

Un modello innovativo per la domanda di mobilità delle merci: il caso della Regione Lombardia

Aldo Colombo*, Marco Carmine Foti**, Francesco Edoardo Misso**, Dante Scocianti*

1. Introduzione

La mobilità delle merci movimentate con veicoli commerciali e pesanti è un fenomeno di forte interesse trasversale, la cui conoscenza è utile per la progettazione e programmazione degli interventi su infrastrutture e servizi di trasporto, la pianificazione territoriale, la competitività dei territori e delle imprese e il contenimento degli impatti ambientali.

Con circa 300 milioni di tonnellate di merci trasportate nel 2016 (più del 30% del trasporto complessivo nazionale italiano), la Lombardia è la principale regione per origine/destinazione in Italia e una delle più importanti in Europa. L'autotrasporto rappresenta la modalità principale di movimentazione delle merci con circa 280 milioni di tonnellate trasportate annualmente (più del 90% del totale). La modalità su gomma assicura, inoltre, in modo pressoché esclusivo la movimentazione intraregionale delle merci (pari a circa 125 milioni di tonnellate all'anno) e copre circa l'86% delle tonnellate di merci trasportate sulle medie e lunghe distanze.

In questo quadro, la conoscenza dei flussi movimentati, delle loro caratteristiche (categorie di merci trasportate, tipologie di veicoli impiegati, carichi medi, ritorni a vuoto, etc.) e dei principali driver di sviluppo della logistica e del trasporto commerciale e delle merci è fondamentale per descrivere la situazione attuale, definire gli scenari evolutivi e, quindi, perfezionare le strategie regionali, fornendo agli stakeholder strumenti utili per lo sviluppo delle azioni di rispettiva competenza.

Tuttavia fino ad oggi non esistevano informazioni e dati abbastanza solidi da fornire indicazioni di interesse su una scala di maggior dettaglio rispetto a quella interregionale fornita dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT – Italia).

Regione Lombardia ha quindi deciso di affrontare, tra la fine del 2016 e la fine del 2018, un'importante attività finalizzata a costruire un database degli spostamenti dei veicoli commerciali e pesanti su strada di interesse del territorio regionale. Gli esiti dell'attività regionale sono stati presentati in diversi incontri pubblici e il database finale è pubblicato in Open Data al portale www.dati.lombardia.it.

L'output delle attività metodologiche si è tradotto nella realizzazione di un modello trasportistico basato sulla definizione della matrice O/D delle quantità di merci trasportate, distinta in otto differenti classi merceologiche, trasformate successivamente in tre diverse tipologie veicolari. La base dati di partenza è rappresentata dai dati ISTAT che annualmente definisce i volumi di merci trasportate su strada in Italia su base regionale avvalendosi di interviste e indagini ad hoc.

Nell'articolo è data particolare enfasi alla parte della metodologia applicata che ha portato ad ottenere le matrici delle quantità, espresse in tonnellate e su base comunale. Il modello ha consentito inoltre di ottenere le matrici O/D dei veicoli (N1, N2 e N3) su strada e la stima degli impatti (flussi multimodali assegnati alla rete e livelli di congestione) su due scenari di medio (2020) e lungo periodo (2030).

* Regione Lombardia, Direzione Generale Infrastrutture, trasporti e mobilità sostenibile

** T Bridge BU Trasporti e Logistica, gruppo BV Tech

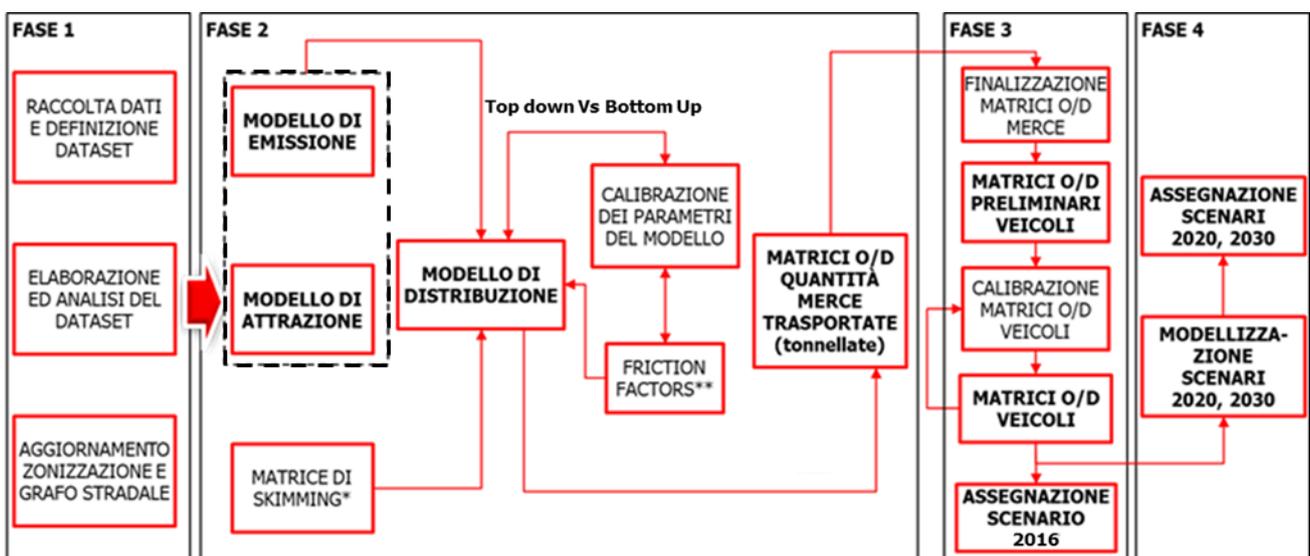
2. Approccio metodologico

Un modello di simulazione richiede in primo luogo la ricostruzione delle matrici Origine/Destinazione in grado di rappresentare gli spostamenti che si effettuano a partire da una zona di origine sino ad una zona di destinazione in una determinata unità di tempo. La possibilità di disporre di una matrice il più possibile aggiornata e basata su un livello di disaggregazione territoriale confacente agli obiettivi costituisce una preconditione essenziale per la definizione e l'interpretazione del quadro trasportistico attuale e per la simulazione e l'analisi di scenari alternativi di sviluppo del sistema infrastrutturale trasportistico. Un'esigenza che, come già anticipato, si scontra in primo luogo con la mancanza di informazioni sufficientemente disaggregate per livello territoriale e derivabili dalle attuali fonti ufficiali italiane (ISTAT).

Al fine di rispondere adeguatamente alle indicazioni di letteratura relative alla definizione del modello di domanda delle merci, l'approccio metodologico proposto si è articolato in quattro diverse fasi di lavoro, indipendenti e consequenziali:

1. data entry: raccolta, elaborazione ed analisi dei dati di settore preliminari alle attività di implementazione del modello in termini di zonizzazione e grafo stradale commerciale;
2. modellizzazione: definizione e costruzione dei modelli di emissione, attrazione e distribuzione delle merci (espresse in tonnellate) trasportate su strada, caratterizzati per macro classe merceologica;
3. calibrazione: finalizzazione delle matrici O/D delle tonnellate / anno di merce trasportata e definizione delle matrici O/D dei veicoli /giorno. La fase di lavoro ha contemplato l'assegnazione delle matrici O/D dei veicoli per categoria merceologica al grafo stradale commerciale e la successiva attività di calibrazione con i flussi veicolari provenienti dalle sezioni di conteggio dislocate sul territorio lombardo;
4. modellizzazione degli scenari 2020 e 2030: a partire dall'aggiornamento del grafo di rete 2016 in funzione degli interventi infrastrutturali programmati negli scenari di progetto (2020, 2030), l'ultima fase di lavoro si è conclusa con l'assegnazione delle matrici O/D per tipologia veicolare (N1, N2, N3) alle reti degli scenari di medio periodo (2020) e di lungo periodo (2030).

L'immagine successiva mostra l'articolazione dell'approccio metodologico proposto e la struttura modellistica implementata.



* matrice O/D del costo generalizzato di trasporto

** Friction Factors: curve di impedenza definite sulla base delle distribuzioni di quantità delle merci movimentate per tempo di percorrenza

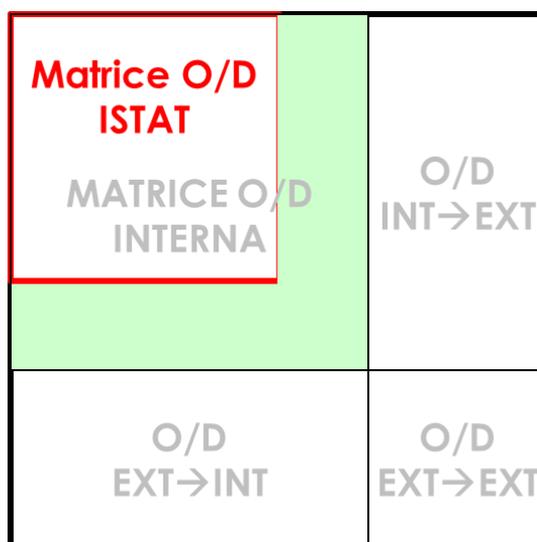
2.1 Il metodo impiegato

L'elemento base della matrice O/D, come già evidenziato, è fornito dai dati provenienti dalle rilevazioni ISTAT in termini di relazioni O/D su base regionale. Il dato rilevato dalle statistiche nazionali al 2016 è riferito alla quantità di merce trasportata espressa in tonnellate/anno ed articolata in otto macro classi merceologiche.

La matrice O/D delle tonnellate di merce trasportate su strada è caratterizzata da quattro sottomatrici, ognuna delle quali individua gli spostamenti delle merci in una determinata «area» del territorio per ciascuna classe merceologica.

La sottomatrice O/D «interna» è costituita dalla matrice O/D ISTAT 2016, opportunamente disaggregata sulla base della zonizzazione adottata nello studio, mentre le sottomatrici O/D «INT-EXT» e «EXT-INT» sono state elaborate:

- per quanto riguarda il territorio nazionale, considerando i valori stimati nella matrice O/D delle merci su strada proveniente dalle informazioni ISTAT 2016 su base regionale e disaggregata su base provinciale attraverso il “modello di provincializzazione” (meglio descritto nelle pagine successive);
- per quanto riguarda il resto del territorio internazionale, a partire dall'analisi effettuate dal CERTET dell'Università Bocconi di Milano sulla base di elaborazione statistica dei dati provenienti da ISTAT, Banca d'Italia e PoliS Lombardia.



La sottomatrice O/D «EXT-EXT», definita di attraversamento, è stata calcolata nella fase di conversione della matrice O/D delle tonnellate con i veicoli:

- per il territorio nazionale, a partire dalla matrice ISTAT delle merci su strada;
- per il territorio internazionale, considerando i conteggi ai valichi alpini e dall'analisi dei flussi di attraversamento rilevati dai gestori delle autostrade.

2.1.1 Il modello di emissione

La metodologia adottata per la definizione sia del **modello di emissione** sia del **modello di attrazione** della matrice O/D delle merci si basa sulle relazioni esistenti tra i macro-processi di filiera e le diverse classi merceologiche movimentate in regione Lombardia. In particolare, l'approccio metodologico articola la domanda di mobilità in otto diverse classi merceologiche, così come individuate da ISTAT nella matrice delle merci su strada:

1. prodotti agricoli della caccia e della pesca, prodotti alimentari, bevande e tabacchi;
2. carboni fossili, coke, petrolio greggio, prodotti petroliferi raffinati, gas naturale;
3. minerali metalliferi, altri prodotti delle miniere, manufatti in metallo, materiali da costruzione, prodotti ceramici;
4. prodotti chimici, articoli in gomma e materie plastiche;
5. prodotti dell'industria tessile e dell'abbigliamento, prodotti in cuoio, legno e prodotti in legno, carta e prodotti di carta, mobili e altri manufatti;
6. macchine e apparecchi meccanici, macchine ed apparecchi elettrici, apparecchi televisivi, apparecchiature per comunicazioni, mezzi di trasporto;
7. materie prime secondarie, rifiuti urbani e altri rifiuti, altre merci;
8. posta, pacchi, container, pallet, casse mobili, pallet, merci trasportate nell'ambito di traslochi, merci raggruppate, merce contenuta in container o cassa mobile non identificabile.

Per ciascuna classe merceologica è stata analizzata la filiera di produzione e rappresentata attraverso sei macroprocessi, così come evidenziato nell'immagine successiva.

| SEGMENTO/MERCE | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PRODOTTI AGRICOLI DELLA CACCIA E DELLA PESCA; PRODOTTI ALIMENTARI, BEVANDE E TABACCHI | | CARBONI FOSSILI, COKE, PETROLIO GREGGIO, PRODOTTI PETROLIFERI RAFFINATI, GAS NATURALE | | MINERALI METALLIFERI, ALTRI PRODOTTI DELLE MINIERE, MANUFATTI IN METALLO, MATERIALI DA COSTRUZIONE, PRODOTTI CERAMICI | | PRODOTTI CHIMICI, ARTICOLI IN GOMMA E MATERIE PLASTICHE | | PRODOTTI DELL'INDUSTRIA TESSILE E DELL'ABBIGLIAMENTO, PRODOTTI IN CUOIO, LEGNO E PRODOTTI IN LEGNO, CARTA E PRODOTTI DI CARTA, MOBILI E ALTRI MANUFATTI | | MACCHINE E APPARECCHI (MECCANICI), MACCHINE ED APPARECCHI ELETTRICI, APPARECCHI TELEVISIVI, APPARECCHIATURE PER COMUNICAZIONI, MEZZI DI TRASPORTO | | MATERIE PRIME SECONDARIE, RIFIUTI URBANI E ALTRI RIFIUTI, ALTRE MERCI | | POSTA, PACCHI, CONTAINER, PALLET, CASSE MOBILI, PALLET, MERCI TRASPORTATE NELL'AMBITO DI TRASLOCHI, MERCI RAGGRUPPATE, MERCE CONTENUTA IN CONTAINER O CASSA MOBILE NON IDENTIFICABILE | |
| ESTRAZIONE MATERIE PRIME E COLTIVAZIONI | E | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | | | | ● |
| | A | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| INDUSTRIE DI PRIMA LAVORAZIONE | E | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | | | | ● |
| | A | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | | | | |
| ATTIVITÀ MANIFATTURIERE | E | | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| | A | | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| COMMERCIO ALL'INGROSSO | E | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| | A | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| COMMERCIO AL DETTAGLIO, AREE DI CONSUMO, PIATTAFORME ECOLOGICHE | E | | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| | A | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | ● |
| DISCARICHE, SMALTIMENTO, TERMOVALORIZZATORI | E | | | | | | | | | | | | | | | ● |
| | A | | | | | | | | | | | | | | | |

E = Emissione; A = Attrazione; 1,2,3,4,5,6,7,8 = classi merceologiche

A ciascuna classe merceologica è stato associato il flusso dei macro processi di filiera e le relative interazioni:

- estrazione delle materie prime e coltivazioni;
- industrie di prima lavorazione;
- attività manifatturiere;
- commercio all'ingrosso;
- commercio al dettaglio, aree di consumo, piattaforme ecologiche;
- discariche, smaltimento, termovalorizzatori.

La metodologia applicata è stata particolarmente utile per la definizione degli attributi utilizzati sia come variabili di emissione sia come variabili di attrazione. Un esempio dei parametri base utilizzati in questa fase è fornito dal numero di Unità Locali (U.L.), dal numero di addetti alle U.L. e dal fatturato delle imprese.

Attraverso l'individuazione delle interdipendenze tra le otto classi merceologiche è stato possibile determinare i settori economici legati ad una determinata classe merceologica e le relative variabili di emissione e/o attrazione. Un esempio tra tanti può essere descritto dal settore economico della "Fabbricazione dei prodotti chimici di base, di fertilizzanti e composti azotati, di materie plastiche e gomma sintetica in forme primarie" associato alla classe merceologica dei "prodotti chimici, articoli in gomma e materie plastiche" che in realtà può essere considerato anche come un driver di attrazione per la classe merceologica dei "prodotti agricoli" in quanto i fertilizzanti e composti azotati vengono trasportati verso le zone di coltivazione.

Il modello di emissione è stato costruito attraverso una funzione basata su specifiche variabili indipendenti. Per ciascuna classe merceologica è stato definito l'Indice di emissione, valutato mediante la successiva funzione.

$$IE^M = \frac{E_R^M}{\sum_{x=1}^X \beta_x \cdot A_x + \sum_{y=1}^Y \beta_y \cdot V_y}$$

Il totale di merce emesso da ciascuna zona i-esima, espresso in tonnellate/anno, è stato stimato mediante l'espressione:

$$E_i^M = IE^M * \left[\sum_{x=1}^X \beta_{xi} \cdot A_{xi} + \sum_{y=1}^Y \beta_{yi} \cdot V_{yi} \right]$$

dove:

E, rappresenta il totale di merce emesso dalla singola zona i;

M, individua la specifica classe merceologica;

A, rappresenta la variabile primaria del modello (e.g. addetti della categoria Ateco x);

V, rappresenta la variabile secondaria del modello;

β_i , rappresentano i diversi parametri calibrati in funzione della produzione (in termini sia di tonnellate emesse sia dei processi produttivi) e degli addetti (per classe ATECO) associati alle singole classi merceologiche.

2.1.2 Il modello di attrazione

Il modello di attrazione è caratterizzato dalla presenza di tre diverse componenti correlate al consumo:

1. consumo industriale (1): inteso come «consumo interno» relativo a ciascuna classe merceologica. Si sono impiegate le variabili ed i coefficienti Beta implementati nel modello di emissione. Il valore del «consumo industriale (1)» corrisponde alla media pesata degli addetti (e delle altre variabili) rispetto ad ogni variabile del modello di emissione, corretto con un coefficiente Alpha;
2. consumo industriale (2): inteso come consumo associato alla produzione finale, in termini di «addetti» per classe Ateco. Ad ogni classe Ateco è associato un coefficiente Beta 2, derivante dal consumo annuo per addetto di energia elettrica di ciascuna classe ATECO associata in attrazione a ciascuna delle 8 categorie merceologiche. Il consumo industriale (2) è pesato con un coefficiente Gamma;
3. consumo civile: espresso da apposite variabili, pesate per un coefficiente Delta, quali le superfici di vendita (espressi in mq), la popolazione residente e gli impianti di rifornimento carburanti ad uso pubblico.

Il modello di attrazione è stato costruito sulla base della successiva funzione.

$$A_i^M = IA^M * [\underbrace{\alpha^M * \beta_1^M * Var_i^M}_{\text{Consumo industriale 1}} + \underbrace{\gamma^M * \beta_2^M * Var_i^M}_{\text{Consumo industriale 2}} + \underbrace{\delta^M * \beta_3^M * Var_i^M}_{\text{Consumo civile}}]$$

In particolare:

A_i^M , è il volume di merce attratto per zona i e classe merceologica M [espresso in Ton];

IA^M , è l'Indice di Attrazione per classe merceologica M. L'indice è valutato come rapporto tra il volume complessivo di merce (Ton) attratto dalla regione Lombardia e la somma degli addetti corrispondenti alla zona i per classe merceologica M [espresso in Ton/addetti];

$\alpha^M, \gamma^M, \delta^M$, sono i coefficienti di correlazione tra le tre diverse classi di consumo, per ciascuna classe merceologica M;

$\beta_1^M, \beta_2^M, \beta_3^M$, sono i coefficienti di attrazione per classe di consumo, variabile e classe merceologica M;

Var_i^M , è la variabile utilizzata per ciascuna classe Ateco e classe merceologica M per zona i [addetti]. Per il consumo civile gli addetti sono stati ottenuti a partire dalla variabile della superficie [mq] corretta con il coefficiente c_j^M di equivalenza per ciascuna variabile j del consumo civile [espresso in addetti/superficie].

Il modello di attrazione, come anticipato, è caratterizzato da tre diverse componenti:

• **consumo industriale 1:**

$$\alpha^M * \beta_1^M * \text{Var}_i^M$$

dove:

β_1^M è il coefficiente¹ di emissione della singola variabile impiegata nel modello di emissione (rapporto tra coefficiente di emissione della variabile i ed il totale dei coefficienti di emissione di tutte le variabili per classe M);

Var_i^M è la variabile indipendente degli Addetti rappresentata per classe ATECO e per classe merceologica M della zona i;

• **consumo industriale 2:**

$$\gamma^M * \beta_2^M * \text{Var}_i^M$$

dove:

β_2^M è il coefficiente¹ di consumo energetico individuato per singola variabile (rapporto tra il coefficiente di consumo energetico della variabile i e il totale dei coefficienti di consumo energetico di tutte le variabili per classe M);

Var_i^M è la variabile indipendente degli Addetti rappresentata per classe ATECO e per classe merceologica della zona i;

• **consumo civile:**

$$\delta^M * \beta_3^M * \text{Var}_i^M$$

dove:

β_3^M è il coefficiente¹ di consumo civile calcolato a partire dalla superficie associata alle variabili di consumo civile e corretto con la relativa quota di fatturato;

Var_i^M è la variabile che rappresenta la superficie delle singole variabili che intervengono nel consumo civilej moltiplicato il coefficiente c_j^M ;

c_j^M è il coefficiente di equivalenza fornito dal rapporto tra gli addetti e la superficie (in mq) di ciascuna variabile di consumo j, espressa da:

- GSV (Grandi superfici di vendita);
- MSV (Medie superfici di vendita);
- EV (esercizi di vendita);
- posti letto ospedalieri;
- popolazione Residente (solo classe 8);
- impianti di rifornimento carburanti uso pubblico (solo classe 2).

La somma dei coefficienti di correlazione α^M , γ^M e δ^M è pari a 1, mentre la calibrazione (i cui risultati sono riportati in tabella) è avvenuta sulla base dei risultati ottenuti con un differente modello, il modello di provincializzazione (cd Top-Down), e sulla base delle informazioni disponibili in modo puntuale.

Coefficiente di correlazione del modello di attrazione

| | Classe (M) | | | | | | | |
|----------|------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| α | 0.6 | 0.45 | 0.85 | 0.45 | 0.45 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| γ | 0.1 | 0.1 | 0.10 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.1 |
| δ | 0.3 | 0.45 | 0.05 | 0.45 | 0.45 | 0.5 | 0 | 0.7 |

¹la somma dei singoli Beta (1, 2, 3) è pari a 1.

2.1.3 Il modello di distribuzione

Il modello di distribuzione, sulla base della quantità di merce emessa ed attratta dalla singola zona, ripartisce il volume di merce, espressa in tonnellate, per ciascuna relazione Origine/Destinazione e per ciascuna classe merceologica. Il modello adottato è di tipo gravitazionale e ripartisce le quantità totali di merce (per classe merceologica) in relazione a due fattori:

1. attrattività delle zone di destinazione;
2. impedenza spaziale tra la zona di origine e destinazione.

Il modello gravitazionale è “doppiamente vincolato” e procede iterativamente (loop) fino a quando:

- la somma del volume di merce “distribuita” sulle celle di una riga eguaglia il numero totale di volume di merce emesso da quella zona e determinato con il modello di emissione;
- la somma del volume di merce “distribuita” sulle celle di ogni colonna eguaglia il volume di merce attratta da quella zona e determinato con il modello di attrazione.

Dal punto di vista modellistico la distribuzione (volume di merce S_{ij}) emessa dalla zona i –esima ed attratta dalla zona j -esima è determinata dalla seguente funzione:

$$S_{ij} = \frac{E_i * A_j * f(T)_{ij}}{\sum_{j=1, \dots, n} (A_j * f(T)_{ij})}$$

dove:

E_i è il volume di merce emessa dalla zona i ;

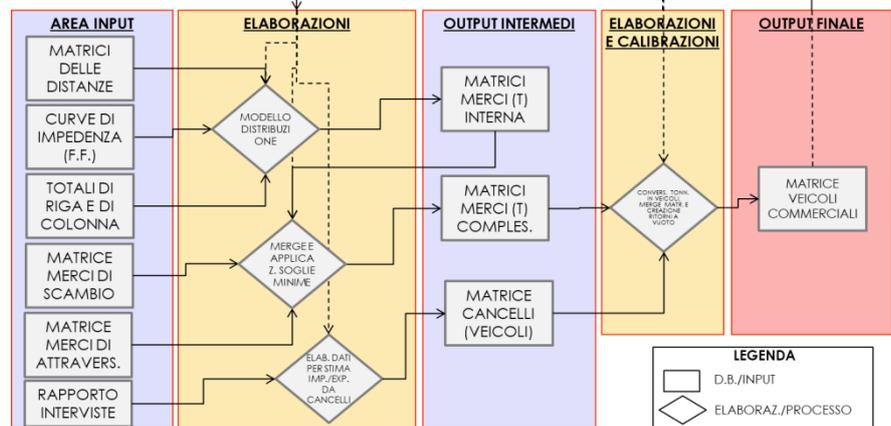
A_j è il volume di merce attratta dalla zona j ;

$f(T)_{ij}$ rappresenta il fattore di impedenza tra le zone i e j .

In altri termini, l’emissione della quantità di merce dalla zona i è distribuita a ciascuna zona j in funzione dell’attrattività della zona j e dell’impedenza tra i e j . Tale attrattività è determinata dal prodotto dei volumi di merce attratti e l’impedenza da una funzione di separazione spaziale tra i e j .

La determinazione della funzione di separazione spaziale $f(T)$, che rappresenta la porzione indefinita dell’equazione, ha implicato la definizione di opportune curve di impedenza definite Friction Factors.

Lo schema a lato riporta la sequenza delle fasi operative e l’articolazione delle attività implementate nel modello di distribuzione.

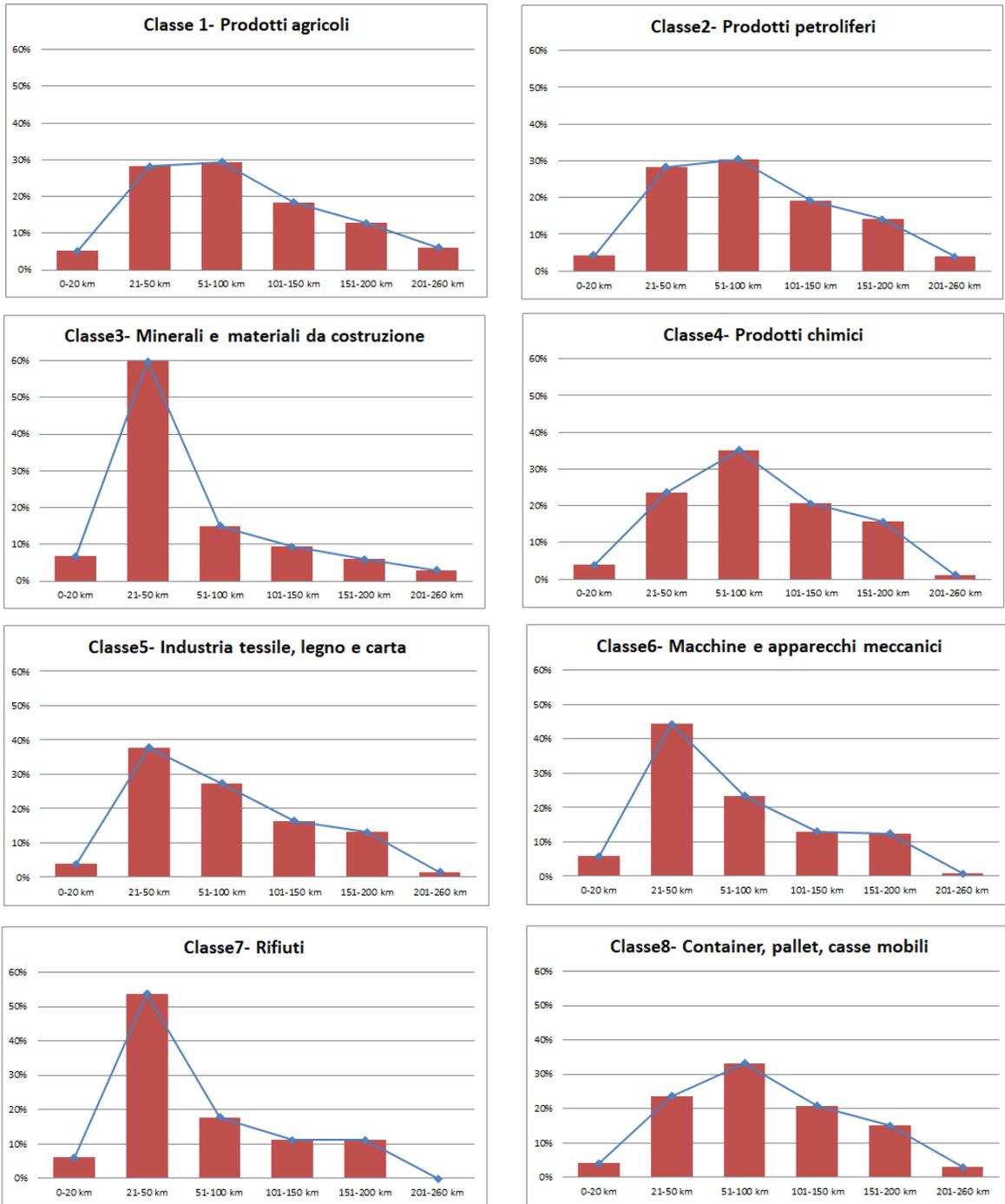


2.1.4 Il processo di definizione dei Friction Factors

Per la valutazione dell’impedenza spaziale è stata fondamentale la definizione di Friction Factor capaci di rappresentare «quote di mobilità» (in termini di rapporto tonnellate rispetto al totale) di ciascuna classe merceologica in funzione della distanza da percorrere.

Partendo dalle indicazioni ISTAT del trasporto delle merci su strada per classi di distanza (≤ 50 km e > 50 km), dalle matrici O/D (casello-casello) dei flussi veicolari acquisite dai gestori della rete autostradale e dal confronto con gli stakeholder di settore sono state ricostruite le curve di impedenza per categoria merceologica trasportata, così come evidenziato nelle immagini successive.

Distribuzione dei Friction Factors per classe merceologica e fascia chilometrica



2.2 I dati utilizzati

L'alimentazione dei modelli di emissione, attrazione e distribuzione è avvenuta sulla base di un data entry solido e ricco di informazioni.

Per il modello di emissione, ad ogni macro classe merceologica sono state associate specifiche variabili impiegate nel modello di emissione. La tabella successiva riporta il riepilogo delle relazioni classe - variabili utilizzate.

| CLASSE MERCEOLOGICA | VARIABILE EMISSIONE |
|---|---------------------------------------|
| 1. Prodotti agricoli della caccia e della pesca, prodotti alimentari, bevande e tabacchi | Addetti* Capi azienda agricole** |
| 2. Carboni fossili, coke, petrolio greggio, prodotti petroliferi raffinati, gas naturale | Addetti* Raffinerie*** |
| 3. Minerali metalliferi, altri prodotti delle miniere, manufatti in metallo, materiali da costruzione, prodotti ceramici | Addetti* |
| 4. Prodotti chimici, articoli in gomma e materie plastiche | Addetti* |
| 5. Prodotti dell'industria tessile e dell'abbigliamento, prodotti in cuoio, legno e prodotti in legno, carta e prodotti di carta, mobili e altri manufatti | Addetti* |
| 6. Macchine e apparecchi meccanici, macchine ed apparecchi elettrici, apparecchi televisivi, apparecchiature per comunicazioni, mezzi di trasporto | Addetti* |
| 7. Materie prime secondarie, rifiuti urbani e altri rifiuti, altre merci | Addetti* Popolazione residente**** |
| 8. Posta, pacchi, container, pallet, casse mobili, pallet, merci trasportate nell'ambito di traslochi, merci raggruppate, merce in container o cassa non identificabile | Addetti* |

*ISTAT (Censimento Industria); **ISTAT (Censimento Agricoltura); ***Unione Petrolifera ; ****ISTAT (Censimento Popolazione).

Anche per il modello di attrazione, ad ogni macro classe merceologica sono state associate specifiche variabili di produzione, socio – economiche e di servizi. La tabella successiva riporta l'associazione delle variabili utilizzate per ciascuna classe merceologica.

| CLASSE MERCEOLOGICA | VARIABILE ATTRAZIONE |
|---|--|
| 1. Prodotti agricoli della caccia e della pesca, prodotti alimentari, bevande e tabacchi | Addetti* Capi azienda agricole** Superfici alimentari*** Posti letto ospedalieri*** |
| 2. Carboni fossili, coke, petrolio greggio, prodotti petroliferi raffinati, gas naturale | Addetti* Raffinerie**** Impianti carburante*** |
| 3. Minerali metalliferi, altri prodotti delle miniere, manufatti in metallo, materiali da costruzione, prodotti ceramici | Addetti* Superfici non alimentari*** |
| 4. Prodotti chimici, articoli in gomma e materie plastiche | Addetti* Superfici non alimentari*** Posti letto ospedalieri*** |
| 5. Prodotti dell'industria tessile e dell'abbigliamento, prodotti in cuoio, legno e prodotti in legno, carta e prodotti di carta, mobili e altri manufatti | Addetti* Superfici non alimentari*** Posti letto ospedalieri*** |
| 6. Macchine e apparecchi meccanici, macchine ed apparecchi elettrici, apparecchi televisivi, apparecchiature per comunicazioni, mezzi di trasporto | Addetti* Superfici non alimentari*** |
| 7. Materie prime secondarie, rifiuti urbani e altri rifiuti, altre merci | Addetti* Popolazione residente**** |
| 8. Posta, pacchi, container, pallet, casse mobili, pallet, merci trasportate nell'ambito di traslochi, merci raggruppate, merce in container o cassa non identificabile | Addetti* Superfici non alimentari*** Posti letto ospedalieri*** Popolazione residente**** |

*ISTAT (Censimento Industria); **ISTAT (Censimento Agricoltura); ***Regione Lombardia; ****ISTAT (Censimento Popolazione).

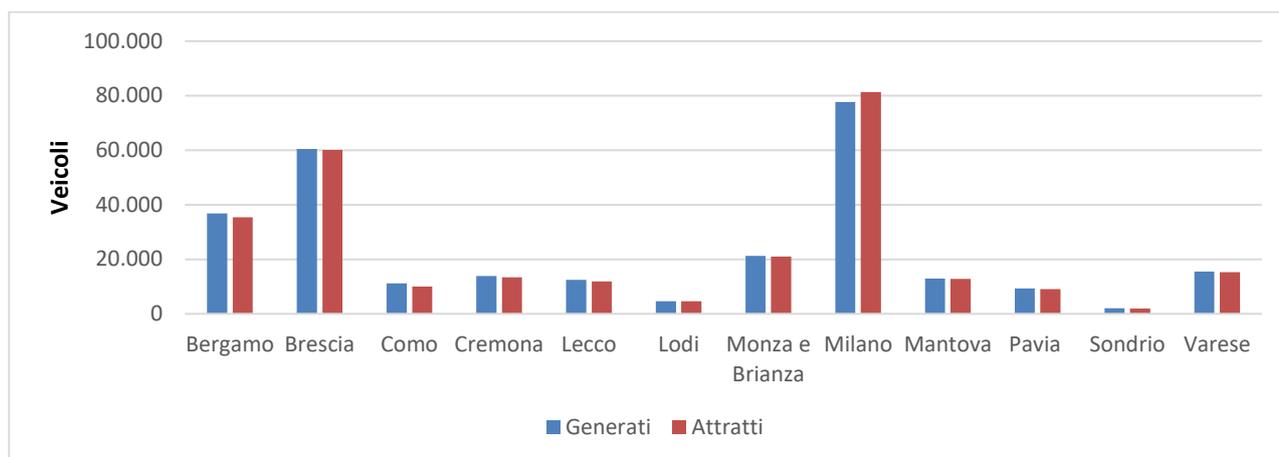
3. Highlights dei risultati di applicazione del modello

La matrice giornaliera O/D dei veicoli commerciali e pesanti

comprende nello stato di fatto 348.051 veicoli totali.

La capacità di generazione ed attrazione complessiva delle diverse province e della città metropolitana di Milano è rappresentato nella figura sotto: si rileva il significativo ruolo dell'area milanese, di quella bresciana e di quella bergamasca, interessate complessivamente da più del 60% dei flussi/generati attratti in Lombardia.

Veicoli commerciali e pesanti generati/attratti per provincia



Le **relazioni prevalenti** sono quelle **interne alla Provincia di Brescia** (10,4% del totale), **alla Città Metropolitana di Milano** (8,8%) e **tra la Provincia di Monza-Brianza e l'area milanese** (2,8%). La **matrice giornaliera dei veicoli commerciali e pesanti** evidenzia inoltre che:

- lo **scambio tra Regione Lombardia e province confinanti** sviluppa più di **50.000 veicoli al giorno**, pari al **15% del totale**;
- il **volume di scambio con l'intero territorio nazionale** corrisponde a circa il **25% del flusso veicolare totale** (circa 90.000 veicoli al giorno);
- il **traffico veicolare stimato nei gate intermodali** determina un carico giornaliero sulla Lombardia pari a **circa 14.000 veicoli**;
- il **traffico internazionale** è di circa 20.000 veicoli/giorno, mentre **quello di attraversamento** (nazionale ed estero) è di quasi 10.000 veicoli/giorno (al netto del traffico dei gate intermodali).

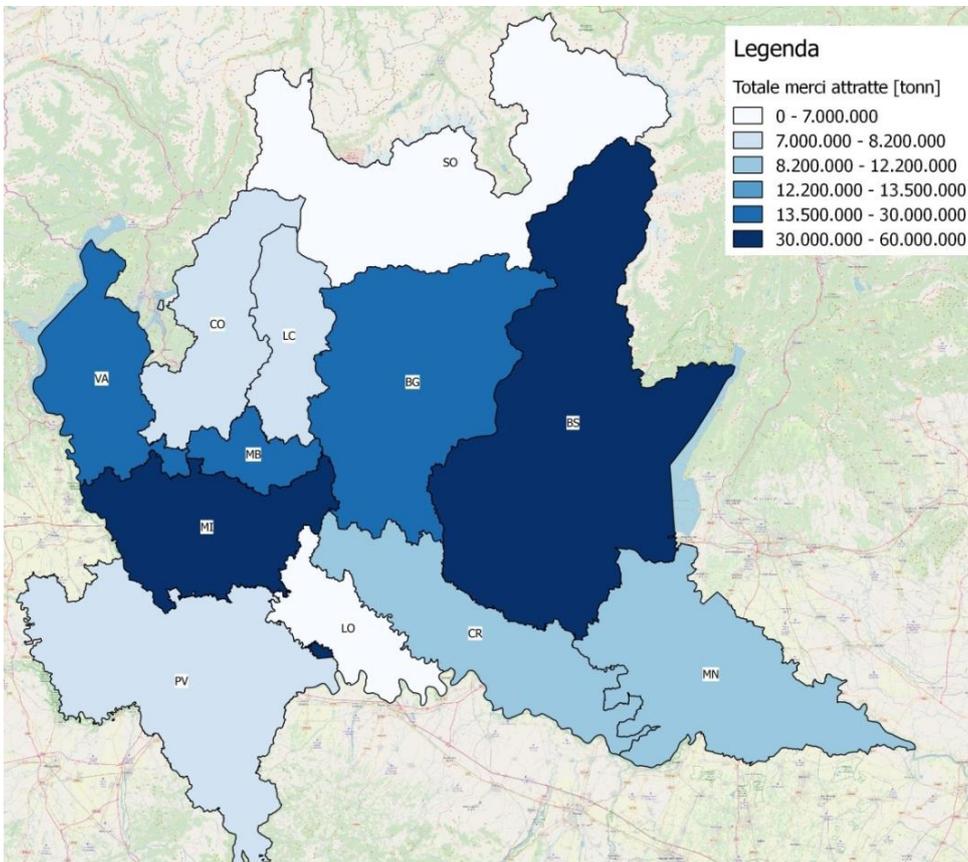
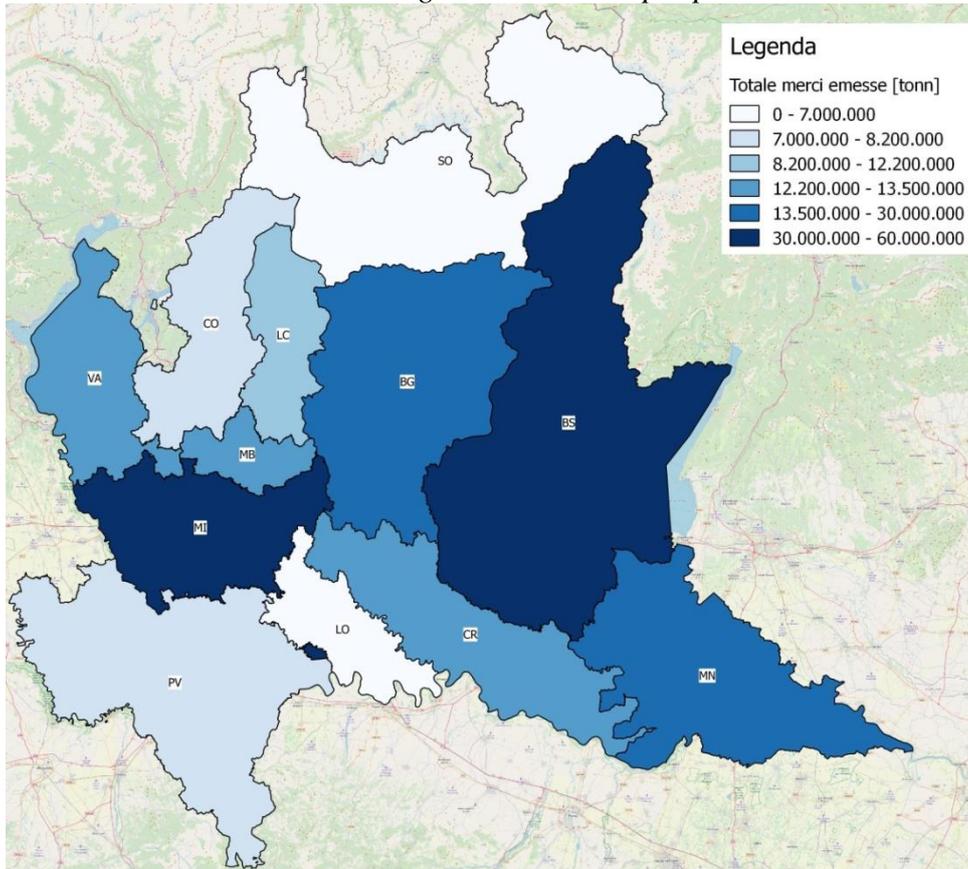
Al netto delle merci movimentate nei “cancelli intermodali”, la Lombardia è complessivamente interessata dalla movimentazione di circa **280 milioni di tonnellate di merci all'anno**:

- 16,3 milioni di tonnellate esportate verso i mercati internazionali;
- 19,7 milioni di tonnellate importate dai mercati internazionali.
- 60,0 milioni di tonnellate in entrata dal resto d'Italia;
- 60,2 milioni di tonnellate in uscita verso il resto d'Italia;
- 124,8 milioni di tonnellate movimentate all'interno della regione.

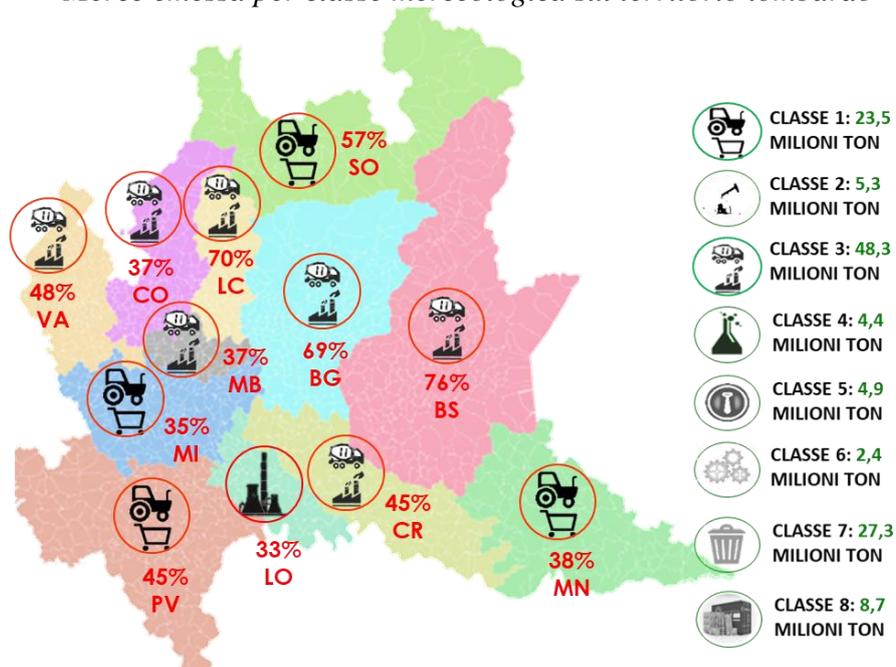
Il territorio regionale presenta una diversa capacità di generazione/attrazione in funzione delle differenti categorie merceologiche (di seguito sono presentate le categorie merceologiche prevalenti attratte/generate per ciascuna provincia al netto della classe merceologica 7 - relativa ai rifiuti civili e industriali - che presenta delle peculiarità correlate ai fattori demografici e localizzativi delle imprese e degli impianti di trattamento rifiuti che determinano effetti di polarizzazione che possono generare anomalie nelle valutazioni).

Le tonnellate di merce, interne alla Lombardia, emessa/attratta da ciascuna provincia sono di seguito rappresentate.

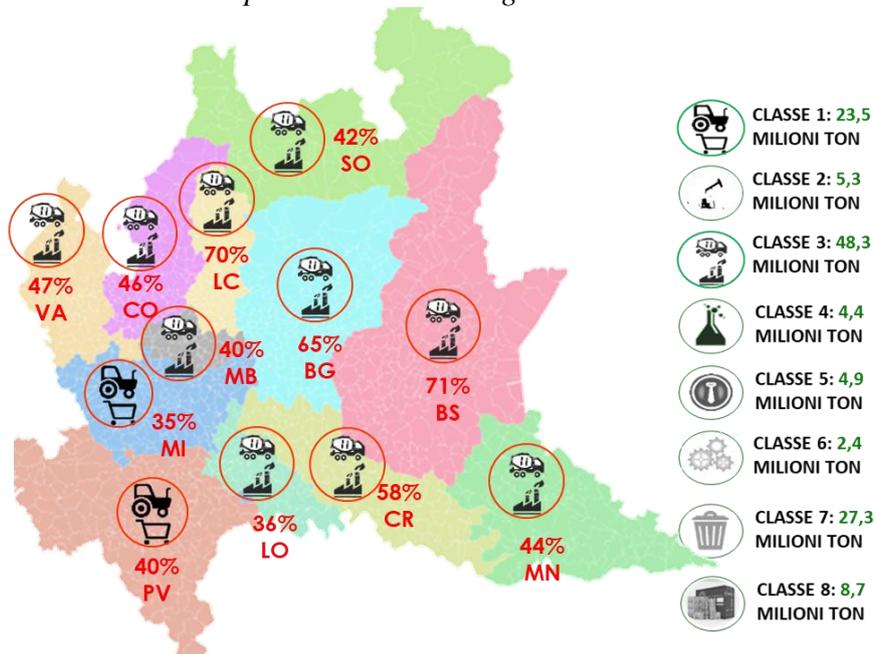
Tonnellate di merci generate/attrate per provincia



Merce emessa per classe merceologica sul territorio lombardo



Merce attratta per classe merceologica sul territorio lombardo



Bibliografia

1. Eupolis, Curi, S.; ALSEA (2018). Import, Export e logistica: diamo i numeri.
2. CERTET Bocconi Milano, (2017). Studi e report sul sistema economico italiano ed estero
3. Comune di Brescia, (2017). PUMS Brescia
4. ANFIA, (2017). Dossier trasporto merci su strada
5. Ports of Genoa (2017). Flussi import-export di Genova e mercato lombardo

6. Èupolis Lombardia, (2017). Quaderni, studi e report di settore. www.polis.lombardia.it
7. Èupolis Lombardia (2017). Analisi di supporto per la ricostruzione della matrice O/D regionale delle merci. Rapporto finale
8. Dallari, F. (2017). La regione logistica milanese. Infrastrutture, imprese e flussi di merci. Milano: Thèsis Contents s.r.l.
9. DATEC, (2016). Piano delle merci 2040
10. Regione Lombardia, (2016). Il sistema agro-alimentare
11. MIT, Albo autotrasportatori, (2016). Cabotaggio in Italia
12. Baxter, R. (1982). Exactly Solvable Models in Statistical Mechanics. New York: Academic Press.Osservatorio autotrasporto, (2015). Costo operativo di esercizio
13. ARPA Lombardia, (2015). Nota su rifiuti urbani e speciali, siti e valori.
14. Regione Lombardia, (2015). Programma Regionale della Mobilità e dei Trasporti. <http://www.regione.lombardia.it>
15. Comune di Milano, (2014). PUMS Milano
16. Alpinfo, (2014). Traffico di attraversamento ai valichi alpini
17. Regione Lazio, (2009). Piano Regionale del trasporto merci e della logistica
18. Cascetta, E. (2006). Modelli per i sistemi di trasporto. Teoria e applicazioni. UTET
19. Ortuzar, J.D.D.; Willumsen, L.G. (2004). Pianificazione dei sistemi di trasporto. Hoepli
20. Da Rios, G.; Gattuso, D. (2003). La mobilità delle merci nell'area metropolitana milanese. Franco Angeli Edizioni
21. Diaz D., Zanin V., Foti M.C., (2003). Metodi e strumenti per la definizione dei Programmi Triennali dei Servizi. Franco Angeli Edizioni