dei PGT) utilizzate in sede di redazione del PTR ex r. 31/2014, aggiornando nel complesso il quadro di riferimento da assumere al momento iniziale (2/12/2014, data di entrata in vigore della l.r. 31/2014) per la politica regionale di riduzione del consumo di suolo.

In particolare, l'indagine ha permesso di verificare che l'offerta residenziale e per altre funzioni (in mq di slp) effettivamente disponibile al 2014¹⁰¹ è sensibilmente inferiore a quella quantificata in origine¹⁰², con una contestuale minore incidenza dell'offerta presente negli Ambiti di trasformazione su superficie urbanizzata (che costituiscono, in prima approssimazione, gli ambiti in cui attuare la rigenerazione urbana).

Dall'indagine emerge infatti che:

- l'offerta residenziale complessiva degli Ambiti di Trasformazione è pari a 39,24 milioni di mq di slp, contro i 92,27 milioni di mq stimati in origine¹⁰³. Di questi, 30,07 milioni di mq di slp (76,63% circa dell'offerta totale) sono presenti negli AT su suolo libero mentre 9,16 milioni di mq di slp (23,37% dell'offerta totale) sono presenti in AT su superficie urbanizzata. L'offerta residenziale complessiva al 2014 risulta quindi inferiore del 57,5% rispetto a quella stimata in origine, così come risulta sensibilmente inferiore anche l'offerta di slp residenziale in AT su superficie urbanizzata (i c.d. interventi di rigenerazione), pari solo al 23,35% dell'offerta totale (54,17% stimato in origine). Quest'ultimo dato incide significativamente sulle ipotesi di riduzione di consumo di suolo formulate dal PTR ex l.r. 31/2014, in quanto esso ipotizza che nel primo decennio di sua attuazione gli Ambiti su superficie urbanizzata siano in grado di rispondere, nella loro totalità, alla

corrispondente quota di domanda insediativa residenziale.

- l'offerta per altre funzioni urbane in Ambiti di Trasformazione è pari a 73,16 milioni di mq di slp, contro i 96,52 milioni di mq restituiti dalla banca dati allora disponibile. Di questi, 56,99 milioni di mq circa (77,89% circa dell'offerta complessiva) sono presenti negli AT su suolo libero mentre quelli su superficie urbanizzata sono pari a 16,17 milioni di mq (circa 22,11% dell'offerta complessiva, contro il 35,87 % stimato in origine). L'offerta per altre funzioni effettivamente disponibile al 2014 è quindi inferiore del 24,10% rispetto a quella stimata in origine.

L'indagine ha anche consentito di aggiornare ulteriori dati utilizzati nelle stime di offerta, quali ad esempio gli indici di densità territoriale media delle previsioni dei PGT, che risultano sempre inferiori a quelli a suo tempo restituiti dallo strato informativo della Tavola delle Previsioni di piano (indice territoriale medio degli AT su suolo libero pari a 0,36 mq/mq e non a 0,47 mq/mq), con contestuali ricadute sull'effettivo fabbisogno di superficie territoriale su suolo libero nel prossimo decennio.

Sono stati inoltre aggiornati i dati della superficie urbanizzata e della superficie urbanizzabile (consumo di suolo esistente e previsto), potendoli riferire sostanzialmente alla totalità dei 1.500 Comuni. L'Indagine Offerta PGT ha anche consentito il riconoscimento delle previsioni presenti nei PGT ma già attuate al 2014 (secondo la definizione di "attuazione" contenuta nei criteri del PTR ex l.r. 31/2014) e le porzioni attuate (ai sensi degli stessi criteri) sono state attribuite alla superficie urbanizzata. Pertanto, si sono ottenuti i seguenti dati aggiornati:

- la superficie urbanizzata aggiornata con l'elaborazione dei dati dell'"Indagine Offerta PGT" ha un'estensione di 339.378 ha (invece di 336.870 ha dell'originario PTR ex l.r. 31/2014 del 2018), mentre l'indice di urbanizzazione territoriale che ne consegue risulta pari al 14,2% (invece del 14,3 %).

¹⁰¹ periodo iniziale preso a riferimento dal PTR ex l.r. 31/2014 per l'attuazione della politica di riduzione del consumo di suolo.

¹⁰² in base ai dati allora presenti nella banca dati regionale dei PGT denominata "Tavola delle previsioni di Piano".

¹⁰³ i dati derivanti dall'Indagine Offerta PGT del 2019/2020 sono quelli dell'offerta effettivamente disponibile al 2014, depurata da quanto già

attuato al 2014. Il dato originario del PTR ex l.r. 31/2014 approvato nel 2018, desunto dalla banca dati regionale "Tavola delle previsioni di Piano", non permetteva di depurare il dato dalla porzione già attuata al 2014.

- il dato aggiornato di superficie urbanizzabile restituito dall'elaborazione dei dati dell'"Indagine Offerta PGT" è di 39.117 ha (invece dei 35.649 ha dell'originario PTR ex l.r. 31/2014 del 2018), mentre l'incidenza % della superficie urbanizzabile rispetto alla superficie territoriale risulta pari all'1,64% (invece che all' 1,50 %).

In sintesi, il consumo di suolo esistente e previsto, calcolato ai sensi della l.r. 31/2014 (superficie urbanizzata + urbanizzabile), è pari a 378.495ha (contro gli originari 372.519 ha, riferiti però ad un numero di comuni inferiore e, quindi, ad una superficie territoriale inferiore), ovvero al 15,85% del territorio regionale (contro il 15,80% originariamente stimato, sempre riferito ad un numero di comuni inferiore e ad una superficie territoriale inferiore).

La ricerca demografica PoliS/CRESME 2018 e le ricadute sulla domanda residenziale al 2030

L'approfondimento delle stime demografiche condotte nella ricerca CRESME 2018 sul fabbisogno residenziale, a supporto delle politiche per il contenimento del consumo di suolo a scala Provinciale e di Ato, consente di stimare in modo più approfondito la domanda insediativa sino al 2036. L'aggiornamento del PTR ex l.r. 31/2014, per le finalità che gli sono proprie e nel solco del metodo originariamente seguito, ha considerato tali dati solo rispetto al 2021-2030, aggiornando le valutazioni a suo tempo condotte per l'originario primo decennio di riferimento (2015-2025).

Richiamo alle stime ISTAT (2018) di andamento demografico della Lombardia

Secondo lo scenario mediano stimato da ISTAT nel 2018 la popolazione residente in Lombardia potrebbe essere di circa 10,6 milioni di residenti nel 2045 (+ 5,46 % rispetto al 2018) e circa 10,3 milioni nel 2065 (+ 2,33% rispetto al 2018). Secondo lo scenario più alto tale incremento potrebbe arrivare a + 13,48% nel 2045 e a +19,16% al 2065, con una popolazione che nel 2065 potrebbe arrivare anche a 11,9 milioni di residenti.

Nel breve e medio periodo ISTAT stima:

- al 2025 (31 dicembre) un incremento nello scenario mediano dell'1,96 % (+ 196.923 residenti). Nello scenario massimo l'incremento potrebbe arrivare al 3,22% (+323.134 residenti);

- al 2030 (31 dicembre) un incremento nello scenario mediano del 3,20 % (+ 321.463 residenti). Nello scenario massimo l'incremento potrebbe arrivare al 5,78% (+580.436 residenti);
- al 2035 (31 dicembre) un incremento nello scenario mediano del 4,24 % (+ 425.975 residenti). Nello scenario massimo potrebbe arrivare all'8,40% (+842.671 residenti).

Per la regione Lombardia, pertanto, le stime ISTAT ipotizzano un'evoluzione ancora in incremento demografico, in controtendenza rispetto al quadro nazionale. L'incremento al 2065 non sarebbe comunque lineare, ma si stima un incremento massimo a cavallo degli anni 2047/2048 (+ 5,48% nello scenario mediano), con una riduzione degli incrementi negli anni successivi. Tale riduzione porterebbe ad una riduzione della popolazione, nello scenario mediano, a partire dal 2049. Nello scenario massimo, invece, la popolazione continuerebbe a crescere anche dopo il 2049, sebbene con tassi inferiori rispetto agli anni precedenti.

La stima PoliS/CRESME 2018 di famiglie residenti nel periodo 2018 - 2036

La ricerca PoliS/CRESME 2018 è stata promossa, come detto, al fine di stimare la specifica domanda insediativa residenziale in termini di famiglie/abitazioni, non determinabile con le stime ISTAT in quanto riferite unicamente all'andamento della popolazione residente. Infatti, la stima CRESME del numero di famiglie residenti attese nel periodo considerato, costituisce l'elemento centrale nella determinazione della domanda insediativa potenziale (1 famiglia → 1 casa).

Occorre da subito evidenziare che per effetto dell'andamento tendenzialmente divergente tra popolazione residente e numero di famiglie, anche nello scenario basso (di decremento della popolazione) è atteso un incremento del numero di famiglie atteso al 2036 (+ 3,54%, pari a + 156.178 famiglie) per effetto della conferma del decremento della composizione media del nucleo familiare.

Infatti, nei tre scenari di riferimento, il valore assoluto di famiglie residenti atteso nel 2026 potrebbe assumere i seguenti valori:

- scenario "basso": circa 4,57 milioni di famiglie residenti (+ 3,54% rispetto al 2015);

- scenario "centrale": circa 4,73 milioni di famiglie residenti (+ 7,14 % rispetto al 2015);
- scenario "alto": circa 4,90 milioni di famiglie residenti (+ 10,99% rispetto al 2015).

In particolare, nelle fasi temporali intermedie e nello scenario "centrale" CRESME stima:

- al 2025 (31 dicembre) un incremento del 4,32 % (+ 191.004 famiglie residenti);
- al 2030 (31 dicembre) un incremento del 5,65% (+ 249.528 famiglie residenti).

Alle stesse date e nello scenario "alto" CRESME stima:

- al 2025 (31 dicembre) un incremento del 6,14% (+271.353 famiglie residenti);
- al 2030 (31 dicembre) un incremento dell'8,40% (+370.800 famiglie residenti).

Anche lo scenario "basso" di CRESME stima sempre un incremento del numero di famiglie (e quindi della domanda insediativa), anche nell'ipotesi di una eventuale

diminuzione della popolazione nel corrispondente periodo.

Le stime CRESME confermano, quindi, che in qualsiasi scenario l'incremento delle famiglie per il futuro sarà più che proporzionale rispetto a quello della popolazione; le famiglie attese nel periodo 2020-2030 avranno dinamiche sempre crescenti in qualsiasi ipotesi considerata (bassa, centrale o alta), con ricadute proporzionali sulla prossima domanda insediativa residenziale.

Per ulteriori approfondimenti riferiti in particolare alle suddette indagini e in generale ai contenuti dell'Aggiornamento 2021 dell'Integrazione del PTR ai sensi della l.r. 31/2014, si rimanda agli specifici elaborati pubblicati sul portale regionale della Lombardia:

<https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/territorio/pianificazione-regionale/consumo-di-suolo-integrazione-ptr-lr-31-2014/consumo-di-suolo-integrazione-ptr-lr-31-2014>

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

DINAMICHE INSEDIATIVE E ARTIFICIALIZZAZIONE DEI SUOLI IN TRENTO

Contributo a cura di *Giorgio Tecilla, Giuseppe Altieri e Ruggero Bonisoli (Provincia Autonoma di Trento. Umse urbanistica – Osservatorio del paesaggio)*

L'attività dell'Osservatorio del paesaggio trentino¹⁰⁴ ha da sempre rivolto la propria attenzione alla divulgazione degli esiti degli studi sulle trasformazioni paesaggistiche documentati dal *Rapporto sullo stato del paesaggio*.

Sul tema del consumo di suolo e delle dinamiche insediative - a partire dalla prima edizione del Rapporto risalente al 2015 - la progressiva sistematizzazione dell'approccio metodologico, ha consentito la rappresentazione di tre narrazioni¹⁰⁵ centrate sui seguenti approcci tematici rivolti allo studio:

del *Suolo consumato (SC)*, mirato alla descrizione dei processi di artificializzazione della copertura di suolo con il monitoraggio annuale delle trasformazioni. Analogamente a quanto svolto dall'intera rete SNPA nei differenti contesti territoriali regionali e di provincia autonoma, la misurazione del suolo impermeabile racconta l'esito del processo di trasformazione misurando la modifica dei caratteri fisici dei suoli trasformati dall'intervento antropico. Si tratta quindi di una narrazione del processo di interazione uomo/ambiente, di co-evoluzione - direbbe la Convenzione Europea del Paesaggio - che evidenzia la progressiva, e aggressiva, riduzione degli spazi fisici favorevoli allo sviluppo della biodiversità;

del *Suolo insediato esistente, Aree Fortemente Antropizzate esistenti*¹⁰⁶ (*ArFAn esistenti*). Tale approccio è più direttamente correlato al mandato dell'Osservatorio del paesaggio trentino centrato sul monitoraggio delle tra-

sformazioni paesaggistiche correlate alla presenza antropica spinta, che si sostanzia nelle trasformazioni strutturali del paesaggio insediato. A tali fini descrittivi gli spazi indagati sono rappresentati in due classi principali.

La prima classe è rappresentata dai contesti insediati¹⁰⁷ ed è costituita dalle aree caratterizzate dalla presenza continua di edifici, spazi pubblici e privati di relazione. Tali aree possono anche avere un trattamento di suolo permeabile al quale vengono però attribuite funzioni strettamente correlate alla presenza umana.

La seconda classe è costituita dalla rete delle infrastrutture per la mobilità/accessibilità esterne ai nuclei insediati e le aree specializzate¹⁰⁸ dove gli spazi originariamente rurali e ad elevata naturalità sono stati trasformati a seguito dell'insediamento di funzioni antropiche con un forte impatto paesaggistico e ambientale. Si tratta di discariche, aree di cava, siti con processi di inquinamento ambientale certificato;

delle *Aree insediate programmate*¹⁰⁹ (*ArFAn programmate*) dagli strumenti di pianificazione comunale. Programmazioni che, se attuate, produrranno un ampliamento dell'insediamento esistente, con un'ulteriore sottrazione di aree rurali o ad elevata naturalità.

I dati per le tre narrazioni sono il prodotto dell'elaborazione di fonti informative istituzionali, salvo per le infrastrutture dove sono state utilizzate informazioni di *Openstreetmap*. Gli esiti delle elaborazioni sono divulgati

¹⁰⁴ <https://www.paesaggiotrentino.it/>

¹⁰⁵ <https://www.paesaggiotrentino.it/it/rapporto-stato-del-paesaggio/dinamiche-di-urbanizzazione-e-consumo-di-suolo/> Nella sezione sono pubblicati i contributi che in vario modo affrontano il tema specifico e quelli ad esso correlati

¹⁰⁶ https://siat.provincia.tn.it/geonetwork/srv/ita/catalog.search#/metadata/p_TN:28582ba0-cee1-42c8-9b19-7baca61bd2de dato liberamente scaricabile dal geo portale provinciale

¹⁰⁷ ArFAn contesti insediati, stato di fatto al 31 dicembre dell'anno di rilevamento. La base informativa è quella del catasto fondiario. Fonte ritenuta molto attendibile per le procedure di aggiornamento e mantenimento del dato. A titolo esemplificativo le "case fantasma" nel territorio provinciale sono state stimate al 3% in termini di numero di edifici rispetto a quelli certificati. Il dato è liberamente scaricabile dal geo

portale provinciale https://siat.provincia.tn.it/geonetwork/srv/ita/catalog.search#/metadata/p_TN:2eacecb2-d78c-460e-9a4c-47b80a9f105d

¹⁰⁸ ArFAn infrastrutture e aree per funzioni specializzate. Il dato utilizzato è misto e deriva da una raccolta informativa presso i differenti servizi provinciali competenti viabilità e infrastrutture, APPA per discariche e siti inquinati, Servizio minerario per le aree di cava. Nel rapporto del 2020 viene descritta in modo più dettagliato la modalità di elaborazione

¹⁰⁹ La fonte dati è lo strato informativo Uso del suolo pianificato (USP). Mosaico delle pianificazioni comunali approvate ed efficaci aggiornato al 31 dicembre di ogni anno realizzato dal Servizio Urbanistica e tutela del paesaggio

nell'ambito del *Rapporto provinciale sullo stato del paesaggio*.

La rappresentazione dei fenomeni di trasformazione e degli scenari di futuro delineati dagli strumenti urbanistici è effettuata con riferimento a sezioni territoriali, provinciale, intermedia e comunale¹¹⁰. Si tratta quindi di una prassi di disseminazione delle informazioni che vuole, nel suo complesso, rendere più consapevole la società trentina sui processi insediativi in corso e programmati, con riferimento ai decisori istituzionali, alle rappresentanze delle assemblee elettive, alle associazioni di categoria e sociali, e in generale alla cittadinanza.

Le ArFAn esistenti rappresentano lo stato di fatto delle trasformazioni, aggiornate alla chiusura dell'anno di rilevamento. Le ArFAn programmate rappresentano le aree non ancora insediate ma per le quali i piani urbanistici prevedono la possibilità di trasformazione. Metodo e procedure sono stabilizzate e consentono la produzione di aggiornamenti, sull'andamento delle ArFAn esistenti e programmate, oltre al contributo sul trattamento di suolo per il rapporto annuale SNPA/ISPR. Gli aggiornamenti sono rappresentati in tempo reale nell'ambito di un sito internet dell'Osservatorio del paesaggio e a cadenza biennale nel contesto della pubblicazione del *Rapporto sullo stato del paesaggio*.

In aggiunta a tale procedura ordinaria di monitoraggio, l'esperienza di questi ultimi anni ha evidenziato l'utilità nel predisporre studi che forniscano ulteriori indicatori quantitativi e qualitativi rispetto ai fenomeni di presenza antropica spinta, e di consumo di suolo, sperimentando l'elaborazione di fonti informative di varia provenienza.

In questa prospettiva l'Osservatorio ha recentemente avviato la sperimentazione dell'utilizzo contestuale di dati territoriali con altri dati relativi alla scala edilizia provenienti dal Catasto fabbricati¹¹¹. Gli studi, qui presentati nella prima fase sperimentale, troveranno una formalizzazione alla scala provinciale entro la fine dell'anno e

sono correlati a esigenze di carattere normativo e gestionale che hanno richiesto un approfondimento specifico su due tipologie di aree insediate: le aree con destinazione d'uso produttivo nel settore secondario e le aree certificate ad uso ricettivo alberghiero soggette a dismissione almeno decennale.

In entrambi casi la finalità degli studi è quella di supportare pratiche gestionali tese a ridurre il consumo di suolo.

Aree produttive del settore secondario

L'approfondimento dello studio sulle aree produttive del settore secondario nasce da un'esigenza di gestione urbanistica legata all'attuazione della pianificazione provinciale dove vengono individuate aree per attività produttive definite di *riserva*¹¹². Sono aree "prenotate" per l'insediamento di attività produttive che potranno transitare in un regime ordinario fatta salva la verifica dell'indisponibilità di capacità insediative residue negli strumenti urbanistici comunali. Si tratta quindi di un'indagine volta a caratterizzare le aree produttive esistenti in termini di estensione dei lotti impegnati e di natura e consistenza dell'edificato. Scopo principale dell'indagine è l'individuazione delle potenzialità attivabili attraverso processi di densificazione dei tessuti produttivi già insediati. Densificazione "orizzontale" perseguita ampliando la superficie coperta esistente, e "verticale" aumentando la disponibilità di superficie utile attraverso l'incremento del numero di piani degli edifici. In prospettiva lo studio è inoltre orientato a valutare il grado di sfruttamento delle superfici già insediate desumibile dall'incrocio tra i dati di caratterizzazione fisica delle aree insediate e quelli relativi allo stato delle attività produttive ospitate in tali contesti, con particolare riferimento al dato sulle attività in essere e sul personale occupato.

La procedura testata, finalizzata alla descrizione dei caratteri insediativi delle aree produttive disaggrega le ArFAn nelle differenti componenti di gestione urbanistica e si focalizza sulle aree con destinazione d'uso produttivo

¹¹⁰ Urbanizzazione e consumo di suolo in Trentino - Paesaggio trentino. La sezione è disponibile per la consultazione libera dal settembre del 2021

¹¹¹ Il catasto fabbricati certifica le Unità immobiliari (UI) che compongono i fabbricati e le aree scoperte urbane. I dati si riferiscono a consistenza dimensionale, numero e categoria per funzioni, numero di piani. Il dato risulta molto affidabile per procedura di aggiornamento e mantenimento, completamente digitalizzato a partire dal 1996.

https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/257829/Allegato+quadro+generale+categorie_Quadro-GeneraleCategorie.pdf/caf80eb7-3b75-037f-02ee-93d47b1e9df4

le UI sono suddivise in gruppi, categorie e classi.

¹¹² <https://www.consiglio.provincia.tn.it/leggi-e-archivi/codice-provinciale/Pages/legge.aspx?uid=18166>

Legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5 di approvazione del Piano Urbanistico Provinciale. Art. 33 commi 3 e 4 aree produttive di riserva e possibile ampliamento delle aree produttive di rilevanza provinciale

ricostruendo al loro interno i dati di edificato/non edificato e le funzioni insediative degli edifici, in accordo con la classificazione certificata dal Catasto fabbricati.

La metodologia di indagine è stata sperimentata su un'area campione della provincia di Trento evidenziando l'estensione della superficie coperta riconducibile ai fabbricati produttivi, la consistenza per funzioni, il numero di piani e la capacità insediativa residua teorica stimata in rapporto alle norme gestionali di zona. In considerazione degli esiti della sperimentazione, è stata programmata per l'anno in corso l'estensione dell'indagine a tutte le aree produttive della provincia.

Strutture ricettive alberghiere dismesse

In attuazione di una norma di settore¹¹³, Il Servizio provinciale competente in materia di turismo, ha compiuto una indagine per identificare gli episodi di abbandono/disuso delle strutture ricettive alberghiere al fine di proporre strategie di intervento per favorirne il recupero. A partire da tale indagine sono stati successivamente individuati alcuni indicatori che consentono di caratterizzare le numerose strutture dichiarate dismesse in base alla loro localizzazione rispetto ai nuclei insediati, al contesto paesaggistico e ad alcune variabili di utilizzo. La principale fonte di dati utilizzati per l'indagine è ancora il Catasto fabbricati. Le elaborazioni sono finalizzate a migliorare il quadro informativo per indirizzare strategie di intervento da sottoporre al decisore politico.

L'elemento comune delle indagini su aree produttive e strutture alberghiere dismesse è quello di migliorare il

quadro informativo rispetto ai caratteri del territorio insediato, in modo da orientare le politiche di programmazione urbanistica verso un'ottica di riuso, riqualificazione, densificazione degli ambiti già insediati riducendo conseguentemente le programmazioni urbanistiche espansive e il conseguente consumo di suolo. A tale proposito va segnalato che le programmazioni espansive rappresentate dalle Aree fortemente antropizzate programmate (*ArFAn programmate*) risultano essere particolarmente rilevanti essendo stimate in circa il 20% di incremento delle Aree fortemente antropizzate esistenti a scala provinciale, corrispondenti ad una superficie territoriale di oltre 4.000 ha.

Ciò a fronte di un processo di artificializzazione dei suoli nell'ultimo periodo mediamente compreso tra i 30 e 40 ha annui.

Applicazione sperimentale della metodologia di indagine sulle aree produttive del settore secondario

Il caso studio approfondito per l'applicazione sperimentale recentemente conclusa¹¹⁴ prende in esame un ambito territoriale produttivo (Figura 233), sito nella parte meridionale della provincia di Trento. L'ambito produttivo è delimitato da tre viabilità. Due di esse in orientate in direzione nord/sud. La terza viabilità chiude il fronte meridionale dell'area e, nel prossimo futuro, dovrà essere potenziata in quanto componente del sistema viabilistico di scala territoriale.

La superficie fondiaria dell'area è pari a circa 57 ha. Di questi 53 ha (Tabella 147) hanno una destinazione d'uso produttiva.

¹¹³ L.P. 7/2000 art. 13

¹¹⁴ Rapporto sullo stato del paesaggio. https://www.paesaggiotrentino.it/documenti/Rapporto_stato_paesaggio/Consumo_di_suolo/r16_caratterizzazione-arfan_area-industriale-san-giorio-di-arco.pdf

Tabella 147. Caratterizzazione insediativa dell'area produttiva

Tipologia	sup coperta (mq)	sup scoperta (mq)	n. mappali	% sup coperta	% sup scop
edificio e pertinenza	169.559,4	303.015,8	55	31,72%	56,68%
edificio senza pertinenza	33.924,8	0	8	6,35%	0,00%
nessun edificio	0	11.740,1	10	0,00%	2,20%
p.f. non edificate	0	16.364,5	38	0,00%	3,06%
Totali	203.484,1	331.120,4	111		
superficie totale area studio		534.604,5			

L'indagine è stata condotta secondo due registri. Il primo verificando la relazione tra il dato del catasto fondiario (edificazione, pertinenze scoperte e lotti liberi) in rapporto al regime gestionale. Il secondo livello analizza l'uso dei volumi costruiti certificato dal Catasto fabbricati. I due livelli vengono maggiormente dettagliati in modo transcalare nella sequenza: Comune amministrativo, Comune catastale, area oggetto d'indagine ed edificio.

Il Comune, in cui sorge l'area di studio, ha una superficie territoriale pari a circa 6300 ha di cui 490 ha costituiti dai nuclei insediati delle ArFAn pari a circa il 7%. Le destinazioni d'uso gestionali indicano la quota parte delle aree produttive e miste produttive/commerciali, nel 17% (176 ha) contro una media provinciale del 12%.

L'area si è consolidata attorno ad alcuni insediamenti industriali storici dove le attività d'impresa si sono localizzate secondo razionalità proprie, legate alla produzione (una cartiera, una azienda di autotrasporto, una industria tessile). I lotti edificati recentemente, occupano lo spazio disponibile secondo una razionalità immobiliare, sono suddivisi in un numero elevato di unità immobiliari dove si sono localizzate attività produttive minori. Il rapporto di copertura (Tabella 148) si attesta al 32% contro un indice di piano del 50%, segnalando una capacità insediativa residua pari a circa il 30% della superficie coperte esistenti.



Figura 233. Contesto insediato ArFAn su ortofoto dell'area studio

Tabella 148. Rapporto di copertura allo stato di fatto e ammissibile di piano

Indicatore	Area
Fondiaria	534604,50 (mq)
Coperta	203484,14 (mq)
RC esistente	0,38
Superficie coperta ammissibile da norma (RC=0,5)	267302,25 (mq)
capacità edificatoria residua	63818,11 (mq)
Incidenza su edificato esistente	31,36%

I dati del Catasto fabbricato certificano per l'intero Comune 2.168 edifici (Tabella 149) nei quali sono presenti circa 12.400 Unità immobiliari. Il dato prevalente è quello appartenente alle classi residenziali (41%). Quelle produttive pure sono il 3% alle quali bisogna aggiungere una quota parte del gruppo "C" (50%) dove sono presenti anche le aree a parcheggio oltre ad attività d'impresa minori.

Tabella 149. Dato comunale - Unità Immobiliari del CFa suddivise per Gruppi e incidenza sul totale di 12388 UI. Nella cat. "C" sono comprese 4854 UI certificate con cat. "C06" (parcheggio)

Gruppo CFa	numero UI	% UI
A (residenze)	5184	41,85%
B (servizi)	46	0,37%
C (attività varie e parch.)	6243	50,40%
D (attività d'impresa)	357	2,88%
E (servizi)	44	0,36%
F (aree urbane)	514	4,15%
Totale complessivo	12388	100,00%

Per l'area studio sono prevalenti le funzioni produttive (78%). Le funzioni residenziali, prevalenti e miste a produttive, sono il 9% mentre le unità immobiliari in corso di

Tabella 151. Area studio. Classificazione delle 73 p.ed. per tipologia insediativa e incidenza delle UI differenziate per gruppo CFa. Sono escluse le UI con categoria "C06"

Tipologia mappale	n. p.ed.	n. UI	A % su tot	B % su tot	C % su tot	D % su tot	E % su tot	F % su tot
edificio e pertinenza	52	272	11,76%	0,00%	42,21%	24,22%	0,35%	15,57%
edificio senza pertinenza	8	9	0,69%	0,00%	0,00%	2,42%	0,00%	0,00%
solo sup scoperta	8	8	0,00%	0,00%	0,35%	2,08%	0,00%	0,35%
edificio e pertinenza ND	3	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
solo sup scoperta ND	2	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Totale complessivo	73	289	12,46%	0,00%	42,56%	28,72%	0,35%	15,92%

definizione costituiscono l'11% del patrimonio immobiliare. Queste ultime evidenziano una consistente superficie coperta che nel prossimo futuro sarà ulteriormente disponibile per l'insediamento di nuove attività denunciando una certa vivacità edilizia ancora in essere.

Le UI presenti nell'area suddivise per classi sono 398 con una netta prevalenza nella categoria C (parcheggi) e nella categoria D (industriali/artigianali) (Tabella 150).

Tabella 150. Area studio. Classificazione delle 398 UI in base al gruppo CFa differenti. Numero di UI e incidenza rispetto al valore totale di UI.

Gruppo CFA	numero UI	% su tot SG
A	36	9,05%
B	0	0,00%
C	232	58,29%
D	83	20,85%
E	1	0,25%
F	46	11,56%
Totale	398	100,00%

Nelle analisi vengono escluse 109 UI con categoria "C06" che rappresentano i parcheggi. Per le restanti 289 UI l'incidenza delle diverse categorie (Tabella 151, Figura 234) conferma il 42% nel gruppo "C", il 24% nel gruppo "D" e il 16% in corso di definizione. La quota di residenza è poco sopra l'11%.

A completamento dell'indagine viene rappresentata (Figura 234) la presenza nei singoli fabbricati di una o più funzioni certificate dal Catasto fabbricati (CFa) in modo da evidenziare il mix funzionale che li caratterizza. Le funzioni sono sinteticamente aggregate per i gruppi della classificazione catastale descritta precedentemente (Tabella 149).



Figura 234. Area studio. Funzioni certificate dal Catasto fabbricati aggregate per gruppo

Indagine sulle strutture alberghiere dismesse

Nel corso del 2021 il Servizio provinciale Turismo e Sport, avvalendosi del supporto dei Comuni, ha identificato un elenco di strutture alberghiere dichiarate dismesse da oltre 10 anni.

Le elaborazioni effettuate a seguito della individuazione delle strutture dismesse hanno consentito di determinare la superficie fondiaria impegnata e la superficie di sedime

delle strutture dismesse. Sempre ricorrendo ai dati provenienti dal Catasto fabbricati è stato inoltre possibile stimare a superficie utile lorda¹¹⁵ (SUL) e il volume costruito.

L'analisi ha inoltre consentito di individuare i comuni dove sono state segnalate le strutture dismesse.

Ulteriore contributo conoscitivo consentito dalla fonte catastale è relativo alla tipologia di usi attualmente rilevabili

¹¹⁵ http://www.urbanistica.provincia.tn.it/normativa/legge15_2015/regolamento_2017/ Dal 2017 è entrato in vigore il RUE provinciale

nelle strutture ricettive dismesse, dato quest'ultimo che consente di intercettare la presenza di azioni di rifunzionalizzazione parziale o totale o le condizioni di abbandono dei fabbricati.

I contesti interessati da fenomeni di dismissione sono stati inoltre indagati sotto il profilo insediativo e localizzativo evidenziando i caratteri del contesto nel quale si trova la struttura dismessa, l'accessibilità viabilistica, la destinazione d'uso urbanistica, la sensibilità paesaggistica al contesto di prossimità.

Per ognuno degli aspetti indagati è stato possibile rappresentare i relativi dati quantitativi di Superficie fondiaria (Sf), Superficie Utile Lorda stimata (SUL) e Volume fuori terra stimato (Vft).

Conclusioni

L'indagine sulle aree produttive ha evidenziato la capacità di descrivere in modo molto attendibile il dimensionamento della densificazione "orizzontale" potenziale tenendo conto dell'indice di copertura di piano rispetto alla copertura esistente oltre all'identificazione dei lotti liberi disponibili a nuova edificazione.

Il Catasto fabbricati certifica un numero consistente di Unità immobiliari in corso di definizione. Tale dato rappresenta un indicatore del processo di stabilizzazione in corso nell'offerta di aree coperte per le attività di nuovo insediamento. Il numero di piani consente di programmare, nel rispetto di specifiche esigenze d'impresa da

valutare caso per caso, la possibile densificazione "verticale". La disaggregazione per funzioni d'uso consente di valutare modifiche nel mix funzionale presente nell'area con accordi di trasferimenti in aree più idonee, delle funzioni non compatibili con la prevalente presenza di funzioni produttive.

La ricerca sulle strutture alberghiere dismesse costituisce la base istruttoria per la discussione delle linee strategiche di intervento sul tema del riuso delle numerose strutture alberghiere dismesse, in fase di elaborazione da parte del Forum dell'Osservatorio del paesaggio¹¹⁶.

Ciò alla luce dell'obiettivo della riduzione/annullamento del consumo di suolo che rappresenta un principio generale su cui poggia la normativa urbanistica vigente. Tale principio è stato assunto come indirizzo ineludibile per la programmazione degli interventi di gestione e trasformazione del territorio. In tale prospettiva, le aree e le strutture edilizie dismesse, rappresentano una risorsa da conoscere e valorizzare in termini di rifunzionalizzazione e riuso, al fine di evitare la compromissione di nuove aree libere, agricole o naturali.

Gli scenari in discussione in tale contesto coprono un ventaglio di ipotesi che vanno dalla demolizione per riqualificare in senso paesaggistico i contesti compromessi, alla rifunzionalizzazione in senso non ricettivo ovvero alle nuove forme di accoglienza connesse alle esigenze abitative per addetti temporanei, intermittenti o di specifiche categorie economiche, riattivazione con servizi di supporto all'iniziativa d'impresa turistica.

¹¹⁶ L'Osservatorio del paesaggio trentino si articola in una segreteria tecnico scientifica (Sts) e nel Forum dove sono presenti enti, istitu-

zioni, associazioni di categoria, portatori di interesse. Il Forum istituisce di volta in volta tavoli di lavoro su tematiche specifiche. Ai tavoli partecipano i componenti del Forum e altri soggetti esperti.

REGIONE VENETO

CONSUMO DI SUOLO IN VENETO: APPROCCI ALL'ANALISI E AL MONITORAGGIO AMBIENTALE ED URBANISTICO

Contributo a cura di *Salvina Sist, Fabio Mattiuzzo, Claudio Perin, Umberto Trivelloni (Regione Veneto)*

La Regione del Veneto si è dotata di una legge per il contenimento del consumo di suolo nel 2017 (LR 14/2017), avviando un processo di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali ai limiti stabiliti con successivi provvedimenti attuativi (DGR n. 668/2018 e s. m. e i.). Alle soglie del quinto anno dall'entrata in vigore delle nuove

disposizioni, e a seguito della rideterminazione dei termini originariamente previsti per l'adeguamento alla legge, l'attività di recepimento nei piani delle quantità assegnate ha raggiunto ormai il 63% dei comuni del Veneto¹¹⁷ (Figura 235).

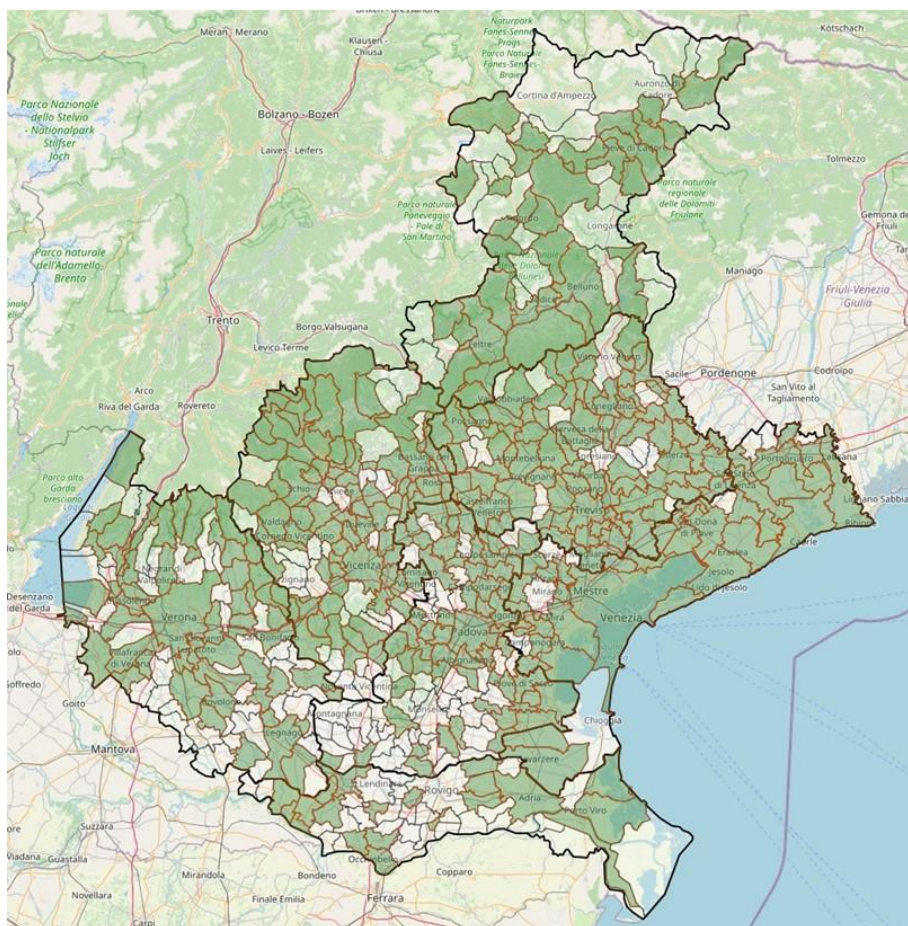


Figura 235. Mappa dei Comuni che hanno approvato la variante di adeguamento al 31 marzo 2022 e trasmessa alla Regione

¹¹⁷ Dato riferito al 31 marzo 2022

Dall'analisi dei dati del monitoraggio – avviato dalla Regione all'indomani dell'approvazione del provvedimento di assegnazione delle quantità massime di suolo consumabile – risulta che le varianti di adeguamento approvate sino ad ora e le riduzioni dei consumi programmati¹¹⁸ operate in attuazione dei citati provvedimenti regionali, hanno determinato una diminuzione complessiva di circa 3.200 ettari rispetto alla quantità massima di suolo consumabile al 2050, determinata in 12.793 ettari sulla base delle previsioni complessive dei Piani e dei criteri di riduzione assunti con la richiamata DGR attuativa della legge.

Oltre all'emanazione di ulteriori provvedimenti attuativi della LR 14/2017, tra i quali i criteri di utilizzo della quantità di "riserva" di suolo regionale consumabile¹¹⁹ e i criteri di individuazione degli interventi pubblici di interesse rilevante che possono essere attuati in deroga alle limitazioni previste, durante questi cinque anni di "gestione" della legge sono stati assegnati contributi in quota parte per un importo di quasi 900.000 euro per l'attuazione di 35 interventi di rinaturalizzazione del suolo¹²⁰ riguardanti

una superficie di 32.465 mq e volumi demoliti pari a circa 83.300 mc (Figura 236). Anche per l'anno 2022 la Giunta regionale ha stanziato 200.000 euro per le medesime finalità¹²¹.

Analisi dei dati sul consumo di suolo 2019-2020

Nel report ARPAV 2021 del consumo di suolo nella Regione Veneto è riportata la suddivisione del consumo di suolo dell'anno 2019-2020 nelle varie tipologie di usi del suolo, visibile nel grafico in Figura 237.

Sulla base dei perimetri degli Ambiti di Urbanizzazione Consolidata (AUC) in formato shape, trasmessi alla Regione dai Comuni che hanno provveduto ad adeguare il proprio strumento alla LR 14/2017, si è potuto effettuare un incrocio dei dati geo localizzati di consumo netto registrati da ARPAV nel 2020 rispetto all'anno precedente (cioè degli areali), per valutarne la collocazione rispetto alle aree già interessate da trasformazioni insediative.

Il consumo e lo strato informativo di AUC disponibile, distribuiti in maniera sufficientemente rappresentativa nel territorio regionale¹²², hanno evidenziato i dati sintetizzati nella Tabella 152.

¹¹⁸ Mappatura dei contributi di demolizione e rinaturalizzazione concessi dalla Regione

¹¹⁹ Si tratta di una quota di superficie consumabile, aggiuntiva rispetto alle quantità attribuite a ciascun comune e riferita all'intero territorio regionale, che l'amministrazione ha ritenuto di riservare a finalità specifiche ritenute di interesse generale (DGR n. 668/2018).

¹²⁰ Per un costo complessivo degli interventi di circa 2.375.000 euro.

¹²¹ Pagina web di riferimento: <https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/bando-demolizioni>

¹²² (circa 340 Comuni – 60% del totale).

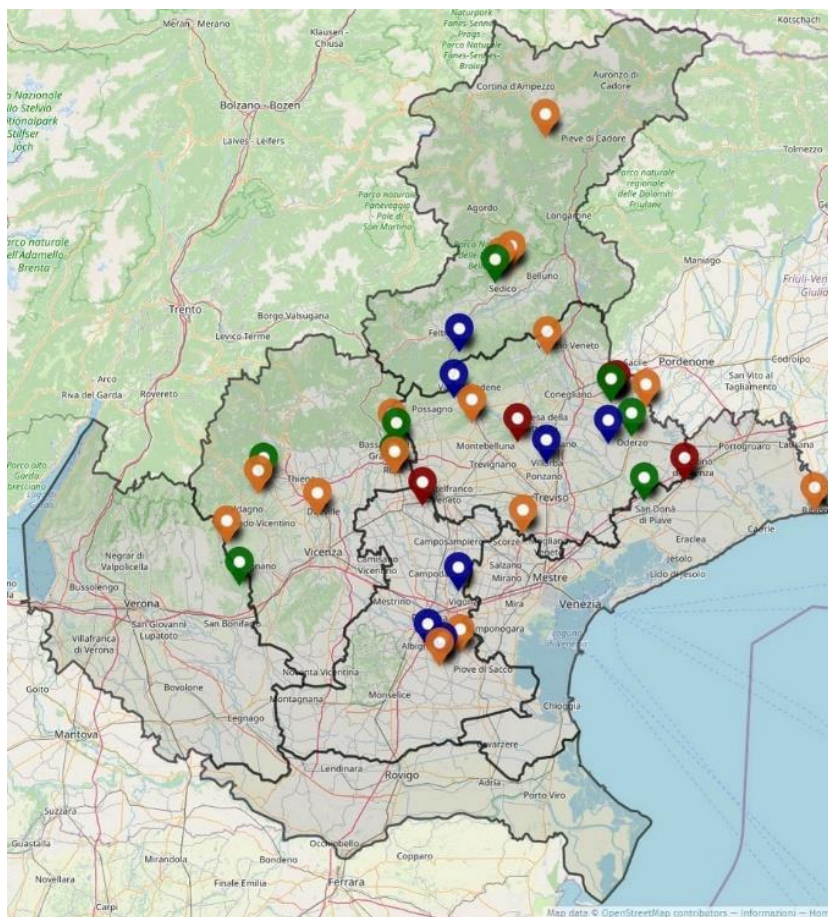


Figura 236. Localizzazione dei contributi di demolizione e rinaturalizzazione concessi dalla Regione

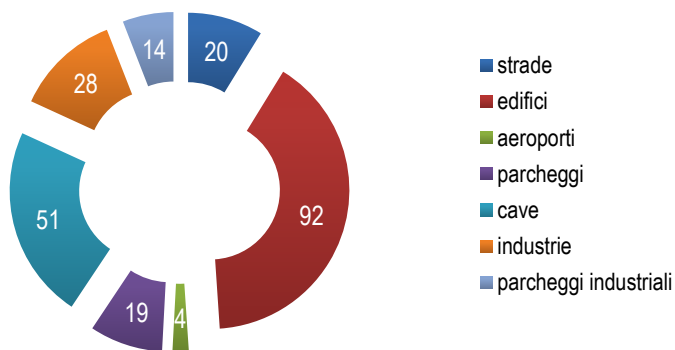


Figura 237. Suddivisione per tipologia del consumo di suolo dell'anno 2019-2020, esclusi i cantieri che da soli sono circa 600ha (nelle frazioni sono riportati i valori in ettari) – (Fonte ARPAV)

Tabella 152. Suolo consumato tra 2019 e 2020 all'interno e all'esterno delle aree ad urbanizzazione consolidata (AUC) per circa 340 comuni veneti.

Consumo di suolo	AUC ettari %	No AUC ettari %	Totale ettari
2019 - 2020	300,28 60,4%	197,22 39,6%	497,5

La tabella, nella quale sono stati differenziati i nuovi consumi avvenuti all'interno ("AUC") e all'esterno ("No AUC") degli Ambiti di Urbanizzazione Consolidata, evidenzia che una buona percentuale delle trasformazioni avvenute nel 2020 ricade all'interno di aree già interessate da trasformazioni insediative (per l'appunto gli AUC), ove l'attività di trasformazione non è soggetta alle limitazioni previste delle disposizioni regionali.

All'esterno degli AUC, sulla base dei dati generali forniti da ARPAV e al netto di possibili imprecisioni o errori di lettura e/o interpretazione, la maggior parte delle trasformazioni è attribuibile a cantieri, infrastrutture, attività di cava o bacini di laminazione e, in quota minoritaria, ad interventi non soggetti alle limitazioni della LR 14/2017 (interventi dell'imprenditore agricolo o entro le quantità assegnate, SUAP-Logistica, etc.). Nei futuri rilevamenti ARPAV ci si attende, con la progressiva chiusura dei cantieri di opere infrastrutturali impegnative come la pedemontana veneta, una rilevante quota di aree restituite all'uso agricolo o naturale con conseguente riduzione dei consumi netti di suolo.

Di seguito alcuni estratti con riferimento agli AUC Comunali (Figura 238, Figura 239, Figura 240, Figura 241, Figura 242, Figura 243, Figura 244, Figura 245, Figura 246, Figura 247).



Figura 238. Cantiere terza corsia E70 – Portogruaro

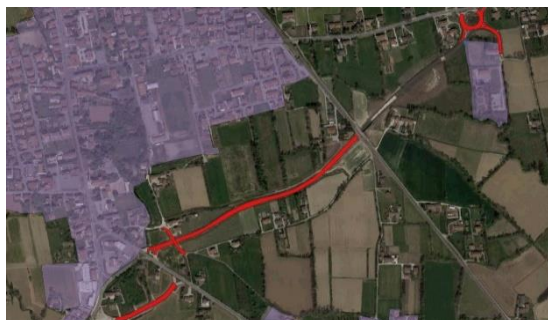


Figura 239. Opere infrastrutturali - Resana



Figura 240. Cantieri stradali per la Pedemontana Veneta nel comune di Malo (VI)



Figura 241. Opere infrastrutturali Alta Velocità – Sona



Figura 244. Ampliamento di un insediamento industriale a Vazzola (TV)



Figura 242. Realizzazione di aree di parcheggio e deposito di automezzi per l'azienda di trasporto pubblico locale nel territorio del comune di Treviso



Figura 245. Insediamento industriale a Caerano San Marco (TV)



Figura 243. Vicenza Caserma Dal Molin



Figura 246. Nuovo insediamento industriale a San Bonifacio (VR)



Figura 247. Nuovo centro logistico a Vescovana (PD)

L'amministrazione regionale sta da tempo valutando l'opportunità di riconsiderare alcune fattispecie attualmente oggetto di disposizioni derogatorie rispetto alle limitazioni imposte con i provvedimenti sopra menzionati, con particolare riferimento agli interventi in attuazione del SUAP (sportello unico per le attività produttive). Si tratta infatti di interventi che comportano consumi di suolo spesso rilevanti (si pensi alla logistica) e che sono sottratti al controllo di coerenza e ai processi valutativi degli strumenti di pianificazione generali, potendo operare in deroga o in variante.

Sulla base della sperimentazione sopra descritta, è in corso di predisposizione un accordo specifico con ARPAV per l'interscambio di dati e di metodi di valutazione del consumo di suolo, per una più articolata analisi delle sue cause e dei suoi effetti e, in particolare, per la verifica dell'efficacia della disciplina di contenimento avviata dalla Regione.

Non va infine dimenticato che la LR 14/2017 si occupa anche di riqualificazione urbana, quale obiettivo da conseguire parallelamente ed in stretto rapporto con le politiche di contenimento del consumo di suolo. L'attuazione delle misure di incentivazione e delle premialità messe in campo dalla legge regionale è, in questo momento, in

parte rallentata dagli sforzi realizzativi che impegnano molti comuni veneti negli interventi di rigenerazione finanziati con le ingenti risorse messe in campo dal PNRR e dai bandi statali.

Tuttavia, la Regione ha avviato anche monitoraggi specifici per la valutazione delle progettualità comunali nel campo della riqualificazione / rigenerazione urbana sia in funzione di eventuali bandi del PNRR a gestione regionale, sia in funzione delle strategie e delle azioni di sviluppo urbano sostenibile (SUS) proposte dal nuovo PR-FESR.

Accanto alle azioni volte a monitorare in modo rigoroso e quantitativo il grado di efficacia delle norme di settore, la Regione continua a mantenere la banca dati della copertura del suolo; l'importante risorsa tematica, distribuita in modalità open attraverso il Geoportale regionale con oltre 70.000 download all'anno, dopo la prima realizzazione del 2007 è stata aggiornata negli anni 2012, 2015, 2018 e 2020.

Si tratta di un ausilio alla formazione e alla valutazione delle politiche regionali decisamente consolidato e ampiamente conosciuto; tuttavia, si palesa la necessità che i dati siano sempre più frequentemente aggiornati, almeno a cadenza annuale; per conseguire tale risultato si è avviata la produzione di aggiornamenti basati non più sulle sole ortofoto digitali, ma anche su dati satellitari ottici e radar a media e alta risoluzione.

Si evidenzia quindi l'importanza di utilizzare ad ampio raggio le innovative fonti informative al fine di traferire gli esiti dei progressi tecnologici e metodologici all'interno delle attività che la Regione porta avanti nel quadro delle proprie funzioni istituzionali; il tutto nell'articolato contesto del patrimonio informativo geografico che trova la massima efficacia nell'ecosistema dell'Infrastruttura Dati Territoriali della Regione del Veneto.

I CENTRI LOGISTICI IN VENETO: UNA NUOVA OCCASIONE DI CONSUMO DI SUOLO

Contributo a cura di *Ialina Vinci, Andrea Dalla Rosa, Lorena Franz (ARPAV)*.

Nel precedente rapporto sul consumo di suolo (Munafò, 2021; pp. 112-117) è riportato un approfondimento a cura di ISPRA, attraverso il quale è stato possibile ottenere una prima stima nazionale della superficie consumata dalla logistica e dalla grande distribuzione organizzata, che quest'anno è stata aggiornata (cfr. § *Lo sviluppo dei poli logistici*) e ulteriormente dettagliata. Questo è stato possibile in Veneto grazie anche al censimento fatto da ARPAV tramite fotointerpretazione e delineazione degli interventi realizzati sul territorio regionale. Dalla Tabella 78 è possibile vedere che il Nord-Est ha il primato come totale in ettari, nel periodo 2006-2021, con più di 700 ha di consumo di suolo. La regione col maggior consumo risulta l'Emilia-Romagna con 389 ha, seguita dalla Lombardia con 370 ha e dal Veneto con 315 ha. Si tratta di una vera e propria trasformazione del territorio, verificatasi soprattutto a partire dal 2016, dovuta anche alla conquista, da parte dell'e-commerce, di quote

sempre più grandi di mercato. Anche la grande distribuzione organizzata si conferma, come riportato nel Rapporto Statistico 2020 (Regione Veneto, 2020), come un settore importante, tanto che il Veneto risulta essere la seconda regione, dopo la Lombardia, per incidenza percentuale sulle vendite nazionali, con il 9,2% del valore delle vendite italiane, più di 2.600.000 m² di superfici commerciali e una forte espansione delle Grandi Superfici Specializzate (+8,1%).

Il perché proprio in Veneto il fenomeno abbia assunto tali dimensioni, è probabilmente dovuto alla posizione strategica in cui è collocato, sulle grandi direttrici del commercio: dal Brennero passa una buona fetta del traffico transalpino, a cui si è aggiunto l'effetto dell'apertura degli scambi con l'est europeo. Sviluppo del mercato interno e crescita delle relazioni esterne hanno conferito al Veneto negli ultimi decenni, una nuova centralità geografico-economica (nella Figura 248 un esempio di polo logistico).



Figura 248. Il più grande polo logistico del Veneto a Nogarole Rocca (VR) realizzato interamente su terreno agricolo, con 57,6 ha impermeabilizzati tra il 2017 e il 2021, di cui 31,5 di edifici (immagine 2015 a sinistra e 2021 a destra); in basso a destra il più grande centro di e-commerce, di un marchio tedesco, con 15 ha di magazzino e una superficie impermeabilizzata totale pari al doppio

Durante le attività di fotointerpretazione delle immagini satellitari e delle ortofoto aeree dello scorso anno per la realizzazione della carta del suolo consumato 2020 e in quelle di quest'anno per la carta 2021, è stato possibile delineare i centri logistici presenti nella regione e fare un calcolo più preciso delle superfici edificate e impermeabilizzate per circa 46 centri logistici individuati sul territorio, realizzati a partire dal 2012 fino al 2021. Questo studio di dettaglio è stato reso possibile dalla disponibilità di immagini da satellite a risoluzione medio-alta (1,5m) per tutto il territorio regionale, acquisite da ARPAV per il monitoraggio del consumo di suolo sia per l'anno 2020 che 2021. Per gli anni 2006, 2012, 2015 e 2018 sono state utilizzate le ortofoto AGEA, oltre alle immagini Google Earth, disponibili per date diverse a seconda delle aree. Il calcolo delle superfici è stato eseguito distinguendo le aree edificate, le superfici impermeabilizzate (comprendenti anche dei parcheggi, piazzali e parte della viabilità accessoria) e, dove rilevato, anche il totale dell'area di cantiere.

Il consumo di suolo in termini di superfici impermeabilizzate (edificato più piazzali e viabilità accessoria), aggregato per anno è riportato nella Figura 249. Dal grafico si può vedere come l'andamento del consumo di suolo legato a centri logistici per attività industriali, commerciali ed e-commerce, dal 2012 ha registrato un aumento progressivo fino al 2018, con una successiva diminuzione delle nuove superfici occupate nel corso del triennio 2019-2021. Di questi 287 ha totali di superficie impermeabilizzata, 140 ha sono coperti da edifici; le superfici impattate dai cantieri per la costruzione in complesso ammontano almeno a 345 ha, stima senz'altro in difetto perché non sempre erano disponibili immagini del passato, necessarie per fare un computo esatto.

Per definire l'incidenza delle diverse tipologie di strutture realizzate nell'intervallo di tempo considerato sono state distinte tre grandi categorie a cui ricollegare il consumo di suolo per centri logistici: Grande Distribuzione, in cui sono stati inseriti tutti i nuovi centri per la distribuzione di generi alimentari ed agroalimentari, Industriale/Logistico, che raccoglie tutte le nuove strutture destinate sia ad attività produttive industriali che ad attività logistiche per la gestione e il trasporto delle merci, ed E-commerce.

Nel grafico in Figura 250 si vede come il settore industriale/logistico è prevalente con il 44% dei centri e conferma l'estrema dinamicità della realtà industriale veneta.

Il settore agroalimentare segue a poca distanza, 37%, anche per la presenza di grossi marchi della grande distribuzione del nord-Europa che trovano nel Veneto una dislocazione strategica per rifornire il mercato italiano. In particolare, la provincia di Verona, dove si trovano infatti ben metà del totale dei centri logistici del Veneto (Tabella 153 e Figura 251), viene scelta per la posizione sulla direttrice del traffico del Brennero e anche per il suo ruolo leader nel settore dell'agroindustria. In ultimo, come percentuale sul totale (19%), ma non come importanza, abbiamo l'e-commerce che è in fortissima espansione e ha visto grossi investimenti a partire dal 2017 e ne ha diversi altri in programma.

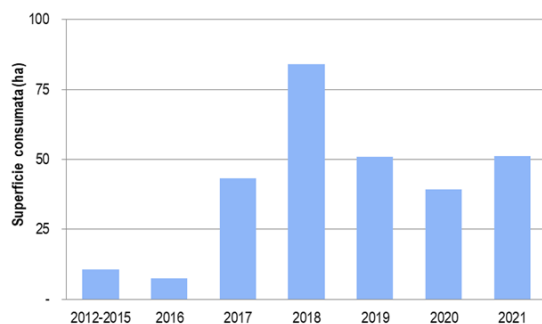


Figura 249. Consumo di suolo per la costruzione di centri logistici negli anni 2012-2021 (fonte: ARPAV)

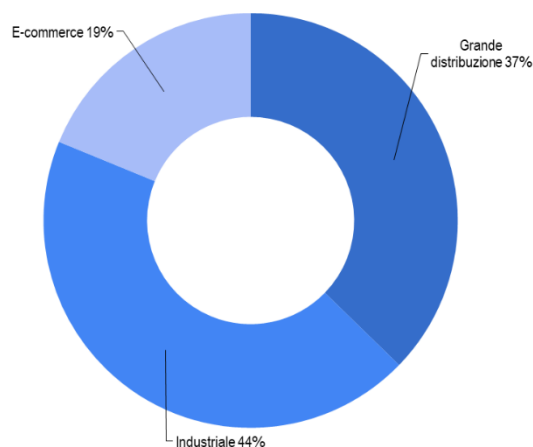


Figura 250. Grafico con la ripartizione della superficie consumata dal 2012 al 2020, suddivisa per tipologia

Dalla Tabella 153 è possibile vedere nel dettaglio come i centri logistici si distribuiscano nei vari comuni del Veneto, con una netta prevalenza dei comuni del veronese con ben 23 centri, seguiti dai comuni del trevigiano con 9 centri e a seguire le provincie di Padova e Vicenza con, rispettivamente, 5 e 4 centri. La provincia di Rovigo, dove è presente solo un centro, si colloca comunque ai primi

posti in termini di superficie occupata, per un centro dedicato all'e-commerce costruito nel 2018 a Castelguglielmo. È in previsione la costruzione di un altro centro, di circa 20 ha, nel comune di Roncade (TV), nei pressi dell'uscita autostradale della A4. Nella Figura 251 è possibile vedere dove si collocano i 46 centri, aggregati in 28 poli logistici, suddivisi per dimensioni in termini di superficie impermeabilizzata.

Tabella 153. Comuni dove sono localizzati i centri logistici, loro numero e superficie impermeabilizzata (fonte: ARPAV)

Comune	Prov.	Sup. impermeabilizzata (ha)	n centri	%
Nogarole Rocca	VR	57,58	6	20,07
Oppeano	VR	49,89	7	17,38
Vigasio	VR	17,79	2	6,20
Castelguglielmo	RO	17,65	1	6,15
Monselice	PD	14,33	1	4,99
Portogruaro	VE	12,70	2	4,42
Cerea	VR	10,65	1	3,71
Marostica	VI	10,43	1	3,63
Arcole	VR	10,00	1	3,48
Mogliano Veneto	TV	9,40	1	3,28
Fossalta di Portogruaro	VE	9,35	1	3,26
Padova	PD	6,36	2	2,22
Nogara	VR	6,10	2	2,13
Mansuè-Portobuffolè	TV	6,00	1	2,09
Castelfranco Veneto	TV	5,76	1	2,01
Isola Rizza	VR	5,66	1	1,97
Vescovana	PD	5,34	1	1,86
Vigonza	PD	5,28	1	1,84
Pojana Maggiore	VI	4,08	1	1,42
Caerano S. Marco	TV	3,26	1	1,14
Legnago	VR	3,21	1	1,12
Cimadolmo	TV	2,27	1	0,79
Camisano Vicentino	VI	2,07	1	0,72
Ponzano	TV	1,86	1	0,65
San Bonifacio	VR	1,76	1	0,61
Verona	VR	1,73	1	0,60
Vazzola	TV	1,59	1	0,55
Schio	VI	1,49	1	0,52
Montebelluna	TV	1,39	1	0,48
Agordo	BL	1,02	1	0,36
Nervesa della Battaglia	TV	0,97	1	0,34
TOTALE	Regione	286,97	46	100

Purtroppo la maggior parte dei centri logistici è stata costruita su terreno agricolo, che è così andato irrimediabilmente perso (Figura 248 e Figura 252); solo in un caso si è operato in maniera virtuosa, recuperando terreni già utilizzati in precedenza: a Portogruaro (VE) in un sito precedentemente occupato da una raffineria (Figura 253),

sono stati costruiti due magazzini nel 2012 e nel 2021. Tuttavia, l'area, denominata *Eastgate Park*, recuperata da più di 10 anni, risulta, a oggi, sottoutilizzata e dei numerosi lotti disponibili, pochi sono stati occupati.

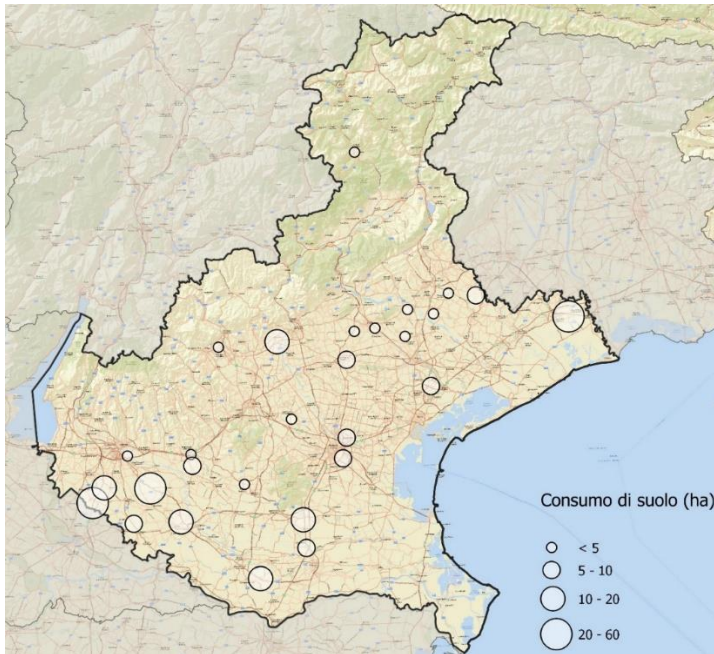


Figura 251. Localizzazione dei principali poli logistici nel territorio veneto (superficie impermeabilizzata complessiva in ettari)



Figura 252. Centro logistico a Oppeano (VR) prevalentemente dedicato alla grande distribuzione di prodotti alimentari, di marchi tedeschi e italiani, con un consumo di suolo tra il 2016 e il 2021 di 42,3 ha, di cui 25 di edifici (immagine 2015 a sinistra e 2021 a destra); anche in questo caso il consumo è avvenuto in massima parte su terreno agricolo, con l'abbattimento di alcune costruzioni rurali



Figura 253. Area denominata Eastgate Park a Portogruaro (VE) su un sito in passato sede di una raffineria, dove in seguito a recupero dei terreni, sono stati costruiti alcuni edifici industriali, anche se la maggior parte dell'area risulta ancora inutilizzata; nella prima immagine risalente al 2000, si vedono ancora le cisterne, nella seconda immagine del 2012 si vede l'area bonificata e il primo magazzino di 3,4 ha e nell'immagine del 2021 il secondo magazzino, di pari grandezza

Alla luce del fatto che praticamente tutti gli interventi di costruzione dei centri oggetto di questo studio, con l'esclusione dell'esempio precedente, sono stati realizzati su suolo che prima era destinato all'agricoltura, è evidente come sia necessario un maggiore sforzo per incentivare il riutilizzo di superfici recuperate da aree in precedenza già consumate, magari oggetto di bonifica, per andare verso una politica di economia circolare in cui

prima di arrivare a consumare nuova risorsa, si esplorino tutte le possibilità di riutilizzo di superfici già compromesse.

A distanza di 5 anni dall'approvazione della legge regionale n. 14/2017 per il contenimento del consumo di suolo, è utile valutare l'andamento di alcuni indicatori, esaminando il quadro complessivo nella regione, non limitandoci al solo consumo dovuto ai centri logistici, per

quanto questo ne spieghi comunque una parte importante. Nel grafico di sinistra della Figura 254 è riportato il consumo netto come viene calcolato da ISPRA, ricavato dalla differenza tra la superficie totale consumata nel corso dell'anno e la superficie ripristinata, ad esempio grazie alla chiusura di cantieri, con il ritorno ad un uso agricolo o naturale del suolo. Come si vede nel 2021 il consumo totale è stato di 813 ha, mentre il netto è di circa 684 perché ci sono stati 129 ha di suolo ripristinato. In proposito si vuole evidenziare come spesso le trasformazioni subite (alterazioni degli strati che lo compongono, delle caratteristiche fisiche e chimiche, della porosità a causa del compattamento, presenza di materiale di riporto...) sono tali da compromettere per molto tempo i servizi ecosistemici complessivamente offerti dal suolo, tra cui in primis la fertilità.

La Figura 254 nel grafico di destra evidenzia una diminuzione progressiva dei valori di consumo dopo il 2017, anno in cui si era registrato il valore massimo di oltre 1.300 ha, dovuto per buona parte a "consumo reversibile", che precedentemente veniva solo parzialmente rilevato e non veniva differenziato dal consumo totale.

A partire dal 2018 dunque c'è stata una importante diminuzione del consumo irreversibile, mentre quello reversibile è rimasto elevato, probabilmente anche per l'apertura di cantieri per la realizzazione di grandi opere, come

ad esempio la Superstrada Pedemontana Veneta, la cui costruzione nel 2017 ha subito una forte accelerazione. Un altro fenomeno significativo che si registra è l'aumento delle superfici passate da consumo reversibile (cantieri) a consumo irreversibile (perché costruite o cementate/asfaltate): dai 59 ha del 2017 ai 376 ha del 2021 l'andamento è in costante crescita (Figura 255).

L'andamento complessivo dei diversi indicatori evidenzia dunque un effetto positivo della legge sulla limitazione del consumo di suolo, forse non nei termini auspicati; questo probabilmente perché alcuni interventi all'origine del consumo vengono in realtà realizzati in deroga ai limiti imposti dalla stessa: in particolare proprio i grandi insediamenti per la logistica e per la grande distribuzione possono risultare autorizzati attraverso procedure derogatorie (in particolare attraverso lo Sportello Unico per le Attività Produttive - SUAP) attualmente non sottoposte alle limitazioni della legge regionale. Altre trasformazioni di rilievo possono riguardare aree ricomprese in tutto o in parte negli ambiti di urbanizzazione consolidata (AUC), individuati dai comuni sulla base della programmazione urbanistica in atto all'entrata in vigore delle nuove disposizioni regionali, all'interno dei quali non trovano applicazione i limiti di legge.

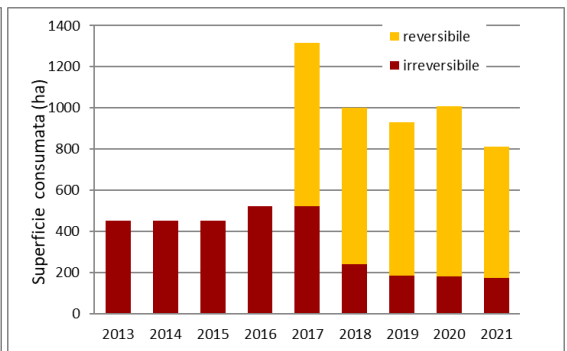
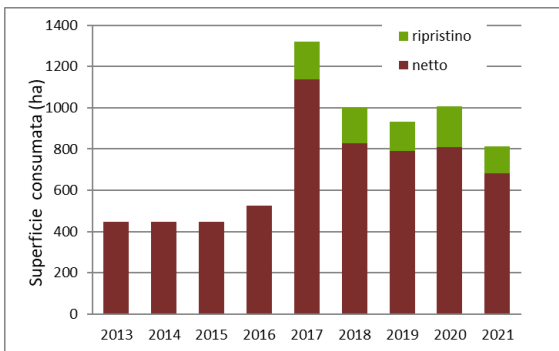


Figura 254. Andamento del consumo di suolo nella regione Veneto negli anni 2013-2021, suddiviso in consumo netto e ripristino (che insieme formano il consumo totale dell'anno), nel grafico di sinistra, e suddiviso in consumo irreversibile (superfici edificate, cementate o asfaltate) e consumo reversibile (es. cantieri, piazzali e parcheggi in terra battuta, ecc.), nel grafico di destra (fonte: ARPAV)

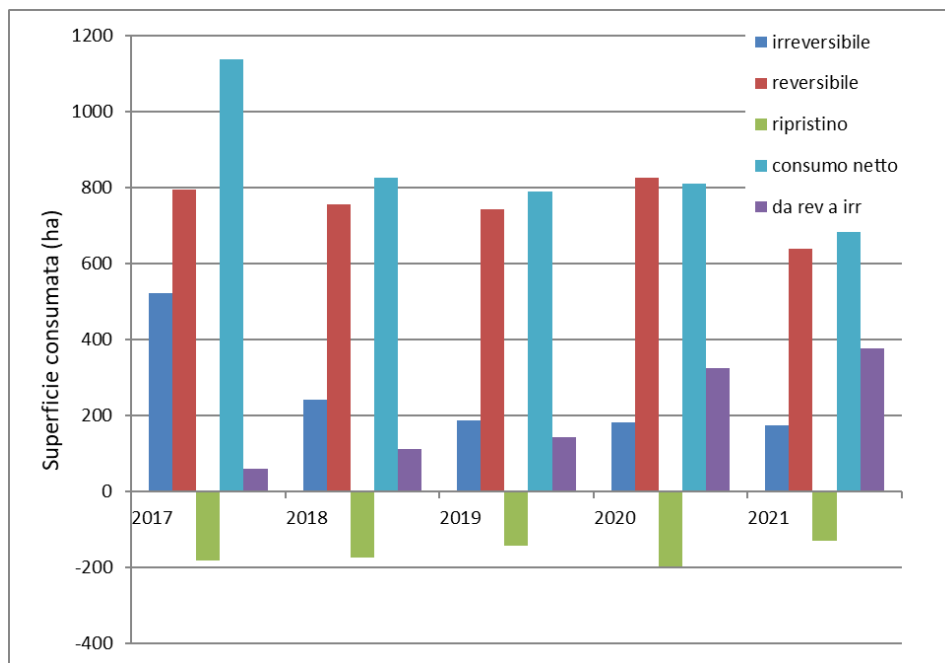


Figura 255. Consumo di suolo annuale (ha) nella Regione Veneto negli anni 2017-2021, suddiviso in consumo irreversibile e reversibile; sottraendo i ripristini dalla somma tra consumo irreversibile e reversibile, si ottiene il consumo netto annuale. Nell'ultima colonna del grafico sono riportati anche gli ettari di consumo reversibile che nei vari anni sono diventati consumo irreversibile, cioè cantieri che si sono trasformati in edifici, strade o piazzali, cementati o asfaltati (fonte: ARPAV)

CAPANNONI ON OFF – GEOPORTALE DEGLI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI

Contributo a cura di *Dino De Zan (Coordinatore del Progetto Capannoni On/Off)*, *Paolo Antonello (Responsabile Edilizia Territorio Urbanistica Assindustria Venetocentro)*

Assindustria Venetocentro ha promosso nel 2019 -con il contributo delle CCIAA di Padova e di Treviso-Belluno Dolomiti e con la collaborazione delle Province di Padova e di Treviso e del Consorzio BIM Piave di Treviso- il Progetto “Capannoni On/Off” per la ricognizione e mappatura capillare delle aree e degli immobili produttivi del territorio delle province di Padova e Treviso.

L'idea è basata sul presupposto che per conoscere il territorio bisogna connettere tutte le informazioni disponibili; questo ha comportato la raccolta capillare dei dati provenienti dalle banche dati territoriali di pubbliche amministrazioni e multiutilities e la loro normalizzazione, avendo come obiettivo la realizzazione di un geoportale in grado

di fornire a operatori economici e istituzioni molteplici informazioni relative alle aree produttive, alle infrastrutture di servizio, ai singoli edifici produttivi e alle attività insediate. La Figura 256 rappresenta come la connessione delle banche dati raccolte abbia amplificato la conoscenza del territorio produttivo, portando alla luce contraddizioni e potenzialità sin d'ora poco conosciute, questo perché tali informazioni risultavano disaggregate e poste su livelli di interrogazione territoriale diverse. È cambiato il modello di riferimento iniziale, da semplice strumento di ricerca a “contenitore” di informazioni complesse che finalmente si possono leggere contemporaneamente senza la necessità di utilizzare livelli di ricerca diversi.

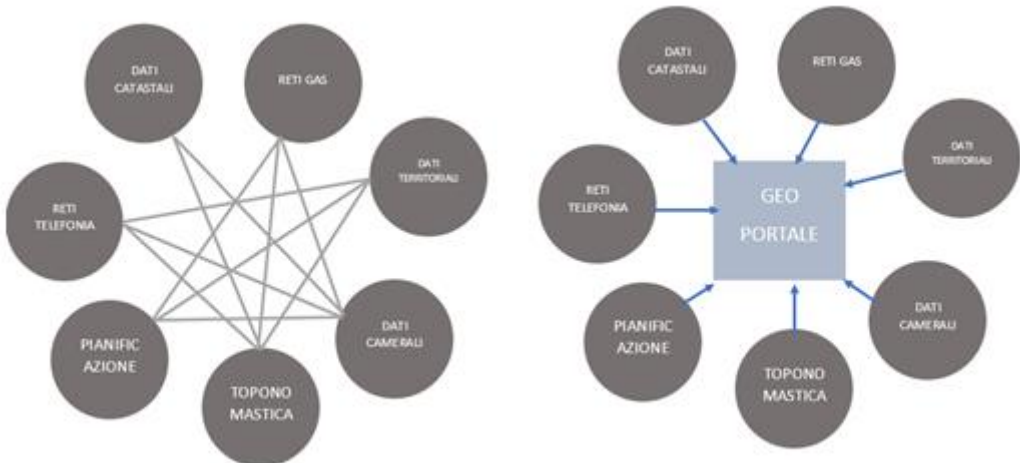


Figura 256. A sinistra: maggiore è l'entropia, minore è la quantità delle informazioni. A destra: il Geoportale raccoglie e regola le informazioni restituendo dati aggiornati

Per la raccolta dei dati e delle informazioni necessarie ai fini dello sviluppo del progetto Assindustria Venetocentro ha stipulato intese e avviato collaborazioni con pubbliche amministrazioni (tra cui, oltre ai partners di progetto, la Regione Veneto) e multiutilities del territorio che hanno messo a disposizione i dati e le informazioni in loro possesso. Il coordinamento della parte informatica del progetto è stato curato dal Consorzio BIM Piave di Treviso

che ha messo a disposizione la struttura tecnica del Sistema Informativo Territoriale Intercomunale. Il Geoportale è definito come strumento facilitatore per interrogare le basi territoriali (tipicamente geografiche o spaziali) al cui interno sono state “agganciate” e “ordinate” le banche dati alfa numeriche fornite da una serie di enti e società che hanno aderito al progetto (Figura 257).



Figura 257. I dati messi a disposizione offrono nuove opportunità

Come detto, il progetto, ora operativo, ha come obiettivo la puntuale ricognizione e conoscenza del territorio destinato ad aree ed edifici produttivi, disponibili o da riqualificare e delle relative infrastrutture, quale fondamento essenziale per qualsiasi azione volta a favorire i processi di rigenerazione, valorizzazione, riqualificazione ambientale ed economica.

Il progetto esprime una visione condivisa per trasformare aree produttive, e in particolare i capannoni oggi di-

smessi o degradati, da costo ambientale, sociale ed economico a patrimonio da rivitalizzare (stimato in 3,9 miliardi) attraverso la riqualificazione e riuso o demolizione. In un Veneto che conta più di 92mila capannoni industriali (32mila a Padova e Treviso), sparsi in 5.679 aree produttive (per 41.300 ettari di terreno), che coprono il 18,4% della superficie 'consumata'. Molti dei quali (11mila, il 12% del totale) dismessi e inutilizzati (Figura 258).

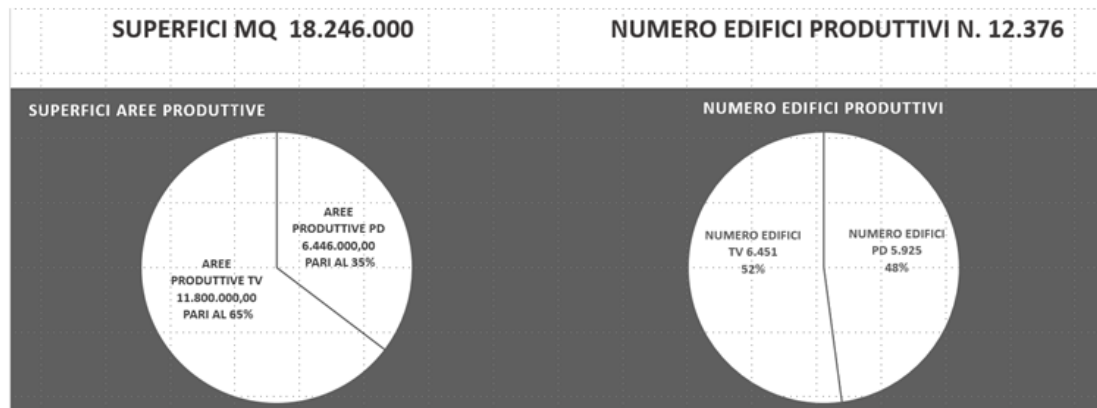


Figura 258. A sinistra: totale superfici produttive province di TV e PD. A destra: totale capannoni produttivi province di TV e PD

La nuova piattaforma intende promuovere un nuovo modello di insediamento e di gestione del suolo più razionale e sostenibile, promuovendo una visione comune tra pubblico e privato, un percorso virtuoso di governance attraverso moderni strumenti di ricerca e gestione digitale, attivando un processo di gestione di "big data" su capannoni, infrastrutture viarie, infrastrutture a rete e relativi servizi.

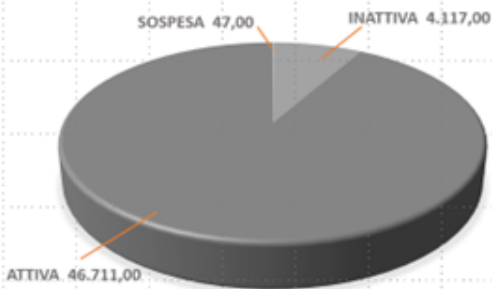
Tutti i dati e le informazioni raccolte, normalizzati e georeferenziati, sono confluiti nel geoportale internet Capannoni On/Off (<https://capannonionoff.it/>), concepito come uno strumento al supporto di (Figura 259):

- politiche di medio e lungo periodo nella programmazione dello sviluppo del territorio che siano in linea con i più recenti indirizzi comunitari e regionali in materia di contenimento di consumo del suolo, favorendo processi di rigenerazione, valorizzazione,

riqualificazione ambientale ed economica, anche attraverso processi di mobilità orizzontale delle cubature (strumento del credito edilizio);

- servizi alle imprese, tra cui ricerca di capannoni e aree libere, promozione di forme di cooperazione e collaborazione all'interno della stessa area industriale finalizzate ad accrescerne il valore, l'attrattività e la competitività (ad esempio creazione di comunità energetiche);
- Istituzioni, permettendo a Comuni, Province, ARPAV, Vigili del Fuoco, Forze dell'Ordine, Camere di Commercio, Prefetture etc., di utilizzare dati aggiornati costantemente per l'esercizio delle loro funzioni;
- indagini sui valori di mercato degli immobili e sulla fiscalità locale;
- azioni attrattive di investimenti in chiave di marketing territoriale.

DATI CAMERA DI COMMERCIO PADOVA



DATI CAMERA DI COMMERCIO TREVISO



DATI CAMERE DI COMMERCIO ELABORATI



Figura 259. Elaborazione dati, relativi alle Partite Iva, forniti dalla Camere di Commercio Padova e Treviso-Belluno

Per la realizzazione del geoportale Capannoni On/OFF si è resa necessaria la preliminare condivisione con i partners di progetto di criteri per la raccolta dei dati e la loro normalizzazione, nonché nella scelta di piattaforme tecniche orientate all'Open Source, collaborando dal punto di vista applicativo al fine di salvaguardare i rispettivi investimenti e massimizzare quanto già realizzato dai partners, per arrivare al loro utilizzo in comune, oltre a promuovere l'aggiornamento strutturato dei dati di competenza.

Questo ha fatto sì che le amministrazioni pubbliche e le multiutilities che hanno collaborato al progetto, possano accedere, senza alcun onere, a tutti i dati raccolti e sistemizzati nel geoportale. Tali dati possono essere liberamente consultati nel rispetto delle clausole di riservatezza come stabilito nelle specifiche convenzioni di interscambio sottoscritte tra le parti.

Capannoni ON/OFF rappresenta quindi un'importante occasione di collaborazione attiva tra Pubblica Amministrazione e Imprese, attraverso piattaforme tecnologiche in grado di sostenere una corretta gestione del territorio, in coerenza con i principi di semplificazione e snellimento di procedure posti alla base dei processi di digitalizzazione della PA.

Il progetto risulta altresì coerente con gli obiettivi fissati dalla Legge della Regione Veneto n. 14 del 6 giugno 2017 sul contenimento del consumo di suolo e rigenerazione urbana, rendendo disponibile uno strumento di analisi particolarmente importante ed efficace per l'attuazione della stessa legge regionale.

La creazione di un sistema informativo/informatico di conoscenza, basato sulle cartografie tecniche e tematiche,

affidabile, certificato ed accessibile a tutti gli operatori potrà agevolare la realizzazione di procedure semplificate e sempre aggiornate per la consultazione dei dati ed il loro utilizzo a fini di pianificazione territoriale nel settore Urbanistica – Viabilità – Catasto delle strade – Reti tecnologiche – Servizi, il tutto nel rispetto della vigente normativa regionale e nazionale. Il sistema potrà inoltre consentire in futuro l'integrazione di ulteriori classi di dati.

Dalla raccolta delle informazioni, all'analisi dei dati, allo sviluppo di database implementabili ed interrogabili si passerà ad incrociare le diverse chiavi di lettura sviluppando dei layer tematici ottenuti facendo dialogare le diverse banche dati e costruendo relazioni tra le diverse informazioni, rendendole così più facilmente disponibili e moltiplicandone gli effetti in termini di efficacia nel supporto alla definizione delle scelte strategiche e delle capacità degli attori locali di comprensione e gestione del territorio.

Sulle aree e i fabbricati produttivi l'attenzione di Assindustria Venetocentro è stata sempre particolarmente presente, fin dalla redazione a inizio anni '90 del primo Atlante delle aree industriali, poi nel decennio successivo con il progetto QUAP (Qualità Urbana Aree produttive), fino alle ultime iniziative sulla rigenerazione, riuso (o demolizione) degli spazi produttivi.

Capannoni On/Off riprende questa esperienza e la aggiorna insieme alle Istituzioni del territorio, con uno strumento "abilitante" che segna il passaggio dalla cartografia alla geolocalizzazione, dalla dispersione all'interoperabilità dei dati, sempre aggiornati, agevolando la ricerca online.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO PIANIFICATO PREVISTO DALLA DISCIPLINA REGIONALE

Contributo a cura di *Marco Nerieri (Regione Emilia-Romagna)*

Per valutare meglio le trasformazioni del territorio e del paesaggio, già da diversi anni la Regione Emilia-Romagna realizza analisi e predispone indagini per conoscere sia lo stato di fatto, sia lo stato di pianificazione, ovvero lo stato di diritto, per quelle aree suscettibili di trasformazioni in seguito all'attuazione delle previsioni urbanistiche contenute nei piani urbanistici comunali.

Mentre l'attività della mappatura dei vari utilizzi del territorio si ripete dal 1976, quella relativa alla costruzione di un data base con le informazioni necessarie alla lettura dello stato della pianificazione attraverso i dati dei piani urbanistici attuativi approvati dai comuni, ha preso avvio solamente di recente, in seguito all'approvazione della legge regionale urbanistica del 21 dicembre 2017, n. 24, recante "*Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio*". Infatti, la legge con l'articolo 5 "*Contenimento del consumo di suolo*", ha introdotto una verifica con cadenza semestrale per cui "*i Comuni monitorano le trasformazioni realizzate in attuazione del piano vigente e provvedono all'invio degli esiti dello stesso alla Regione.*"

A quattro anni dall'approvazione della legge urbanistica sono avvenuti otto monitoraggi i cui esiti sono pubblicati dal portale della Regione Emilia-Romagna alla pagina Territorio, Urbanistica e in forma vettoriale (*shapefile*) nel portale Minerva che rappresenta il punto di riferimento e di condivisione delle informazioni realizzate dalla Direzione Generale Cura del Territorio ed Ambiente della Regione Emilia-Romagna. Per l'attuazione dei Piani preventivi (Piani Strutturali Comunali, Piani Operativi Comunali e Piani Regolatori Generali) e per gli interventi realizzati con accordi operativi specificamente attivati nella prima fase del periodo transitorio (1/1/2018-31/12/2021) sono stati impegnati complessivamente 725 ettari di suoli liberi, di cui 405 ad usi produttivi/terziari/commerciali (56%) e 320 ad usi residenziali (44%).

Nonostante la conclusione della prima fase del periodo transitorio durante il quale i Comuni avviano le procedure amministrative per adeguare i propri strumenti urbanistici alla nuova legge, il numero degli interventi realizzati rimane particolarmente circoscritto se messo in relazione alla grande disponibilità di previsioni contenute nei preventivi piani: 22 interventi nel 2018, 44 nel corso del 2019,

28 nel 2020, 24 per il primo semestre del 2021 e 45 nel secondo semestre del 2021.

Per quanto riguarda la distribuzione dei diversi usi dei piani attuativi approvati e convenzionati si rileva che la sola destinazione residenziale copre quasi la metà delle trasformazioni, probabilmente perché con la nuova legge regionale non è più consentito consumare suolo per nuove edificazioni residenziali se non a certe condizioni (interventi di edilizia residenziale sociale, oppure progetti che comportano l'attivazione contestuale di trasformazioni di riuso e di rigenerazione urbana).

Si è precedentemente fatto cenno alla fine del primo periodo transitorio. Uno degli effetti che conseguono alla scadenza della prima fase è il termine della possibilità per i Comuni di predisporre e avviare l'iter approvativo degli strumenti urbanistici diretti a dare attuazione ad una parte delle previsioni della pianificazione urbanistica vigente (Piani Strutturali Comunali, Piani Operativi Comunali e Piani Regolatori Generali).

Nel 2015, la Regione, in previsione della stesura di una nuova legge urbanistica per il governo del territorio, aveva messo a punto un lavoro per conoscere il dato quantitativo sia del suolo consumato, sia di quello pianificato. Il dato di sintesi del suolo pianificato che era emerso dalla valutazione effettuata sulla base delle informazioni allora disponibili era stato definito parziale e sottostimato, ma comunque molto interessante perché restituiva la presenza nei piani generali comunali vigenti di 25.755 ettari di territorio potenzialmente urbanizzabile.

Rispetto a questo dato, i 725 ettari consumati al 31 dicembre 2021, rappresentano poco meno dell'3% di impegno di nuovo territorio, il che sta a significare che grazie all'approvazione della legge urbanistica e alla conclusione della prima fase del periodo transitorio, molte delle previsioni che potevano potenzialmente trasformare 25.000 ettari di nuovo suolo sono decadute. Alla luce di quanto sopra, per meglio conoscere gli effetti che conseguono dalla scadenza di detta fase, è stato avviato dalla Regione un monitoraggio per quantificare il dato relativo alla superficie territoriale delle previsioni insediative decadute.

REGIONE LAZIO

FOTOVOLTAICO A TERRA NEL LAZIO

Contributo a cura di *Massimo Paolanti, Gianluca Benedetti, Sandra. Di Ferdinando* (ARSIAL Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio)

A cura di *Gianluca Benedetti* la costruzione della banca dati degli impianti o pannelli fotovoltaici

La Regione Lazio con la Deliberazione del 7 giugno 2022, n. 390 ha definito, in attuazione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) 2030 - Art. 3.1 della Legge Regionale 16 dicembre 2011, n. 16 e ss.mm.ii, le linee guida di indirizzo regionali di individuazione delle aree non idonee per la realizzazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER)¹²³. Il percorso è stato avviato con la deliberazione n. 782 del 2021¹²⁴ con la finalità di contribuire al conseguimento dell'obiettivo di sviluppo delle fonti rinnovabili al 2030 nell'ambito degli obiettivi nazionali del PNIEC, in aderenza con quanto disciplinato dall'art. 3.1 della Legge Regionale 16 dicembre 2011, n. 16 e ss.mm.ii.

Tale attività ha tenuto conto di molti fattori: la salvaguardia dei territori e dei paesaggi, la concorrenza con le attività agricole e le esigenze legate allo sviluppo degli impianti destinati alla produzione di energia da fonti rinnovabili in sostituzione delle fonti fossili di energia; la normativa esistente, gli sviluppi tecnici e normativi in essere (si veda ad es. la necessità di definire l'agrivoltaico) e tutte le novità introdotte dal PNRR. È facile, quindi, intuire la delicatezza e la complessità del tema che decisori politici e amministrazioni si sono trovati ad affrontare.

L'articolo 3.1, comma 2 della legge regionale n. 16 del 2011, ha affidato al Piano Energetico Regionale (PER), attualmente in fase di predisposizione, l'individuazione delle aree non idonee all'installazione delle diverse tipologie di impianti destinati alla produzione di energia da fonti rinnovabili; tuttavia, per quanto concerne la specifica programmazione della produzione di energia da fonti rinnovabili e del risparmio energetico in agricoltura per le zone omogenee "E" di cui al decreto del Ministro dei la-

vori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444, la stessa pianificazione si coordina con il Piano Agricolo Regionale (PAR) di cui all'articolo 52 della legge regionale 22 dicembre 1999, n. 38 (Norme sul governo del territorio).

L'intento regionale è quello di offrire un quadro territoriale di riferimento che pianifichi lo sviluppo di impianti da FER con l'obiettivo di accompagnare la transizione del sistema energetico regionale alla decarbonizzazione mantenendo, nel contempo, idonee politiche di tutela del paesaggio, dell'ambiente, della conservazione del suolo e del suo uso compatibile tra produzione agroalimentare e valorizzazione delle energie rinnovabili e di riduzione delle emissioni di gas climalteranti. ARSIAL, ha fornito supporto tecnico per l'individuazione di criteri idonei a contemperare le esigenze di tutela delle produzioni agricole di qualità e della conservazione del suolo permettendo un adeguato sviluppo di impianti FER, il più possibile integrati con le attività agricole.

Di seguito sono illustrati i dati raccolti sulla presenza di impianti fotovoltaici a terra già, presenti nel territorio regionale.

ARSIAL, nell'ambito della realizzazione del Piano Agricolo Regionale (PAR), previsto dall'art. 52 della L.R. 38/1999 "Norme sul governo del territorio", ha costruito uno strato vettoriale sugli impianti fotovoltaici attualmente presenti sul territorio agricolo della Regione Lazio. La costruzione della carta tematica degli impianti fotovoltaici in area agricola è stata eseguita in ambiente GIS, mediante la costruzione di un file vettoriale (*shapefile*), costituito da poligoni, ognuno dei quali rappresenta il singolo impianto sul territorio. Come base satellitare di riferimento, è stata utilizzata l'immagine © Google Earth più recente disponibile.

¹²³ Deliberazione 7 giugno 2022, n. 390 - Attuazione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) 2030 - Art. 3.1 della Legge Regionale 16 dicembre 2011, n. 16 e ss.mm.ii. - Linee Guida e di indirizzo regionali di individuazione delle aree non idonee per la realizzazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER).

¹²⁴ DGR. N. 782 del 2021 recante "Attuazione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima 2030 (PNIEC). Disposizioni ed indirizzi di governance per l'individuazione delle superfici e delle aree idonee e non idonee per l'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER). Art. 3.1.1 della legge regionale n. 16/2011 e s.m.i. - Istituzione del Gruppo Tecnico Interdisciplinare (GTI)".

Come base di lavoro, si sono acquisite informazioni relative agli impianti o pannelli fotovoltaici presenti nel territorio regionale da particolari fonti, indicate di seguito:

- File vettoriale DBG¹²⁵
- File vettoriali elaborati nel corso di varie attività di ricerca dal Dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo
- File raster della Carta Nazionale del Consumo di Suolo 2020 di ISPRA¹²⁶.

Dal file DBG 2014 sono stati estratti gli elementi riferiti agli impianti o pannelli fotovoltaici. Gli elementi estratti sono stati poi verificati confrontandoli con l'immagine © Google Earth, al fine di considerare solo quelli attualmente presenti nel territorio agricolo regionale. Dalla Carta Nazionale del Consumo di Suolo 2020, sono state estratte le porzioni di territorio identificate con codice 125 (campi fotovoltaici a terra). Per utilizzare il file, si è proceduto alla costruzione di un grigliato per tutto il territorio della Regione Lazio, di dimensioni 2 km x 2 km, in modo tale da estrarre le celle con impianti e su queste è stata poi svolta un'attività di fotointerpretazione. Di fatto la stessa griglia è stata utilizzata come strato guida per verificare se nel territorio regionale fossero presenti altri impianti non censiti od attribuiti ad altre categorie.

È necessario a questo punto indicare che lo strato è frutto dell'acquisizione di diversi strati informativi e di una successiva verifica ed integrazione in remoto non ha, quindi,

la finalità per definire in maniera assoluta i singoli impianti né la pretesa di apporre dei limiti coincidenti con limiti catastali. Ma, pur in assenza di un formale procedimento di validazione, è da ritenersi corretto ed attendibile per illustrare il fenomeno nella sua distribuzione spaziale. Per calcolare le consistenze, in superficie, degli impianti di fotovoltaico a terra rispetto ai livelli amministrativi provinciali e comunali, è stato fatto riferimento ai dati disponibili sul sito dell'ISTAT, sezione Territorio e Cartografia, anno 2020¹²⁷. È stato eseguito anche un confronto con la Superficie Agricola Utilizzata (SAU). I dati sono stati ottenuti dal Censimento Agricoltura 2010 dell'ISTAT¹²⁸, ultima fonte ufficiale disponibile, non essendo stati ancora pubblicati i dati del Censimento Agricoltura 2020.

In Tabella 154, vengono mostrate le consistenze per provincia degli impianti fotovoltaici presenti sul territorio agricolo regionale e le percentuali sulle superfici totali. Nel territorio agricolo della Regione Lazio, sono stati censiti 1.741,48 ha di terreno utilizzato per impianti e pannelli fotovoltaici, pari allo 0,10% della superficie totale (0,25% della SAU). Viterbo, con 958,76 ha, raccoglie quasi il 50 % di fotovoltaico a terra della SAU, con una incidenza che arriva allo 0,27% della superficie territoriale della provincia; a seguire Latina e Roma.

Tabella 154. Consistenze per provincia del fotovoltaico a terra

Provincia	Fotovoltaico (ha)	% su superficie totale	% su SAU
Viterbo	958,76	0,27%	0,49%
Latina	312,01	0,14%	0,35%
Roma	295,41	0,06%	0,22%
Frosinone	161,75	0,05%	0,09%
Rieti	13,55	0,005%	0,01%
Totale	1.741,48	0,10%	0,25%

¹²⁵ <https://geoportale.regione.lazio.it/layers/>

¹²⁶ <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/carta-nazionale-di-copertura-del-suolo>

¹²⁷ <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=37449>

¹²⁸ <http://dati-censimentoagricoltura.istat.it/Index.aspx?lang=it>

In Tabella 157 è riportata la consistenza a livello comunale. Montalto di Castro risulta essere il Comune della Provincia di Viterbo, ma anche dell'intera Regione Lazio, con la maggior superficie agricola investita a fotovoltaico, con 454,57 ha di impianti fotovoltaici, pari ad oltre il 2 % della sua superficie totale. Segue poi Canino, con quasi 94 ha e al terzo posto Viterbo, con 70 ha. Nella provincia di Latina il comune con più superficie investita a fotovoltaico è il capoluogo, con 121,64 ha totali. Seguono poi Aprilia (64,43 ha) e Pontinia (37,04 Ha). Anche in Provincia di Roma, il capoluogo presenta la maggiore superficie interessata dal fotovoltaico, pari a poco più di 67 ha. A seguire troviamo Lanuvio (47,39 ha) e Colferro (45,16 ha), i quali hanno rispettivamente l'1,08 % e l'1,67 % di superficie totale interessata dal fotovoltaico. Nella Provincia di Frosinone, Anagni rappresenta il Comune con maggiori superfici investite ad energia solare, con 32,72 ha. Seguono poi Villa Santa Lucia (17,22 ha), con una percentuale sulla sua superficie totale vicina all'1 %, e Paliano (15,38 ha). Rieti, in ragione delle caratteristiche

territoriali, è la Provincia con la minore superficie interessata da impianti fotovoltaici. Il capoluogo è il Comune con la maggiore superficie investita, con 7,58 ha, seguito da Amatrice (2,40 ha) e da Cantalupo in Sabina (2,07 ha).

È stata anche fatta un'analisi sulla distribuzione territoriale degli impianti in relazione a suoli e caratteristiche territoriali, utilizzando i dati della banca dati dei suoli del Lazio mantenuta e gestita dall'ARSIAL. (Napoli *et al.*, 2019).

Dalla Tabella 155 si vede come la maggior parte degli impianti siano collocato nelle aree costiere e nel vasto "plateaux" del Vulcanesimo laziale.

Dalla Tabella 156 si vede come quasi il 46 % si collochi in aree pianeggianti o costiere, il 34% sul "plateaux" vulcanico quasi il 16% in aree non indagate (prevalentemente aree che alla scala 1:250.000 della carta dei suoli sono state associate alle superfici artificiali) e solo il 4 % in altre condizioni territoriali.

Tabella 155. Distribuzione nelle diverse Regioni Pedologiche del fotovoltaico a terra

Regione Pedologica (Soil Region)	Cop (%)
A (Soil Region 60.7). Pianure costiere tirreniche dell'Italia centrale e colline incluse. Nel Lazio comprende: depositi eolici dunali, pianure alluvionali (comprese le aree delle bonifiche), terrazzi costieri di origine marina.	37,41%
B (Soil Region 61.3). Colline dell'Italia centrale e meridionale su sedimenti pliocenici e pleistocenici. Nel Lazio comprende: depositi prevalentemente argillosi e/o sabbiosi e/o ghiaiosi (talvolta cementati) e depositi calcarenitici.	0,35%
C (Soil Region 56.1). Aree collinari vulcaniche dell'Italia centrale e meridionale.	38,49%
E (Soil Region 61.1). Rilievi appenninici ed antiappenninici dell'Italia centrale e meridionale con substrati sedimentari. Nel Lazio comprende i rilievi pelitico-arenacei dei Monti della Laga.	0,14%
G (Soil Region 59.7). Aree collinari e montane con formazioni calcaree e coperture vulcaniche con pianure incluse dell'Italia centro meridionale. Nel Lazio comprende i monti Lepini, Ausoni, Aurunci, Ernici ed i rilievi delle Mainarde.	7,05%
H (Soil Region 16.4). Appennino centrale su rocce carbonatiche e conche intramontane. Nel Lazio comprende i monti Sabini ed il Monte Terminillo.	0,67%
Altre aree (prevalentemente aree che alla scala 1:250.000 della carta dei suoli sono state associate alle superfici artificiali)	15,89%

Tabella 156. Distribuzione nei diversi Sistemi di Suolo del fotovoltaico a terra

	Sistemi di Suolo	COP_%
A1	Area costiera con depositi eolici e fluviali (da Tarquinia - VT a Ladispoli - RM).	0,01%
A2	Area costiera su depositi eolici dunali e fluviali bonificata con colmate e drenaggi (da Maccaresse a Castelporziano - RM).	0,05%
A3	Area costiera su depositi eolici dunali, fluvio-palustri e marini (da Fogliano a Minturno - LT).	0,05%
A4	Pianura alluvionale su depositi fluvio-lacustri e palustri (Pianura Pontina e Pianura di Fondi - LT).	6,98%
A5	Duna antica (Auct.) sui depositi eolici (da Roma al Circeo - LT).	9,64%
A6	Terrazzi costieri su depositi marini e continentali di chiusura (Tarquinia - VT; Santa Marinella - RM).	17,85%
A7	Terrazzi costieri su depositi marini e continentali di chiusura (Ladispoli - RM).	1,76%
A9	Rilievi montuosi costieri su alternanze pelitico-arenacee e calcareo-marnose (Tolfa - VT; RM).	1,05%
B1	Fondivalle e terrazzi dei corsi d'acqua principali (Tevere).	0,14%
B3	Rilievi collinari su depositi prevalentemente sabbiosi e calcarenitici.	0,21%
C1	Pianura fluviale con sedimenti fluvio-alluvionali (Tevere).	0,06%
C10	Rilievi alto-collinari della Tolfa su prodotti magmatici.	0,00%
C2	Pianura fluviale in ambiente vulcanico (Garigliano)	0,40%
C3	Fondivalle dei corsi d'acqua secondari, fiumi e torrenti (Aniene, Fiora, ecc), con depositi fluvio-alluvionali.	0,68%
C4	Superfici terrazzate erose e versanti su travertino e sedimenti vulcanici.	1,78%
C5	Versanti delle incisioni fluviali e torrentizie su depositi marini e sedimenti vulcanici soprastanti.	0,35%
C6	Area del "plateaux" vulcanico inciso afferente agli apparati delle caldere di Bolsena, Vico e Bracciano.	21,09%
C7	Area del "plateaux" vulcanico inciso afferente alle caldere all'apparato dei Colli Albani.	13,10%
C8	Caldere vulcaniche di Bolsena, Vico e Bracciano.	1,03%
C9	Caldera vulcanica dei Colli Albani.	0,01%
E1	Fondivalle e terrazzi.	0,09%
E2	Rilievi basso-montani pelitico-arenacei, posti prevalentemente a quote inferiori a 1.200 m s.l.m.	0,05%
G1	Fondivalle, terrazzi fluviali antichi e conoidi (Fiume Sacco).	4,75%
G3	Rilievi collinari conglomeratici.	0,01%
G4	Rilievi collinari pelitico-arenacei.	0,35%
G5	Rilievi su alternanze argilloso-marnoso-calcaree.	0,00%
G6	Rilievi collinari su depositi vulcanici.	1,18%
G7	Rilievi montuosi calcarei costieri posti prevalentemente a quote inferiori a 1.000 m s.l.m.	0,00%
G8	Rilievi montuosi (Monti Aurunci, Ausoni e Lepini).	0,76%
H1	Conche intermontane con depositi fluviali antichi (Rieti).	0,43%
H2	Altipiani intermontani su depositi di conoide (Leonessa - RI).	0,00%
H3	Rilievi montuosi pelitico-arenacei.	0,18%
H4	Rilievi montuosi calcareo-marnosi e calcarei prevalentemente posti al di sotto dei 1.000 mt di quota (Monti Reatini, Sabini e Lucretili).	0,04%
H6	Rilievi montuosi circa di quota (Monti Simbruini, Ernici e Meta).	0,02%
	Altre aree (prevalentemente aree che alla scala 1:250.000 della carta dei suoli sono state associate alle superfici artificiali)	15,89%

Analizzando direttamente la qualità dei suoli utilizzati, si ha che il 21% degli impianti ricade in suoli di I e II classe. Si tratta di suoli con scarse o nulle limitazioni all'uso agricolo e sui quali si è sviluppato già quasi il 44% del consumo di suolo regionale. Segnaliamo che suoli con questa qualità rappresentavano potenzialmente, ossia senza considerare il consumo di suolo, meno del 23%

del territorio regionale. La Capacità d'Uso dei Suoli è uno dei contributi forniti dal suolo alla categoria principale dei servizi ecosistemici definiti di approvvigionamento (Provisioning): queste funzioni raccolgono tutti quei servizi di fornitura di risorse che gli ecosistemi naturali e semi-naturali producono (ossigeno, acqua, cibo, etc.; Calzolari et al., 2016).

Tabella 157. Consistenze per Comune del fotovoltaico a terra

Provincia	Comune	Fotovoltaico (ha)	% su sup com.	% su SAU
FR	Anagni	32,72	0,32%	0,72%
FR	Villa Santa Lucia	17,22	0,97%	5,00%
FR	Paliano	15,38	0,22%	0,43%
FR	Cassino	11,38	0,14%	0,57%
FR	Pofi	11,28	0,37%	1,01%
FR	Ceprano	8,94	0,24%	0,86%
FR	Piedimonte San Germano	8,59	0,50%	1,71%
FR	Castrocielo	7,19	0,26%	0,64%
FR	Pignataro Interamna	6,63	0,27%	0,57%
FR	Ferentino	5,45	0,07%	0,27%
FR	Giuliano di Roma	5,25	0,16%	0,43%
FR	Villa Latina	4,04	0,24%	1,69%
FR	Colfelice	3,66	0,25%	1,72%
FR	Sgurgola	3,37	0,18%	0,95%
FR	San Vittore nel Lazio	3,29	0,12%	0,20%
FR	Santopadre	2,82	0,13%	0,69%
FR	Ripi	2,8	0,09%	0,18%
FR	Atina	2,37	0,08%	0,35%
FR	Strangolagalli	2,29	0,22%	0,84%
FR	Cervaro	2,09	0,05%	0,16%
FR	Frosinone	1,68	0,04%	0,21%
FR	Broccostella	0,95	0,08%	0,44%
FR	San Donato Val di Comino	0,81	0,02%	0,06%
FR	Alatri	0,5	0,01%	0,02%
FR	Vico nel Lazio	0,28	0,01%	0,03%
FR	Esperia	0,15	0,00%	0,01%
FR	Sant'Andrea del Garigliano	0,12	0,01%	0,08%
FR	Pontecorvo	0,09	0,00%	0,00%
FR	Torrice	0,08	0,01%	0,01%
FR	Boville Ernica	0,08	0,00%	0,01%
FR	Arce	0,07	0,00%	0,01%
FR	Patrica	0,04	0,00%	0,01%
FR	Sora	0,04	0,00%	0,00%
FR	Arpino	0,03	0,00%	0,00%
FR	Settefrati	0,02	0,00%	0,00%
FR	Fumone	0,01	0,00%	0,00%
FR	Casalattico	0,01	0,00%	0,00%

FR	Casalvieri	0,01	0,00%	0,00%
FR	San Giovanni Incarico	0,01	0,00%	0,00%
FR	Fontechiari	0,01	0,00%	0,00%
FR	Roccasecca	0,01	0,00%	0,00%
FR	Ceccano	0,005	0,00%	0,00%
FR	Alvito	0,004	0,00%	0,00%
FR	Isola del Liri	0,003	0,00%	0,00%
FR	Veroli	0,003	0,00%	0,00%
FR	Posta Fibreno	0,002	0,00%	0,00%
FR	Vallecorsa	0,0003	0,00%	0,00%
LT	Latina	121,64	0,44%	1,19%
LT	Aprilia	64,43	0,36%	0,89%
LT	Pontinia	37,04	0,33%	0,48%
LT	Cisterna di Latina	33,86	0,23%	0,42%
LT	Sabaudia	29,12	0,20%	0,66%
LT	Sezze	6,92	0,07%	0,14%
LT	Santi Cosma e Damiano	5,51	0,17%	0,59%
LT	Terracina	4,55	0,03%	0,09%
LT	Spingo Saturnia	3,22	0,08%	0,70%
LT	Cori	2,9	0,03%	0,07%
LT	Minturno	2,33	0,06%	0,19%
LT	Prossedi	0,34	0,01%	0,03%
LT	Priverno	0,08	0,00%	0,01%
LT	Itri	0,03	0,00%	0,00%
LT	Fondi	0,03	0,00%	0,00%
LT	Bassiano	0,01	0,00%	0,00%
RI	Rieti	7,58	0,04%	0,11%
RI	Amatrice	2,4	0,01%	0,04%
RI	Cantalupo in Sabina	2,07	0,20%	0,46%
RI	Magliano Sabina	1,28	0,03%	0,05%
RI	Casperia	0,08	0,00%	0,01%
RI	Torri in Sabina	0,08	0,00%	0,01%
RI	Borbona	0,03	0,00%	0,00%
RI	Selci	0,01	0,00%	0,00%
RI	Montebuono	0,01	0,00%	0,00%
RI	Collevecchio	0,006	0,00%	0,00%
RI	Leonessa	0,005	0,00%	0,00%
RM	Roma	67,01	0,05%	0,16%
RM	Lanuvio	47,39	1,08%	2,71%
RM	Colleferro	45,16	1,67%	3,33%
RM	Cerveteri	29,52	0,22%	0,75%
RM	Valmontone	27,62	0,68%	1,59%
RM	Pomezia	12,99	0,15%	0,37%
RM	Nettuno	11,69	0,16%	1,15%
RM	Ardea	11,39	0,16%	0,71%
RM	Velletri	8,42	0,07%	0,26%
RM	Civitavecchia	6,81	0,09%	0,31%

RM	Anzio	4,35	0,10%	0,63%
RM	Mandela	3,52	0,26%	0,36%
RM	Castelnuovo di Porto	3,37	0,11%	0,26%
RM	Bracciano	3,15	0,02%	0,06%
RM	Fiumicino	2,9	0,01%	0,03%
RM	Artena	2,02	0,04%	0,07%
RM	Campagnano di Roma	1	0,02%	0,06%
RM	Fiano Romano	0,97	0,02%	0,06%
RM	Olevano Romano	0,93	0,04%	0,16%
RM	Anguillara Sabazia	0,89	0,01%	0,04%
RM	Genazzano	0,73	0,02%	0,08%
RM	Moricone	0,72	0,04%	0,06%
RM	Santa Marinella	0,56	0,01%	0,05%
RM	Monte Compatri	0,52	0,02%	0,07%
RM	Riano	0,48	0,02%	0,05%
RM	Montelibretti	0,25	0,01%	0,01%
RM	Guidonia Montecelio	0,25	0,00%	0,01%
RM	Castel Madama	0,22	0,01%	0,02%
RM	Ladispoli	0,12	0,00%	0,02%
RM	Cineto Romano	0,1	0,01%	0,02%
RM	Fonte Nuova	0,05	0,00%	0,01%
RM	Monterotondo	0,05	0,00%	0,01%
RM	Manziana	0,03	0,00%	0,01%
RM	Marino	0,03	0,00%	0,00%
RM	Frascati	0,03	0,00%	0,00%
RM	Canale Monterano	0,03	0,00%	0,00%
RM	Labico	0,02	0,00%	0,01%
RM	Zagarolo	0,02	0,00%	0,01%
RM	San Gregorio da Sassola	0,02	0,00%	0,00%
RM	Palombara Sabina	0,02	0,00%	0,00%
RM	Rocca di Papa	0,02	0,00%	0,01%
RM	Genzano di Roma	0,01	0,00%	0,00%
RM	Albano Laziale	0,01	0,00%	0,00%
RM	Tivoli	0,005	0,00%	0,00%
RM	Cave	0,005	0,00%	0,00%
RM	Grottaferrata	0,004	0,00%	0,00%
RM	Palestrina	0,003	0,00%	0,00%
RM	Gavignano	0,001	0,00%	0,00%
VT	Montalto di Castro	454,57	2,40%	3,01%
VT	Canino	93,99	0,76%	1,09%
VT	Viterbo	70	0,17%	0,30%
VT	Civita Castellana	66,4	0,79%	1,37%
VT	Nepi	37,56	0,45%	0,88%
VT	Ischia di Castro	29,93	0,29%	0,54%
VT	Tarquinia	25,89	0,09%	0,14%
VT	Cellere	22,17	0,60%	0,93%
VT	Orte	17,61	0,25%	0,67%

VT	Tuscania	13,94	0,07%	0,09%
VT	San Lorenzo Nuovo	13,09	0,49%	1,34%
VT	Acquapendente	12,66	0,10%	0,30%
VT	Valentano	12,64	0,29%	0,45%
VT	Bagnoregio	10,93	0,15%	0,27%
VT	Grotte di Castro	10,1	0,30%	0,60%
VT	Piansano	9,47	0,36%	0,44%
VT	Bassano Romano	5,76	0,15%	0,56%
VT	Graffignano	5,64	0,19%	0,51%
VT	Onano	5,61	0,23%	0,53%
VT	Celleno	5,38	0,23%	0,34%
VT	Bassano in Teverina	4,67	0,38%	0,92%
VT	Arlena di Castro	4,04	0,18%	0,28%
VT	Blera	3,81	0,04%	0,08%
VT	Bomarzo	3,32	0,08%	0,19%
VT	Civitella d'Agliano	3,2	0,10%	0,20%
VT	Vitorchiano	2,54	0,08%	0,21%
VT	Castiglione in Teverina	2,26	0,11%	0,21%
VT	Latera	2,2	0,10%	0,24%
VT	Vetralla	2	0,02%	0,04%
VT	Bolsena	1,62	0,03%	0,09%
VT	Fabrica di Roma	1,46	0,04%	0,09%
VT	Gallese	1,03	0,03%	0,06%
VT	Oriolo Romano	1,01	0,05%	0,28%
VT	Lubriano	0,63	0,04%	0,08%
VT	Montefiascone	0,53	0,01%	0,01%
VT	Capranica	0,34	0,01%	0,02%
VT	Soriano nel Cimino	0,32	0,00%	0,01%
VT	Farnese	0,27	0,01%	0,01%
VT	Corchiano	0,05	0,00%	0,00%
VT	Sutri	0,05	0,00%	0,00%
VT	Monterosi	0,01	0,00%	0,00%
VT	Vejano	0,01	0,00%	0,00%
VT	Ronciglione	0,01	0,00%	0,00%
VT	Barbarano Romano	0,005	0,00%	0,00%
VT	Marta	0,005	0,00%	0,00%

REGIONE UMBRIA

BORGO E CASTELLO DI ANTOGNOLLA, WORK IN PROGRESS

Contributo a cura di *Luca Tamburi (ARPA Umbria)*

È stato progettato all'insegna della sostenibilità un nuovo resort di lusso in Umbria (Bini G., 2021) e con un forte input sul benessere grazie alle sue Spa. Antognolla Resort and Residences è il resort di lusso che aprirà nel 2023 in Umbria, "il cuore verde d'Italia", a circa 20 km a nord di Perugia e nelle immediate vicinanze del confine con la Toscana (Figura 260).

La tenuta di Antognolla ha una superficie di circa 560 ettari. I lavori che porteranno al suo debutto faranno rinascere questo patrimonio storico e artistico. Verrà ristrutturata la tenuta medievale di Antognolla risalente al XII secolo, come anche la cripta e gli affreschi del VI secolo nella storica cappella dei tempi di San Francesco d'Assisi. Il progetto prevede la conversione della tenuta in un

hotel di lusso da 107 camere e la creazione di più di 70 residenze private. In linea con i valori del marchio il Castello, l'Antico Borgo e la tenuta saranno ricostruiti con un approccio sostenibile. Il restauro del Castello e del borgo è infatti un progetto di conservazione storica e, una volta completato, punta ad essere il primo castello del XII secolo in Italia con la certificazione LEED dell'US Green Building Council, che sottolinea leadership nell'efficienza energetica e nelle tecniche di costruzione ambientale.

Accanto alla conservazione storica, è già iniziata la demolizione di diversi edifici abbandonati, per realizzare al loro posto delle strutture dal design contemporaneo, con l'accortezza che siano in linea con le peculiarità del paesaggio e meno invadenti (Figura 261 e Figura 262).



Figura 260. Vista progettuale d'insieme



Figura 261. Borgo e Castello prima inizio lavori



Figura 262. Borgo e Castello a cantiere avviato

Più in generale, la sfida è quella di mantenere un approccio responsabile verso l'ambiente in tutti gli step del progetto. Dal design, alle fasi di costruzione fino all'apertura ufficiale e anche dopo. Inoltre, circa il 75% di tutti i rifiuti provenienti dalla fase di demolizione e costruzione saranno recuperati per il riutilizzo e qualora i materiali non fossero utilizzabili saranno rimossi dal sito e smaltiti in modo appropriato.

La trasformazione degli edifici storici in hotel, residenze, spa e altre strutture comporterà anche il restauro e la conservazione della maggior parte della pietra antica esistente che caratterizza l'architettura del castello (Figura 263).

La sostenibilità si declinerà anche nell'attenzione all'efficienza energetica, alla progettazione dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento, alla copertura degli edifici e all'illuminazione per garantire il minor consumo energetico possibile. I contatori di energia, acqua e qualità dell'aria installati in tutta la proprietà monitoreranno le prestazioni ambientali dopo l'apertura dell'hotel.

Almeno il 50% del consumo energetico totale sarà generato da fonti rinnovabili, e tutta l'acqua piovana verrà raccolta, trattenuta in loco e utilizzata per irrigare il paesaggio naturale e gli spazi verdi che circondano l'hotel. Inoltre, lo sforzo ambientale verrà comunicato anche agli ospiti. È stato infatti pensato uno spazio, l'Earth Lab, che verrà utilizzato per comunicare loro l'impegno della struttura nella conservazione dei materiali e per coinvolgerli in workshop interattivi e attività, come la creazione di impacchi di cera d'api per eliminare l'uso della pellicola di plastica in casa, e rendere nota concretamente la volontà dell'hotel di diventare un resort completamente plastic free.

Anche la ristorazione verrà coinvolta. Col tempo, erbe, verdure saranno coltivate in loco così come verranno allevati alcuni capi di bestiame per assicurare che ingredienti freschi, locali e biologici siano introdotti nelle portate del ristorante. Tutti i rifiuti alimentari saranno compostati, e il compost verrà utilizzato per il giardino dello chef e per altre iniziative come l'orto biologico e per le erbe dedicate ai trattamenti termali



Figura 263. Progetto Borgo e Castello, vista planimetrica

REGIONE PUGLIA

IMPIANTI FOTOVOLTAICI IN PUGLIA: VALUTAZIONE INTEGRATA DEGLI IMPATTI SULLE AREE AGRICOLE

Contributo a cura di *Roberta Aretano, Vito La Ghezza, Benedetta Radicchio, Caterina Rotolo, Nicola Ungaro, Vincenzo Campanaro (ARPA Puglia)*

Scenario energetico e territorio

Al fine di accelerare la transizione ecologica ed avvicinarsi agli ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione, le politiche comunitarie e nazionali hanno promosso e sostenuto lo sviluppo delle energie rinnovabili. La transizione a lungo termine promossa dal Green Deal Europeo verso un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra entro il 2050 (COM/2019/640 final)¹²⁹, ha riformulato su nuove basi l'impegno ad affrontare i problemi legati al clima e all'ambiente.

Gli scenari energetici attuali, ma anche quelli previsionali, evidenziano che le fonti rinnovabili sono destinate a crescere. Questo comporterà, inevitabilmente, ulteriori cambiamenti del paesaggio, generando trasformazioni dirette sul territorio, con conseguenze in termini di consumo di suolo, impatto visivo e mancanza di accettazione pubblica (Ferrario, 2018).

Negli ultimi anni, l'installazione di impianti fotovoltaici a terra ha già causato il consumo, seppur reversibile, di suolo. Se da un lato, l'utilizzo della risorsa suolo per la produzione di energia pulita potrebbe risultare condivisibile per i benefici ambientali che si otterrebbero in termini di surriscaldamento globale e cambiamenti climatici, di emissione di CO₂ e di inquinamento, di sfruttamento di risorse limitate e non riproducibili e di risparmio economico sul medio-lungo periodo, dall'altro, pone interrogativi riguardo agli impatti prodotti dallo sfruttamento dell'energia verde sul suolo e sul paesaggio. Risulta, pertanto, fondamentale approfondire questioni controverse come la distribuzione spaziale degli impianti e relative opere annesse, le dinamiche di occupazione dello spazio (agricolo e rurale), i problemi di competing land uses tra attività antropiche ed energetiche e i conflitti territoriali che spesso accompagnano il processo di costruzione di nuovi paesaggi energetici (Società Geografica Italiana ONLUS, 2020). Anche la letteratura scientifica evidenzia

come alcune tipologie di attività riconosciute come sostenibili, quali le energie rinnovabili, rischino di avere effetti negativi se non pianificate e valutate con attenzione rispetto agli effetti diretti ed indiretti che possono causare sulla conservazione del capitale naturale (es. Chia-brando *et al.*, 2009; Hernandez *et al.*, 2014; Scognami-glio, 2016; Dias *et al.*, 2019; Frolova *et al.*, 2019; Buchmann-Duck e Beazley, 2020).

In Italia la legge nazionale (D.lgs. n.387/2003, art.12, c.10, e ss.mm.ii.) ha conferito alle regioni la possibilità di identificare "aree e siti non idonei" all'installazione di specifiche tipologie di impianti per la produzione di energie rinnovabili.

In Puglia, con la Delibera di Giunta n.1947/2009, è stato adottato lo schema del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (P.P.T.R.), che introduce le linee guida regionali sulla progettazione e localizzazione di impianti di energie rinnovabili, intese tanto come strumento di accompagnamento alla progettazione, quanto come strumento di supporto alla valutazione da parte degli enti competenti. Con il R.R. n.24/2010 la regione Puglia ha poi emanato il Regolamento attuativo del Decreto del Ministero per lo Sviluppo Economico del 10/09/2010, "Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", recante la individuazione di aree e siti non idonei alla installazione di specifiche tipologie di impianti alimentati da fonti rinnovabili nel territorio della Regione Puglia. Come cita l'art.2 del R.R. n.24/2010 "L'individuazione della non idoneità dell'area è il risultato della ricognizione delle disposizioni volte alla tutela dell'ambiente, del paesaggio, del patrimonio storico e artistico, delle tradizioni agroalimentari locali, della biodiversità e del paesaggio rurale che identificano obiettivi di protezione non compatibili con l'insediamento, in determinate aree, di specifiche tipologie e/o dimensioni di impianti, i quali determinerebbero, pertanto, una elevata

¹²⁹ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni Il Green Deal Europeo

probabilità di esito negativo delle valutazioni, in sede di autorizzazione”.

La posizione geografica, le caratteristiche morfologiche del territorio e le condizioni climatiche rendono favorevoli le condizioni per l'installazione di impianti fotovoltaici in Puglia. Infatti, in riferimento alla distribuzione regionale della numerosità e della potenza degli impianti fotovoltaici a fine 2020, la Puglia detiene il primato italiano in termini di potenza installata, producendo 2.900 MW, pari al 13,4% della potenza fotovoltaica nazionale, registrando, inoltre, la dimensione media degli impianti più elevata (53,4 kW) (GSE, 2021).

Relativamente alla collocazione degli impianti fotovoltaici, in Puglia si registra un'incidenza di impianti a terra molto elevata, pari al 74% del totale regionale. Tale dato è in contro tendenza a quanto osservato a livello nazionale, ove il 41% dei 21.650 MW installati al 2020 è situato a terra, mentre il restante 59% è distribuito su superfici non a terra (edifici, capannoni, tettoie, ecc.).

In generale l'inserimento di impianti fotovoltaici a terra in area agricola è considerato, nelle Linee guida sulla progettazione e localizzazione di impianti di energie rinnovabili¹³⁰, un elemento di criticità in relazione all'occupazione di suolo, alla sua artificializzazione ed allo snaturamento del territorio agricolo. Uno dei principali impatti ambientali degli impianti fotovoltaici in aree agricole, infatti, è costituito dalla sottrazione di suolo agli usi agricoli che si protrae per un periodo di almeno 25-30 anni.

Visto lo scenario che si prospetta a seguito dell'impulso fornito al settore delle energie rinnovabili dagli incentivi finalizzati al raggiungimento degli obiettivi energetici in un contesto territoriale già significativamente interessato dalla presenza di impianti fotovoltaici sul suolo, l'obiettivo del presente contributo è quello di valutare i potenziali effetti causati dalla realizzazione degli impianti fotovoltaici a terra, e nello specifico sui terreni agricoli, a partire dal 2006. Tale anno è stato scelto quale anno di riferi-

mento sia per la disponibilità della Carta Tecnica Regionale, sia perché immediatamente precedente allo sviluppo del settore delle energie rinnovabili avvenuto a seguito dell'introduzione dei meccanismi di incentivazione di tipo economico come, ad esempio, il “Conto Energia”. Gli strati informativi utilizzati quale base del lavoro di analisi sono stati: l'uso del suolo¹³¹ regionale al 2006, la carta di capacità d'uso (Land Capability Classification “LCC”) della regione Puglia¹³², le aree di produzione di vini a Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG¹³³), i dati del consumo di suolo del Sistema Nazionale Protezione Ambientale aggiornati al 2021.

Consumo di suolo da impianti fotovoltaici a terra: potenziali effetti sull'uso del suolo agricolo

Nell'ambito del monitoraggio del consumo di suolo realizzato dal Sistema Nazionale Protezione Ambientale attraverso la fotointerpretazione di immagini satellitari e ortofoto ad alta risoluzione, è presente, al terzo livello di classificazione di suolo consumato, la classe 1.2.5 “campi fotovoltaici realizzati a terra” (sottoclasse dei suoli consumati in modo reversibile).

In riferimento al presente lavoro, ARPA Puglia ha associato ad ogni impianto fotovoltaico a terra¹³⁴ i seguenti attributi: i) uso del suolo riferito al 2006, a seguito di una procedura automatica di intersezione e successiva semplificazione delle geometrie sulla base dell'uso del suolo predominante; ii) superficie di territorio occupata, espressa in ettari; iii) limite territoriale amministrativo comunale all'interno del quale ricade l'impianto; iv) classe di LCC più rappresentativa; v) presenza/assenza in aree di produzione di vini a DOCG.

Per una semplificazione nella lettura e interpretazione dei risultati, sono state definite le categorie colturali, a partire dalle tipologie di uso del suolo definite al terzo livello di classificazione, raggruppandole se affini. L'elaborazione dei dati è stata quindi effettuata considerando le seguenti categorie: “Frutteti”; “Orticole/Colture temporanee”; “Pascoli/Incolti”; “Seminativi”; “Uliveti”; “Vigneti”.

¹³⁰ Elaborato 4.4.1 del PPTR parte I, paragrafo B2.1.3 Criticità

¹³¹

È stato utilizzato l'uso del suolo sulla base della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 del SIT Puglia: <https://pugliacon.regione-puglia.it/web/sit-puglia-sit/uso-del-suolo>

¹³² LCC: Regione Puglia INTERREG II Italia Albania.

http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tematiche/Download/Cartografie+Storiche/DownloadDatiStoriciWindow?select_Metadata=PROSIS&azione=lista&action=2

¹³³ DOCG: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_territorio_rurale/Cartografie/vini_doc_docg_igg

¹³⁴ L'individuazione del campo fotovoltaico non si limita all'estensione della superficie radiante, ma dell'intero lotto occupato dall'impianto

Nella categoria “Altro”, infine, sono state raggruppate le classi riconducibili ad ulteriori aree potenzialmente utilizzate ai fini agricoli (“Altre colture permanenti”; “Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali”; “Insediamenti produttivi agricoli”; “Suoli

rimaneggiati e artefatti”; “Sistemi colturali e particellari complessi”). È stata quindi stimata la superficie agricola sostituita dall’installazione di impianti fotovoltaici a terra, a livello regionale e provinciale (Figura 264).

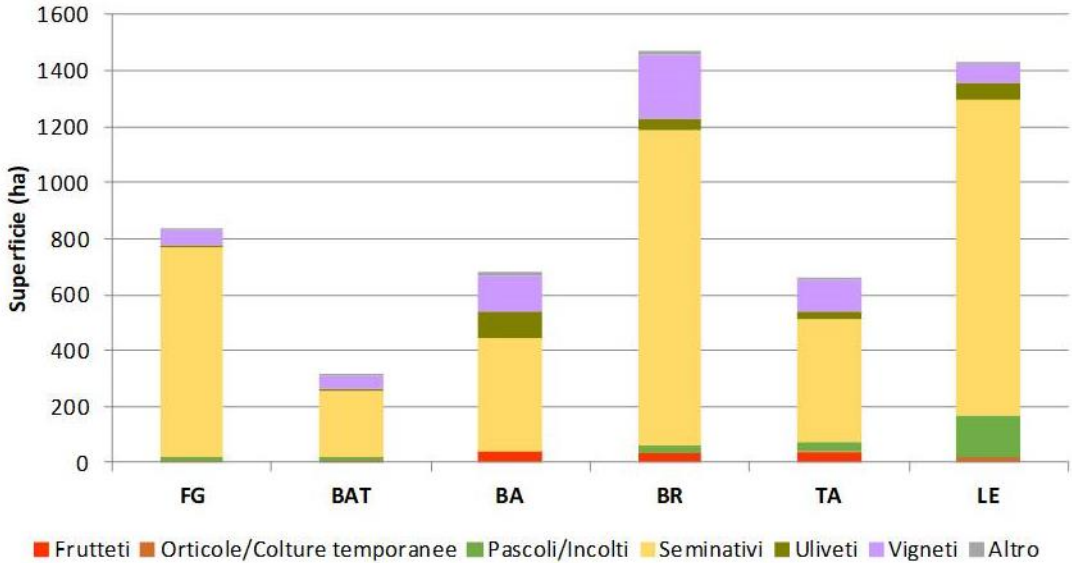


Figura 264. Superficie agricola delle categorie colturali (ha) interessata dall’installazione degli impianti fotovoltaici a terra per provincia pugliese

La Tabella 158 riporta il dettaglio dei dati relativi alla superficie delle categorie colturali sopra menzionate interessata dall’installazione degli impianti fotovoltaici a terra, rapportata anche alla superficie totale delle stesse. In Puglia circa 5.400 ha di superficie agricola sono stati interessati dalla realizzazione di impianti fotovoltaici; le province di Brindisi con 1.468,0 ha (0,9% della superficie agricola provinciale) e Lecce con 1.430,6 ha (0,6%), risultano quelle più impattate.

La categoria colturale più interessata a livello regionale è quella dei “Seminativi” con 4.085,2 ha, seguita dalla categoria “Vigneti” con 641,3 ha. Tale risultato trova conferma in tutte le province, eccetto nella provincia di Lecce, in cui la categoria “Pascoli/Incolti” è tra quelle maggiormente sostituite.

Tabella 158. Superficie agricola sostituita da impianti fotovoltaici a terra (ha) per categoria culturale e % di suolo agricolo sostituito per provincia e in Puglia

Categorie culturali	Superficie agricola sostituita da impianti fotovoltaici a terra (ha)						
	FG	BAT	BA	BR	TA	LE	Puglia
Frutteti	0,0	9,5	41,7	30,2	34,0	0,0	115,4
Orticole/Colture temporanee	9,4	0,0	0,0	6,0	3,8	16,9	36,1
Pascoli/Incolti	10,9	8,5	0,4	23,2	33,1	150,4	226,5
Seminativi	745,8	239,3	405,5	1.126,8	441,3	1.126,5	4.085,2
Uliveti	6,5	7,7	92,6	40,3	27,6	60,2	234,9
Vigneti	54,2	44,7	129,9	229,3	116,2	67,0	641,3
Altro	3,2	2,3	11,0	12,2	4,2	9,6	42,5
Totale suolo agricolo sostituito	830,0	312,0	681,1	1.468,0	660,2	1.430,6	5.381,9
Totale suolo agricolo	582.276,1	135.184,4	332.728,3	163.179,0	195.154,6	230.808,3	1.639.330,9
% di suolo agricolo sostituito	0,1	0,2	0,2	0,9	0,3	0,6	0,3

In ciascuna provincia, per ciascuna categoria culturale, la superficie sostituita dagli impianti fotovoltaici è stata rapportata alla corrispettiva superficie totale presente al 2006. Questo ha consentito di stimare l'impatto non solo dal punto di vista del cambiamento di uso del suolo, ma anche dal punto di vista della produzione agricola. Infatti, sebbene, in termini assoluti, la categoria "Seminativi" risulta quella maggiormente interferita dalla realizzazione degli impianti fotovoltaici a terra, osservando i dati rapportati alle superfici culturali relative per provincia (Figura 265), si evidenzia che la categoria "Orticole/Colture temporanee" è quella maggiormente sostituita nella provincia di Foggia e, a seguire, nelle province di Taranto e Lecce. La categoria "Vigneti" è quella più impattata nelle province di Bari e Brindisi e, comunque, molto interferita nelle restanti province. La categoria "Frutteti", invece, è impattata nella provincia di Barletta-Andria-Trani e a seguire nelle province di Bari e Taranto.

Tra le aree identificate come "non idonee" alla realizzazione di impianti alimentati da fonti di energia rinnovabile

in Puglia (R.R. n.24/2010), ricadono le aree agricole interessate da produzioni agro-alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni DOP, IGP, STG, DOC, DOCG, produzioni tradizionali). Al fine di evidenziare un'ulteriore criticità, è stato verificato se le aree dei "Vigneti" interessate dalla realizzazione di impianti fotovoltaici, ricadono in quelle destinate alle produzioni viticole DOCG. Dall'intersezione di tali strati informativi risulta che 86,4 ha di superficie occupata da impianti fotovoltaici a terra sono ricomprese nell'area di produzione del vino DOCG "Primitivo di Manduria - dolce naturale" in provincia di Taranto (eccetto un ettaro ricadente nel comune di Salice Salentino in provincia di Lecce).

Nelle province di Bari e Barletta-Andria-Trani, invece, 61,5 ha di superficie agricola relativa alla tipologia culturale "Vigneti" sostituita da impianti fotovoltaici ricade in aree di produzione dei vini DOCG "Castel del Monte Rosso Riserva", "Castel del Monte Nero di Troia Riserva", "Castel del Monte Bombino Nero"; nello specifico, 30,1 ha sono compresi nella provincia di Barletta-Andria-Trani e 31,4 ha nella provincia di Bari.

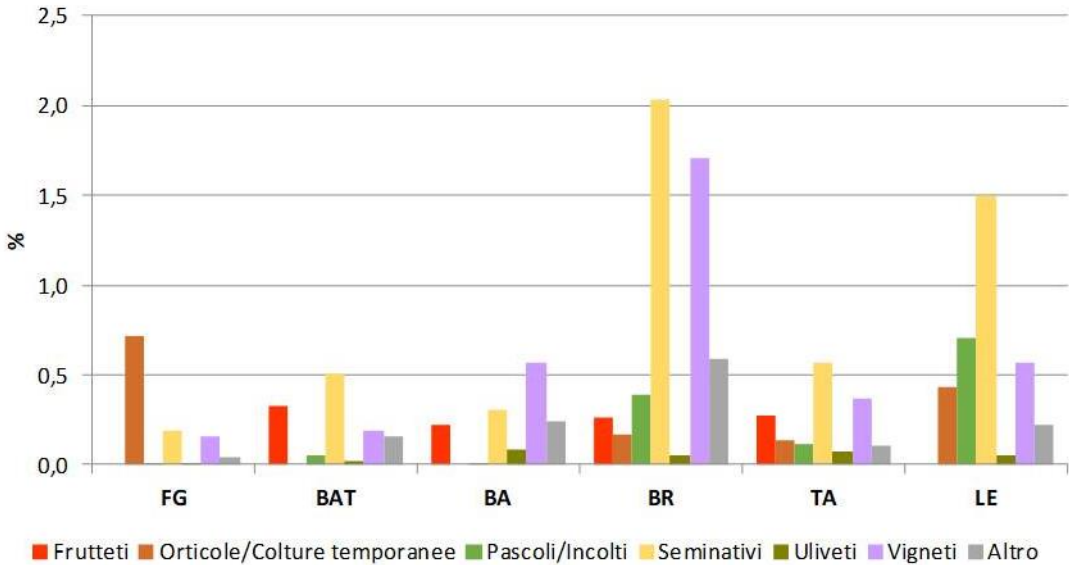


Figura 265. Percentuale relativa di superficie agricola sostituita rispetto a quella totale per ciascuna tipologia culturale per provincia pugliese

Per tali aree non idonee il R.R. n.24/2010 prevede che “la realizzazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili nelle aree effettivamente occupate da tali colture comporterebbe l’espianto delle stesse; pertanto, non è compatibile con gli obiettivi di conservazione e valorizzazione dei prodotti tipici di qualità”. Nello specifico, per il fotovoltaico riporta come criticità “Complicato ottenere l’autorizzazione laddove si sia in presenza di vigneti, alla luce delle previsioni dell’organizzazione comune di mercato (OCM) vitivinicolo inerenti in particolare il mantenimento del potenziale viticolo”. Nonostante tali problematiche, circa il 70% della superficie dei “Vigneti” sostituita dagli impianti fotovoltaici nelle province di Taranto e Barletta-Andria-Trani, risulta localizzata in area non idonea all’installazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

La localizzazione degli impianti fotovoltaici a terra è stata anche confrontata con la carta di capacità d’uso dei suoli LCC regionale, finalizzata a valutare le potenzialità produttive dei suoli per usi di tipo agro-silvo-pastorale, sulla base di una gestione sostenibile e conservativa della risorsa suolo.

Tale valutazione si basa sul concetto che la produttività del suolo non è legata solo alle sue caratteristiche intrinseche (profondità, pietrosità, fertilità), ma anche a quelle

dell’ambiente in cui questo è inserito (pendenza, clima, inondabilità, rischio di erosione, ecc.).

I suoli sono ripartiti in otto classi: le classi da I a IV identificano suoli a vocazione agricola (suoli arabili), pur presentando limitazioni crescenti, mentre nelle altre classi dalla V alla VIII i suoli presentano limitazioni molto forti all’utilizzazione agricola; dalla V alla VII sono inclusi i suoli inadatti a tale attività, ma dove è ancora possibile praticare la selvicoltura e la pastorizia. I suoli della VIII classe presentano limitazioni tali da escludere ogni utilizzo a scopo produttivo.

All’interno della classe di capacità d’uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all’uso agricolo e forestale. Con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che indica la classe, si segnala immediatamente all’utilizzatore se la limitazione, la cui intensità ha determinato la classe d’appartenenza, è dovuta a proprietà del suolo (s), ad eccesso idrico (w), al rischio di erosione (e) o ad aspetti climatici (c).

Analizzando i dati pugliesi, si evince che ben il 44% circa di superficie sostituita dagli impianti fotovoltaici ricade nella classe I (1.156,0 ha), ovvero suoli privi di limitazioni per l’utilizzo agricolo, e nella classe II_s (1.211,3 ha), con limitazioni dovute al suolo (profondità utile per le radici,

tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, salinità, drenaggio interno eccessivo), percentuale questa che dunque potrebbe essere più razionalmente sfruttata per l'idoneo uso agricolo e forestale al posto di quello impiantistico-fotovoltaico.

Conclusioni e prospettive future

Il presente lavoro ha consentito di valutare l'impatto causato dalla realizzazione degli impianti fotovoltaici a terra in area agricola su alcune tipologie colturali. L'analisi dei dati ha messo in evidenza che in termini assoluti i "Seminativi" rappresentano la tipologia colturale più interferita a livello regionale e provinciale. Tuttavia, rapportando le superfici sottratte per ciascuna tipologia colturale rispetto a quella corrispondente provinciale, si evidenzia che altre categorie colturali come "Orticole/Colture temporanee", "Vigneti" e "Frutteti", risultano maggiormente impattate in termini di produzione agricola. Dai risultati è emerso, inoltre, che non sempre è stato possibile preservare le aree più pregiate dal punto di vista agronomico e i suoli che hanno poche limitazioni all'utilizzo agro-silvo-pastorale e che, pertanto, sono strategici per le attività del settore primario, da usi diversi da quello agricolo, incluso quello energetico.

Nell'attuale e previsionale scenario di sviluppo degli impianti alimentati da fonti rinnovabili finalizzato al conseguimento degli ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione, da realizzare anche con gli investimenti contenuti nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), con l'art.31, c.5, del D.L. n.77/2021, è stato promosso l'accesso alle misure incentivanti statali per la realizzazione di "impianti agrofotovoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, da realizzarsi

contestualmente a sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate".

Lo sviluppo di impianti agrofotovoltaici caratterizzati da configurazioni delle strutture di sostegno dei pannelli che potranno consentire lo svolgimento delle attività agricole sottostanti comporterà un'occupazione di suolo agricolo minore rispetto a quella rilevata per gli impianti tradizionali. Pertanto, in riferimento alle procedure per il monitoraggio del consumo di suolo nell'ambito del SNPA, sarà necessario aggiornare il sistema di classificazione al III livello, in modo da distinguere gli impianti agrofotovoltaici (attribuendoli eventualmente in una nuova sottoclasse di suolo non consumato) da quelli appartenenti alla classe 1.2.5 "Impianti fotovoltaici a terra". Inoltre, è bene evidenziare come la sola fotointerpretazione di immagini satellitari ed ortofoto, sebbene ad alta risoluzione, non sempre è sufficiente a garantirne la distinzione. È auspicabile prevedere, pertanto, metodologie di monitoraggio ausiliari (quali ad esempio, sopralluoghi in campo, indagini con drone, iter autorizzativo da parte dell'autorità competente), utili a monitorare tale fenomeno il più correttamente possibile.

Nell'ambito di questo nuovo scenario che si prospetta, al fine di definire indirizzi normativi più appropriati per ottimizzare i benefici e ridurre gli impatti della transizione energetica, il ricorso allo strumento degli Osservatori Regionali sul monitoraggio del Consumo di Suolo, risulta fondamentale per attuare misure condivise e coordinate tra i vari soggetti tecnici e politici portatori di interessi diversi (ambientali, agricoli, energetici, infrastrutturali, culturali).

REGIONE SICILIA

CASI DI INTERESSE LEGATI A TRASFORMAZIONI SIGNIFICATIVE AVVENUTE NEL PERIODO 2020-2021 IN SICILIA

Contributo a cura di *Giovanni Vacante, Domenico Giovanni Galvano e Stefano Pannucci (ARPA Sicilia)*



Figura 266. Comune di Messina: area interessata da attività cantieristica pari a 1,39 ettari. Fonte: elaborazioni ARPA Sicilia su immagini Google Earth



Figura 267. Comune di Barcellona Pozzo di Gotto (prov. Messina): area interessata dalla realizzazione di un impianto di distribuzione carburanti con estensione di poco meno di 0,5 ettari. Fonte: elaborazioni ARPA Sicilia su immagini Google Earth



Figura 268. Comune di Acireale (prov. Catania): area inizialmente interessata da edificazione dal 2010 (circa 450m²), ultimata tra il 2020 ed il 2021 con ulteriore realizzazione di ampia area impermeabilizzata e strada d'accesso. È presente un'area di cantiere con terrazzamenti e sbancamenti per un totale di oltre 2 ettari. Fonte: elaborazioni ARPA Sicilia su immagini Google Earth



Figura 269. Comune di Giarre (prov. Catania): area interessata dalla realizzazione di edifici condominiali con relativa area di cantiere per un totale di poco più di 0,3 ettari (N.B. l'annerimento di tetti e strade è causato dalla ricaduta di materiale vulcanico). Fonte: elaborazioni ARPA Sicilia su immagini Google Earth

REGIONE SARDEGNA

EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO AGRARIO E CONSUMO DEL SUOLO NELL'AREA INDUSTRIALE DI PORTOVESME

Contributo a cura di *Stefania Fanni, Marco Cocco, Vittorio Alessandro Marrone, Rita Puddu (AGRIS Sardegna)*

Premessa

Con Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Autonoma della Sardegna n° 60/16 del 11.12.2018 è stato approvato e finanziato in favore dell'Agenzia Agris un progetto sperimentale per il recupero delle antiche vocazioni agricole pre-industriali nel Basso Sulcis (Sardegna SW), con l'obiettivo di caratterizzare le potenzialità produttive dei suoli situati in prossimità di alcuni poli industriali della regione del Sulcis tra cui quelle dei suoli limitrofi agli insediamenti di Portovesme.

L'avvento dell'industria in quest'area a partire dagli anni '60, infatti, ha portato ad un ridimensionamento dei suoli agricoli e in molti casi al loro completo abbandono, compromettendone la qualità e la possibilità, talora in maniera irreversibile, di un recupero dell'antica vocazione agricola. La contrazione dell'attività industriale di questi ultimi anni ha aggravato le condizioni di degrado ambientale, economico e sociale di questo territorio, richiamando la necessità di conoscere e valutare l'entità del fenomeno del consumo del suolo agrario affinché si possano ipotizzare nuovi processi di riqualificazione e di sviluppo rurale.

Il progetto è stato articolato in più fasi di indagine sia a livello territoriale che di dettaglio ed ha interessato, in prima battuta, lo studio delle modifiche degli usi del suolo di questo territorio negli ultimi sessant'anni, per quantificare l'esatto consumo di suolo agricolo dall'era pre-industriale all'attuale.

L'analisi e la perimetrazione degli usi agricoli pre-industriali e il loro confronto con gli usi attuali ha portato alla creazione di un 1 livello informativo in cui sono state individuate le seguenti tre tipologie di aree rurali:

- Aree tradizionali: aree in cui è ancora presente l'uso agricolo

- Aree dismesse: in cui l'uso agricolo è stato abbandonato
- Aree consumate: superfici attualmente occupate da aree urbanizzate e infrastrutture industriali non più classificabili come aree agricole

Area di studio

L'intera area di indagine (Figura 270) è stata delimitata in base all'assetto morfologico del territorio, prediligendo le aree di pianura, e al perimetro del consorzio industriale di riferimento, ha un'estensione di 3.412,5 ettari e ricade nei comuni di Portoscuso, San Giovanni Suergiu e Carbonia, all'interno del sito di bonifica di interesse nazionale «Sulcis-Iglesiente-Guspinese» secondo il D.M. 28 Ottobre 2016 - Ridefinizione della perimetrazione - GU Serie Generale n. 267 del 15-11-2016.

Il polo industriale di Portovesme, ubicato tra i centri urbani di Portoscuso e Paringianu, si estende per una superficie di circa 700 ettari.

Nato nell'ottica di una riconversione dell'industria mineraria del carbone e del piombo-zinco del Sulcis, il polo industriale di Portovesme si sviluppò tra il 1969 ed il 1972 per iniziativa di due enti pubblici: l'EFIM che investì in un polo integrato dell'alluminio, costituendo l'Eurallumina per la lavorazione della bauxite, l'Alsar per la produzione di alluminio primario, la Sardal per gli estrusi, la Comsal per i laminati e l'EGAM, che invece rilevò la gestione delle miniere rimaste aperte e realizzò nei primi anni '70 gli impianti per la lavorazione del piombo e dello zinco (Fadda *et al.*, 2010).

Negli anni '90 la liquidazione dell'EFIM e la ristrutturazione dell'ENI portarono gli impianti metallurgici di Portovesme alla privatizzazione, con la conseguente acquisizione da parte di multinazionali del settore (Alcoa, Glencore, Rusal).



Figura 270. Inquadramento geografico dell'area

La riconversione delle attività di estrazione del carbone, e la conseguente creazione della filiera energia-metallurgia dell'alluminio hanno comportato inoltre la realizzazione sul territorio di una centrale termoelettrica di grandi dimensioni per l'interconnessione con la rete nazionale, consentendo al polo industriale di diventare il più rilevante sito industriale nazionale di produzione di metalli non ferrosi, con una significativa rappresentatività economica a livello europeo.

Il concepimento e lo sviluppo delle filiere si basava sostanzialmente sulla disponibilità di risorse minerarie (carbone e minerali di piombo e zinco) già in quel tempo in declino nel territorio sardo e dunque destinate ad essere sostituite da materie prime di importazione, e sulla disponibilità di infrastrutture idonee al ricevimento delle materie prime (porto) e alla generazione di energia elettrica.

L'aspetto infrastrutturale costituiva, allora e ancora di più oggi, la condizione necessaria alla sostenibilità del sistema industriale, per via della presenza di attività produttive fortemente energivore e pertanto fortemente condizionate dalla disponibilità di energia elettrica a condizioni competitive.

Le problematiche relative all'adeguamento del costo dell'energia in linea con il mercato europeo e alla mancanza di infrastrutture logistiche adeguate hanno progressivamente portato alla cessazione dell'attività di tutto il comparto dell'alluminio, a cui si è aggiunta anche la dismissione dell'attività estrattiva del carbone, determinando un significativo impatto negativo sul territorio in termini economici, sociali e ambientali.

Materiali e metodi

L'indagine sulle trasformazioni d'uso del suolo è stata svolta con metodologie GIS principalmente attraverso la fotointerpretazione e la consultazione della Carta dell'uso e copertura del suolo della Sardegna (Agenzia Europea dell'Ambiente, 2006). I materiali utilizzati sono stati:

per gli usi pre-industriali

- ortofoto relative agli anni 1968 e 1977 a risoluzioni spaziali crescenti
- cartografia IGM del 1968 (5^a edizione) in scala 1:25.000 in formato cartaceo

per gli usi post-industriali

- ortofoto degli anni 2013, 2016 e 2019;
- layer della Corine Land Cover in scala 1:25.000;
- DBMP10K (strato informativo della viabilità e dell'edificato urbano ed extra-urbano);
- servizi web Google Maps e Google Earth utili per una migliore definizione dell'uso del suolo attuale.

Per definire la trasformazione dell'uso del suolo e delimitare le tre tipologie di aree rurali tradizionali, dismesse e consumate si è reso necessario accorpate preliminarmente gli usi identificati nelle due epoche in tre macro categorie:

1. aree agricole, rappresentanti tutti gli elementi aventi un uso agricolo;
2. aree naturali e seminaturali, in cui insiste una vegetazione in situazioni di naturalità e seminaturalità;
3. aree di non suolo, dove non vi è suolo o dove la risorsa suolo è stata consumata dall'urbanizzazione e dall'industria, esclusa la viabilità extraurbana.

Nella fase di interpretazione e di delimitazione dei singoli poligoni d'uso, in alcuni casi sono state stabilite nuove e più ampie classi interpretative, non sempre corrispondenti alle voci di legenda della Corine Land Cover, necessarie per la perimetrazione degli usi pre-industriali in quelle aree difficilmente qualificabili a causa della scarsa definizione delle ortofoto.

In particolare, le voci di nuova introduzione o modificate rispetto alla Corine sono:

- **Coltivi:** si intendono le superfici coltivate classificate nella Corine come "2.1. Seminativi", "2.2. Colture permanenti" e "2.4. Zone agricole eterogenee", ad esclusione delle superfici di dettaglio uguale o maggiore (III livello) che si è riusciti, solo in alcuni casi, ad individuare mediante fotointerpretazione (ad es. oliveti e vigneti).
- **Incolti:** si intendono le superfici abbandonate da più di 5 anni in cui non si è ancora instaurata una vegetazione spontanea evoluta e che non si riesce a collocare in una delle classi di maggiore dettaglio previste dalla Corine. Per questo motivo sono stati ricompresi nella macro categoria delle aree naturali e seminaturali.
- **Dune e retrodune con copertura vegetale:** questa voce rappresenta le dune stabili o dune fossili sulle

quali si è impostata una vegetazione tipica di ambiente mediterraneo (ad es. *Juniperus sp.*) che corrispondente alla classe "3.3.1.3. Aree dunali con copertura vegetale con ampiezza superiore a 25 m² della Corine.

- **Specchi d'acqua:** sotto questa voce sono state raggruppate tutte le superfici naturali o artificiali coperte da acque destinate o meno all'uso agricolo o ittico. Fanno parte di questa categoria tutti i "5. Corpi idrici" siano essi "5.1. Acque continentali" o "5.2. Acque marittime" della Corine.
- **Aree urbane e antropizzate:** si intendono tutte le superfici appartenenti alla classe di primo livello della Corine "1. - Superfici artificiali", ad esclusione della categoria "1.1.2.1. Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale" fatti ricadere nella voce "Tessuto agro-residenziale".

Un'ulteriore variazione ha riguardato le voci "3.2.1. Aree a pascolo naturale", "3.1.1.2.1. Eucalipteti" e "3.1.1.2.2. Sugherete", che appartengono al III livello della Corine (3. Territori boscati ed altri ambienti seminaturali) che sono state inserite nella macro categoria delle aree agricole in virtù del fatto che la maggior parte degli elementi individuati assolve ad una funzione produttiva.

La delimitazione dei poligoni dei diversi usi del suolo ha portato all'elaborazione della prima bozza di Carta d'Uso del suolo per i due periodi analizzati. Successivamente, è stata avviata una verifica sul campo per l'aggiornamento degli usi attuali ottenuti nella prima fase di fotointerpretazione. Grazie all'utilizzo di tablet Android e dell'App QField, versione mobile del software QGIS, i dati tabellari realizzati nella prima bozza della Carta dell'Uso del suolo sono stati corretti direttamente in campo, mentre le delimitazioni degli elementi poligonali sono stati aggiornati in un secondo tempo su ArcMap desktop.

Successivamente si è proceduto per entrambe le epoche, mediante una query sugli attributi tabellari dei due shapefile (1968 e 2019), all'accorpamento degli usi nelle tre macro categorie aree agricole, aree naturali e seminaturali e aree di non suolo.

Infine, dalla sovrapposizione di ciascuno dei tre layer con quello delle aree agricole del 1968, si è giunti alla realizzazione dello strato informativo di sintesi con le tre tipologie di aree rurali (Figura 271):

- aree tradizionali rappresentate dalla sovrapposizione del layer delle aree agricole del periodo pre-industriale (1968) con quello delle aree agricole attuali (2019);
- aree dismesse risultanti dalla sovrapposizione del layer delle aree agricole del periodo pre-industriale (1968) con quello delle aree naturali e seminaturali attuali (2019);
- aree consumate ricavate dall'intersezione del layer delle aree agricole del periodo pre-industriale (1968) con quello delle aree del non suolo attuale (2019).

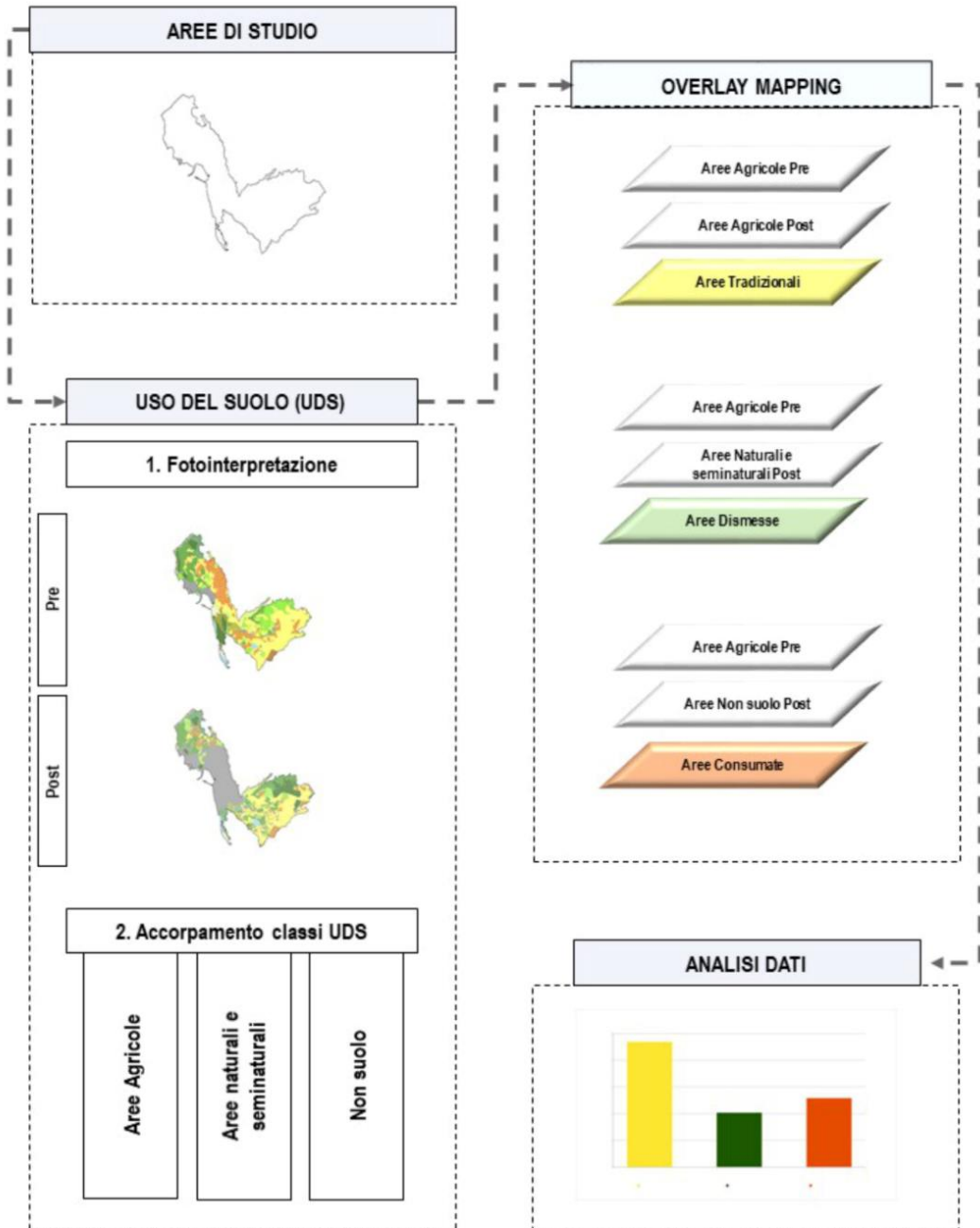


Figura 271. Schema della procedura utilizzata per la realizzazione dello strato informativo di sintesi

Analisi e perimetrazione degli usi agricoli pre-industriali e attuali

L'analisi degli usi relativa ai due periodi 1968 e 2019 è rappresentata nella Figura 272 e nella Figura 273.

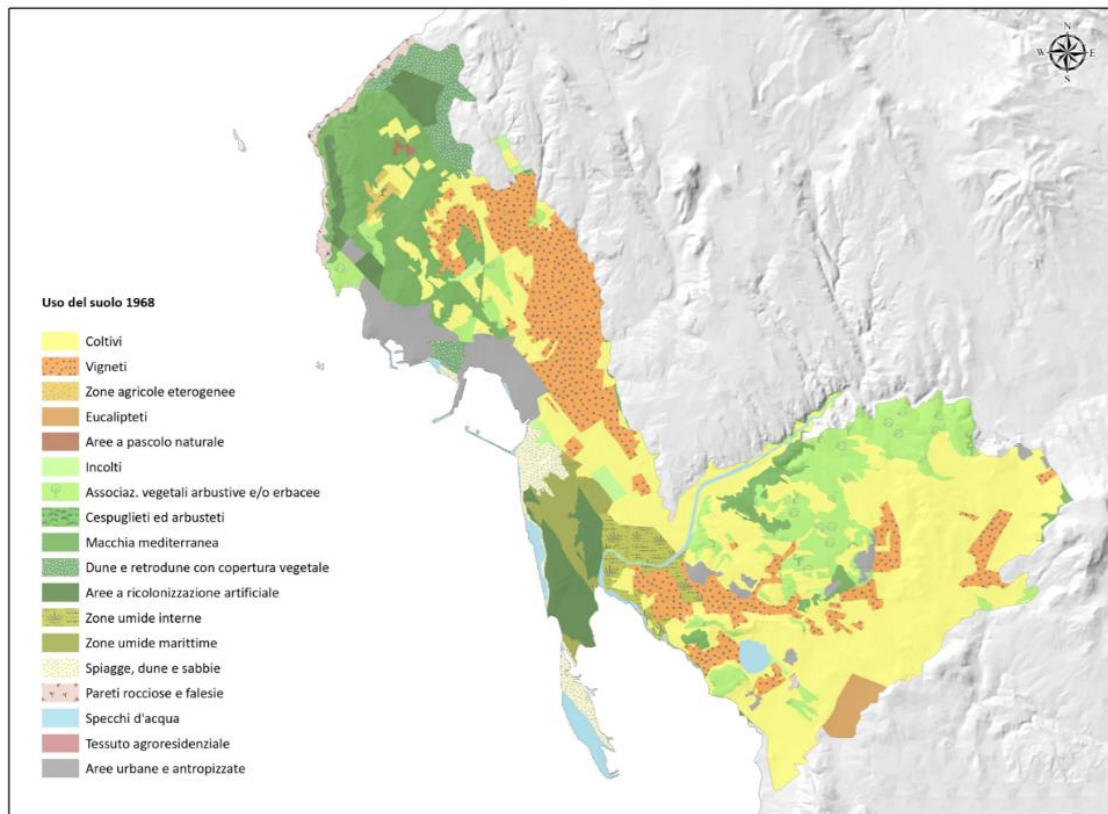


Figura 272. Carta dell'uso del suolo nel 1968

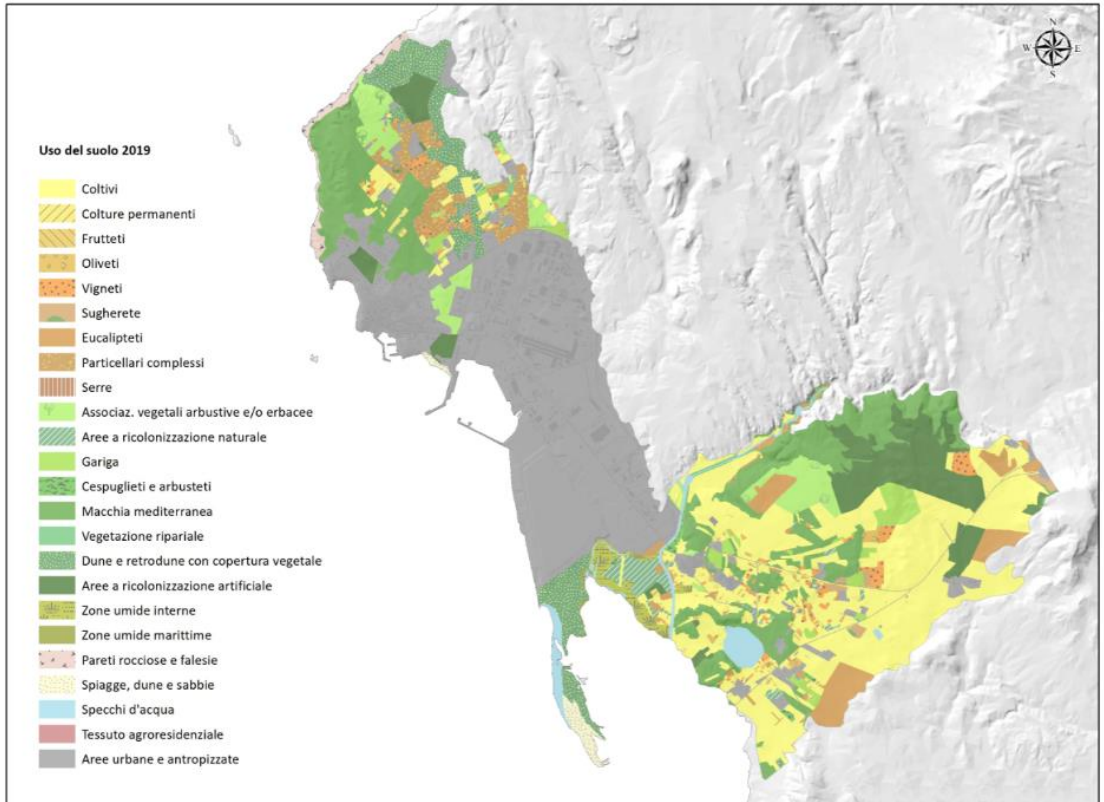


Figura 273. Carta dell'uso del suolo nel 2019

In riferimento al lavoro di fotointerpretazione e alla successiva fase di digitalizzazione, per l'uso del suolo del 1968 è stato generato un layer avente 225 elementi poligonali, ognuno dei quali è stato qualificato secondo le voci di nuova istituzione e le classi della Corine Land Cover, raggiungendo, in alcuni casi, il V livello.

Anche al layer rappresentante l'uso del suolo attuale, che contiene invece 531 elementi, è stato associato il relativo attributo d'uso sempre secondo le classi di legenda della Corine Land Cover. Come era lecito aspettarsi, a causa del maggior dettaglio raggiunto con la fotointerpretazione

delle immagini più recenti, le classi di legenda sono risultate più numerose rispetto a quello del periodo pre industriale (ad esempio le zone agricole eterogenee sono state differenziate in usi singoli), e precisamente 18 per l'anno 1968 e 24 per l'attuale.

Confronto tra le due epoche

Dal confronto tra gli usi delle due epoche pre e post industriale è emerso che nel 1968 le aree agricole occupavano il 54,6 % della superficie totale pari a 1.862,4 ha, le aree naturali e seminaturali il 35,1 % pari a 1.198,5 ha e le aree di non suolo si estendevano per il 10,3 % su una superficie di 351,7 ha (Figura 274).

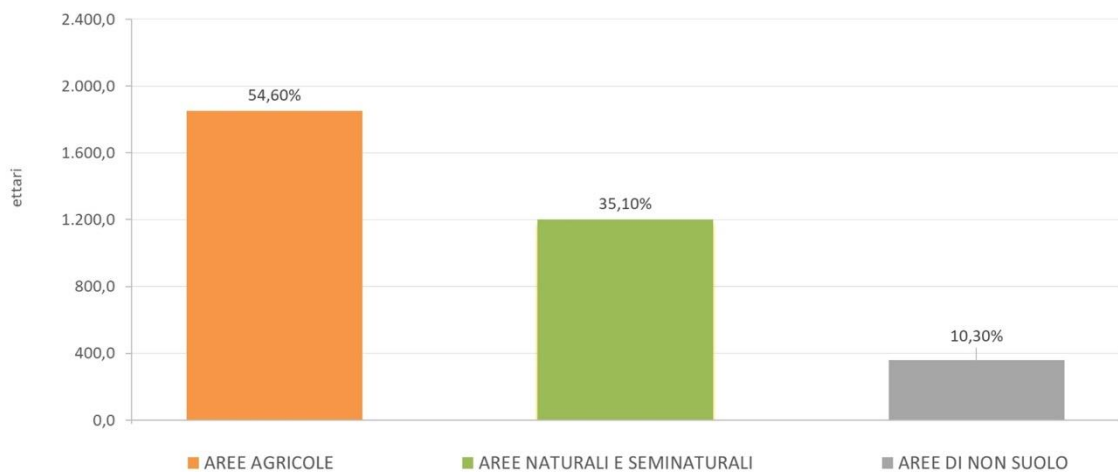


Figura 274. Superfici occupate dalle tre macro categorie di uso del suolo nel 1968

Attualmente le aree agricole occupano il 31,5 % del territorio indagato pari a 1.074 ha, le aree naturali e seminaturali il 34,9 % corrispondenti a 1.190,1 ha e le aree di

non suolo occupano il 33,7 % pari a 1.148,5 ha (Figura 275).

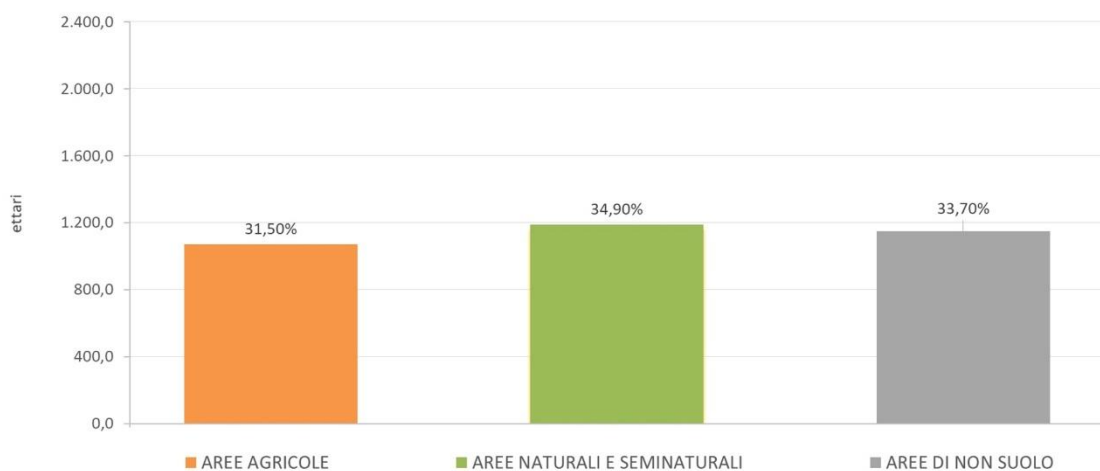


Figura 275. Superfici occupate dalle tre macro categorie di uso del suolo nel 2019

Nella Tabella 159 e nella Tabella 160 sono riportate nel dettaglio le superfici occupate da ogni singolo uso rispettivamente per gli anni 1968 e 2019, espresse sia in ettari

sia in percentuale calcolata sul totale dell'area occupata da ciascuna macro categoria.

Tabella 159. Superfici occupate dai singoli usi del suolo nell'area di Portoscuo nel 1968

Aree agricole			Aree naturali e seminaturali			Aree di non suolo		
Uso	ha	%	Uso	ha	%	Uso	ha	%
Coltivi	1.270,2	68,2	Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee	380,3	31,7	Aree urbane e antropizzate	177,3	50,4
Vigneti	539,8	29,0	Macchia mediterranea	370,2	30,9	Specchi d'acqua	78,7	22,4
Eucalipteti	37,0	2,0	Aree a ricolonizzazione artificiale	165,1	13,8	Spiege dune e sabbie	66,1	18,8
Zone agricole eterogenee	12,1	0,6	Aree dunali coperte da vegetazione	97,8	8,2	Pareti rocciose e falesie	28,2	8,0
Area a pascolo naturale	3,3	0,2	Zone umide interne	79,7	6,7	Tessuto agro-residenziale	1,5	0,4
			Zone umide marittime	74,6	6,2			
			Incolti	30,1	2,5			
			Cespuglieti ed arbusteti	0,7	0,1			
Superficie Totale	ha 1.862,4		Superficie Totale	ha 1.198,5		Superficie Totale	ha 351,7	

Tabella 160. Superfici occupate dai singoli usi del suolo nell'area di Portoscuo nel 2019

Aree agricole			Aree naturali e seminaturali			Aree di non suolo		
Uso	ha	%	Uso	ha	%	Uso	ha	%
Coltivi	773,3	72,0	Macchia mediterranea	491,2	41,3	Aree urbane e antropizzate	1.038,2	90,4
Eucalipteti	113,3	10,5	Aree a ricolonizzazione artificiale	239,8	20,1	Specchi d'acqua	61,6	5,4
Particellari complessi	88,1	8,2	Dune e retrodune con copertura vegetale	171,9	14,4	Pareti rocciose e falesie	27,0	2,3
Vigneti	48,0	4,5	Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee	129,7	10,9	Spiege, dune e sabbie	21,3	1,9
Colture permanenti	22,2	2,1	Gariga	64,1	5,4	Tessuto agro-residenziale	0,5	0,0
Oliveti	16,4	1,5	Aree a ricolonizzazione naturale	40,3	3,4			
Sugherete	12,3	1,1	Zone umide interne	35,5	3,0			
Serre	0,3	0,0	Cespuglieti e arbusteti	7,6	0,6			
Frutteti	0,03	0,0	Vegetazione ripariale	6,6	0,6			
			Zone umide marittime	3,4	0,3			
Superficie Totale	ha 1.074,0		Superficie Totale	ha 1.190,1		Superficie Totale	ha 1.148,5	

Come dato di sintesi si è registrato che le aree agricole hanno subito un decremento pari a 788,4 ettari, le superfici perse a favore delle aree di non suolo sono state di

796,8 ettari mentre le aree naturali e seminaturali hanno subito solo un leggero decremento pari a 8,4 ettari (Figura 276).

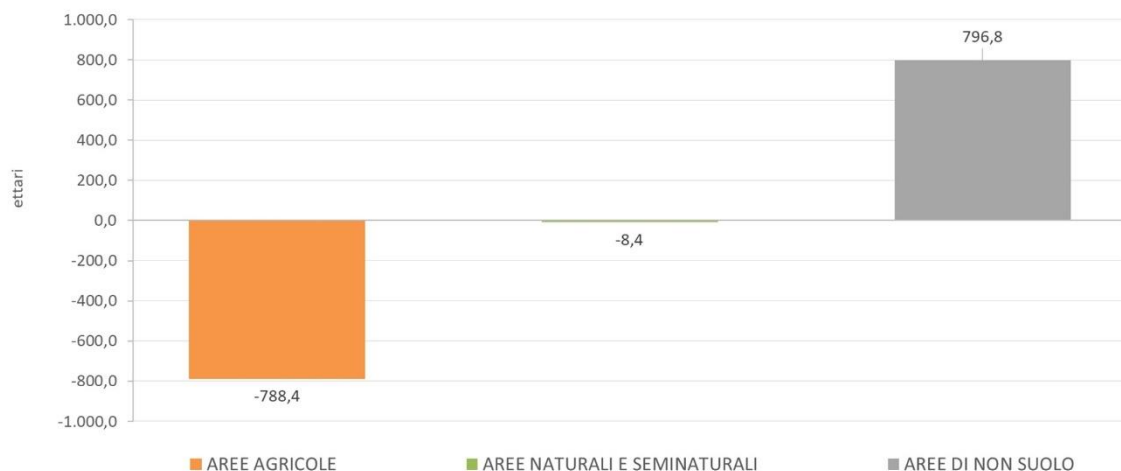


Figura 276. Variazioni in ettari delle macro categorie di uso dal 1968 al 2019

Risulta inoltre evidente come i singoli usi del suolo abbiano subito profonde modificazioni nel tempo, tra cui risaltano le aree coltivate a vite, che hanno subito il maggiore decremento passando da circa 540 ettari nel 1968 a soli 48 ettari nel 2019.

Infine, dall'intersect dello shapefile delle aree agricole del 1968 con quello delle tre macro categorie del 2019 (agricole, naturali e seminaturali e non suolo), è stato ricavato lo strato informativo finale con l'indicazione delle tre tipologie di aree agricole: tradizionali, dismesse e consumate (Figura 277).

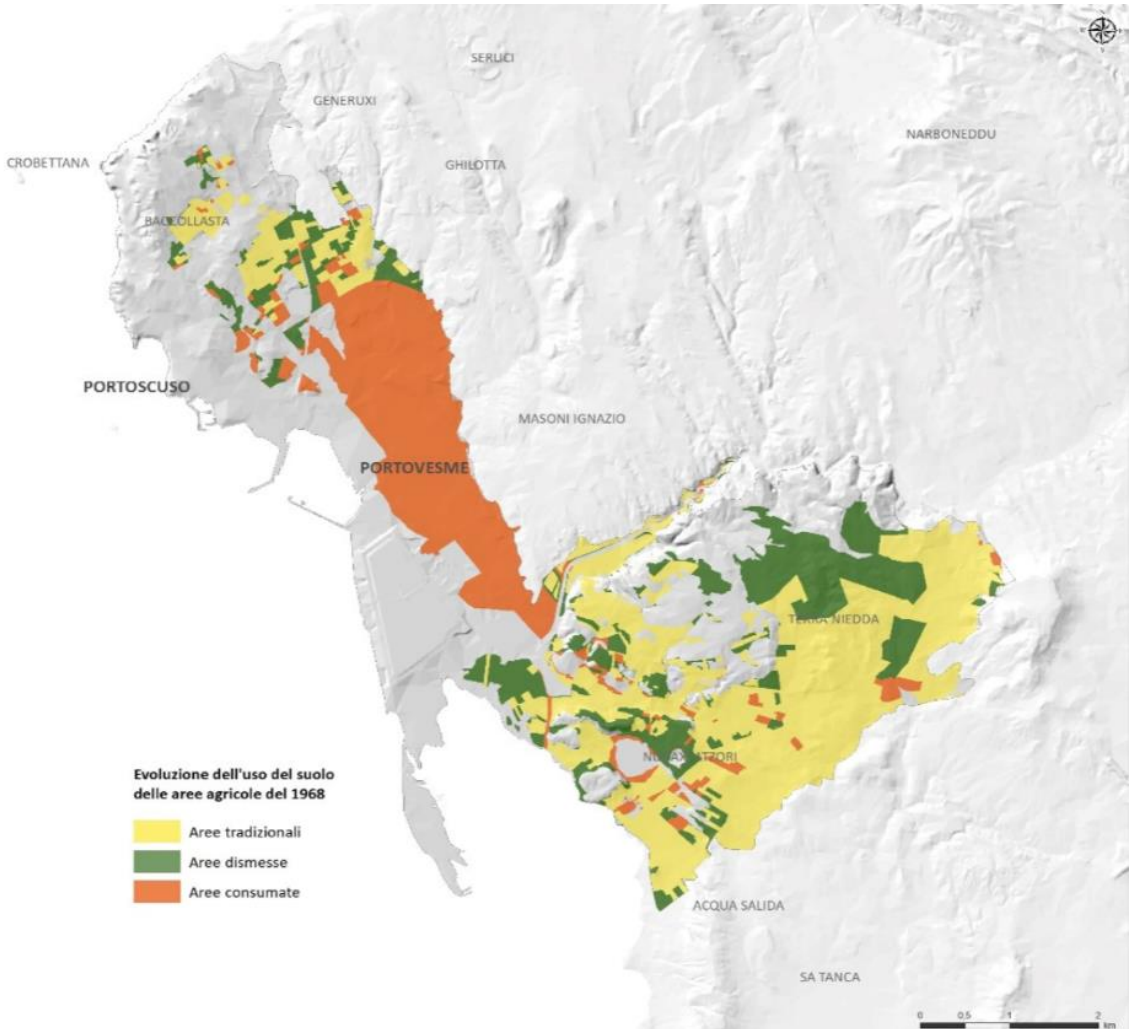


Figura 277. Carta dell'evoluzione delle aree agricole

In conclusione, le aree agricole dell'epoca pre industriale si sono così trasformate:

- Aree tradizionali: il 50,3 % continua ad avere una valenza agricola
- Aree dismesse: il 21,9 % delle aree agricole sono state abbandonate ma permangono condizioni di seminaturalità

- Aree consumate: il 27,8 % risulta attualmente occupato da infrastrutture industriali, urbane residenziali.

La loro estensione in ettari è sintetizzata nella Figura 278 che riporta l'ulteriore distinzione tra ciò che è stato consumato a causa dell'attività industriale rispetto al consumo dovuto ad altre attività antropiche (urbanizzazione, attività estrattiva, etc.).

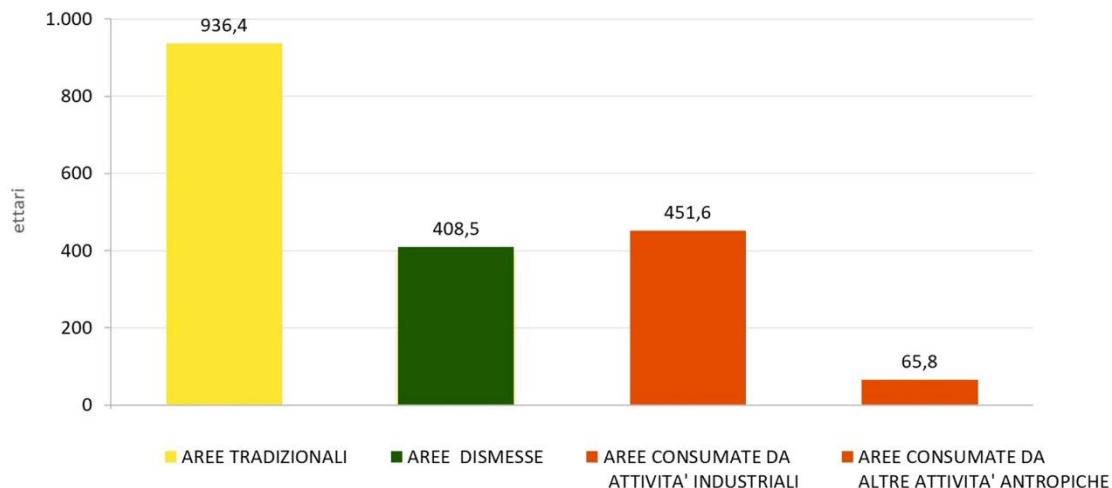


Figura 278. Evoluzione d'uso del suolo nelle due epoche 1968 e 2019

Conclusioni

La quantificazione del consumo dei suoli agricoli nell'area perindustriale di Portovesme ha costituito la prima fase di attività di un progetto più articolato il cui obiettivo generale è stato quello di verificare le potenzialità produttive ancora esistenti nei suoli limitrofi ai principali poli industriali del Basso Sulcis per formulare ipotesi di riqualificazione delle aree agricole e di ripristino delle

antiche attitudini culturali. I primi risultati mostrano come negli ultimi sessant'anni ci sia stata una consistente contrazione degli usi agricoli a cui è corrisposto l'incremento di suoli consumati per industrializzazione e urbanizzazione. In particolare, tra il 1968 e il 2019 le aree agricole hanno subito un decremento di 788,4 ettari mentre le aree consumate sono aumentate di 796,8 ettari su una superficie complessiva studiata pari a 3.412,5 ettari.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Alewel C., M. Egli, K. Meusburger (2015), An attempt to estimate tolerable soil erosion rates by matching soil formation with denudation in Alpine grasslands. *Journal of Soils and Sediments*, 15 (6), pp. 1383-1399.

Andreoli A., Biagetti M., Casavola P., Venanzi D. (2017), Poverty Maps, Analisi territoriale del disagio socio-economico nelle aree urbane. Un esercizio per le 14 Città metropolitane italiane, Dipartimento per le politiche di coesione Nucleo di valutazione e analisi per la programmazione.

Altobelli F., Vargas R., Corti G., Dazzi C., Montanarella L., Monteleone A., Caon L., Piazza M.G., Calzolari C., Munafò M., Benedetti A. (2020), Improving soil and water conservation and ecosystem services by sustainable soil management practices: From a global to an Italian soil partnership. *Italian Journal of Agronomy* 2020; 15:1765.

ANCE (2022), Decalogo per la rigenerazione urbana. Parma, 12-13 maggio 2022.

Arma dei Carabinieri, CREA (2021). Le foreste italiane, sintesi e risultati del terzo Inventario Forestale Nazionale INFC2015
ARPAV (2005). Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000. Osservatorio Regionale Suolo, Castelfranco Veneto (TV).

ARPAV (2018a). Carta dei suoli della provincia di Rovigo. Osservatorio Regionale Suolo, Treviso.

ARPAV (2018b). Carta dei suoli della provincia di Vicenza. Osservatorio Regionale Suolo, Treviso.

Assennato F., Di Leginio M., d'Antona M., Marinosci I., Congedo L., Riitano N., Luise A., Munafò M. (2020), Land degradation assessment for sustainable soil management. *Italian Journal of Agronomy* 2020. 15:1770.

Ballin, M., R. Chiocchini, S. Mugnoli, L. Congedo, M. Munafò (2016), in ISPRA, Integrazione tra i dati censuari Istat e la cartografia del consumo di suolo, Consumo di suolo dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, edizione 2016.

Blasi C., Capotorti G., Alós Ortí M.M., Anzellotti I., Attorre F., Azzella M.M., Carli E., Copiz R., Garfi V., Manes F., Marando F., Marchetti M., Mollo B., Zavattoni L. (2017), Ecosystem mapping for the implementation of the European Biodiversity Strategy at the national level: The case of Italy. *Environmental Science & Policy*, 78:173-184.

Blum, W.E.H. (2005), Functions of soil for society and the environment, *Rev Environ Sci Biotechnol* 4: 75.

Bódis K., Kougias I., Jäger-Waldau A., Taylor N., Szabó S.. A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 114 (2019) 109309.

Braca, G., Ducci, D. (2018), Development of a GIS Based Procedure (BIGBANG 1.0) for Evaluating Groundwater Balances at National Scale and Comparison with Groundwater Resources Evaluation at Local Scale. In *Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean Area*, Calvache, M.L., Duque, C., Pulido-Velazquez, D. (Eds.), Springer, January 2018.

Buchhorn, M.; Smets, B.; Bertels, L.; De Roo, B.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N.E., Linlin, L., Tarko, A. (2020): Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Product User Manual; Zenodo, Geneva, Switzerland, September 2020

Buscardo, E., Smith, G. F., Kelly, D. L., Freitas, H., Iremonger, S., Mitchell, F. J. G., O'Donoghue, S., McKee, A. M., (2008), The early effects of afforestation on biodiversity of grasslands in Ireland. *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 1057-1072.

Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermami M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. *Geoderma*, 261, 190-203. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.013>.

Cavalli A., Francini S., McRoberts R.E., Falanga V., Congedo L., De Fioravante P., Maesano M., Munafò M., Chirici G., Scarescia Mugnoz G. (2022), Monitoring afforestation using Landsat time series. *Sottomesso*

Chersich, S., Rejšek, K., Vranová, V., Bordoni, M., Meisina, C., (2015), Climate change impacts on the Alpine ecosystem: An overview with focus on the soil - A review. *Journal of Forest Science*, 61(11), 496-514.

Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W., Holland E.A. (2001), Net Primary Production in Tropical Forests: An Evaluation and Synthesis of Existing Field Data, *Ecological Applications* 11(2):371-384. Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006.

- Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (2022), Piano per la transizione ecologica. Delibera CITE n. 1, 8 marzo 2022.
- Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006.
- Commissione Europea (2011), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011.
- Commissione Europea (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101.
- Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo.
- Commissione Europea (2013b), Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa. COM(2013) 249 final.
- Commissione Europea (2014), Mapping and assessment of ecosystems and their services Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 second Report – Final, February 2014.
- Commissione Europea (2016), Future Brief: No net land take by 2050? April 2016.
- Commissione Europea (2018), Regolamento sull'uso del suolo e la silvicoltura per il periodo 2021-2030. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_it.
- Commissione Europea (2020), Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita. COM(2020) 380 final.
- Commissione Europea (2020b), Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Report of the Mission board for Soil health and food, Publications Office, September 2020.
- Commissione Europea (2020c), VIII Programma di azione per l'ambiente fino al 2030. COM(2020) 652 final.
- Commissione Europea (2021), Strategia dell'UE per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima. COM/2021/699 final.
- Congedo L., Sallustio L., Munafò M., Ottaviano M., Tonti D., Marchetti M. (2016), Copernicus high-resolution layers for land cover classification in Italy. *Journal Of Maps* 2016:1-11.
- Congedo L., Marinosci I., Riitano N., Strollo A., De Fioravante P., Munafò M. (2017), Monitoring of Land Consumption: an Analysis of Loss of Natural and Agricultural Areas in Italy, *Ann. Bot.*, 2017, 7: 1–9.
- Convenzione del Alpi (1998), Protocol on Soil Conservation, 16 ottobre 1998.
- Copernicus (2018), Product User Manual Leaf Area Index (LAI) Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FAPAR) Fraction of Vegetation Cover (Fcover) Collection 300m Version 1. Issue I1.60. GIO-GL Lot1 consortium.
- Costantini E.A.C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappiè M., Lorenzetti R., Magini S. (2012), Carta dei suoli d'Italia, scala 1:1.000.000 (Soil map of Italy, scale 1:1.000.000) - S.EL.CA. Firenze, Italia.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387.
- De Fioravante P., Luti T., Cavalli A., Giuliani C., Dichicco P., Marchetti M., Chirici G., Congedo L., Munafò M. (2021), Multi-spectral Sentinel-2 and SAR Sentinel-1 integration for automatic land cover classification. *Land* 2021, 10(6), 611.
- EEA (2011), Report No 18/2011 – Green infrastructure and territorial cohesion.
- EEA (2016), Report No 8/2016 - The direct and indirect impacts of EU policies on land.
- EEA (2016b), Report No 11/2016 – Urban sprawl in Europe.
- EEA (2016), Land recycling in Europe. Approaches to measuring extent and impacts. EEA Report No 31/2016.
- EEA (2017), Landscapes in transition. An account of 25 years of land cover change in Europe, EEA Report n. 10/2017, European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2017b), Soil resource efficiency in urbanised areas. Analytical framework and implications for governance. Report n. 7/2016.
- EEA (2017c), Landscape fragmentation indicator effective mesh density (Seff).
- EEA (2018), Technical specifications for implementation of a new land-monitoring concept based on EAGLE. EEA/IDM/R0/17/003.
- EEA (2019), Thematic Content and Definitions of EAGLE Model Elements.
- EEA (2019b), The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency.
- EEA (2021), Land take and land degradation in functional urban areas, EEA Report n. 17/2021, European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2021b), Copernicus Local Land Monitoring Services – EEA/DIS/R0/18/008 Production of Very High Resolution Land Cover/Land Use dataset for Coastal Zones of the reference years 2012 and 2018. Service Contract No

- EEA/DIS/R0/18/008. Copernicus Land Monitoring Service – Local Component: Coastal Zones Monitoring Nomenclature Guideline Date: 15/02/2021. Issue: 1.2
- FAO, Food and Agriculture Organization (2001). Global Forest Resources Assessment 2000: Main report. Rome.
- FAO and ITPS (2018), Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) Technical Report. Rome.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2020). Global Forest Resources Assessment 2000: Main report. Rome.
- Femia A., G. Monbiot (2018), Price Less, la Natura non è Capitale. Sbilanciamoci. <http://sbilanciamoci.info/price-less-i-concetti-di-natura-e-capitale>.
- Festa M. (a cura di) (2021), Rapporto immobiliare 2021 il settore residenziale. Edizione 2021.
- Festa M. (a cura di) (2021), Rapporto immobiliare 2021 immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva. Edizione 2021.
- Florczyk A.J., Corbane C., Ehrlich D., Freire S., Kemper T., Maffellini L., Melchiorri M., Pesaresi M., Politis P., Schiavina M., Sabo F., Zanchetta L. (2019), GHSL Data Package 2019, EUR 29788 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Forum Nazionale dei Movimenti per la Terra e il Paesaggio “Salviamo il Paesaggio - Difendiamo i Territori”, (2018). Proposta di legge d’iniziativa popolare. Norme per l’arresto del consumo di suolo e per il riuso dei suoli urbanizzati.
- Francini S, D’Amico G, Vangi E, Borghi C, Chirici G. (2022). Integrating GEDI and Landsat: Spaceborne Lidar and Four Decades of Optical Imagery for the Analysis of Forest Disturbances and Biomass Changes in Italy. *Sensors*. 22(5):2015.
- Francini S, McRoberts RE, Giannetti F, Marchetti M, Scarascia Mugnozza G, Chirici G (2021). The three indices three dimensions (3I3D) algorithm: a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 42 (12):4697-4715.
- Governo Italiano (2021), Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NextGenerationItalia. Italia Domani.
- Guerri G., Crisci A., Messeri A., Congedo L., Munafò M., Morabito M. (2021), Thermal summer diurnal hot-spot analysis: the role of local urban features layers. *Remote Sensing* 2021,
- Hengl, T., De Jesus, J. M., Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, 12(2).
- IPCC (2022), Climate Change 2022, Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers.
- ISPRA (2015), Annuario dei dati ambientali - Edizione 2014.
- ISPRA (2018), Mappatura e valutazione dell’impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo ISPRA-SNPA 2018. Annesso metodologico. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici.-edizione-2018>
- ISPRA (2021), Carta nazionale dei principi sull’uso sostenibile del suolo, Report Soil4Life Life GIE/IT/000477.
- Jaeger, J.A.G. (2000), Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. – *Landscape ecology* 15(2): 115-130.
- Kumar P., ed. (2010), TEEB-The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations, Earthscan, London.
- Lal, R. (2015), Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* 2015, 7, 5875-5895.
- Luti T., De Fioravante P., Marinosci I., Strollo A., Riitano N., Falanga V., Mariani L., Congedo L., Munafò M. (2021), Land Consumption Monitoring with SAR Data and Multispectral Indices. *Remote Sensing* 2021, 13, 1586.
- Maddalena P. (2014), Il territorio, bene comune degli italiani. Proprietà collettiva, proprietà privata e interesse pubblico, Donzelli Editore, Roma.
- Maes J., *et al.*, 2018. Mapping and assessment of ecosystems and their services: an analytical framework for ecosystem condition. ISBN: 978-92-79-74288-0. Printed by OP, Luxembourg.
- Manes F., Marando F., Capotorti G., Blasi C., Salvatori E., Fusaro L., Ciancarella L., Marchetti M., Chirici G., Munafò M. (2016), Regulating Ecosystem Services of Forests in the ten Italian Metropolitan Cities: Air quality improvement by PM₁₀ and O₃ removal. *Ecological Indicators* 67 (2016) 425–440.
- Mastrososa S., Crosetto M., Congedo L., Munafò M. (2018), Land consumption monitoring: an innovative method integrating SAR and optical data, *Environmental Monitoring and Assessment* 2018 Sep 14;190(10):588.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dal CIPE il 22 dicembre 2017.
- Ministero della Transizione Ecologica (2022), Strategia Nazionale Biodiversità 2030, 14 aprile 2022.
- Montanarella L, Panagos P. (2021), The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal, *Land Use Policy*, Volume 100, 2021, 104950.
- Morabito M., Crisci A., Messeri A., Orlandini S., Raschi A., Maracchi G., Munafò M. (2016), The impact of built-up surfaces

on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of The Total Environment* 551–552 2016:317–326.

Morabito, M.; Crisci, A.; Georgiadis, T.; Orlandini, S.; Munafò, M.; Congedo, L.; Rota, P.; Zazzi, M. (2018), Urban Imperviousness Effects on Summer Surface Temperatures Nearby Residential Buildings in Different Urban Zones of Parma. *Remote Sensing*, vol. 10.

Morabito M., Crisci A., Guerri G., Messeri A., Congedo L., Munafò M. (2021), Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences. *Science of the Total Environment* 751(2021)-142334.

Moser, B., Jaeger, J.A.G., Tasser, E., Eiselt, B., Tappeiner, U. (2007), Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22, pp 447–459.

Munafò M., Tombolini I. (2014). Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2014. ISPRA Rapporti 195/2014.

Munafò M., Assennato F., Congedo L., Luti T., Marinosci I., Monti G., Riitano N., Sallustio L., Strollo A., Tombolini I., Marchetti M. (2015), Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2015. ISPRA Rapporti 218/2015.

Munafò M. (a cura di) (2016), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2016. Rapporti ISPRA 248/2016.

Munafò M. (a cura di) (2017), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017. Rapporti ISPRA 266/2017.

Munafò M., Marinosci I. (a cura di) (2018), Territorio, Processi e trasformazioni in Italia. ISPRA, Rapporti 296/2018.

Munafò M. (a cura di) (2018), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018. Rapporti ISPRA 288/2018.

Munafò M. (a cura di) (2019), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2019. Report SNPA 08/2019.

Munafò M. (a cura di) (2020), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2020. Report SNPA 15/2020.

Munafò, M. (a cura di) (2021). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021. Report SNPA 22/2021

Napoli R., Paolanti M., Di Ferdinando S. (A cura di) (2019) *Atlante dei Suoli del Lazio*. ARSIAL Regione Lazio.

Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling, W.G. Sombroek (1991), World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre; Nairobi: United Nations Environment Programme.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H. (Eds.), (2016), *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Panagos P., C. Ballabio, P. Borrelli, K. Meusburger, A. Klik, et al. (2015), Rainfall erosivity in Europe *Science of Total Environment*, 511 (2015), pp. 801-814.

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental science & policy*, 54, 438-447.

Parlamento europeo e Consiglio (2013), Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta», GUUE, L 354, 28.12.2013: 171-200.

Parlamento europeo (2021), Risoluzione del Parlamento europeo sulla protezione del suolo n. 2021/2548(RSP), April 2021.

Pavia R. (2019), *Tra suolo e clima, La terra come infrastruttura ambientale*, Roma.

PCM Cabina di Regia Spazio (2016), Piano Strategico Space Economy. Quadro di posizionamento nazionale http://www.agenziacoazione.gov.it/opencms/export/sites/dps/it/documentazione/S3/Piani_strategici/all_6_Piano_Strategico_Space_Economy_master_13052016_regioni_final.pdf

Pesaresi, M., Huadong, G., Blaes, X., Ehrlich, D., Ferri, S., Gueguen, L., Halkia, M., Kauffmann, M., Kemper, T., Lu, L., Marin-Herrera, M.A., Ouzounis, G.K., Scavazzon, M., Soille, P., Syrris, V., Zanchetta, L. (2013), A Global Human Settlement Layer From Optical HR/VHR RS Data: Concept and First Results. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 6, 2102–2131.

Pileri P. (2017), Persistente e inefficiente: così è il consumo di suolo nel Paese. ISPRA (2017), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017.

Pileri P. (2018), 100 parole per salvare il suolo: piccolo dizionario urbanistico-italiano, *Altreconomia*, Milano.

Pileri P., F. Assennato, C. Calzolari, P. Giandon, M. Marchetti, D. Marino, E. Morri, D. Pettenella, L. Sallustio, L. Salvati, R. Santolini, F. Terribile, F. Ungaro, I. Vinci, M. Munafò (2018), *La sfida dei servizi ecosistemici alla cultura della monetizzazione*

- e della compensazione. In: ISPRA, 2018, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018.
- Ponce-Campos, G. E., Moran, M. S., Huete, A., Zhang, Y., Bresloff, C., Huxman, T. E., ... & Starks, P. J. (2013). Ecosystem resilience despite large-scale altered hydroclimatic conditions. *Nature*, 494(7437), 349-352.
- Ramani A., Bloom N. (2021), The donut effect: How COVID-19 shapes real estate, SIEPR Policy brief.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H., 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116, 61-76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6).
- Rawls, W. J., and Brakensiek, D. L., 1985. Prediction of Soil Water Properties for Hydrologic Modeling. In: Proceedings of the American Society of Civil Engineers Watershed Management in the Eighties Symposium, American Society of Civil Engineers, New York, pp 293-299.
- Reddy, S.M.W., McDonald, R.I., Maas, S., Rogers, A., Girvetz, A., North, E.H., Molnar, J., Finley, J., Leathers, T., L. DiMuro, G., J, 2015. Finding solutions to water scarcity: incorporating ecosystem service values into business planning at The Dow Chemical Company's Freeport, TX facility. *Ecosyst. Serv.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.001>.
- Regione Lombardia (2018), Delibera C.R. 19/12/2018, n. XI/411. Approvazione delle controdeduzioni alle osservazioni all'integrazione al piano territoriale regionale adottata con d.c.r. x/1523 del 23 maggio 2017 e della dichiarazione di sintesi finale. Approvazione dell'integrazione del Piano Territoriale Regionale ai sensi della l.r. 31/2014 (articolo 21, comma 4, l.r. 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio).
- Renard K.G., *et al.* (1997), Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Agricultural Handbook 703) US Department of Agriculture, Washington, DC, p. 404.
- Riitano N., Dichicco P., De Fioravante P., Cavalli A., Falanga V., Giuliani C., Mariani L., Strollo A., Munafò M. (2020), Land Consumption in Italian Coastal Area. *Environmental Engineering and Management Journal* 19(2020), 10, 1857-1868.
- Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S. and Marucci, A. (2017), "Sprinkling: An approach to describe urbanization dynamics in Italy", *Sustainability (Switzerland)*, Vol. 9 No. 1.
- Romano B., Zullo F., Marucci A., Fiorini L., 2018. Vintage Urban Planning in Italy: Land Management with the Tools of the Mid-Twentieth Century. *Sustainability*, 10, 4125.
- Romano B., Fiorini L., Marucci A. (2019), Italy without Urban 'Sprinkling'. A Uchronia for a Country that Needs a Retrofit of Its Urban and Landscape Planning. *Sustainability* 11, 3469.
- Rusco E., Filippi N., Marchetti M. and Montanarella L. (2003), Carta Ecopedologica d'Italia. IES, CCR, CE, EUR 20774 IT, 2003.
- Sallustio L., De Toni A., Strollo A., Di Febraro M., Gissi E., Casella L., Geneletti D., Munafò M., Vizzarri M., Marchetti M. (2017), Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy, *Journal of Environmental Management* 201(2017) 129-137.
- Saganeiti L., Pilogallo A., Scorza F., Mussuto G., Murgante B. (2018), Spatial indicators to evaluate urban fragmentation in Basilicata Region. Springer, Cham, pp. 100-112.
- Siegel S., J. Castellan, (1992). *Statistica non parametrica*. McGraw-Hill Education.
- Sims, N. C., Green, C., Newnham, G., England, J., Held, A., Wulder, M., ... & McKenzie, N. (2017). Good practice guidance. *SDG Indicator*, 15(1), 115.
- Solimando, D. 2016. Canale emiliano-romagnolo: il beneficio irriguo nel 2015. *Rivista Agricoltura - Periodico della Regione Emilia-Romagna*, Febbraio - Marzo 2016 Anno 44, n.2-3, pp. 20-21.
- Spadoni, G. L., Cavalli, A., Congedo, L., Munafò, M., (2020). Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20.
- Strollo A., Smiraglia D., Bruno R., Assennato F., Congedo L., De Fioravante P., Giuliani C., Marinosci I., Riitano N., Munafò M. (2020), A Map of Land Consumption in Italy, *Journal of Maps*, 16:1, 113-123.
- Tarquini S., Vinci S., Favalli M., Doumaz F., Fornaciari A., Nannipieri L. (2012), Release of a 10-m-resolution DEM for the Italian territory: Comparison with global-coverage DEMs and analogy-mode exploration via the web, *Computers & Geosciences*, 38, 168-170.
- Trends.Earth. Conservation International. Disponibile online su: <http://trends.earth>. 2022.
- Trigila A., Iadanza C., Bussetini M., Lastoria B. (2018) Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018. ISPRA, Rapporti 287/2018.
- Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussetini M., Barbano A. (2021) Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021. ISPRA, Rapporti 356/2021.
- Tsendbazar, N.E., Tarko, A., Linlin, L., Herold, M., Lesiv, M., Fritz, S., Maus, V.; (2020): Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Validation Report; Zenodo, Geneva, Switzerland, September 2020.
- UN (2012), The Future We Want, A/RES/66/288, United Nations.

UN (2014), World urbanization prospects: The 2014 revision, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, NY.

UN (2015), Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1, United Nations.

UNCCD (2016), Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015. Part two: Actions. ICCD/COP(12)/20/Add.1, United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop12/20add1eng.pdf>.

UNCCD (2017), Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area, https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-10/Good%20Practice%20Guidance_SDG%20Indicator%2015.3.1_Version%201.0.

UNCCD (2021), Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area, Version 2.0. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.

Ungaro, F., Calzolari, C., Busoni, E., (2005). Development of pedotransfer functions using a group method of data handling for the soil of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy. Water retention properties. *Geoderma* 124, 293–317. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.05.007>.

UNSD (2022), Indicator 15.3.1 Metadata: Proportion of land that is degraded over total land area. Disponibile al sito: <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/>

Veldman, J. W., Overbeck, G. E., Negreiros, D., Mahy, G., le Stradic, S., Fernandes, G. W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F. E., Bond, W. J., (2015) Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 65(10), 1011–1018.

Vinci S. (2007), Rovina, Einaudi, Torino.

Vrebos, D., Bampa, F., Creamer, R., Gardi, C., Ghaley, B., Jones, A., Rutegeer, M., Sauden, T., States, J. & Meire, P. (2017). The impact of policy instruments on soil multifunctionality in the European Union. *Sustainability*, 9(3), 407.

Wischmeier W., D. Smith (1978), Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agricultural Handbook No. 537 U.S. Department of Agriculture, Washington DC, USA.

World Bank (2012). Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development, The World Bank, Washington, DC, USA.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEL COMITATO SCIENTIFICO

AA.VV. (2018). Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo. https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/copy_of_AnnesometodologicoalRapportoServiziosistemici_2018.pdf

Allam, Z., Moreno, C., Chabaud, D., Pratlong, F., 2021. Proximity-Based Planning and the "15-Minute City": A Sustainable Model for the City of the Future. In *The Palgrave Handbook of Global Sustainability* (pp. 1-20). Cham: Springer International Publishing.

Barbier, E.B., Burgess, J. C., 2017. The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability. *Economics* 11(1):20170028. doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2017-28

Besio M., Monti, C. 1999. Dal cannocchiale alle stelle, strumenti per il nuovo piano. F. Angeli Ed, pp. 280, Milano.

Bruschi D, Astiaso Garcia D, Gugliermetti F, Cumo F (2015) Characterizing the fragmentation level of Italian's National Parks due to transportation infrastructures. *Transp Res Part D Transp Environ* 36:18–28. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.006>

Camagni, R., 2014. Perequazione urbanistica "estesa", rendita e finanziarizzazione immobiliare: un conflitto con l'equità e la qualità territoriale. *Scienze Regionali* 2:29-44.

Campos-Taberner M., A. Moreno-Martinez, F.J. García-Haro, G. Camps-Valls, N.P. Robinson, J. Kattge, S.W. Running. (2018). Global Estimation of Biophysical Variables from Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing*, 10, 1167. <https://doi.org/10.3390/rs10081167>

Cappuccitti, A., 2006. Le diverse "velocità" del Piano urbanistico comunale e il Piano strutturale. *Urbanistica Informazioni*, 210.

Caridi, G., 2013. I terreni confiscati alla criminalità organizzata e l'uso sociale degli strumenti di pianificazione. *Eyesreg. Giornale di scienze regionali*, 3(4), 76-79.

Casanueva A., A. Burgstall, S. Kotlarski, A. Messeri, M. Morabito, A.D. Flouris, L. Nybo, C. Spirig, C. Schwierz (2019). Overview of Existing Heat-Health Warning Systems in Europe" *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 2657. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152657>.

Chirici, G., Giannetti, F., Mazza, E., Francini, S., Travaglini, D., Pegna, R., White, J.C., 2020. Monitoring clearcutlear-cutting and subsequent rapid recovery in Mediterranean coppice forests with Landsat time series. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3689194>.

Cinà G. (Ed.), 1996. L'innovazione del piano. Temi e strumenti urbanistici a confronto. F. Angeli Ed., pp. 240, Milano.

Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni Strategia del suolo dell'UE per il 2030. Raccogliere i benefici di suoli sani per le persone, il cibo, la natura e il clima. COM/2021/699 definitivo

Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, alla Banca Centrale Europea, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Piano di azione per finanziare la crescita sostenibile. COM/2018/097 final

Coppola, E. 2012. Densificazione vs dispersione urbana. *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment* 5 (1). pp. 131-143. ISSN 1970-9870

Corridore G, Romano B (2004) L'interferenza ecosistemica dell'insediamento. tecniche di analisi e valutazione. 1-20

Dall'Olio, N., 2010. Le cause culturali del consumo di suolo. *Economia della Cultura*, 20(1), 15-24.

De Montis A, Martín B, Ortega E, *et al* (2017) Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land use policy* 64:83-94. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.028>

Dembski S., Hartmann T., Hengstermann A., Dunning R. 2020. Introduction Enhancing understanding of strategies of land policy for urban densification. *The Town Planning Review* 91(3):209-216. DOI:10.3828/tp.2020.12

Di Luca R. 2011. Densità città residenza: Tecniche di densificazione e strategie anti-sprawl. Gangemi ed., 192 p. ISBN 9788849214727

Di Pirro E., Sallustio L., Castellar J.A.C., Sgrigna G., Marchetti M., Lasserre B. (2022a). Facing Multiple Environmental Challenges through Maximizing the Co-Benefits of Nature-Based Solutions at a National Scale in Italy. *Forests*, 13(4), 548

Di Pirro E., Sallustio L., Sgrigna G., Marchetti M., Lasserre B. (2022b). Strengthening the implementation of national policy agenda in urban areas to face multiple environmental stressors: Italy as a case study. *Environ. Sci. Policy* 129, 1-11

Duan Q., M. Tan, Y. Guo, X. Wang, L. Xin (2019). Understanding the Spatial Distribution of Urban Forests in China Using Sentinel-2 Images with Google Earth Engine. *Forests*, 10, 729. <https://doi.org/10.3390/f10090729>.

Eastman, J.R. (2012). IDRISI Selva Tutorial. IDRISI Production, Clark Labs-Clark University, Worcester, 45.

EC (2011). Mapping Guide for a European Urban Atlas, Ref. Ares (2012)1348219 – 15/11/2012, European Union.

EEA (2011) Landscape Fragmentation in Iurope

Ermida S.L., P. Soares, V. Mantas, F.M. Götsche, I.F. Trigo (2020). Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series. *Remote Sensing*, 12, 1471. <https://doi.org/10.3390/rs12091471>.

ESRI, 2020. ArcGIS Pro Desktop: Release 2.6.0; Environmental Systems Research Institute: Redlands, CA, USA. Available online: <https://desktop.arcgis.com/en/>.

F. Capra e P.L. Luisi, (2014) Vita e Natura, una visione sistemica, Aboca S.p.A

Fedele, M., Moini, G., 2006. Cooperare conviene? Intercomunalità e politiche pubbliche. *Rivista italiana di politiche pubbliche*, 1(1), 71-98.

Filpa A., Lenzi S. (Eds.), 2013. Riutilizziamo l'Italia, Rapporto 2013. WWF, 274 p., Roma.

Fiorini L., Zullo F., Marucci A., Di Dato C., Romano B., 2021. Planning Tool Mosaic (PTM). A platform for Italy, a country without a strategic framework. *Land* 10(3), 279; doi: 10.3390/land10030279.

Forgione, I., 2019. Le norme edilizie della rigenerazione urbana, tra esigenze di semplificazione, sostenibilità ambientale e rilancio dell'economia. *PA Persona e Amministrazione*, (1), 433-454.

Francini S, D'Amico G, Mencucci M, Seri G, Gravano E, Chirici G (2021b). Telerilevamento e procedure automatiche: validi strumenti di supporto al monitoraggio delle utilizzazioni forestali. *Forest@* 18: 27-34. - doi: 10.3832/efor 3835-018

Francini S, D'Amico G, Vangi E, Borghi C, Chirici G. (2022a). Integrating GEDI and Landsat: Spaceborne Lidar and Four Decades of Optical Imagery for the Analysis of Forest Disturbances and Biomass Changes in Italy. *Sensors*. 22(5):2015. <https://doi.org/10.3390/s22052015>

Francini S, McRoberts RE, Giannetti F, Marchetti M, Scarascia Mugnozza G, Chirici G (2021a). The three indices three dimensions (3I3D) algorithm: a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 42 (12):4697-4715. - doi:10.1080/01431161.2021.1899334

Francini S, McRoberts RE, Giannetti F, Mencucci M, Marchetti M, Scarascia Mugnozza G, Chirici G (2020). Near-real time forest change detection using PlanetScope imagery. *European Journal of Remote Sensing* 53 (1): 233-244. - doi: 10.1080/22797254.2020.1806734

Francini, S., Borghi, C., D'Amico, G., Santi, S., Travaglini, D. (2022b). Mappatura dei cambiamenti forestali avvenuti in Italia negli ultimi 35 anni utilizzando immagini Landsat e Google Earth Engine. *Italia forestale e montana*.

Francini, S., McRoberts, R. E., D'Amico, G., Coops, N. C., Hermosilla, T., White, J. C., ... & Chirici, G. (2022c). An open sci-

- ence and open data approach for the statistically robust estimation of forest disturbance areas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 106, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102663>
- Geneletti D (2003) Biodiversity Impact Assessment of roads: An approach based on ecosystem rarity. *Environ Impact Assess Rev* 23:343–365. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(02\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(02)00099-9)
- Giannetti, F., Pegna, R., Francini, S., McRoberts, R.E., Travaglini, D., Marchetti, M., Scarascia Mugnozza, G., Chirici, G., 2020. A New Method for Automated Clearcut-clear-cut Disturbance Detection in Mediterranean Coppice Forests Using Landsat Time Series. *Remote Sens.*, 12, 3720. <https://doi.org/10.3390/rs12223720>.
- Gomes V.C.F., R.G. Queiroz, K.R. Ferreira (2020). An Overview of Platforms for Big Earth Observation Data Management and Analysis. *Remote Sensing* 12, 1253. <https://doi.org/10.3390/rs12081253>.
- Gomes, V.C.F., Queiroz, G.R., Ferreira, K.R., 2020. An Overview of Platforms for Big Earth Observation Data Management and Analysis. *Remote Sens.*, 12, 1253. <https://doi.org/10.3390/rs12081253>.
- Google (2022). Google Earth Engine. Available online: <https://earthengine.google.com/> (accessed on 25/05/2022).
- Gorelick N., M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, R. Moore (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, pp.18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Guerra G., A. Crisci, A. Messeri, L. Congedo, M. Munafò, M. Morabito (2021). Thermal summer diurnal hot-spot analysis: the role of local urban features layers. *Remote Sensing* 13, 538. <https://doi.org/10.3390/rs13030538>.
- Guerra G., A. Crisci, L. Congedo, M. Munafò, M. Morabito (2022). A functional seasonal thermal hot-spot classification: Focus on industrial sites. *Science of The Total Environment* 806, 151383. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151383>.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V, Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.
- Hatfield, M.A. 2008. Large scale spatial patterns of forest structural diversity. *Canadian*
- Hermosilla, T., Wulder, M.A., White, J.C., Coops, N.C., Hobart, G.W., 2015. An integrated Landsat time series protocol for change detection and generation of annual gap-free surface reflectance composites. *Remote Sens. Environ.* 158, 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.005>.
- Huang, Bo, and Hankui Zhang. 2014. “Spatio-Temporal Reflectance Fusion via Unmixing: Accounting for Both Phenological and Land-Cover Changes.”
- International Journal of Remote Sensing 35 (16). Taylor & Francis: 6213–33. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.951097>.
- INU, 2017. Rapporto dal territorio 2016. INU Ed., p. 367. ISBN 9788876031625
- lovino G. (2014). Le fonti informative per il monitoraggio del consumo di suolo. Information sources for monitoring land take. In: *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 152 (2014), pp. 36-55.
- ISTAT (2005). Statistiche dell'agricoltura. Anno 2000. *Annuario*, n. 48-2005.
- Jamali A.A., R.G. Reza Ghorbani Kalkhajeh, T. Randhir, S. He (2022). Modeling relationship between land surface temperature anomaly and environmental factors using GEE and Giovanni. *Journal of Environmental Management*, 302, 113970. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113970>.
- Journal of Forest Research* 38: 429-438. <https://doi.org/10.1139/X07-154>
- Kabisch N, Frantzeskaki N, Pauleit S, *et al* (2016) Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecol Soc* 21:0–1. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/26270403>
- Kennedy, Robert E, Zhiqiang Yang, Noel Gorelick, Justin Braaten, Lucas Cavalcante, Warren B. Cohen, and Sean Healey. 2018. “Implementation of the LandTrendr Algorithm on Google Earth Engine.” *Remote Sensing* 10 (5). <https://doi.org/10.3390/rs10050691>.
- Kennedy, Robert E., Zhiqiang Yang, and Warren B. Cohen. 2010. Detecting Trends in Forest Disturbance and Recovery Using Yearly Landsat Time Series: 1.
- LandTrendr - Temporal Segmentation Algorithms. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 114. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.07.008>.
- Leal Filho W., Azeiteiro U., Alves F., Pace P., Mifsud M., Brandli L., Caeiro S.S., Disterheft A., 2018. Reinvigorating the sustainable development research agenda: the role of the sustainable development goals (SDG), *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 25(2):131-142, doi 10.1080/13504509.2017.1342103

- Leoni S, Ronchi E, Aneris C, *et al* (2022) Rapporto sull'economia circolare in Italia 2019. A cura del Circular Economy Network Gruppo di lavoro del Network e della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile
- Lin B., Meyers J., Barnett G., 2015. Understanding the potential loss and inequities of green space distribution with urban densification. *Urban forestry & Urban Greening*, 14(4):952-958. /doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.003
- Mariano C., 2012. Il ruolo dei piccoli comuni nel processo di costruzione della identità metropolitana. Atti XV Conferenza Nazionale SIU, Pescara 10-11 maggio 2012. *Planum* 25(2):1-6
- McRoberts R.E., Chen, Q., Domke, G.M., Ståhl, G., Saarela, S., Westfall, J.A. 2016. Hybrid estimators for mean above-ground carbon per unit area. *Forest Ecology and Management* 378:44–56
- McRoberts, R.E., Winter, S., Chirici, G., Hauk, E., Pelz, D.R., Moser, K.W.,
- Micelli, E., 2012. La gestione dei piani urbanistici: perequazione, accordi, incentivi. Marsilio Editori spa.
- Mokhtari A., H. Noory, F. Poursakouri, P. Haghghatmehr, Y. Afrasiabian, M. Razavi, F. Fereydooni, A. Sadeghi Naeni (2019). Calculating potential evapotranspiration and single crop coefficient based on energy balance equation using Landsat 8 and Sentinel-2. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* 154, 231–245. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjrs.2019.06.011>.
- Morabito M., A. Crisci, A. Messeri, A., G. Messeri, G. Betti, S. Orlandini, A. Raschi, G. Maracchi (2017). Increasing Heatwave Hazards in the Southeastern European Union Capitals. *Atmosphere* 8, 115. <https://doi.org/10.3390/atmos8070115>.
- Morabito M., A. Crisci, A. Messeri, S. Orlandini, A. Raschi, G. Maracchi, M. Munafò (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of The Total Environment*, 551–552, 317-326. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.029>.
- Morabito M., A. Crisci, B. Gioli, G. Gualtieri, P. Toscano, V.D. Stefano, S. Orlandini, G.F. Gensini, G.F. (2015). Urban-Hazard risk analysis: mapping of heat-related risks in the elderly in major Italian cities. *PLoS ONE* 10, e0127277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127277>.
- Morabito M., A. Crisci, G. Guerri, A. Messeri, L. Congedo, M. Munafò (2021). Surface urban Heat Islands in Italian metropolitan cities: tree cover and impervious surface influences. *Sci. Total Environ.* 751, 142334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020>.
- Morabito M., A. Crisci, T. Georgiadis, S. Orlandini, M. Munafò, L. Congedo, P. Rota, M. Zazzi (2018). Urban Imperviousness Effects on Summer Surface Temperatures Nearby Residential Buildings in Different Urban Zones of Parma. *Remote Sensing*, 10, 26. <https://doi.org/10.3390/rs10010026>.
- Morabito M., A. Messeri, P. Noti, A. Casanueva, A. Crisci, S. Kotlarski, S. Orlandini, C. Schwierz, C. Spirig, B.R.M. Kingma, A.D. Flouris, L. Nybo. (2019). An Occupational Heat–Health Warning System for Europe: The HEAT-SHIELD Platform. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 2890. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162890>.
- Munafò M (2020) Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2020. Rep SNPA 15:224. <https://doi.org/978-88-448-0964-5>
- Munafò M. (a cura di) (2021). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021. Report SNPA 22/21.
- Munafò M., Marinosci I., 2018. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Rapporto 2018. ISPRA, p. 280, Roma.
- Murgante, B. (Ed.), 2008. L'informazione geografica a supporto della pianificazione territoriale. F. Angeli Ed., pp.304, Milano.
- Napoli R. *et al.* (2019). Legenda. (in Atlante dei Suoli del Lazio. ARSIAL Regione Lazio).
- Napoli R., M. Paolanti, S. Di Ferdinando (A cura di) (2019). Atlante dei Suoli del Lazio. ARSIAL Regione Lazio. ISBN 978-88-904841-2-4.
- Nascetti, A., M. Di Rita, R. Ravanelli, M. Amicuzi, S. Esposito, M. Crespi (2017). Free global DSM assessment on large scale areas exploiting the potentialities of the innovative Google Earth Engine platform. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, XLII-1/W1, 627–633. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1-W1-627-2017>.
- Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., Wulder, M.A., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change, *Remote Sens. Environ.* 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>.
- P. Colletta (2006). "Introduzione alle Linee guida per la qualità architettonica, edilizia, urbana e per la sostenibilità ambientale dei nuovi insediamenti a Roma" nel libro "Linee guida per la qualità architettonica, edilizia, urbana e per la sostenibilità ambientale dei nuovi insediamenti a Roma" Comune di Roma – Roma 2006
- P. Colletta (2011). (a cura di) libro "Governo del territorio, pianificazione urbanistica e territoriale. Vigilanza e lotta all'abuso. Documenti" - Istituto Regionale per gli studi giuridici del Lazio. A.C. Jemolo Regione Lazio – Roma gennaio 2011
- P. Colletta (2018). (a cura di) Libro "Le città resilienti e la cultura del progetto sostenibile" – Ordine Architetti di Roma P.P.C. di Roma e provincia - Roma 2018
- P. Colletta, R. Manzo (2008). "I temi futuri del governo del territorio: qualità dell'ambiente, della città e del territorio" in "Governo del territorio e rischio tecnologico. DM 9 maggio 2001

- esperienze di pianificazione e prospettive di sviluppo” di P. Colletta, R. Manzo - AA.VV. Ministero delle Infrastrutture e trasporti – Direzione generale per lo sviluppo del territorio, Regione Emilia Romagna, Provincia di Modena, Provincia di Venezia - Firenze ALINEA Editrice. ISBN 978-88-6055-294-5
- Pachauri R.K., M.R. Allen, V.R. Barros, J. Broome, W. Cramer, R. Christ, J.A. Church, L. Clarke, Q. Dahe, P.; Dasgupta, *et al.* (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC: Geneva, Switzerland.
- Palahí, M., Valbuena, R., ..., Francini S., *et al.* Concerns about reported harvests in European forests. *Nature* 592, E15–E17 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03292-x>.
- Perrone C., Gorelli G., 2012. Governo del consumo di territorio. Metodi, strategie, criteri. p. 300, FUP ed., Firenze.
- R Core Team (2022). The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria R version 3.4.2. Available online: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>.
- Ranti A., R. Asy'Ari, T.H. Ameiliani (2022). Detection of Urban Forest Change in Jabodetabek Megacity Using Sentinel 2 and Landsat 8 Imagery Through Google Earth Engine Cloud Computing Platform. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 959, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/959/1/012028>.
- Ravanelli R., A. Nascetti, R.V. Cirigliano, C. Di Rico, G. Leuzzi, P. Monti, M. Crespi (2018). Monitoring the Impact of Land Cover Change on Surface Urban Heat Island through Google Earth Engine: Proposal of a Global Methodology, First Applications and Problems. *Remote Sensing*, 10, 1488. <https://doi.org/10.3390/rs10091488>.
- Romano B, Zullo F (2015) Valutazione della pressione insediativa - Indicatori e sperimentazioni di soglie. In: Udinese U (ed) Biodiversità, disturbi, minacce, Università. Udine, pp 170–177
- Romano B, Zullo F, Fiorini L, *et al* (2017) Sprinkling: An Approach to Describe Urbanization Dynamics in Italy. *Sustainability* 9:97. <https://doi.org/10.3390/su9010097>
- Romano B., Zullo F., 2013. Models of Urban Land Use in Europe: Assessment tools and criticalities. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)*, IGI Global volume 4(3):80-97.
- Romano B., Zullo F., Fiorini L., Marucci A., 2019. Molecular no smart-planning in Italy 8000 municipalities in action throughout the country. *Sustainability* 11, 6467.
- Romano B., Zullo F., Marucci A., Fiorini L., 2018. Vintage Urban Planning in Italy: Land Management with the Tools of the Mid-Twentieth Century. *Sustainability*, 10, 4125; doi:10.3390/su10114125.
- Romano B., Zullo F., Saganeiti L., Montaldi C., 2022. Controllo integrato delle dinamiche urbane e demografiche: un complesso problema di cut-off. In: Arcidiacono A., Di Simone D., Ronchi S., Salata S. Eds.), *Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastructures*, Rapporto 2022. INU Ed., pag. 63-72.
- Saganeiti L, Mustafa A, Teller J, Murgante B (2020a) Modeling urban sprinkling with cellular automata. *Sustain Cities Soc* 65:102586. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102586>
- Saganeiti L, Pilogallo A, Faruolo G, *et al* (2019) Energy Landscape Fragmentation: Basilicata Region (Italy) Study Case. In: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. pp 692–700
- Saganeiti L, Pilogallo A, Faruolo G, *et al* (2020b) Territorial Fragmentation and Renewable Energy Source Plants: Which Relationship? *Sustainability* 12:1828. <https://doi.org/10.3390/su12051828>
- Saganeiti L, Pilogallo A, Scorza F, *et al* (2018) Spatial Indicators to Evaluate Urban Fragmentation in Basilicata Region. In: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. pp 100–112
- Sallustio L., B. Lasserre, C. Blasi, M. Marchetti (2020), *Infrastrutture verdi contro il consumo di suolo*. *Reticula*, N. 25/2020.
- Sallustio L., D. Pettenella, P. Merlini, R. Romano, L. Salvati., M. Marchetti, P. Corona (2018). Assessing the economic marginality of agricultural lands in Italy to support land use planning. *Land Use Policy* 76 526–534.
- Scorza F, Pilogallo A, Saganeiti L, *et al* (2020a) Comparing the territorial performances of Renewable Energy Sources' plants with an integrated Ecosystem Services loss assessment: a case study from the Basilicata region (Italy). *Sustain Cities Soc* 56:102082. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102082>
- Scorza F, Saganeiti L, Pilogallo A, Murgante B (2020b) Ghost planning: the inefficiency of energy sector policies in a low population density region. *Arch di Stud Urbani e Reg* 34–55. <https://doi.org/10.3280/ASUR2020-127-S1003>
- Sedona R., G. Cavallaro, J. Jitsev, A. Strube, M. Riedel, J.A. Benediktsson (2019). Remote sensing big data classification with high performance distributed deep learning. *Remote Sensing*, 11, 3056. <https://doi.org/10.3390/rs11243056>.
- Senf, C., Seidl, R., 2020. Mapping the forest disturbance regimes of Europe. *Nat Sustain.* 4, 63-70. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00609-y>.
- Sferlazza, E., 2004. Proposta di un modello vettoriale multitemporale per la rappresentazione e la gestione in ambiente GIS dei PRG comunali. In *Proceedings of the 8th ASITA National Conference*, Rome, Italy, pp. 14-17.

- Sharp R., Tallis H.T., Ricketts T., Guerry A.D., Wood S.A., Chaplin-Kramer R., Nelson E., Ennaanay D., Wolny S., Olwero N., Vigerstol K., Pennington D., Mendoza G., Aukema J., Foster J., Forrest J., Cameron D., Arkema K., Lonsdorf E., Kennedy C., Verutes G., Kim C.K., Guannel G., Pa-penfus M., Toft J., Marsik M., Bernhardt J., Griffin R., Glowinski K., Chaumont N., Perelman A., Lacayo M., Mandle L., Hamel P., Vogl A.L., Rogers L., Bierbower W., Denu D., Douglass J. (2018). InVEST User's Guide. The Natural Capital Project.
- Stromann O., A. Nascetti, O. Yousif, Y. Ban (2020). Dimensionality Reduction and Feature Selection for Object-Based Land Cover Classification based on Sentinel-1 and Sentinel-2 Time Series Using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12, 76. <https://doi.org/10.3390/rs12010076>.
- Vergnes A., Pellissier V., Lemperiere G., 2014. Urban densification causes the decline of ground-dwelling arthropods. *Biodiversity Conservation* 23:1859–1877. doi.org/10.1007/s10531-014-0689-3
- Woodcock, C.E., Allen, R., Anderson, M., Belward, A., Bindschadler, R., Cohen, W., Gao, F., Goward, S.N., Helder, D., Helmer, E., Nemani, R., Oreopoulos, L., Schott, J., Thenkabail, P.S., Vermote, E.F., Vogelmann, J., Wulder, M.A., Wynne, R., 2008. Free access to Landsat imagery. *Science*, 320, 5874, 1011. <https://doi.org/10.1126/science.320.5879.1011a>.
- Wulder, M.A., Coops, N.C., Roy, D.P., White, J.C., Hermosilla, T., 2018. Land cover 2.0. *Int. J. Remote Sens.* 39, 4254–4284. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1452075>.
- Wulder, M.A., Hermosilla, T., White, J.C., Coops, N.C. 2020. Biomass status and dynamics over Canada's forests: Disentangling disturbed area from associated aboveground biomass consequences. *Environ. Res. Lett.* 15 094093. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8b11>.
- Zhu, Xiaolin, Eileen H. Helmer, Feng Gao, Desheng Liu, Jin Chen, and Michael A. Lefsky. 2016. "A Flexible Spatiotemporal Method for Fusing Satellite Images with Different Resolutions." *Remote Sensing of Environment* 172: 165–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.016>.
- Zhu, Xiaolin, Jin Chen, Feng Gao, Xuehong Chen, and Jeffrey G. Masek. 2010. "An Enhanced Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model for Complex Heterogeneous Regions." *Remote Sensing of Environment* 114 (11): 2610–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.032>.
- Zoppi, C. (Ed.), 2012. Valutazione e pianificazione delle trasformazioni territoriali nei processi di governance ed e-governance. F. Angeli Ed., pp.348, Milano.
- Büttner, György. 2014. «CORINE land cover and land cover change products». In *Land use and land cover mapping in Europe*, 55–74. Springer.
- Chen, Jin, Per Jönsson, Masayuki Tamura, Zihui Gu, Bunkei Matsushita, e Lars Eklundh. 2004. «A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter». *Remote sensing of Environment* 91 (3–4): 332–44.
- Conrad, Olaf, Benjamin Bechtel, Michael Bock, Helge Dietrich, Elke Fischer, Lars Gerlitz, Jan Wehberg, Volker Wichmann, e Jürgen Böhrer. 2015. «System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4». *Geoscientific Model Development* 8 (7): 1991–2007.
- Gorelick, Noel, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, e Rebecca Moore. 2017. «Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone». *Remote sensing of Environment* 202: 18–27.
- Grizonnet, Manuel, Julien Michel, Victor Poughon, Jordi Inglada, Mickaël Savinaud, e Rémi Cresson. 2017. «Orfeo Toolbox: open source processing of remote sensing images». *Open Geospatial Data, Software and Standards* 2 (1): 1–8.
- Haralick, Robert M, Karthikeyan Shanmugam, e Its' Hak Dinstein. 1973. «Textural features for image classification». *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, n. 6: 610–21.
- Inglada, Jordi, e Emmanuel Christophe. 2009. «The Orfeo Toolbox remote sensing image processing software». In *2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4:IV–733. IEEE.
- Jorge, J, M Vallbé, e José Alberto Soler. 2019. «Detection of irrigation inhomogeneities in an olive grove using the NDRE vegetation index obtained from UAV images». *European Journal of Remote Sensing* 52 (1): 169–77.
- QGIS Development Team, J e others. 2018. «QGIS geographic information system». Open source geospatial foundation project.
- Richards, John Alan, e JA Richards. 1999. *Remote sensing digital image analysis*. Vol. 3. Springer.
- Schafer, Ronald W. 2011. «What is a Savitzky-Golay filter? [lecture notes]». *IEEE Signal processing magazine* 28 (4): 111–17.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI/TAVOLI TECNICI

Regione Valle d'Aosta

Regione Lazio

Costanza Calzolari, Fabrizio Ungaro, Nicola Filippi, Marina Guermandi, Francesco Malucelli, Nazaria Marchi, Francesca Staf-filani, Paola Tarocco. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale *Geoderma* 261 (2016) 190–203.

Napoli R, Paolanti M, Di Ferdinando S. – 2019, *Atlante dei Suoli del Lazio*. ARSIAL Regione Lazio. ISBN 978-88-904841-2-4.

Regione Umbria

Bini G. (2021) - Work in progress per Antognolla, tra sostenibilità e benessere. <https://www.jobintourism.it/>

Regione Puglia

Buchmann-Duck J., K.F. Beazley (2020), An urgent call for circular economy advocates to acknowledge its limitations in conserving biodiversity. *Science of the Total Environment*, 727, 138602.

Chiabrando R., E. Fabrizio, G. Garnero (2009), The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, pp. 2441-2451.

Dias L., J.P. Gouveria, P. Lourenco, J. Seixas (2019), Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use. *Land Use Policy*, 81, pp. 725-735.

Ferrario V. (2018), *Il paesaggio come strumento. Il caso delle energie rinnovabili*. *Ri-vista, Seconda Serie*, Firenze University Press. pp. 34-49.

Frolova M., C. Centeri, K. Benediktsson, M. Hunzi Ker, R. Kabai, A. Scognamiglio, G. Martinopoulos, G. Sismani, P. Brito, E. Muñoz-Cerón, *et al.* (2019), Effects of renewable energy on

landscape in Europe: Comparison of hydro, wind, solar, bio-geothermal and infrastructure energy landscapes. *Hungarian Geographical Bulletin*, 68 (4), pp. 317-339.

GSE (2021), *Il solare fotovoltaico in Italia. Stato di sviluppo e trend del settore*. Rapporto Statistico Giugno 2021.

Hernandez R.R., S.B. Easter, M.L. Murphy-Mariscal, F.T. Maestre, M. Tavassoli, E.B. Allen, C.W. Barrows, J. Belnap, R. Ochoa-Hueso, S. Ravi, *et al.* (2014), Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, pp. 766-779.

Scognamiglio A. (2016), “Photovoltaic landscapes”: Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, pp. 629-661.

Società Geografica Italiana ONLUS (2020), *XIV Rapporto Energia e Territorio. Per una geografia dei paesaggi energetici italiani*.

Regione Sardegna

Agenzia Europea dell'Ambiente (2006). *Corine Land Cover*. https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17

D.M. 28/10/2016. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare – Ridefinizione della perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale «Sulcis - Iglesiente - Guspinese». (GU Serie Generale n.267 del 15-11-2016).

Fadda, M., Demurtas, S., Kerki, J., Onnis, O. (2010). *Polo industriale di Portovesme analisi, prospettive e proposte*.

