

PILOT EVALUATION REPORT – D.T2.2. 7 PILOT #5 ITL (PP8) – RER (PP10)

Work paper

Version 1.0

09.2021

1) Introduction

Emilia-Romagna region (PP10) and ITL Foundation (PP8) are responsible for the development of Pilot Action #5 referring to activities for the development of a model aimed at updating the regional freight transport model of Regione Emilia-Romagna expanding its modelling capabilities in order to estimate the effects of the solution of bottlenecks (identified in the D.T1.3.3 “Regional Catalogues: Identification of bottlenecks in regional rail infrastructure & service) or the introduction of new transport flows (D.T1.2.3 „Analysis of regional market potential for rail freight services“). The main challenges relate to the data collection and the implementation of the new modelling capabilities.

The aim of the last phase of Pilot Action #5 is to introduce data coming from innovative sources and different methodology of analyses to improve the predictive capacity of the regional model of freight transport simulation.

2) Pilot action description

Currently the regional transport model in the regional planning office is focused on the private transport systems (passenger cars and freight road trucks) and on the public one (train passenger). The aim of Pilot Action #5 is to upgrade its modelling capabilities, with the integration of new freight transport modules.

Furthermore, the use of innovative data (open data, floating car data - FCD - and journey times and paths extracted from online platform) and of different methodology of analysis (regression/prediction model for traffic generated/attracted by logistic hubs) for road/train freight transport researches have been tested.

The main activities that have been realised during the phase A, B and C of the Pilot Action #5 concern (please refer to the chapter 1 of the Annex 1):

- Modelling of freight transport flows between the municipalities within the region Emilia Romagna, building on the OD matrices provided the Transtools project
- Modelling the rail infrastructure



- Modelling the road transport options considering different modalities (third party account vs. own account) and different vehicles and payloads (vans, trucks, articulated trucks)
- Modelling the changes in the rail infrastructure and their effects on the rail services following the actions to mitigate the bottlenecks identified
- Applying the model to evaluate the effects of the bottlenecks' mitigation measures on transport flows and, in particular, on the attractiveness of intermodal transport.

A handbook on the update of the freight transport model of Emilia-Romagna Region was issued in Italian for the use of the regional offices and complements previous REIF reports on Pilot Action #5. The Handbook is attached to the Annex 3 of this report

The final stages of the Pilot Action #5 have been focused on:

- The verification for current zoning, industrial clustering, and the study of accessibility levels at intermodal nodes (please refer to the chapter 2 of the Annex 1);
- The realization of a regressive-predictive model for the estimation of the traffic attracted to/generated by the logistic poles in the regional territory (please refer to the chapter 4 of the Annex 1);
- the assessment of the current model¹ in terms of its ability to simulate performance on the network (times and distances) (please refer to the chapter 5 of the Annex 1).

A detail description of the methodologies and the results achieved during the activities carried out in the final stages of PA5 and the main results of phase A, B, and C of the Pilot Action #5 have been illustrated in the Annex 1.

3) Conclusions

The main lessons learned from the pilot actions # 5 concern in particular the importance of having an innovative approach in identifying methodologies for analysing the situation for the improvement of simulation models of the transport of goods and overcoming the bottlenecks highlighted.

During the pilot activities this challenge was successfully addressed and can be of support to plan the development of further policies and actions.

The replicability potential for other PPs or for the Central European area is large because the study methodologies can be adapted and replicated in other PPs in other regional study contexts in order to improve the predictive capabilities of simulation models of freight transport. The assessment of the current model used by regional offices has provided useful indications and guideline

¹ The assessment of the upgraded model has been described in the Final Report of Pilot Action #8

ANNEX 1

Index

1. Phase A,B,C of Pilot Action#5	4
1.1. Main results.....	4
1.2. Handbook on the updated freight transport model of Emilia-Romagna Region	5
2. Industrial clustering and Accessibility Analysis	6
2.1. Clustering of Industrial areas	7
2.2. Accessibility of Rail services	9
3. Model for estimating the traffic generated/attracted by a logistics hub	13
4. Assessment of the simulation model	24
4.1. Data sources.....	24
4.2. Methodologies.....	26
4.3. Main Results	26

1. Phase A,B,C of Pilot Action#5

1.1. Main results

The three main innovations that have been implemented in the regional freight traffic model concern:

- the **description of freight demand**, with a clear distinction between Freight Generation (FG) and Freight Traffic Generation (FTG) approaches;
- the **description of transport supply**, which is now strictly linked to the different logistic networks operating in the regional territory;
- the **simulation of modal split**, that is now a part of the more general joint choice of transport service and shipment size, following the well-known Harris formula based on Total Logistic Cost (TLC).

The upgraded model has been used in order to evaluate the benefits coming from the removal of two bottlenecks identified in the WP.T1 activities. For a detail description of the methodology and of the results achieved please refer to D.T2.2.5 Mid-term pilot status report #5

First Bottlenecks: Reggio Emilia-Sassuolo Railway line

Description:

- Single-track line,
- low train length (500 meters)
- mixed-use of railway line with passenger trains
- level of utilisation of line is closed to the line capacity, especially during daytime

Remedial measures:

- Short term: electrification of the regional railway line between Reggio Emilia and Sassuolo benefitting also passenger traffic. An extension of this option would comprise the general upgrade with longer passing loops allowing for longer trains (**tested in the upgraded model**)
- Long term: a new direct line between Marzaglia (along the Bologna-Milano line of the main national network) and Dinazzano

Effect of the remedial measure:

The net effect of the infrastructure upgrade along the Reggio-Sassuolo line is simulated by the model through a transit-time reduction in the station of Reggio Emilia. This generates a reduction of travel times (and an increase in productivity) for all freight trains already travelling on the line. No change in traffic is introduced. Additionally, the model considers a reduction in transport costs due to longer trains and to using one traction unit per train rather than having to rely on an additional diesel locomotive for the Reggio-Sassuolo leg of the journey.

The result shows negligible changes in modal choices. They are not an indication of the worth of the remedial measures and flag up that the outcome of a remedial measures should be judged by the service improvement it brings about in comparison to existing services. In fact, this result should be read in conjunction with current train schedules. Current schedules between La Spezia and Dinazzano indicate that:

- Time between closing time at La Spezia and availability at Dinazzano is between 19.30 hours (minimum) to 25.30 hours (maximum)
- Time between closing time at Dinazzano and availability at La Spezia is 17.00 hours (minimum) to 25.30 hours (maximum)

Given such delivery times, the modelled time change does not make a real difference to shippers or MTOs even though the price of the shipment is reduced due to the need of one locomotive only for the whole journey. This is even more relevant in case of longer, international trips.

A change in the overall set-up of the services, including the benefits from the upgrade of the line, could make a difference in travel time that is picked up by the decision making simulated in the model.

The electrification of the line is likely to afford benefits that are not discussed here, including benefits to passenger traffic and to capacity availability and usage.

Second Bottleneck: Pontremolese Railway line

Description:

The Pontremolese is a 113 km long line of the main national rail network linking La Spezia - and the ports on the Tyrrhenian Sea - with Parma.

The line is a key connection but traffic on it is restrained due to the following:

- There is a particularly steep incline: 25 ‰
- Part of the line is single track and the allowed train length is 475 m
- The maximum axle load classification is C3L for most of the line
- The Intermodal loading gauge is P/C22

Remedial measures:

The remedial measures modelled include the reduction of circulation constraints, thanks to the completion of the doubling of the line and a reduced cost of train transport thanks to longer and heavier trains allowed on the line following the upgrade (available passing loops in stations and higher axle loads).

Effect of the remedial measure:

The main simulated effect of the line upgrade is an increase on maximum axle-load and therefore a reduction in transport costs per tons or ton-km. This effect is applied only to the existing railway traffic on the line, without any additional service.

As in the previous test, the simulated impact is negligible variation in freight traffic. Also, as in the previous test the upgrade of a line cannot be judged by itself but from the change in services it affords. The same example as above applies since the Pontremolese line is between La Spezia and the region Emilia Romagna. Clearly cost reductions afforded by the line upgrade should be coupled with other measures to attract flows to intermodal rail. As in the previous case, a change of timetable would be beneficial -and likely permitted exactly by the line upgrade- especially as road transport times are at least a fourth of the present rail ones.

A timetable change was not explored here since these tests aimed at using the model to explore infrastructural changes by themselves.

1.2. Handbook on the updated freight transport model of Emilia-Romagna Region

A handbook on the update of the freight transport model of Emilia-Romagna Region was issued in Italian for the use of the regional offices and complements previous REIF reports on Pilot Action #5 and #8 by detailing:

- How model the model is structured and how it links to the assignment model of Regione Emilia-Romagna
- Which parameters are present in the model, especially transport and logistics costs parameters, and where they play a role
- How action can be taken to develop new scenarios or modify existing ones



In more detail, the handbook illustrates:

- The zoning system employed out of the original area modelled by the Regione Emilia-Romagna
- How the ETISplus matrix has been reworked and distributed over the municipalities using numbers of operational workers by sector and how the number of operational workers was estimated for each municipality based on recorded electric consumption
- Which are the issues encountered with analysing flows between ports and respective hinterlands
- The transport supply modelled with a discussion of the cost functions associated to each transport mode and service:
 - Third party account direct road transport (door to door)
 - Third party account road transport via hub and spoke systems (explicitly modelled)
 - Own account road transport
 - Third part account intermodal transport
- The economic order quantity model and how it has been operationalised to obtain a modal split model
- How the values of the goods that feed into the economic order quantity model have been estimated
- Model calibration results
- How new scenario can be developed considering, in particular:
 - new or changed intermodal transport services;
 - changes in infrastructural features of the railway links considered in the model;
 - new or charged block-train rail transport services;
 - new hub and spoke freight transport operators.

The Handbook, written in Italian language, is attached to the Annex 3 of this report.

2. Industrial clustering and Accessibility Analysis

Object of the analysis is the definition of the industrial clusters in the regional territory of Emilia Romagna and the association, for each cluster, of the levels of road accessibility to the intermodal logistic poles of the area.

The goal is to provide the “reading” of the territory under the industrial and logistic profile, identifying the clusters for productive category and associating to them, for level of road accessibility, the relative intermodal poles. The evidences of the study are useful to elaborate in-depth analyses on new potentially attractive railway services and on the possibility of aggregation of freight volumes at cluster level.

The study was conducted using Open data sources such as: ISTAT, Emilia-Romagna Region (Statistical Archive of Active Enterprises -ASIA).

The clusters were identified according to the type of goods produced through the ATECO division to which they belong.

The tools used to carry out the activity include: GIS software (QGIS) and data mining tool of Tableau software, which performs clustering through the technique of K-Means.

The analysis was conducted at the municipal level as this is the level for which data is available in the ASIA database.

Accessibility was calculated by querying the Here Map API, the resulted data have been used to classify each individual area of the Region's Visum model according to its access time from the road network to the rail network.

2.1. Clustering of Industrial areas

a)1 - Methodology

First, the main database available, i.e., the Statistical Archive of Active Businesses (ASIA), was analyzed, to identify:

- the spatial reference of the data available, as base element on which to carry out the clustering;
- the classification used to describe the goods produced by the industrial centers;

The goods categories of interest were, therefore, selected, considering those with potential for transfer to rail.

Subsequently, the indicators were defined, and the values calculated to carry out the clustering analysis.

a)2 - Data set

The main data source used is the “Archivio Statistico delle Imprese Attive” (ASIA), a register of companies and local units updated annually by ISTAT through a process of integration of administrative and statistical sources.

The ASIA register is made up of the economic units that exercise arts and professions in industrial, commercial and services to companies and families and provides master information (name and address) and structure (economic activity, employees and independent workers, legal form, date of start and end of activity, turnover) of these units. ISTAT considers as “active” those companies that have carried out an effective productive activity for at least six months of the year.

The information provided concerns the location (at the municipal level), the economic activity (section and ATECO2007 group of the exclusive or prevalent activity) and the number of employees in the local units employed by businesses active for at least six months in the reference year.

Excluded from the ASIA field of observation are the economic activities related to: agriculture, hunting and forestry (section A), fishing, fish farming and related services (section B); public administration (section L); activities of associative organizations (division 91); activities carried out by families and households (section P); extraterritorial organizations and bodies (section Q); units classified as public institutions and private non-profit institutions.

The variables of the Asia archives that can be disseminated in a disaggregated form are: economic activity, location (down to municipal level), employees, legal form, number of firms, number of local units, artisan character of the firm, territorial diffusion, turnover classes. This proposal stems from the fact that the information in these archives is an update of the census data on the economic and occupational structure.

The data used are for local units for the year 2017.

Data regarding local units relating to industry were analyzed, as well as those relating to commerce, transport and hotels, limited to sector H - transport and warehousing, as they were considered of interest.

The remaining divisions have been aggregated into macrodivisions.

a)3 - Clustering Results

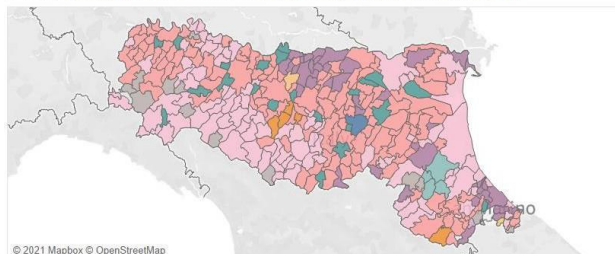
About the analysis relating to activities involving transport and logistics, it can be seen that the greatest number of local units is located in municipalities served by the motorway network.

The results show that for almost all the municipalities, land transport is the activity with the most local units, however, this is due to the fact that many transport companies are sole traders.

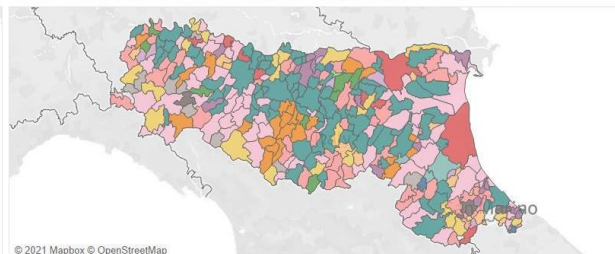
The result of the choice of municipal vocation based on the number of local units is not very significant.

The tables relating to the resulting clustering are given below.

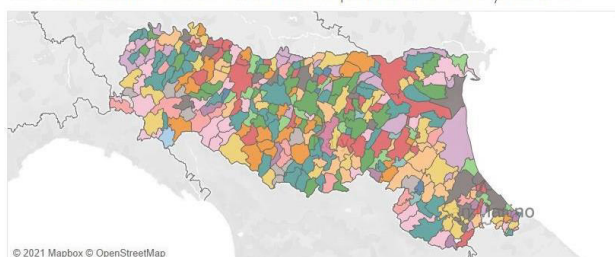
Vocazione comunale nel settore dell'industria per numero di unità locali



Vocazione comunale nel settore dell'industria per numero di addetti



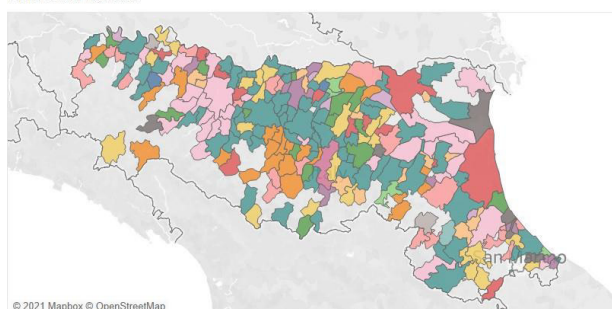
Vocazione comunale nel settore dell'industria per numero di addetti/unità locali



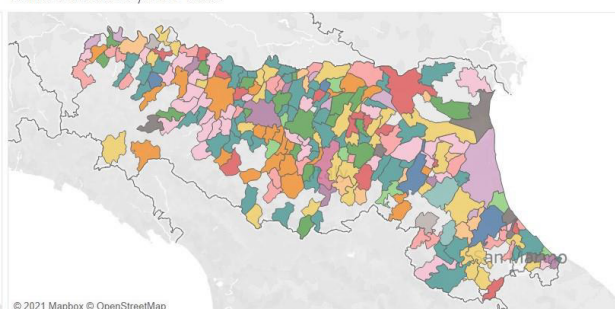
- Gruppo divisioni**
- Altre industrie manifatturiere
 - Estrazione di minerali da cave e miniere
 - Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi
 - Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche
 - Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi e altri mezzi di trasporto
 - Fabbricazione di carta e di prodotti di carta
 - Fabbricazione di coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio
 - Fabbricazione di computer, prodotti di elettronica, ottica, apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione...
 - Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca
 - Fabbricazione di mobili
 - Fabbricazione di prodotti chimici e farmaceutici
 - Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)
 - Gestione dei rifiuti
 - Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); fabbricazione di articoli in paglia e materi...
 - Industria del tabacco
 - Industrie Alimentari e delle Bevande
 - Industrie tessili, confezione abbigliamento, fabbricazione e confezione articoli pelle e pelliccia
 - Metallurgia
 - Stampa e riproduzione di supporti registrati

Image 1: Dashboard Municipal Industry

Vocazione comunale per i Grandi Impianti (>50 addetti) nel settore dell'industria per numero di addetti



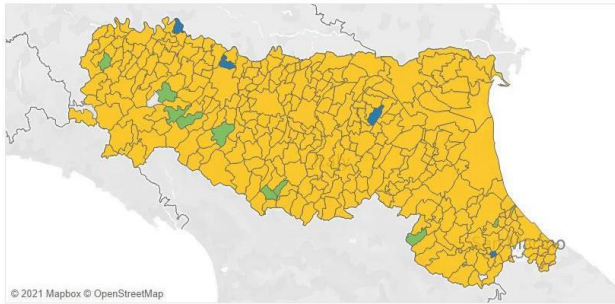
Vocazione comunale per i Grandi Impianti (>50 addetti) nel settore dell'industria per numero di addetti/unità locali



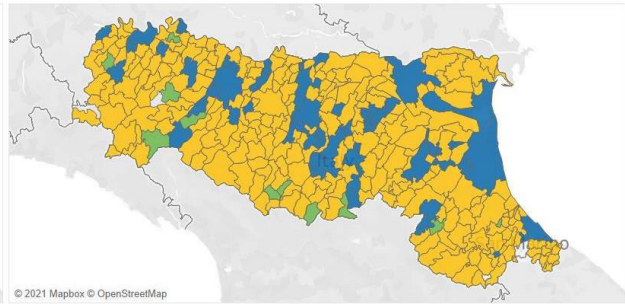
- Gruppo divisioni**
- Altre industrie manifatturiere
 - Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi
 - Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche
 - Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi e altri mezzi di trasporto
 - Fabbricazione di carta e di prodotti di carta
 - Fabbricazione di computer, prodotti di elettronica, ottica, apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione e di orologi, apparecchiature elettriche e uso domestico non elettriche
 - Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca
 - Fabbricazione di mobili
 - Fabbricazione di prodotti chimici e farmaceutici
 - Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)
 - Gestione dei rifiuti
 - Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio
 - Industria del tabacco
 - Industrie Alimentari e delle Bevande
 - Industrie tessili, confezione abbigliamento, fabbricazione e confezione articoli pelle e pelliccia
 - Metallurgia

Image 2: Dashboard Municipal Industry Large Facilities

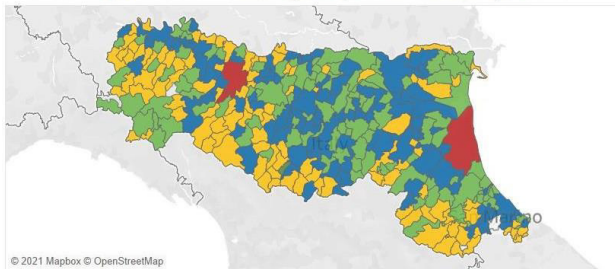
Vocazione comunale nel settore della logistica per numero di unità locali



Vocazione comunale nel settore della logistica per numero di addetti



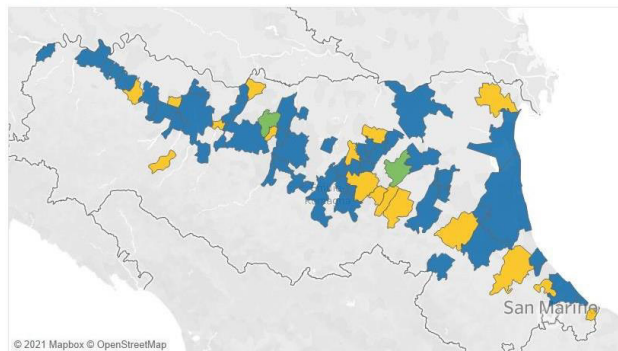
Vocazione comunale nel settore della logistica per numero di addetti/unità locali



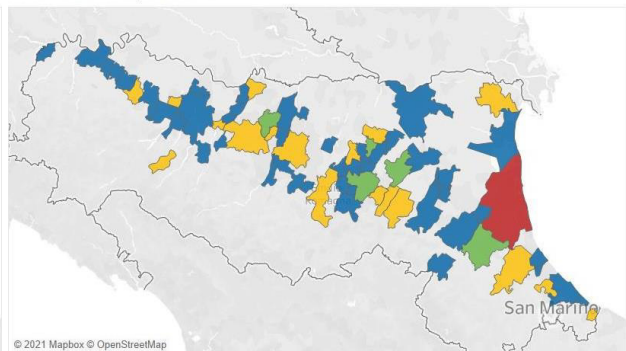
Gruppo divisioni
 ■ Magazzinaggio e attività di supporto ai trasporti
 ■ Servizi postali e attività di corriere
 ■ Trasporto aereo
 ■ Trasporto marittimo e per vie d'acqua
 ■ Trasporto terrestre e trasporto mediante condotte

Image 3: Dashboard Municipal Transportation and Logistics

Vocazione comunale per i Grandi Impianti (>50 addetti) nel settore della Logistica per numero di addetti



Vocazione comunale per i Grandi Impianti (>50 addetti) nel settore della Logistica per numero di addetti/unità locali



Gruppo divisioni
 ■ Magazzinaggio e attività di supporto ai trasporti
 ■ Servizi postali e attività di corriere
 ■ Trasporto aereo
 ■ Trasporto marittimo e per vie d'acqua
 ■ Trasporto terrestre e trasporto mediante condotte

Image 4: Dashboard Municipal Transportation and Logistics Vocation (large facilities)

2.2. Accessibility of Rail services

b) 1 - Methodology

First, rail yards with dedicated intermodal facilities and services were identified within the region. For each Visum zone of the model, the accessibility by road network, in terms of time and distance, to these intermodal rail yards was verified by querying the Here Map API.

It has been, therefore, selected for every zone the more accessible intermodal rail yard in terms of time of access and distances.

Since more than one Visum zone (the level of detail at which information on the industrial sector is available) may correspond to a municipality, accessibility indicators were calculated as the average of the values for the corresponding Visum zones, using the "access time" indicator, which was considered most significant.

To evaluate the potential of the intermodal hub to attract demand for goods from the industrial sector, local units with more than 50 employees (already defined in this report as "large plants") were selected for each municipality. For every municipality have been calculated the total employees and the number of local units for macrodivision Ateco.

For every intermodal hub has been, finally, calculated the potential basin in terms of employees and number of local units relative to every macro-division Ateco that characterizes the area.

b) 2 - Data set

To perform the analysis, the following were used:

- (1) the findings of the clustering activity;
- (2) GIS tools, online public sources, and information provided by the developer to identify inter-modal hubs;
- (3) queries of the Here Map API;

Here is the world's first geolocation platform. Created by the company Here founded in California in 1985, initially owned by NAVTEQ until 2007, then by No-kia and since 2015 by some major automotive companies Audi, BMW and Daimler, it provides services and technologies for geo- graphic data.

The platform was queried to extract the Routing Matrices. Routing Matrices are matrices that provide for each OD pair the travel time and distance of the best per-route based on the selected criterion (Routing Type).

The service offered by Here allows to include in the analysis

- (4) traffic speed on highway arches both in real time and considering historical data;
- (5) different modes of transport (from pedestrians to heavy vehicles);
- (6) the size of heavy vehicles in order to take into account possible traffic restrictions.

The method "fastest" was selected as best suited for the purpose. The geographic location of the Visum model centroids and the access of the intermodal hubs were considered for origin and destination.

A matrix with the times and distances (average speeds were calculated) of the best route between the centroids of the current model zones and the identified intermodal rail yard was extracted via Here. The best route was chosen based on travel time (setting Type Routing: fastest). Distance and average speed are also provided for the identified route.

b)3 - Results

Among the identified rail yards, listed in Table 3, a layer of points located near the access on the road network has been created. Only at the top ten are there intermodal services.

id	Nome
1	Terminal Piacenza
2	Interport di Parma
3	Interport Bologna
4	Porto di Ravenna
5	Terminal Rubiera



6	Terminal intermodale Dinazzano
7	Term. Intermodale Lugo
8	Term. Intermodale Fiorenzuola
9	Term. Intermodale Villa Selva
10	Scalo di Marzaglia (Nuovo Scalo Modena Nord)
11	Scalo Merci Faenza
12	Scalo Tecnico Bol. San Donato
13	Scalo Ferrara
14	San Polo RP
15	Sant'Ilaria d'Enza RP
16	Russi RP
17	Vico Fertile RP
18	Barilla RP

railway stations in the regional territory for accessibility analysis

The Here query was then performed and for each Visum zone, the fastest route (shortest travel time) to each intermodal hub was identified and the travel time and distance value provided.

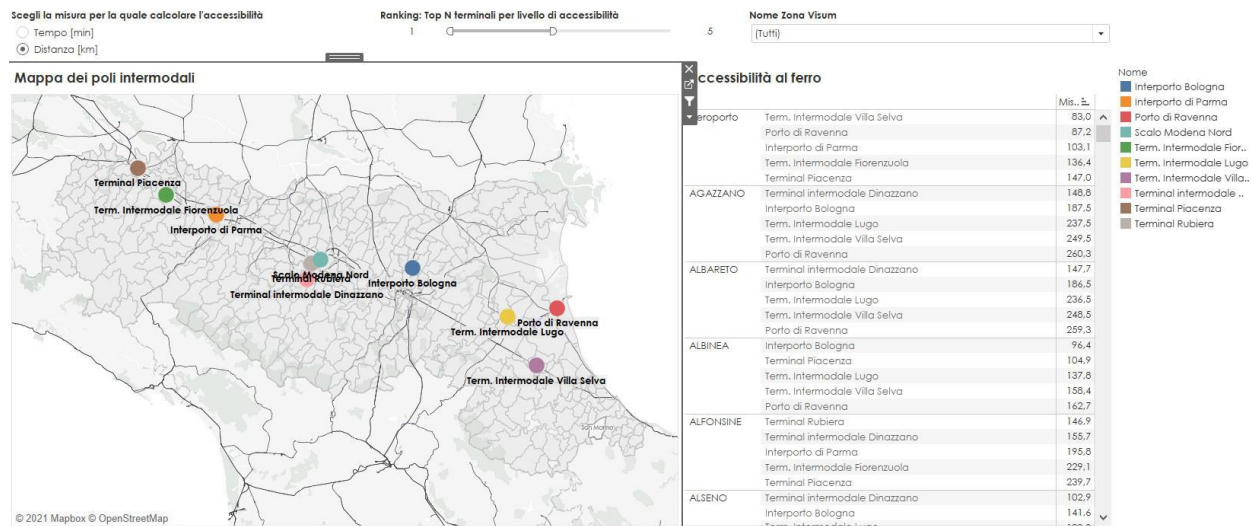


Image 5: Dashboard Accessibility to intermodal rail yards

Each Visum area was then assigned the most accessible hub (considering only those where intermodal services are active) based on the following indicators:

- Shortest travel time;
- Closest

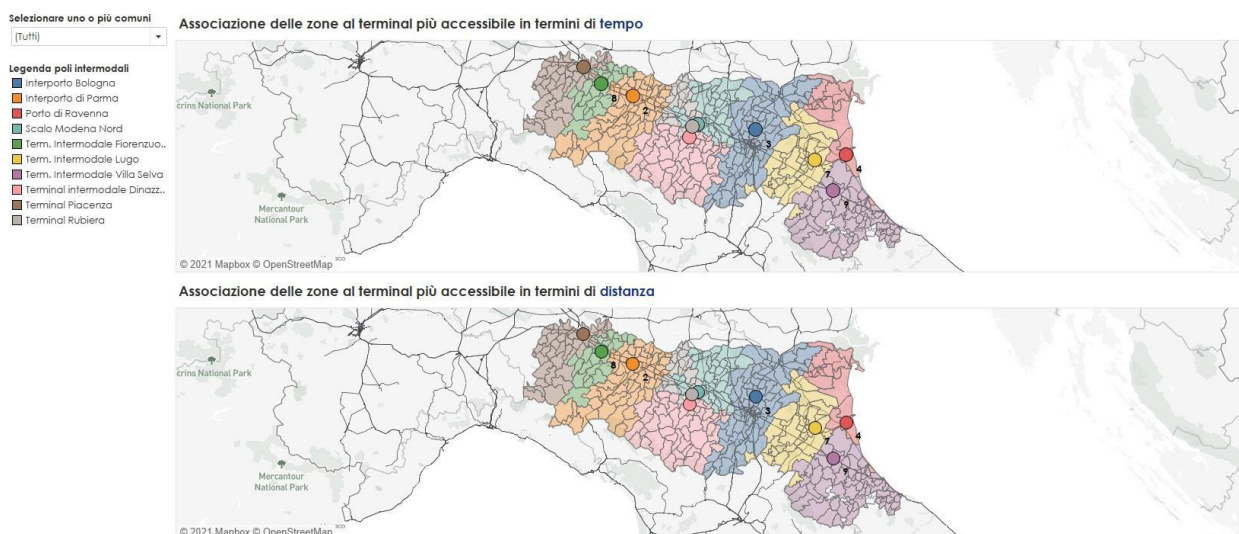


Image 6: Dashboard Zone association to the nearest terminal

It has been carried out a clustering of the Visum zones in function of the time of trip and distance regarding the intermodal pole identified with the criteria previously selected.

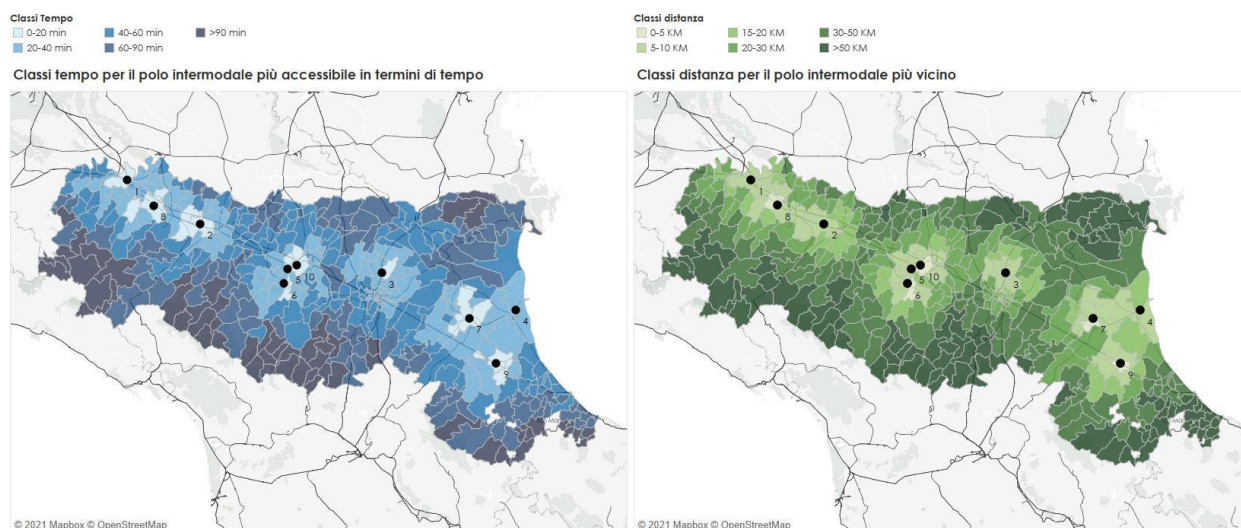


Image 7: Dashboard Classification of zones by accessibility

Following the methodology described, the following results were produced, through which it is possible to individualize the intermodal terminals with a greater potential demand and eventual vocations of the poles for macro-division ATECO.

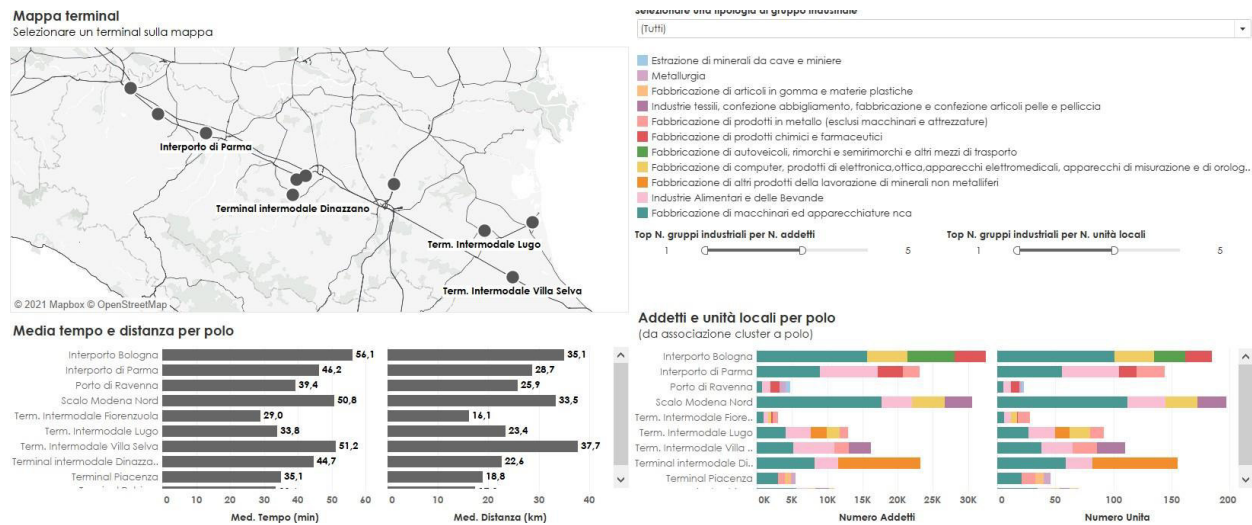


Image 8: Catchment Intermodal hubs

3. General information about FCD

Information collected from traditional sources as surveys may not be fairly specific and have to be integrated with other data sources. The innovative approach used for the analysis includes the utilization of Floating Car Data and this has allowed to achieve important insights with a deep the level of detail.

Floating Car Data are space-time coordinates of vehicles along the road network detected by In-vehicle sensors, thanks to which is possible to trace trips origin, destinations and routes. These data are generated from the black-box equipped vehicles, installed for insurance goals with a GPS system that allows to continually recording the position of the vehicle.

Data provided by these kinds of devices are indeed useful to outline the transport system conditions and, starting from FCD tailor-made algorithms, to evaluate the whole travel demand (by private car or commercial vehicles), over a given time period for a specific area.

FCD are sampled by fixed time or fixed distance, each FCD point is univocal and described by: Localization Data (Lat. & Lon.), Date & Time, Speed, Distance from the previous detected point, Accuracy of signal transmitted.

As these data are just available for those vehicles equipped with onboard Black-Box, they are samples and it is necessary to use traditional data from surveys or detection in order to properly calculate the grossing-up factors and match census.

The use of these Data has allowed to get insights, with a good level of detail, which are not usually provided by traditional sources. Among those insights the most relevant are:

- catchment area of the logistic and industrial centres, defined as points of origin and destination of the paths related
- distances and travel times
- number of stopovers along the path.
- distribution of stopovers duration



Strengths	Weaknesses
Maximum frequency of data updating (continuous); Maximum spatial detail (GPS coordinates); Maximum time detail (up to the second).	Medium sample size (only owners of black-box equipped cars).
Opportunities	Threats
Full coverage of travel users' behaviour in their daily chains	Data are provided only by paying a commercial fee.

Glossary of FCD

Trips, identified by proprietary algorithms from raw FCD databases, are defined as a sequence of engine ignition point, motion points and engine shutdown point. It should be noted that the availability of engine status information depends on how the black-box is installed, in the absence of this information the algorithm recognizes the stop on the basis of other parameters.

Path: The path is defined as an aggregation of consecutive trips, aggregated on the basis of specific criteria related to the duration and location of the stop (end point of the trip). The numerical values of the parameters used for the aggregation in path are established by the analyst on the basis of the geographical context, the objectives of the analysis and the preliminary analysis carried out on the data.

Catchment area: The "catchment area" is defined as the area of influence of a zone or a point, in relation to the vehicle traffic generated in it or attracted by it. The area of influence extends as far as the origins and destinations of the Paths are observed.

Footprint: The Vehicle Footprint is defined as a map of all trips made during the reporting period (October 2019) by vehicles that made at least one stop within the Emilia-Romagna Region during the same reporting period and provides information about the vehicle's geographic area of interest.

Third party use occurs when a vehicle is used, in return for payment, in the interest of persons other than the holder of the registration certificate.

4. Model for estimating the traffic generated/attracted by a logistics hub

In order to distinguish the traffic generated/attracted by a logistics hub for demand segments C2 (mass up to 11t) and C3 (mass greater than 11t), two models were developed.

Several types of data were used for this activity, including the results acquired through the performance of previous activities of the same project, in particular those obtained from the analysis of Big Data (FCD) during the mapping phase of the logistics poles (see D.T2.3.7 Pilot Evaluation Report Pilot Action #8)

The results of the regression/prediction model, in terms of coefficients obtained following the calibration process, depend strongly on the points considered for calibration (which constitute the sample) and on the values attributed to the variables in the model. This is true for both independent variables such as surface areas and employees, and dependent variables such as the number of C2/C3 moves attracted estimated by FCD).

The sample consisted of 9 logistic poles, selected among the most important in the Emilia-Romagna region, in terms of road or intermodal handling.

This amount is considered sufficient for a model formulation, however, more robust results could be obtained by considering a larger sample, which should, however, include the study of poles outside the Emilia-Romagna region.

It should be noted that the "behaviour" of a logistics hub is due to various factors, some of which are independent of the hub's own characteristics. Between these "external" variables figure the infrastructural endowments (road,



railway, etc...) of the geographic area in which the hub is placed, the available services, the economic and environmental politics of the territory. These factors have not been considered in the proposed formulation of the model, but it would be opportune to take them into account in the analysis in the case in which poles outside the Region are taken into consideration.

A)1 - Methodology

Variables and sample considered for model formulation

The sample held for the calibration of the model covers the following 9 logistic areas, of which 7 intermodal centres:

- Interporto di Parma
- Interporto di Bologna
- Polo Logistico Le Mose Piacenza
- Polo Logistico Castel San Giovanni
- Scalo Merci Dinazzano
- Terminal intermodale di Rubiera
- Terminal Lugo
- Terminal Fiorenzuola
- Magna Park Monticelli di Ongina

Other important hubs such as Marzaglia or Villa Selva were not included because the value of the variable Y from FCD was not available, thus the value of displacements attracted by FCD.

Dependent variable

The dependent variables (Y) consist of:

- daily trips attracted to the pole made by C2-rated vehicles;
- daily trips attracted towards the pole made by vehicles classified C3

The value assigned to these variables and used for model calibration was determined based on information from Floating Car Data (FCD) Analysis and available surveys.

From the FCD database considered for the analysis (for October 2019), trips made on weekdays (i.e., elementary trips consisting of an ignition point, motion points, and shutdown points) with an origin or destination within the area of interest were extracted.

These trips were aggregated to form paths. In the case of a short stop (for this analysis up to 20 minutes) or a long stop (up to 10 hours) in a service area, the trip preceding the stop and the one following it are aggregated into a single path. The aggregation is necessary in order not to consider a simple stop as the real origin or destination of a journey.

Based on available sample information on vehicle classification, trips were attributed to class C2 (≤ 11 tons) and class C3 (> 11 tons).

For the expansion of the number of sample trips to the universe, a factor of 4.3% was considered, as an average value resulting from comparison with traffic surveys carried out at Bologna and Parma Interports.



Logistic hub	N. of incoming path per day C2 (FCD)	N. of incoming path per day C3 (FCD)
Interport di Parma	112	920
Interport di Bologna	490	1 530
Polo Logistico Le Mose Piacenza	130	1 400
Polo Logistico Castel San Giovanni	2 500	1 300
Scalo Merci Dinazzano	8	426
Terminal intermodale di Rubiera	10	38
Terminal Lugo	9	2
Terminal Fiorenzuola	1	40
Magna Park Monticelli di Ongina	62	244

Values of dependent variables estimated by FCD analysis

Independent variables

The independent variables considered at the preliminary stage:

Category	Input	Descrizione Variabile
SIZE	Sup_tot	Total surface area [m2]
	Sup_mag	Warehouse surface area [m2]
	Impr.	Number of companies in the area
	Add.	Number of Employees
LOGISTIC FEATURES	Term.	Number of specialized terminals
	Baie	Number of loading docks
	Binari	Number of tracks
	Serv.	Existence of specific services for road transport: the value is 1 if available, 0 if not available.
	Attr.	Existence of large equipment (gantry cranes) for handling: assumes value 1 if available 0 if not available
QUANTITY	tonns_rail	Tons/day moved on rail
	tonns_trucks	Tons/day moved on trucks

The data search activity led to some preliminary insights:

- data for variables describing sizes are generally available;
- data on variables describing logistic features are not always available. In particular, the number of loading docks is unknown for almost all the hubs in the sample and the number of tracks is not suitable for the non-intermodal ones;
- the data on tons moved by road is not easy to find;
- the data on tons moved by rail is usually available, however this variable proves to be unsuitable in the case of non-intermodal hubs.



Data for the independent variables were provided public sources.

Data used in the calibration:

Hub	Current total Area [m2]	Warehouse surface Area [m2]	Number companies in the area	Number of employees
Interport di Parma	2 520 000	78 700	90	2 200
Interport di Bologna	4 105 463	826 100	120	4 750
Polo Logistico Le Mose Piacenza	1 400 000	470 000	14	1 800
Polo Logistico Castel San Giovanni	2 000 000	576 000	13	2 500
Scalo Merci Dinazzano	272 000	136 935	7	250
Terminal intermodale di Rubiera	76 000	50 000	4	200
Terminal Lugo	190 000	80 000	1	48
Terminal Fiorenzuola	120 000	12 000	1	50
Magna Park Monticelli di Ongina	400 000	140 000	4	200

Chart 1: Values of the independent variables of the model related to the hub size

Hub	Number of specialized terminals (valid for interports and large logistics centers)	Number of tracks	Existence of specific services for road transport: the value is 1 if available, 0 if not available.	Existence of large equipment (gantry cranes) for handling: assumes value 1 if available 0 if not available
Interport di Parma	3	18	1	1
Interport di Bologna	3	23	1	1
Polo Logistico Le Mose Piacenza	1	15	1	1
Polo Logistico Castel San Giovanni	0	0	0	0
Scalo Merci Dinazzano	1	20	0	0
Terminal intermodale di Rubiera	1	8	0	0
Terminal Lugo	1	4	0	0
Terminal Fiorenzuola	1	5	0	0
Magna Park Monticelli di Ongina	0	0	0	0

Chart 2: Values of the independent variables of the model related to the logistic features of the hub



Hub	Tons/day moved on rail	Tons/day moved on trucks
Interport di Parma	7 407	11 333
Interport di Bologna	4 975	41 000
Polo Logistico Le Mose Piacenza	12 766	9 250
Polo Logistico Castel San Giovanni	0	20 333
Scalo Merci Dinazzano	10 427	3 000

Hub	Tons/day moved on rail	Tons/day moved on trucks
Terminal intermodale di Rubiera	7 198	2 000
Terminal Lugo	2 960	1 100
Terminal Fiorenzuola	3 667	3 200
Magna Park Monticelli di Ongina	0	3 000

Chart 3: Values of the independent variables of the model related to the features of production of the hub

Preliminary Remarks

A strong correlation was observed between some independent variables:

- Employees and surface area with R^2 0.98;
- Employees and warehouse area with R^2 0.87;
- Area and number of companies with R^2 0.87.

Multiple combinations of independent variables were then analyzed for correlation with dependent variables and model coefficients were estimated using Microsoft Excel's REGR.LIN function.

Whenever a good correlation was evidenced represented by a R^2 value greater than 0.7, the probability that this correlation was random was analyzed, going to verify the statistics of the model as the F value and degrees of freedom.

To verify that each coefficient was useful in calculating the estimated value, we also performed the T-Test.

The analysis shows that the shifts related to class C2 are not well correlated with the independent variables used, while for class C3 several variables analyzed individually or in pairs present a good correlation. For the data sample considered, the variables that present a better non-random correlation and whose coefficients are useful in the calculation of the estimated value are:

- Total surface area;
- Warehouse surface area;
- Number of employees;
- Total surface area and Number of companies.

It is observed that although some degree of correlation has been identified using a variable or pairs of independent variables, adding additional variables to these pairs fails to improve the degree of correlation.

A) 2 - Formulation of models and statistics

At the end of the analyses, the model formulations with the best results turn out to be:

$$\text{Attracted/day C2} = 0.00109553 \cdot \text{Sup_tot} - 32.213697 \cdot \text{Impr}$$

$$\text{Attracted/day C3} = 0.00084085 \cdot \text{Sup_tot} - 14.8034411 \cdot \text{Impr}$$

For class C2, a good correlation between the variables is observed with an R2 equal to 0.75; while for class C3, an excellent correlation is observed with an R2 equal to 0.95. The critical value of F is 4.74, given v1 equal to 2 and v2 equal to 7.

For class C2, the value of F turns out to be 10.37, thus higher than the critical value. The probability that this value is random is 0.8%. For the class C3 the value of F results to be 62.58, therefore much higher than the critical value. The probability that this value is random is equal to 0.00342%.

Regarding the check on the utility of the coefficients, the critical t-value is equal to -1.894579. For class C2, the ratio of the coefficient to estimated standard error is:

- 4.3314156 for total surface area
- 3.55496002 for the number of companies.

Both are higher in absolute value than the critical value.

For class C3, the ratio of the coefficient to the estimated standard error is:

- 6.96281198 for the total surface area and
- -3.42150316 for the number of businesses.

Both are higher in absolute value than the critical value.

Since the identified coefficients are negative, the application of the model may lead to negative results. Therefore, it is suggested that the following model formulation be applied.

$$\text{Attracted/day C2} = \text{ABS} (0.00109553 \cdot \text{Sup_tot} - 32.213697 \cdot \text{Impr})$$

$$\text{Attracted/day C3} = \text{ABS} (0.00084085 \cdot \text{Sup_tot} - 14.8034411 \cdot \text{Impr})$$

It should be noted that the resulting value is not expressed in equivalent cars, to obtain which it is necessary to multiply by the respective conversion coefficients.

Input	Variable description	Coefficient C2	Coefficient C3
Sup_tot	Total surface area [m2]	0.00109553	0.00084085
Impr.	Number of companies in the area	- 32.213697	14.8034411

Coefficient values of regression-predictive models

Statistics	C2	C3
R2	0.75	0.95
F critico	4.74	4.74



F	10.37	62.58
Sup_tot: coeff /s	4.3314156	6.96281198
Impr.:coeff/s	3.55496002	-3.42150316
T critico	-1.894579	-1.894579

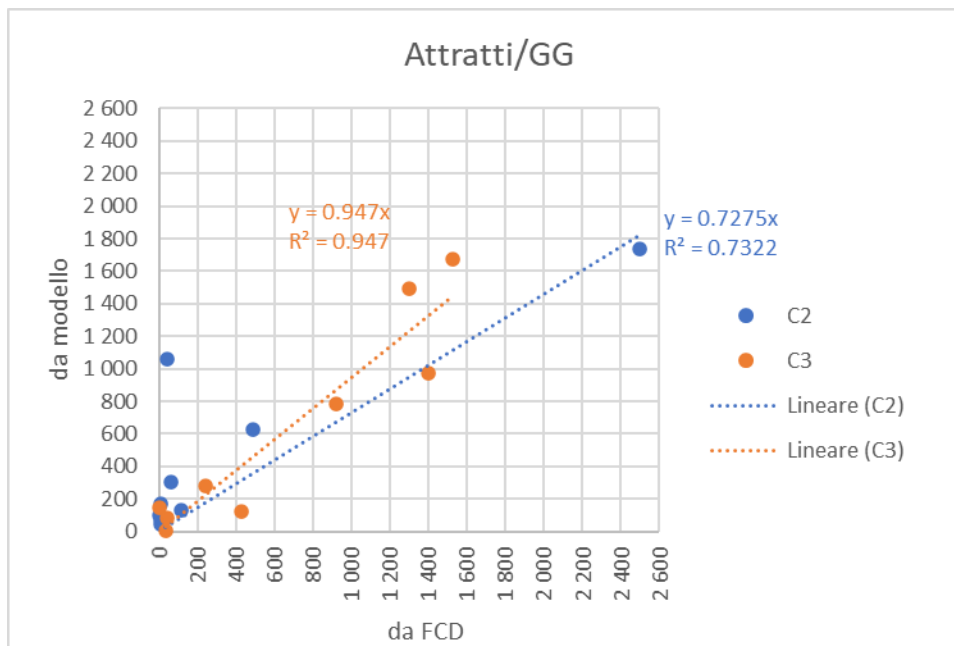
Statistics of regression-predictive models

Application of models

Values of the independent variables used and the values of the dependent variables from FCD estimation and model application:

	Current total Area [m2]	Number of companies in the area	Attracted /day C2 (FCD)	Attracted/day C2 (Model estimation)	Attracted/d ay C3 (FCD)	Attracted/day C3 (Model estimation)
Interport di Parma	2 520 000	90	112	138	920	787
Interport di Bologna	4 105 463	120	490	632	1 530	1 676
Polo Logistico Le Mose Piacenza	1 400 000	14	120	1 083	1 400	970
Polo Logistico Castel San Giovanni	2 000 000	13	2 500	1 772	1 300	1 489
Scalo Merci Dinazzano	272 000	7	8	72	426	125
Terminal intermodale di Rubiera	76 000	4	10	46	38	5
Terminal Lugo	190 000	1	9	176	2	145
Terminal Fiorenzuola	120 000	1	1	99	40	86
Magna Park Monticelli di Ongina	400 000	4	62	309	244	277

The comparison between the Y from FCD and the Y estimated by model:



The model succeeds to estimate with a good level of confidence the relative displacements to the vehicular class C3 while it estimates with greater in-certainty the relative displacements to the class C2.

The application of the model can be considered extensible to other realities of similar nature, for applications that have as their objective to estimate the traffic generated/attracted from logistic hubs with mixed use destination. The model, in fact, has been estimated starting from the analysis of logistic hubs, some of them include inter-modal yard and others not. The hubs are not specialized (at commodity or sectoral level) and they are all placed within the region Emilia Romagna.

The esteem becomes more reliable to the increase of the sample and the quality of the input data, therefore, although the methodology is applicable to analogous scopes, it is recommended to proceed preventively with the collection of specific data relative to similar areas to that for which the model is intended to be applied. This requirement becomes still stronger in case it is wished to apply the model to specialized logistic poles.

Distance distribution Analysis

For the logistics hubs considered, path distance classes were analyzed. Paths were reconstructed by aggregating trips (trips between engine on/off) with a short stop of less than 20 minutes or with a long stop of up to 10 hours if at a service area

For vehicles belonging to class C2 (see Chart 3-9), considering the smaller number of the sample, a similar behavior among the different poles is not evident. In the case of vehicles belonging to class C3 (see Chart 3-10), on the contrary, a greater homogeneity can be observed.

All trips made to and from the poles were considered even by unclassified vehicles (see Chart 3-11) and then average values were calculated, considering all trips regardless of the reference hub (see Chart 3-12).



	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km
Interport di Parma	13.25%	30.12%	27.71%	20.48%	8.43%	8.97%	30.77%	33.33%	17.95%	8.97%
Interport di Bologna	29.10%	19.26%	9.84%	11.89%	29.92%	24.30%	16.33%	11.55%	11.95%	35.86%
Polo Logistico Le Mose Piacenza	89.29%	3.57%	3.57%		3.57%	25.00%	3.57%	3.57%	21.43%	46.43%
Polo Logistico Castel San Giovanni		33.33%		33.33%	33.33%		33.33%	33.33%		33.33%
Scalo Merci Dinazzano				100.00 %					100.00 %	
Terminal intermodale di Rubiera	15.00%	37.50%	12.50%	25.00%	10.00%	33.33%	21.43%	14.28%	24.76%	4.76%
Terminal Lugo	100.00 %					100.00 %				
Terminal Fiorenzuola				100.00 %					100.00 %	
Magna Park Monticelli di Ongina	56.10%	12.20%	2.44%	2.44%	26.83%	20.51%	15.38%	2.56%		61.54%

Chart 3-9: distribution distance of Path inbound/outbound from logistics hubs by class C2 vehicles



	Inbound					Outbound				
	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km
Interport di Parma	27.27%	15.54%	11.14%	28.89%	17.16%	21.93%	16.74%	9.52%	25.25%	26.55%
Interport di Bologna	16.30%	3.78%	6.39%	28.29%	45.24%	14.42%	2.51%	6.48%	30.16%	46.43%
Polo Logistico Le Mose Piacenza	26.11%	10.90%	23.67%	22.67%	16.64%	24.31%	8.88%	20.23%	27.07%	19.51%
Polo Logistico Castel San Giovanni	17.01%	11.46%	16.32%	34.03%	21.18%	21.00%	9.25%	24.20%	29.18%	16.37%
Scalo Mercè Dinazzano	31.58%	14.04%	19.30%	22.81%	12.28%	12.07%	5.17%	48.28%	20.69%	13.79%
Terminal intermodale di Rubiera	15.00%	37.50%	12.50%	25.00%	10.00%	33.33%	21.43%	14.28%	24.76%	4.76%
Terminal Lugo		11.11%	11.11%		77.78%	11.11%	11.11%	11.11%	22.22%	44.44%
Terminal Fiorenzuola	7.69%		30.77%	34.62%	26.92%	30.77%	11.54%	3.85%	26.92%	26.92%
Magna Park Monticelli di Ongina	10.49%	8.02%	12.96%	50.62%	17.90%	10.98%	5.49%	29.27%	28.05%	26.22%

Chart 3-10: distribution distance of Path inbound/outbound from logistics hubs by class C3 vehicles

	Inbound					Outbound				
	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km	0-25 km	25-50 km	50-100 km	100-200 km	>200 km
Interport di Parma	25.26%	15.53%	15.06%	26.19%	17.96%	21.12%	15.44%	13.67%	25.95%	23.81%
Interport di Bologna	15.70%	7.73%	12.45%	24.14%	39.98%	13.91%	5.84%	12.77%	26.25%	41.24%
Polo Logistico Le Mose Piacenza	25.14%	9.89%	25.23%	23.75%	15.99%	21.29%	6.91%	25.49%	25.49%	20.82%
Polo Logistico Castel San Giovanni	13.86%	9.18%	18.54%	35.02%	23.41%	15.86%	12.77%	23.60%	29.79%	17.99%
Scalo Mercè Dinazzano	25.61%	8.69%	31.63%	21.16%	12.92%	17.43%	11.11%	33.77%	20.70%	16.99%
Terminal intermodale di Rubiera	15.00%	37.50%	12.50%	25.00%	10.00%	33.33%	21.43%	14.28%	24.76%	4.76%
Terminal Lugo	7.69%	3.85%	5.77%	9.62%	73.08%	15.38%	1.92%	28.85%	11.54%	42.31%
Terminal Fiorenzuola	16.67%		21.43%	45.24%	16.67%	19.05%	38.10%	2.38%	23.81%	16.67%
Magna Park Monticelli di Ongina	25.87%	7.26%	8.83%	31.23%	26.81%	17.86%	6.49%	18.18%	16.56%	40.91%

Chart 3-11: distribution distance of Path inbound/outbound from logistics hubs by all vehicles

Inbound					Outbound				
0-25	25-50	50-100	100-200	>200	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
			9 71%	17 30%				9 18%	

Chart 3-12: Average distribution distance of Path inbound/outbound from logistics hubs.

On the inbound side, it can be observed that, on average, around one third of journeys are short journeys (within 50 km), while over 50% are over 100 km. On the outbound side, there was a slight decrease in short journeys and an increase in long journeys (over 200 km).

Glossary

F: Fisher's or F-statistics, useful for analysis of variance to determine if variables are correlated by chance.

gdl: degree of freedom of the model. The value is returned among the statistics of the REGR.LIN function.

v1: degree of freedom of the numerator, useful for calculating the critical F on Fisher's tables. It is obtained by subtracting the value of gdl from the number of observations.

v2: degree of freedom of the denominator, useful in calculating the critical F on Fisher's tables. It is equal to the value of gdl.

Test T: Parametric statistical test used to test whether the mean value of a distribution deviates significantly from a reference value.

5. Assessment of the simulation model

The activity of assessment of the model of the Emilia-Romagna Region, developed on Visum software, has the purpose of evaluating the description of the offer model, through the use of data extracted from Here, geolocation platform that provides services and technologies for geographic data, and from the FCD database in possession of the Consultant.

The goal is to provide indications of any critical issues encountered so that they can be resolved. This section of the report describes the methodology applied.

The activity of Data Analytics carried out on the data sources used and finally the detailed results of the activity of Assessment of the model are contained in the "Annex 2 - REIF_Final Report_PA5_Allegato 1_Assessment modello" to the report, produced in Italian.

5.1. Data sources

The following data sources were considered for the Assessment activity of the Emilia-Romagna Region Visum simulation model:

- Skim Matrix of the model;
- Routing Matrix of Here;

- Floating Car Data statistics processed by GO-Mobility.

The contractor provided the Skim Matrix of the Visum model, containing the following indicators:

- Current Time,
- Current Speed,
- Distance

Calculated with loaded network, assigned for the two modes of transport of commercial vehicles, as simulated in the model (C2 < 110 quintals and C3 > of 110 quintals).

Here is the world's first geolocation platform. Created by the company Here founded in California in 1985, initially owned by NAVTEQ until 2007, then by Nokia and since 2015 by some major automotive companies Audi, BMW and Daimler, it provides services and technologies for geographic data.

The HERE platform was queried to extract Routing Matrices. Routing Matrices are matrices that provide for each OD pair the travel time and distance of the best route based on the selected criterion (Routing Type).

The service offered by Here allows to consider:

- traffic speed on highway links both in real time and when considering historical data;
- different modes of transport (from pedestrians to heavy vehicles);
- the size of heavy vehicles in order to take into account possible traffic restrictions.

It is also possible to select the type of Routing among:

- fastest (path of minimum time)
- shortest (minimum distance route);
- balanced (best route that takes into account both the travel time and the length)

The method "Shortest" was considered unsuitable for the purpose, therefore both "Fastest" and "Balanced" data were extracted, considering the traffic in the morning peak hour (departure at 7.30 am) for the Truck category. For origin and destination, the geographical position of the centroids of the Visum model was considered.

The third source considered is time and distance statistics processed by GO-Mobility based on trips and paths reconstructed from FCD data coming from VIASAT commercial vehicle database related to October 2019.

For convenience of reading, the definition of Trip and Path already provided in previous reports is given again:

- Trip: "elementary" ride, consisting of the sequence "power-on/ motion/power-off" points;
- Path: aggregations of consecutive Trips when the dwell time between them is less than 20 minutes, or 10 hours if made at a service area.

The paths considered are only those with a number of stops equal to 1, since the paths that do not include stops are already contained in the set of trips analyzed, while including paths with a greater number of stops could lead to including in the sample types of trips made by couriers, not of interest for this type of analysis.

It should be noted that the distances and times calculated using FCD do not refer to paths with origin and destination in the centroids of the zones but to actual paths with origin and destination located anywhere in the zones.

5.2. Methodologies

First, a Data Analytics activity was performed to analyze the individual sources used in order to better understand the data and correctly interpret the results of the comparison between different sources.

The Skim Matrix of the Visum model were then analyzed to identify any inconsistencies in the results between data for the C2 vehicle class and those for the C3 vehicle class.

The Routing Matrixes extracted from Here were then examined to understand which type of Routing to use when comparing with the data from the Visum model.

Finally, data from FCD were evaluated in order to verify on how many relations there was a sufficient sample to be used in the model assessment activity.

At the end of the Data Analytics activity, the model assessment activity was carried out, comparing the distances between OD provided by the different data sources and pointing out those relationships where significant differences were identified. For those relations where a good correspondence on the distances between the different data sources was found, the travel times were also compared.

5.3. Main Results

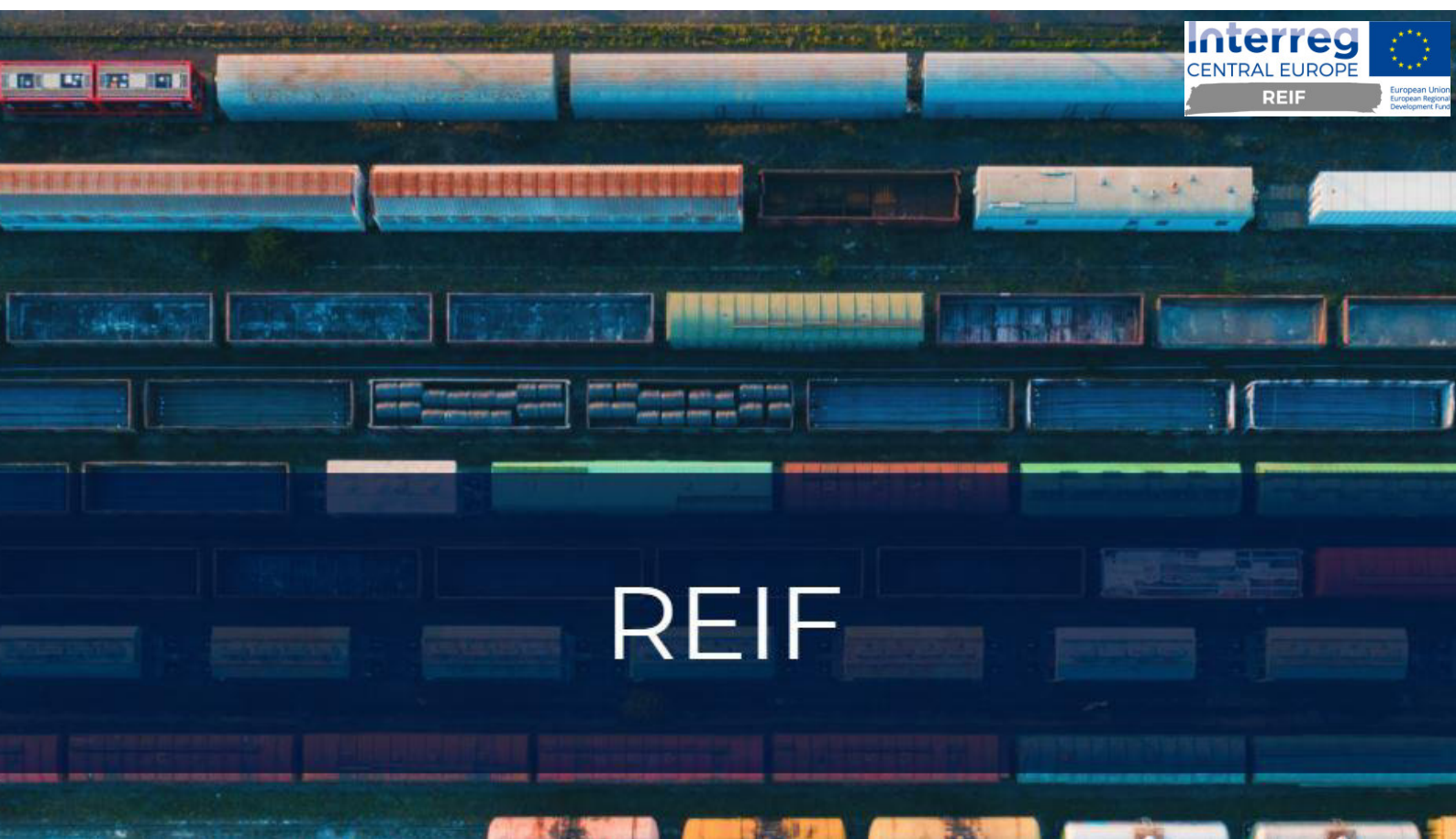
The main results achieved in the assessment of the simulation model are summarised below. The activities carried out and their complete results are reported in "Annex 2 - Model Assessment", produced in Italian language.

- There is a good correspondence between times and distance between data exchanged from the model and provided by other data sources (Here and FCD)
- Some punctual criticalities were found on some OD relations
- For some OD relations (top left point cloud) the distance of the path identified by Here differs by about 100 km compared to the distance reported in the Skim matrix of Visum
- For some relations, significant differences are observed in % terms and this occurs on nearby origins and destination
- It is considered appropriate that the model is not limited to the internal road network within the borders but also considers the main road network (at least freeway) in the neighboring areas outside the Region

ANNEX 2 - MODEL ASSESSMENT

Progetto REIF

Allegato 1 al Final Report: Assessment modello di simulazione



Assessment del modello attuare di simulazione effettuato attraverso i Big Data. Report di giudizi, considerazioni e raccomandazioni basate sulle verifiche delle SKIM prodotte dal modello sviluppato con software PTV Visum.

Maggio 2021

Introduzione

L'attività di Assessment del modello Visum della Regione Emilia-Romagna ha l'obiettivo di valutare la descrizione del modello di offerta, tramite l'utilizzo di dati estratti da Here, piattaforma di geolocalizzazione che fornisce servizi e tecnologie per dati di tipo geografico, e dal database FCD in possesso del Consulente.

L'obiettivo è quello di fornire indicazioni puntuali su eventuali criticità riscontrate così che possano essere risolte dai modellisti che si occupano del modello.

Il documento è strutturato in modo da descrivere, in primo luogo, la metodologia applicata e successivamente è stata descritta l'attività di Data Analytics effettuata sulle diverse fonti dati utilizzate ed infine i risultati dell'attività di Assessment del modello.

1. Metodologia

1.1. Fonti dati

Per l'attività di Assessment del modello di simulazione Visum della Regione Emilia-Romagna sono state prese in considerazione le seguenti fonti dati:

- Skim Matrix del modello Visum;
- Routing Matrix di Here;
- Statistiche sui Floating Car Data elaborati da GO-Mobility.

La Regione Emilia-Romagna ha fornito le **Skim Matrix** del modello **Visum** vale a dire le matrici degli indicatori di:

- a) Tempo Corrente,
- b) Velocità corrente,
- c) Distanza

Calcolati a rete carica assegnata per le 2 modalità di trasporto dei mezzi commerciali così come simulati nel modello (C2 < 110 quintali e C3 > di 110 quintali).

Here è la prima piattaforma di geolocalizzazione al mondo. Creata dall'azienda Here fondata in California nel 1985, inizialmente di proprietà della NAVTEQ fino al 2007, poi della Nokia e dal 2015 di alcune importanti aziende automobilistiche Audi, BMW e Daimler, fornisce servizi e tecnologie per dati di tipo geografico.

La piattaforma è stata interrogata per estrarre le **Routing Matrix**. Le matrici di routing sono matrici che forniscono per ogni coppia OD il tempo di viaggio e la distanza del miglior percorso sulla base del criterio selezionato (tipologia di Routing).

Il servizio offerto da Here permette di considerare:

- la velocità del traffico sugli archi autostradali sia in tempo reale che considerando dati storici;
- diversi modi di trasporto (dai pedoni ai mezzi pesanti);
- le dimensioni dei mezzi pesanti per tener conto di eventuali limitazioni alla circolazione.

E' inoltre possibile selezionare la tipologia di Routing tra:

- fastest (percorso di minimo tempo);

- shortest (percorso di minima distanza);
- balanced (percorso migliore che tiene conto sia del tempo di percorrenza che della lunghezza)

Si è ritenuto che il metodo shortest non sia adatto allo scopo, sono stati quindi estratti sia i dati relativi alla tipologia Fastest che Balanced considerando il traffico nell'ora di punta della mattina (partenza ore 7.30) per la categoria Truck. Per origine e destinazione è stata considerata la posizione geografica dei centroidi del modello Visum.

La terza fonte considerata è costituita dalle statistiche dei tempi e distanze elaborata da GO-Mobility sulla base dei trip e dei path ricostruiti dai dati **FCD** proveniente da database dei veicoli commerciali VIASAT relativo ad ottobre 2019.

Per comodità di lettura si riporta nuovamente la definizione di trip e di path già fornita in precedenti reportistiche.

Trip: viaggio "elementare", costituito da un punto di accensione-punti di moto-punto di spegnimento;

Path: viaggi che possono essere anche aggregazioni di Trip se il tempo di sosta è inferiore ai 20 minuti o alle 10 ore se effettuato presso un'area di servizio.

I path considerati sono solo quelli con numero di soste pari a 1, in quanto i path che non comprendono soste sono già contenuti nell'insieme dei trip analizzati, mentre comprendere path con un numero maggiore di soste potrebbe portare ad inserire nel campione tipologie di viaggio effettuate da corrieri, non di interesse per questo tipo di analisi.

Si osserva che le distanze e i tempi calcolati tramite FCD non sono riferiti ai percorsi con origine e destinazione nei centroidi delle zone ma ai percorsi reali con origine e destinazione localizzata in qualsiasi punto delle zone.

1.2. Tecniche utilizzate per l'assessment del modello Visum

In primo luogo, è stata effettuata un'attività di Data Analytics per analizzare le singole fonti utilizzate per poter comprendere meglio il dato e interpretare correttamente i risultati del confronto fra fonti diverse.

Sono state, quindi, analizzate le Skim Matrix del modello Visum per individuare eventuali incoerenze di risultati tra dati relativi alla classe veicolare C2 e quelli relativi alla classe veicolare C3.

Sono state successivamente analizzate le Routing Matrix estratte da Here per comprendere quale tipologia di Routing utilizzare nel confronto con i dati da modello Visum.

Infine, sono stati analizzati i dati da FCD per verificare su quante relazioni ci fosse un campione sufficiente da utilizzare nell'attività di assessment del modello.

Al termine dell'attività di Data Analytics è stata effettuata l'attività di valutazione del modello, confrontando le distanze tra OD fornite dalle diverse fonti dati ed segnalando puntualmente

quelle relazioni in cui sono state individuate delle differenze significative. Per le relazioni od in cui è stata riscontrata una buona corrispondenza sulle distanze tra le diverse fonti dati sono stati confrontati anche i tempi di percorrenza.

Nei capitoli seguenti si riportano nel dettaglio le attività svolte e i risultati delle stesse.

2. Data Analytics

2.1. Analisi preliminare Skim Matrix Visum

In primo luogo, è stata effettuata una **verifica preliminare dei dati VISUM**, forniti dalla committenza sotto forma di skim matrix di distanze e tempi.

Dall'analisi della matrice delle distanze si evidenzia che per 150.489 relazioni (esclusa diagonale della matrice) la distanza tra le due origini e destinazioni assume lo stesso valore per i segmenti di domanda C2 e C3.

Si osserva, tuttavia, che molte relazioni presentano un valore di distanza superiore per la classe C2, mentre si attende, data la massa maggiore dei veicoli appartenenti alla classe C3, eventuali allungamenti di percorso per questi ultimi dovuti a limitazioni della circolazione e quindi ad archi non abilitati a questo segmento di domanda. Teoricamente, il grafico atteso, in cui sull'asse delle ascisse sono riportate le distanze relative alla classe C3 e sull'asse delle ordinate sono riportate le distanze relative alla classe C2 dovrebbe riportare la maggior parte dei punti distribuiti lungo la retta a 45° e dei punti distribuiti casualmente al di sotto di questa.

Si osserva, inoltre, come molti dei punti in cui la distanza per la classe C2 è maggiore di quella per la classe C3 siano distribuiti lungo una retta, come se ci fosse un errore sistematico.

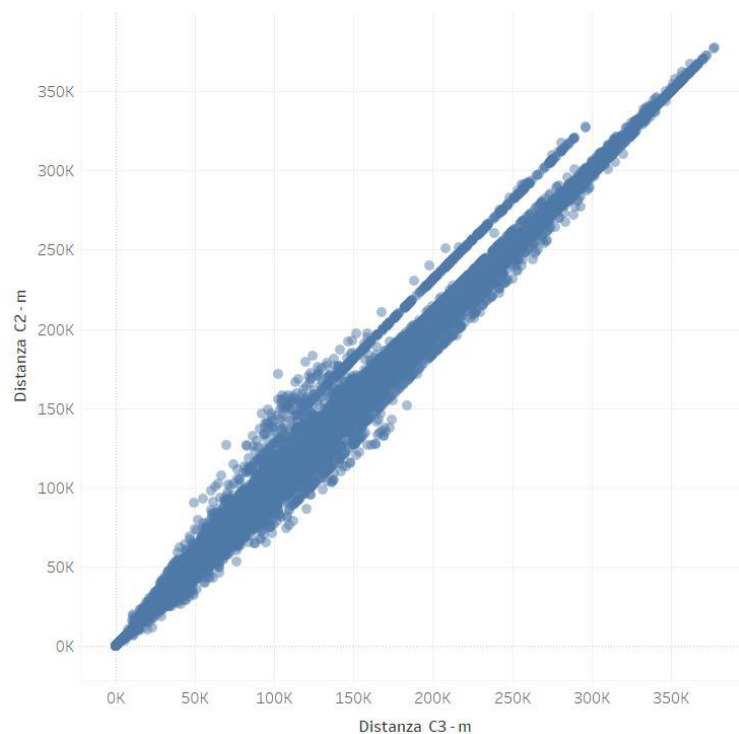


Figura 2-1 Scattergram Distanze OD Visum per classi C2 e C3

Dall'analisi delle relazioni lungo la retta «anomala» o per le quali si osserva un valore maggiore di distanza per la classe C2, si segnalano:

a) le seguenti **zone di destinazione** (nome e codice) per le quali si registrano:

- la non-conformità su oltre 300 relazioni:
 - POGGIO BERNI – 99012000;
 - PORTO – 37006011;
 - TALAMELLO – 99027000;
 - TORRIANA – 99019000;
- la non-conformità su oltre 200 relazioni:
 - CORNIGLIO – 34012000;
 - GUALTIERI – 35023000;
 - NOVELLARA – 35028000.
- la non-conformità su oltre 100 relazioni:
 - AEROPORTO – 37006022;
 - BASTIGLIA – 36001000;
 - BORGO PANIGALE NORD – 37006021;
 - BORGO PANIGALE SUD – 37006020;
 - CALDERARA DI RENO – 37009000;

- CORTICELLA – 37006023;
- MODENA ZONA 2 – 36023002;
- PRATI DI CAPRARA – 37006012;
- S. VIOLA – 37006015;
- SALA BOLOGNESE – 37050000;
- SAN GIOVANNI IN PERSICETO – 37053000;
- SAN POSSIDONIO – 36038000;
- SANT'AGATA BOLOGNESE – 37056000.

b) le seguenti **zone di origine** (nome e codice) per le quali si registrano:

- la non-conformità su oltre 300 relazioni:
 - CERVIA – 39007000;
 - GAGGIO MONTANO – 37027000;
 - GRANAGLIONE – 37029000;
 - LIZZANO IN BELVEDERE – 37033000;
 - MONTEFIORE CONCA – 99008000;
 - MORCIANO DI ROMAGNA – 99011000;
 - PORRETTA TERME – 37049000;
 - RIMINI CENTRO STORICO – 99014001;
 - RIMINI ZONA 2 – 99014002;
 - RIMINI ZONA 7 – 99014007;
 - SANT'ARCANGELO DI ROMAGNA – 99018000;
 - VERGATO – 37059000;
- la non-conformità su oltre 200 relazioni:
 - CORNIGLIO – 34012000;
 - FORLÌ ZONA 3 – 40012003;
 - FORLÌ ZONA 6 - .40012006;
 - NOVELLARA – 35028000;
- la non-conformità su oltre 100 relazioni:
 - BENTIVOGLIO – 37005000;
 - CASALECCHIO DI RENO – 37011000;
 - CASTELFRANCO EMILIA – 36006000;
 - MONTESE – 36026000;
 - PARMA CENTRO STORICO – 34027001.

Sempre relativamente alla verifica delle skim da Visum, la distribuzione delle differenze di distanza in termini assoluti tra O-D per le classi C2 e C3 si riportano in Figura 2-2 e in termini % in Figura 2-3.

Si osserva che nella maggior parte dei casi l'errore è relativo a pochi km che corrispondono a quota non significativa del percorso totale, tuttavia per alcune relazioni l'errore può essere significativo.

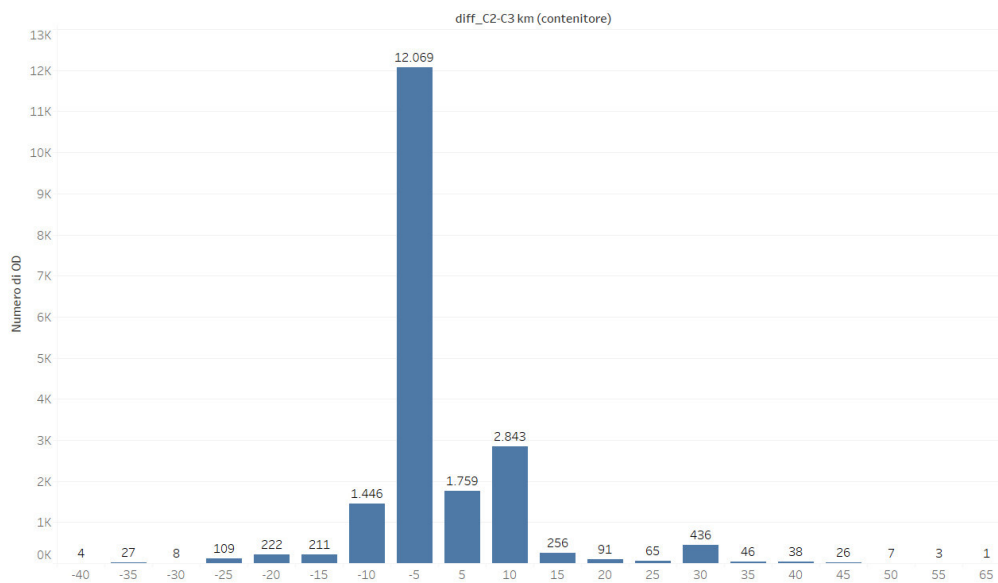


Figura 2-2: Distribuzione delle differenze assolute di distanza tra OD per C2 e C3

La lettura del grafico in Figura 2-2 ci dice, ad esempio, che per 2.843 coppie O-D viene rilevata una differenza compresa tra 5 e 10 km tra le distanze calcolate per i veicoli C2 e quelli C3.

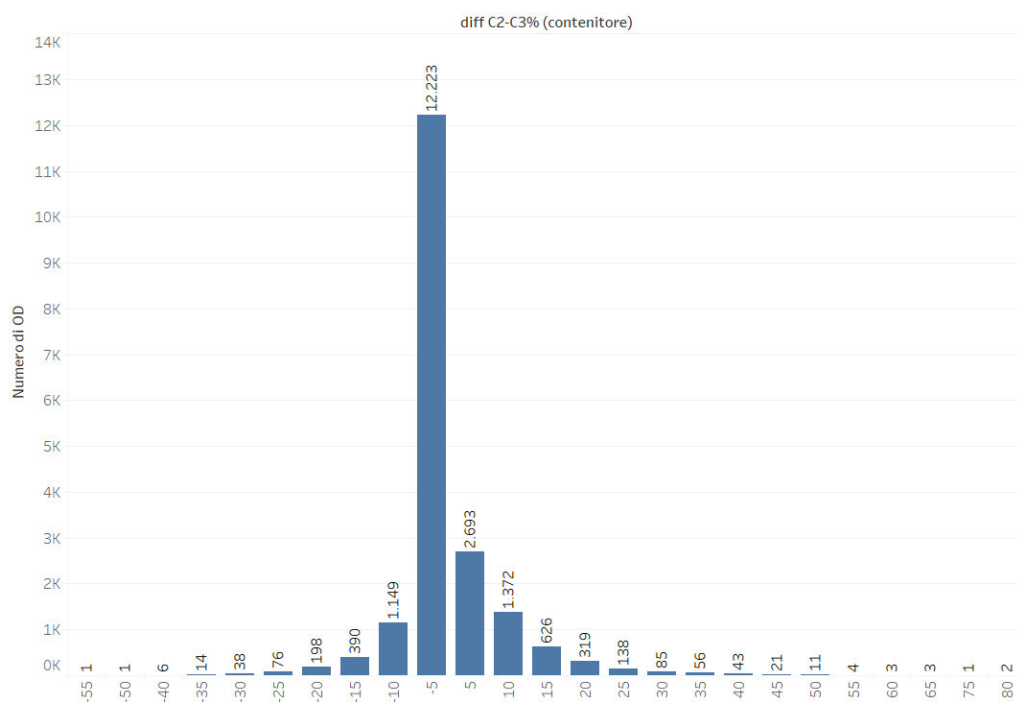


Figura 2-3 : Distribuzione delle differenze % di distanza tra OD per C2 e C3

La lettura del grafico in Figura 2-3 ci dice, ad esempio, che per 1.372 coppie O-D viene rilevata una differenza compresa tra il 5% e il 10% tra le distanze calcolate per i veicoli C2 e quelli C3.

Si suggerisce di verificare sul modello VISUM che tutti gli archi abilitati al segmento di domanda C3, siano abilitati anche al segmento di domanda C2.

La verifica dei dati Visum per la skim matrix dei tempi correnti è stata eseguita per le relazioni in cui si evidenzia la stessa distanza tra relazioni OD calcolata per entrambe le categorie C2 e C3. Si evidenzia come, correttamente, la differenza tra C2 e C3 restituisca sempre valori negativi (tempi con C2 inferiori a tempi con C3) di cui:

- il 32% circa delle relazioni presenta lo stesso valore di tempo di percorrenza per i due segmenti di domanda;
- il 40% circa delle relazioni presenta una differenza contenuta nei 5 minuti;
- il 22% circa delle relazioni presenta una differenza contenuta tra 5 e 10 minuti;
- la restante parte presenta una differenza dei tempi di percorrenza maggiore fino a 20 min.

La differenza dipende certamente dalla lunghezza del percorso. Infatti, tra relazioni più distanti, differenze di velocità tra le classi veicolari possono determinare differenze maggiori dei tempi di percorrenza.

Le variazioni di velocità per le due classi sono contenute nei 5 km/h ad eccezione di circa 1.600 relazioni in cui le differenze superano i 10 km/h.

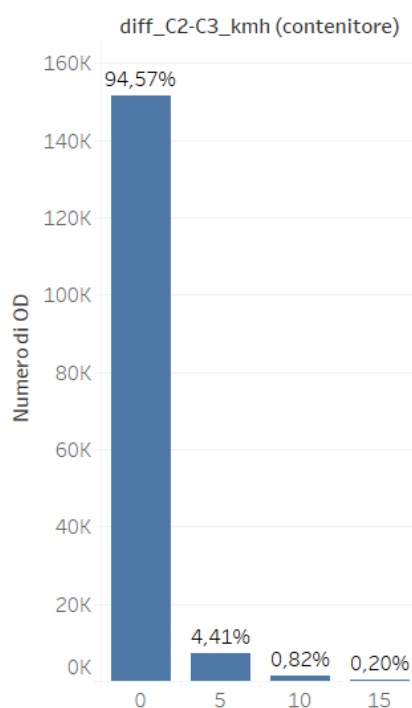


Figura 2-4: Distribuzione % delle variazioni di velocità tra la classe C2 e C3 **per le relazioni che presentano stesso valore di distanza tra le due classi.**

2.2. Analisi preliminare Routing Matrix Here

La piattaforma Here è stata interrogata per estrarre le **Routing Matrix**. Le matrici di routing sono matrici che forniscono per ogni coppia OD il tempo di viaggio e la distanza. Il servizio offerto da Here permette di considerare:

- la velocità del traffico sugli archi autostradali sia in tempo reale che considerando dati storici;
- diversi modi di trasporto (dai pedoni ai mezzi pesanti);
- le dimensioni dei mezzi pesanti per tener conto di eventuali limitazioni alla circolazione.

E' inoltre possibile selezionare la tipologia di Routing tra:

- fastest (percorso di minimo tempo);
- shortest (percorso di minima distanza);
- balanced (percorso migliore che tiene conto sia del tempo di percorrenza che della lunghezza)

Si è ritenuto che il metodo shortest non sia adatto allo scopo, sono stati quindi estratti sia i dati relativi alla tipologia Fastest (FT, Fastest Type) che Balanced (BT, Balance Type) considerando il traffico nell'ora di punta della mattina (partenza ore 7.30) per la categoria Truck (motrice). Per origine e destinazione è stata considerata la posizione geografica dei centroidi.

Dallo scattergram dei punti che hanno per coordinate la distanza tra OD calcolata con il Routing di tipo Fastest e quella calcolata con il tipo Balance si osserva che la distanza dei percorsi tra OD individuati in base al criterio del minimo tempo sono per alcune relazioni maggiori di quelle dei percorsi individuati con il criterio che considera sia tempi che distanze e che la differenza può essere anche di 100 km.

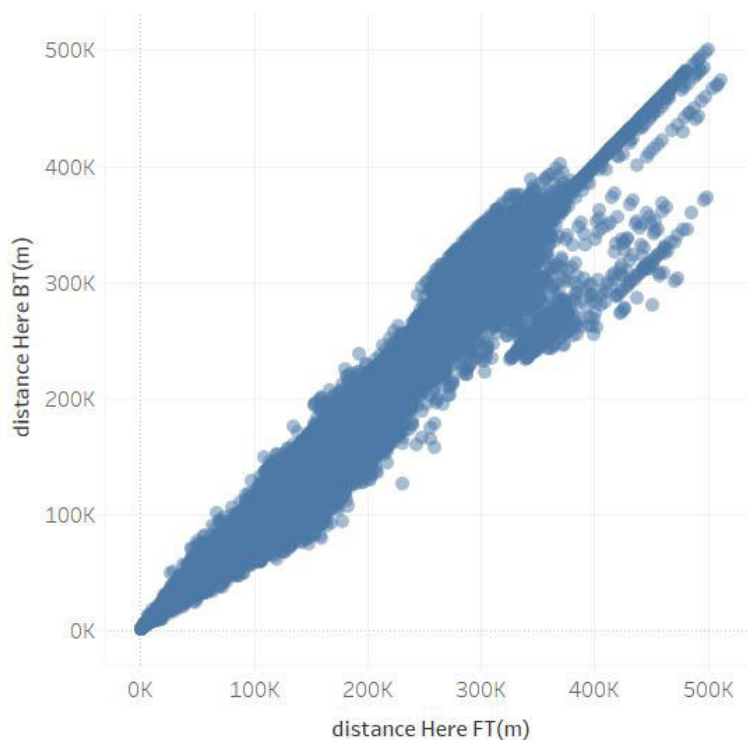


Figura 2-5: Scattergram delle distanze tra OD calcolate con i metodi FT e BT

Che per circa 72.000 relazioni è individuato lo stesso percorso mentre per le restanti 93.000 il percorso restituito con le due metodologie è differente. Di queste ultime relazioni si osserva che la maggior parte delle relazioni presenta differenze contenute nei 10 km, tuttavia per alcune relazioni le differenze sono molto significative. Verificando un campione di queste relazioni si osserva che il percorso di tempo minimo analizzato è costituito per lo più da tratte autostradali a volte anche esterne alla Regione.

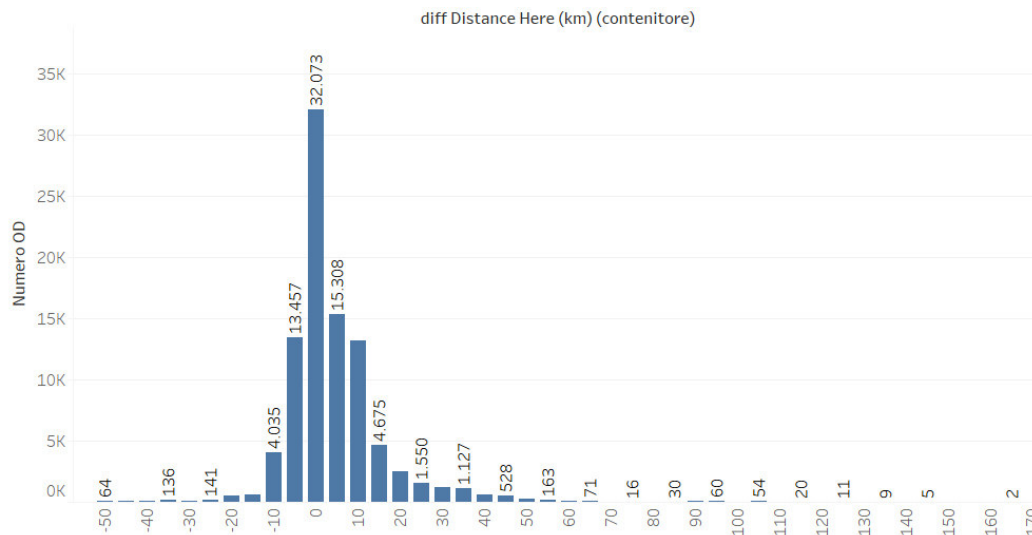


Figura 2-6: Distribuzione differenze di distanza tra percorso fastest e balanced per relazioni con differenze non nulle

Verificando quanto questa differenza in termini assoluti incida sull'intero percorso si osserva che nella maggior parte delle relazioni la differenza incide fino al 10% (in valore assoluto) sulla distanza del percorso individuato con il metodo fastest.

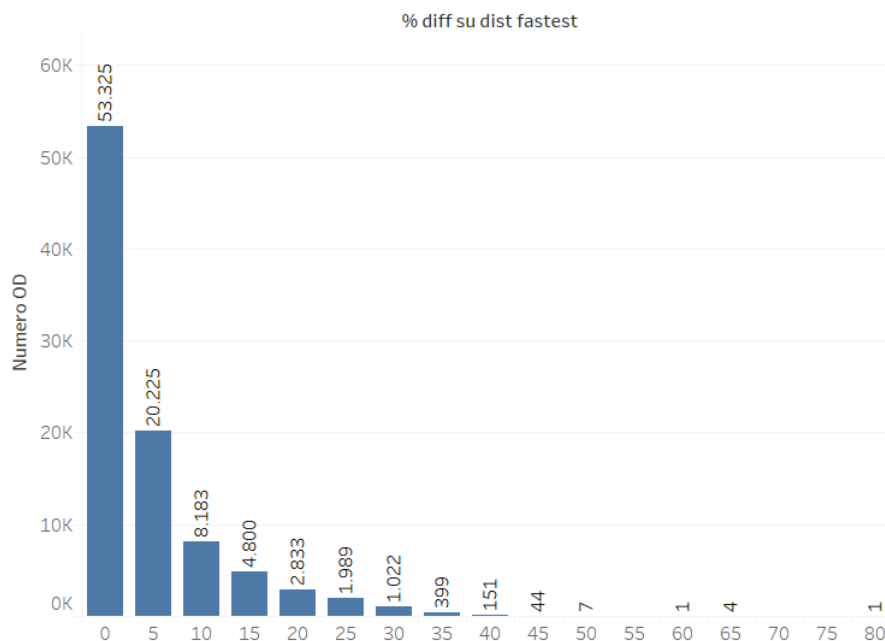
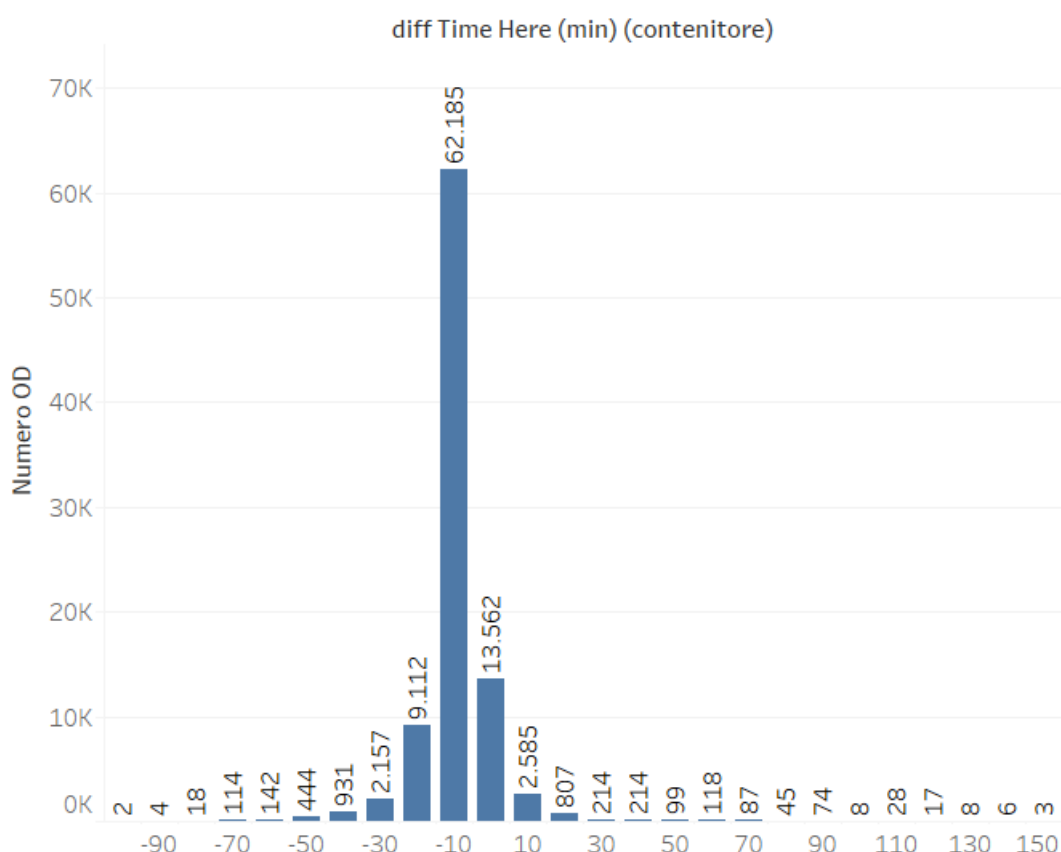


Figura 2-7: Distribuzione differenze di distanza tra percorso fastest e balanced per relazioni con differenze non nulle, quota su distanza percorso fastest



Si ritiene che i dati relativi ai percorsi individuati con il metodo balanced siano quelli più idonei ad essere utilizzati per il confronto con le Skim Matrix del modello Visum.

2.3. Analisi preliminare FCD

La terza fonte considerata sono i Floating Car Data da database dei veicoli commerciali VIASAT relativo ad ottobre 2019.

In particolare, è costituita dalle statistiche dei tempi e distanze elaborata da GO-Mobility sulla base dei trip e dei path ricostruiti dai dati **FCD** proveniente da database dei veicoli commerciali VIASAT relativo ad ottobre 2019.

Per comodità di lettura si riporta nuovamente la definizione di trip e di path già fornita in precedenti reportistiche.

Trip: viaggio "elementare", costituito da un punto di accensione-punti di moto-punto di spegnimento;

Path: viaggi che possono essere anche aggregazioni di Trip se il tempo di sosta è inferiore ai 20 minuti o alle 10 ore se effettuato presso un'area di servizio.

I path considerati sono solo quelli con un'unica sosta, per evitare di inserire nel campione viaggi con molte soste, solitamente effettuati da corrieri, in quanto i path che non comprendono soste

sono già contenuti nell'insieme dei trip analizzati. Considerare anche i path permette di avere delle statistiche anche su origini e destinazioni più distanti.

I trip e i path considerati per l'analisi sono stati selezionati sulla base dei seguenti criteri:

- interni alla Regione, vale a dire con origine e destinazione interne alla Regione;
- non intrazonali;
- feriali;
- nell'ora di punta della mattina, vale a dire con partenza compresa tra le 7:00 e le 9:00 o arrivo compreso tra le 7:00 e le 9:00.

Il campione risulta coprire circa 8.900 relazioni od ed oltre 39.000 viaggi monitorati in un mese.

Tuttavia, le relazioni od per le quali ci sono almeno 5 viaggi sono 1.800 con circa 27.650 viaggi monitorati in un mese.

3. Model Assessment

3.1. Confronto Skim Matrix Visum – Routing Matrix Here

Distanze e tempi dei percorsi individuati con il metodo balanced sul db Here sono stati messi a confronto con le skim estratte dal modello Visum.

Dal confronto emergono alcune differenze importanti su alcune relazioni.

Come si può osservare nello scattergram riportato in Figura 3-1, per alcune relazioni OD (nuvola di punti che si distingue dal resto dei punti) la distanza del percorso individuato da Here differisce di circa 100 km rispetto alla distanza riportata nelle Skim matrix di Visum.

Il coefficiente di determinazione R^2 è molto buono e pari a 0,99. Il coefficiente della retta di regressione è pari a circa 1,03.

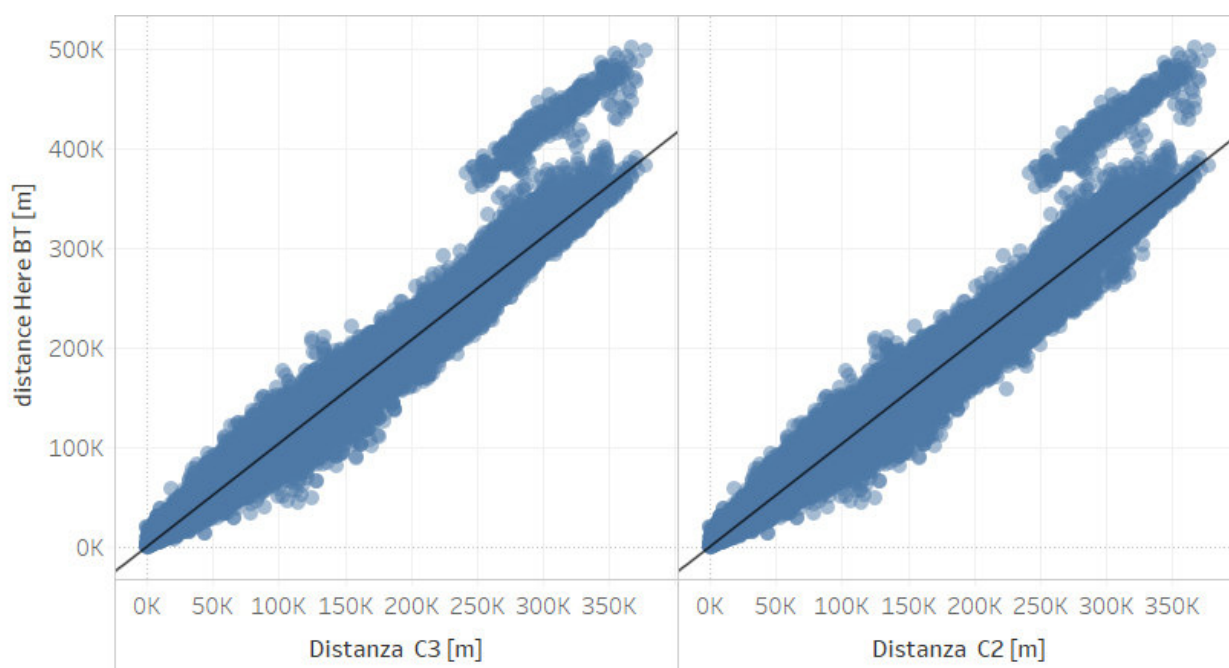


Figura 3-1; Confronto distanze Skim matrix Visum – Routing Matrix Skim

Dall'osservazione dei punti che rappresentano le relazioni OD, si osserva che questa differenza è sistematicamente più elevata (oltre 100 km) rispetto a quella estratta da modello Visum in destinazione alle seguenti zone

- Cerignale 33015000
- Ottone 33030000
- Zerba 33047000

Tali zone sono localizzate sull'Appennino al confine tra Emilia-Romagna e Liguria.

Dalle verifiche effettuate risulta che i percorsi individuati da Here per raggiungere queste zone comprende tratte autostradali esterne alla Regione Emilia – Romagna.

Le motivazioni possono essere ricondotte alle seguenti:

- a) che nell'intervallo orario di riferimento (punta mattina) il percorso che comprende una tratta autostradale esterna è più conveniente (considerate distanze e tempi) di uno costituito da una strada di rango inferiore che risulta maggiormente congestionata;
- b) sulla rete di rango inferiore interna alla Regione esistono delle limitazioni alla circolazione dei mezzi pesanti.

Si osserva che il percorso individuato non è presente sul modello di offerta VISUM in quanto comprende tratte stradali esterne al territorio regionale.

Escludendo le relazioni verso queste tre destinazioni. Lo scattergram appare come in Figura 3-2

•

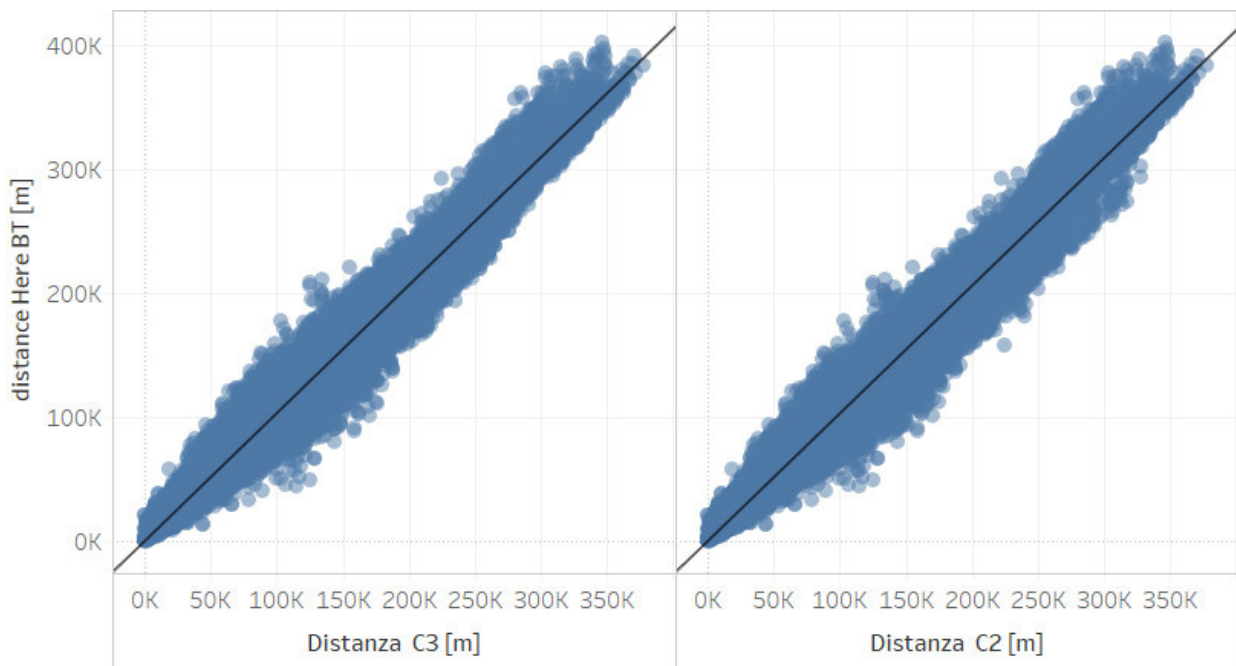


Figura 3-2: Confronto distanze (escluse D 33015000, 33030000, 33047000)

Verificando le differenze di distanza in termini assoluti si osserva che, escluse le relazioni con destinazione i comuni di Cerignale, Ottone e Zerba, per la maggior parte delle relazioni (circa l'83%) le differenze sono contenute entro i 10 km (Figura 3-2). Tuttavia, per alcune relazioni si osservano delle differenze significative.

In Tabella 3-1 si riportano le relazioni OD che presentano una differenza tra la distanza da modello Visum e quella fornita da Here superiore a 60 km. Si osserva che molte relazioni sono tra zone prossime al confine del territorio regionale, per le quali Here individua come miglior percorso una soluzione che prevede viabilità autostradale esterna alla Regione.

Valutando il peso della differenza tra la distanza Here e quella fornita dal modello Visum sul percorso totale, risulta che per oltre il 70% delle relazioni, risulta che la differenza è contenuta nel 10% del totale della distanza tra OD.

Tuttavia, per alcune relazioni, si osservano differenze significative in termini % e questo si verifica, in particolare, sulle origini e destinazioni vicine. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano le relazioni per le quali la distanza Here è superiore a 2,5 volte la distanza da modello.

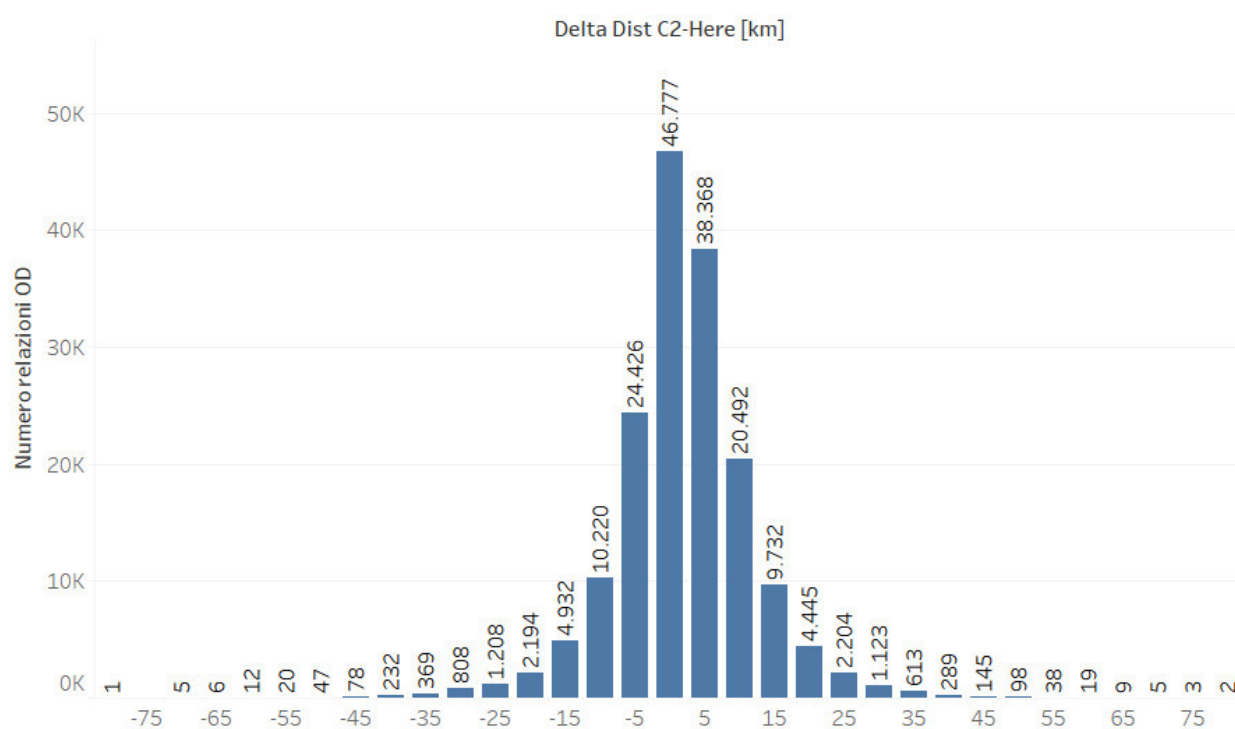


Figura 3-3: Distribuzione delle differenze di distanza OD

Nome Zona origine	ID origin	Nome Zona Destinazione	ID destination	Distance C2 - m	Distance C3 - m	Distance Here BT(m)
BAGNO DI ROMAGNA	40001000	GAZZOLA	33022000	300 997	300 997	361 645
CALENDASCO	33008000	TORNOLO	34040000	98 189	98 189	159 487
CAMUGNANO	37010000	CASTEL DEL RIO	37014000	128 392	128 392	66 319
		PREMILCUORE	40033000	174 343	174 343	112 934
CASTEL DI CASIO	37015000	CASTEL DEL RIO	37014000	143 887	143 887	80 903
		MONCHIO DELLE CORTI	34022000	134 851	134 851	200 456
		PALANZANO	34026000	133 777	133 777	210 682
CASTEL SAN GIOVANNI	33013000	TORNOLO	34040000	105 756	105 756	171 922
CASTIGLIONE DEI PEPOLI	37022000	CASOLA VALSENIO	39005000	129 053	129 053	66 479
		CASTEL DEL RIO	37014000	124 537	124 537	49 068
		FONTANELICE	37026000	117 180	117 180	52 283
		PORTICO E SAN BENEDETTO	40031000	158 224	158 224	91 414
		PREMILCUORE	40033000	170 488	170 488	101 060
GAGGIO MONTANO	37027000	MONCHIO DELLE CORTI	34022000	125 040	125 040	206 716
GRANAGLIONE	37029000	PALANZANO	34026000	141 478	164 598	205 221
MEZZANI	34021000	VIGARANO MAINARDA	38022000	102 584	102 584	177 278
MIRABELLO	38016000	CORNIGLIO	34012000	225 310	194 036	158 743
MISANO ADRIATICO	99005000	TORNOLO	34040000	311 615	311 615	375 439
MONCHIO DELLE CORTI	34022000	CASTEL DI CASIO	37015000	134 851	134 851	198 869
		GAGGIO MONTANO	37027000	125 040	125 040	208 530
		PORRETTA TERME	37049000	132 937	132 937	202 823
MONDAINO	99006000	CASTELL'ARQUATO	33012000	280 048	280 048	356 639
		LUGAGNANO VAL D'ARDA	33026000	284 993	284 993	361 958
		MORFASSO	33028000	303 270	303 270	378 217
MONGHIDORO	37040000	BETTOLA	33004000	213 603	216 506	273 858
		FARINI	33019000	222 125	225 028	292 907
		FERRIERE	33020000	234 659	237 562	296 095
		NOCETO	34025000	155 203	155 203	221 235
		PONTE DELL'OLIO	33036000	201 439	204 342	262 093
MONTE COLOMBO	99007000	TORNOLO	34040000	314 925	314 925	382 681
MONTE GRIDOLFO	99009000	LUGAGNANO VAL D'ARDA	33026000	285 629	285 629	357 842
		MORFASSO	33028000	303 906	303 906	374 101
MONTESCUDO	99010000	PIANELLO VAL TIDONE	33033000	317 142	317 142	379 820
Piacenza centro storico	33032001	TORNOLO	34040000	87 908	87 908	151 461
Piacenza zona 3	33032003	TORNOLO	34040000	89 408	89 408	150 814
Piacenza zona 4	33032004	TORNOLO	34040000	86 255	86 255	147 412
PORRETTA TERME	37049000	MONCHIO DELLE CORTI	34022000	132 937	156 057	202 785
PORTICO E SAN BENEDETTO	40031000	CASTIGLIONE DEI PEPOLI	37022000	158 414	158 414	88 726
RICCIONE	99013000	TORNOLO	34040000	306 505	306 505	371 995
ROCCABIANCA	34030000	MIRABELLO	38016000	126 616	126 616	194 800
		VIGARANO MAINARDA	38022000	129 087	129 087	193 582
RONCOFREDDO	40037000	GAZZOLA	33022000	273 908	273 908	334 435
SAN BENEDETTO V. S.	37051000	CASTEL DEL RIO	37014000	114 154	114 154	44 550
		FONTANELICE	37026000	106 797	106 797	45 765
TORRIANA	99019000	GAZZOLA	33022000	281 346	281 346	343 727

Nome Zona origine	ID origin	Nome Zona Destinazione	ID destination	Distance C2 - m	Distance C3 - m	Distance Here BT(m)
VERGHERETO	40050000	GAZZOLA	33022000	308 075	308 075	375 873
		GRAGNANO TREBBIENSE	33024000	304 441	304 441	365 602
		PIANELLO VAL TIDONE	33033000	327 018	327 018	388 948
		ROTOFRENO	33039000	298 038	298 038	362 118
ZIBELLO	34048000	MIRABELLO	38016000	135 153	170 109	197 828

Tabella 3-1: Relazioni OD con differenza di distanze tra Modello Visum e Here superiore a 60 km

Nome Zona origine	Origin	Nome Zona Destinazione	Destination	Distanza C2 - m	Distanza C3 - m	distance Here BT(m)
AGAZZANO	33001000	PIOZZANO	33034000	2 860	2 860	16 364
ALFONSINE	39001000	Ravenna zona 3 - Forese Nord	39014003	3 970	3 970	17 651
ARGELATO	37002000	SAN GIORGIO DI PIANO	37052000	3 049	3 049	13 688
BAGNARA DI ROMAGNA	39003000	SOLAROLO	39018000	5 525	5 525	22 656
BAZZANO	37004000	CREPELLANO	37023000	2 071	2 071	11 553
BORGTOSSIGNANO	37007000	CASALFIUMANESE	37012000	4 206	4 206	15 373
BRESCELLO	35006000	BORETTO	35005000	2 914	2 914	18 934
CASALFIUMANESE	37012000	BORGTOSSIGNANO	37007000	4 206	4 206	22 382
CASTELBOLOGNESE	39006000	SOLAROLO	39018000	6 738	6 738	24 128
CASTELVETRO	36008000	CASTELNUOVO RANGONE	36007000	6 341	6 341	23 261
CAVEZZO	36009000	MEDOLLA	36021000	2 977	2 977	11 686
CENTO	38004000	PIEVE DI CENTO	37048000	1 627	1 627	9 238
Centro storico est	37006002	Piazza Maggiore	37006001	235	235	2 198
Centro storico nord	37006006	Bolognina	37006013	903	903	4 507
		Piazza Maggiore	37006001	200	200	1 789
Centro storico ovest	37006005	Piazza Maggiore	37006001	200	200	1 083
Centro storico sud	37006003	Centro storico sud-ovest	37006004	200	200	1 890
		Piazza Maggiore	37006001	200	200	3 970
Centro storico sud-ovest	37006004	Centro storico ovest	37006005	466	466	1 996
		Centro storico sud	37006003	200	200	1 941
		Piazza Maggiore	37006001	200	200	2 087
Cesena centro storico	40007001	Cesena zona 2	40007002	534	534	1 979
		Cesena zona 5	40007005	1 605	1 605	8 705
		Cesena zona 6	40007006	1 281	1 281	9 880
Cesena zona 2	40007002	Cesena centro storico	40007001	534	534	2 924
		Cesena zona 6	40007006	2 713	2 713	12 245
Cesena zona 5	40007005	Cesena centro storico	40007001	1 605	1 605	8 849
		Cesena zona 6	40007006	4 067	4 067	18 648
Cesena zona 6	40007006	Cesena centro storico	40007001	1 281	1 281	9 727
		Cesena zona 2	40007002	2 713	2 713	11 822
		Cesena zona 4	40007004	6 737	6 737	27 183
		Cesena zona 5	40007005	4 067	4 067	18 425
		Cesena zona 7	40007007	2 690	2 690	10 744
Cesena zona 7	40007007	Cesena centro storico	40007001	1 747	1 747	6 988

Nome Zona origine	Origin	Nome Zona Destinazione	Destination	Distanza C2 - m	Distanza C3 - m	distance Here BT(m)
		Cesena zona 6	40007006	2 690	2 690	10 672
CIVITELLA DI ROMAGNA	40009000	GALEATA	40014000	2 904	2 904	14 978
Colli	37006010	Piazza Maggiore	37006001	1 031	1 031	4 935
Corticella	37006023	Via ferrarese	37006024	2 125	2 125	10 246
CRESPELLANO	37023000	BAZZANO	37004000	2 071	2 071	11 938
CREVALCORE	37024000	RAVARINO	36034000	2 338	2 338	12 474
FABBRICO	35021000	ROLO	35035000	5 343	5 343	20 795
FANANO	36011000	SESTOLA	36043000	200	200	20 780
FELINO	34013000	SALA BAGANZA	34031000	2 115	2 115	10 242
Ferrara centro storico	38008001	Ferrara zona 3	38008003	2 524	2 524	14 147
		Ferrara zona 5	38008005	2 985	2 985	18 650
Ferrara zona 3	38008003	Ferrara centro storico	38008001	2 524	2 524	16 055
		Ferrara zona 5	38008005	5 308	5 308	19 886
Ferrara zona 5	38008005	Ferrara centro storico	38008001	2 985	2 985	13 059
		Ferrara zona 3	38008003	5 308	5 308	19 876
FIORANO MODENESE	36013000	SASSUOLO	36040000	1 793	1 793	8 973
Forlì centro storico	40012001	Forlì zona 4	40012004	2 486	2 486	9 838
		Forlì zona 5	40012005	2 135	2 135	9 966
Forlì zona 2	40012002	Forlì centro storico	40012001	1 456	1 456	11 174
		Forlì zona 4	40012004	1 230	1 230	8 534
Forlì zona 4	40012004	Forlì zona 2	40012002	1 230	1 230	8 664
		Forlì zona 5	40012005	3 209	3 209	11 566
Forlì zona 5	40012005	Forlì centro storico	40012001	2 135	2 135	10 745
FORNOVO DI TARO	34017000	VARANO DE MELEGARI	34045000	8 193	8 193	30 680
GALEATA	40014000	CIVITELLA DI ROMAGNA	40009000	2 904	2 904	14 967
GRIZZANA	37031000	VERGATO	37059000	6 443	6 443	25 733
GUIGLIA	36017000	MARANO SUL PANARO	36020000	8 292	8 292	30 143
LUGAGNANO VAL D'ARDA	33026000	VERNASCA	33044000	4 224	4 224	15 282
MARANO SUL PANARO	36020000	GUIGLIA	36017000	8 292	8 292	30 227
Massarenti	37006007	Piazza Maggiore	37006001	885	885	4 327
		S. Donato	37006014	1 093	1 110	4 002
MEDESANO	34020000	NOCETO	34025000	5 991	5 991	22 280
MEDOLLA	36021000	CAVEZZO	36009000	2 977	2 977	11 747
MIGLIARINO	38015000	MIGLIARO	38026000	2 389	2 389	17 962
MIGLIARO	38026000	MIGLIARINO	38015000	2 389	2 389	19 189
MIRABELLO	38016000	SANT'AGOSTINO	38021000	5 309	5 309	20 123
		VIGARANO MAINARDA	38022000	2 672	2 672	11 587
Modena centro storico	36023001	Modena zona 3	36023003	915	915	7 130
Modena zona 2	36023002	Modena zona 3	36023003	2 574	2 574	11 461
Modena zona 3	36023003	Modena centro storico	36023001	915	915	7 580
		Modena zona 2	36023002	2 574	2 574	10 969
MONCHIO DELLE CORTI	34022000	PALANZANO	34026000	1 274	1 274	15 860
MONDAINO	99006000	MONTE GRIDOLFO	99009000	1 960	1 960	13 849

Nome Zona origine	Origin	Nome Zona Destinazione	Destination	Distanza C2 - m	Distanza C3 - m	distance Here BT(m)
		SALUDECIO	99015000	2 801	2 801	17 846
MONTE COLOMBO	99007000	MONTESCUDO	99010000	1 213	1 213	8 568
MONTE GRIDOLFO	99009000	MONDAINO	99006000	1 960	1 960	13 687
MONTECHIARUGOLO	34023000	MONTECCHIO EMILIA	35027000	2 472	2 472	11 185
MONTESCUDO	99010000	MONTE COLOMBO	99007000	1 213	1 213	7 223
NOCETO	34025000	MEDESANO	34020000	5 991	5 991	22 202
NOVAFELTRIA	99023000	TALAMELLO	99027000	1 866	1 866	8 133
PALANZANO	34026000	MONCHIO DELLE CORTI	34022000	1 274	1 274	17 841
Parma centro storico	34027001	Parma zona 2	34027002	979	979	8 439
		Parma zona 3	34027003	1 650	1 650	8 209
		Parma zona 4	34027004	761	761	3 854
Parma zona 2	34027002	Parma centro storico	34027001	979	979	9 744
Parma zona 3	34027003	Parma centro storico	34027001	1 650	1 650	7 333
		Parma zona 4	34027004	2 755	2 755	12 842
Parma zona 4	34027004	Parma centro storico	34027001	761	761	4 197
		Parma zona 3	34027003	2 755	2 755	13 437
		Parma zona 5	34027005	2 773	2 773	9 725
Parma zona 5	34027005	Parma zona 4	34027004	2 773	2 773	10 351
Piacenza centro storico	33032001	Piacenza zona 2	33032002	2 346	2 346	9 482
Piacenza zona 2	33032002	Piacenza centro storico	33032001	2 346	2 346	9 288
Piazza Maggiore	37006001	Centro storico nord	37006006	200	200	1 017
		Centro storico ovest	37006005	200	200	3 746
		Centro storico sud	37006003	200	200	1 406
		Centro storico sud-ovest	37006004	200	200	1 410
		Massarenti	37006007	885	885	4 074
PIEVE DI CENTO	37048000	CENTO	38004000	1 627	1 627	8 983
PIEVEPELAGO	36031000	RIOLUNATO	36035000	200	200	10 067
Pilastro	37006025	S. Donato	37006014	1 401	1 401	5 686
PIOZZANO	33034000	AGAZZANO	33001000	2 860	2 860	16 500
PORTICO E SAN BENEDETTO	40031000	PREMILCUORE	40033000	10 345	10 345	38 081
PREMILCUORE	40033000	PORTICO E SAN BENEDETTO	40031000	10 345	10 345	38 081
RAVARINO	36034000	CREVALCORE	37024000	2 338	2 338	12 606
Ravenna centro storico	39014001	Ravenna zona 2 - Lidi Nord	39014002	5 415	5 415	24 663
Ravenna zona 2 - Lidi Nord	39014002	Ravenna centro storico	39014001	5 415	5 415	22 666
Ravenna zona 3 - Forese Nord	39014003	ALFONSINE	39001000	3 970	3 970	17 310
Reggio Emilia centro storico	35033002	Reggio Emilia zona 2	35033001	1 310	1 310	9 274
		Reggio Emilia zona 3	35033003	563	563	6 628
		Reggio Emilia zona 4	35033004	804	804	6 401
Reggio Emilia zona 2	35033001	Reggio Emilia centro storico	35033002	1 310	1 310	13 888
		Reggio Emilia zona 3	35033003	3 832	3 832	16 641
		Reggio Emilia zona 4	35033004	2 903	2 903	12 955

Nome Zona origine	Origin	Nome Zona Destinazione	Destination	Distanza C2 - m	Distanza C3 - m	distance Here BT(m)
		Reggio Emilia zona 5	35033005	3 210	3 210	13 045
Reggio Emilia zona 3	35033003	Reggio Emilia centro storico	35033002	563	563	9 165
		Reggio Emilia zona 2	35033001	3 800	3 800	16 699
		Reggio Emilia zona 4	35033004	2 306	2 306	15 549
Reggio Emilia zona 4	35033004	Reggio Emilia centro storico	35033002	804	804	8 288
		Reggio Emilia zona 2	35033001	3 709	3 709	13 131
		Reggio Emilia zona 3	35033003	2 306	2 306	15 322
Reggio Emilia zona 5	35033005	Reggio Emilia zona 2	35033001	3 210	3 210	12 744
RIOLUNATO	36035000	PIEVEPELAGO	36031000	200	200	10 043
ROLO	35035000	FABBRICO	35021000	5 343	5 343	20 867
S. Donato	37006014	Pilastro	37006025	1 401	1 401	5 479
S. Vitale	37006017	SAN LAZZARO DI SAVENA	37054000	1 307	1 307	5 022
SALA BAGANZA	34031000	FELINO	34013000	2 115	2 115	10 320
SALUDECIO	99015000	MONDAINO	99006000	2 801	2 801	14 314
SAN GIOVANNI IN PERSICETO	37053000	SANT'AGATA BOLOGNESE	37056000	4 372	4 372	17 583
SANT'AGATA BOLOGNESE	37056000	SAN GIOVANNI IN PERSICETO	37053000	4 372	4 372	17 550
SANT'AGOSTINO	38021000	MIRABELLO	38016000	5 309	5 309	21 463
SASSUOLO	36040000	FIORANO MODENESE	36013000	1 793	1 793	7 984
SESTOLA	36043000	FANANO	36011000	200	200	20 816
SOLAROLO	39018000	CASTEL BOLOGNESE	39006000	6 738	6 738	24 723
TALAMELLO	99027000	NOVAFELTRIA	99023000	1 866	1 866	8 131
VARANO DE MELEGARI	34045000	FORNOVO DI TARO	34017000	8 193	8 193	30 554
VERNASCA	33044000	LUGAGNANO VAL D'ARDA	33026000	4 224	4 224	15 282
VIGARANO MAINARDA	38022000	MIRABELLO	38016000	2 672	2 672	11 443

Tabella 3-2: Relazioni per le quali la distanza da Here è 2,5 volte maggiore di quella da modello Visum

Per le relazioni che presentano una differenza percentuale contenuta nel 10% sono stati confrontati i tempi di percorrenza. Si osserva una buona correlazione, con un coefficiente di determinazione R^2 pari a 0.98 e il coefficiente angolare della retta è pari a 0.96.

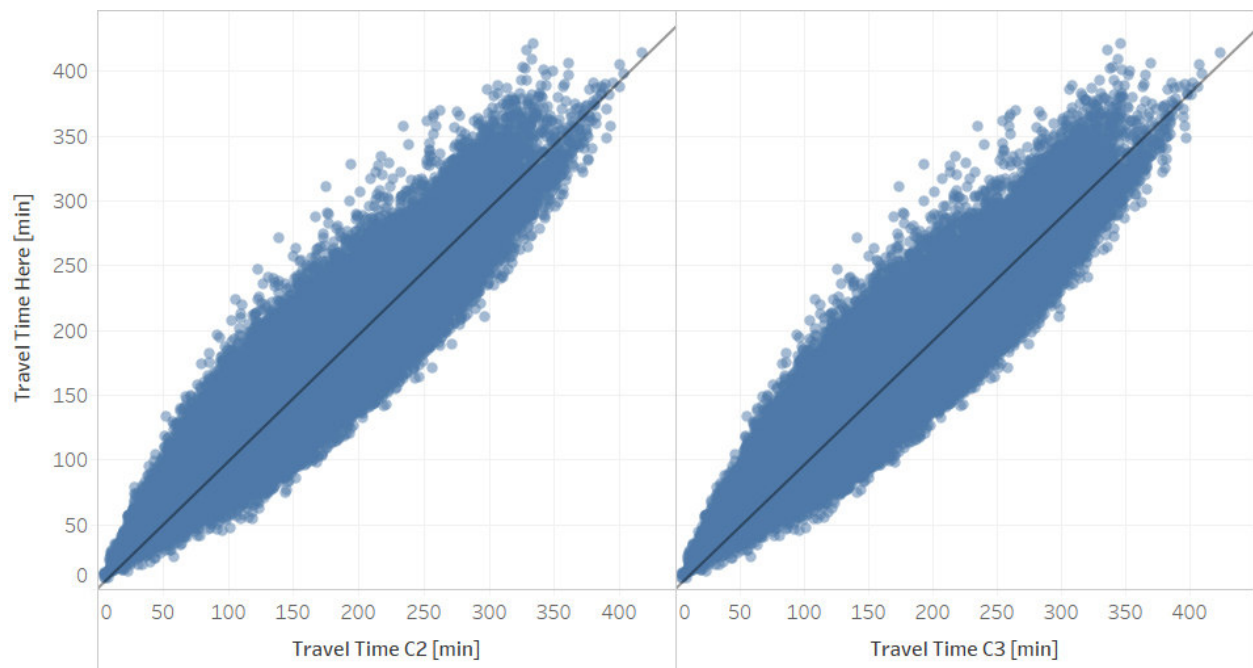


Figura 3-4: Confronto tempi di percorrenza su relazioni in cui la differenza della distanza è contenuta nel 10%

3.2. Confronto Skim Matrix Visum – FCD

Sulle relazioni od in cui, nei giorni feriali e nell'intervallo dell'ora di punta, il campione dei dati FCD è almeno pari a 5 viaggi si osserva una buona correlazione con R^2 pari a 0,93 per i FCD con un coefficiente angolare della retta di regressione pari a 1,25.

Si ricorda che i punti di origine e destinazione del viaggio da FCD sono relativi ai punti geografici reali di inizio e fine del viaggio e non corrispondono alla posizione geografica dei centroidi che è utilizzata per le Skim matrix del modello e per l'estrazione dei dati da Here. Inoltre, si osservano alcune relazioni in cui il dato da FCD risulta sovrastimato rispetto a quanto riportato dal modello o da Here. Questo è dovuto al fatto che su alcune aree il risultato è influenzata dalla presenza di veicoli utilizzati come corrieri che effettuano quindi una tipologia di viaggio che non è utile a determinare tempi e distanze tra due zone.

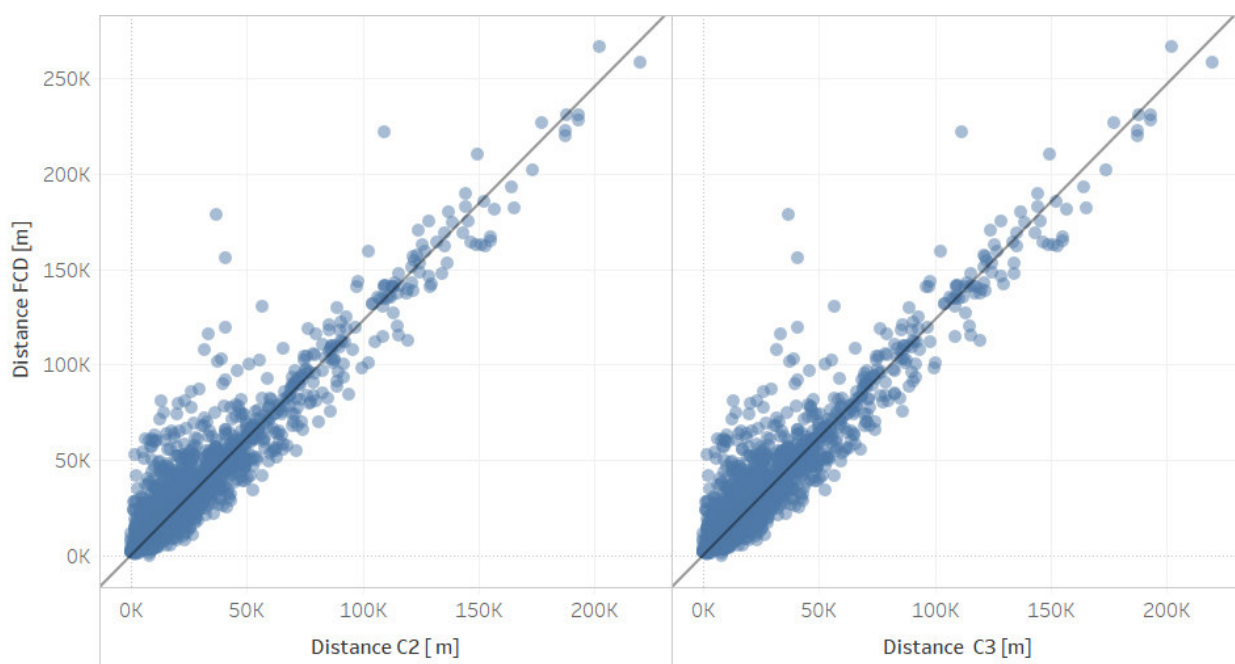


Figura 3-5: Confronto tra dati FCD e dati relativi al modello Visum

3.3. Conclusioni

Il modello Visum della Regione, nonostante la sua complessità, risulta descrivere abbastanza bene l'offerta in quanto si osserva una buona corrispondenza tra i tempi e le distanze relative alle zone estratti da modello con quelli forniti da altre fonti dati (Here e FCD).

Tuttavia, sono state riscontrate alcune criticità puntuali su alcune relazioni od, si suggerisce quindi di verificare le caratteristiche dell'offerta di rete tra le relazioni segnale in questo report.

Dall'analisi dei risultati, si ritiene opportuno che il modello della Regione non si limiti alla viabilità interna ai confini ma consideri anche la viabilità principale (almeno autostradale) nelle aree limitrofe esterne alla Regione ma risulta essere utilizzata anche da spostamenti con origine e destinazione interne alla Regione.

ANNEX 3 - HANDBOOK

AGGIORNAMENTO DEL MODELLO MERCİ DELLA REGIONE EMILIA- ROMAGNA - MANUALE

Work paper

Version 2.0
06.2021

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. ZONIZZAZIONE	5
3. INTEGRAZIONE DELLA MATRICE DEI COSTI STRADALI	9
4. DOMANDA DI TRASPORTO MERCI	11
4.1. Premessa	11
4.2. Matrice ETISplus	11
4.3. Distribuzione comunale dei flussi merci	14
4.4. Porti	30
5. OFFERTA DI SERVIZI DI TRASPORTO MERCI	32
5.1. Introduzione	32
5.2. Servizi considerati	32
5.3. Funzioni di costo di trasporto	41
6. RIPARTO MODALE	45
6.1. Introduzione	45

6.2. L'algoritmo congiunto di lotto economico di riordino e scelta del modo di trasporto	45
6.3. Stima del valore unitario della merce	48
6.4. Aspetti multimodali	49
6.5. Sintesi del processo di split modale	49
7. CALIBRAZIONE PRELIMINARE	53
7.1. Confronto con i dati relativi agli interporti	53
7.2. Confronto con i flussi stradali rilevati	54
8. IMPOSTAZIONE DEGLI SCENARI	55
8.1. Introduzione	55
8.2. La simulazione di servizi di trasporto intermodale nuovi o variati	55
8.3. La simulazione della variazione di caratteristiche infrastrutturali ed operative delle ferrovie o dei terminali	57
8.4. La simulazione di servizi di trasporto ferroviario a treno completo nuovi o variati	57
8.5. Introduzione di nuovi operatori di trasporto merci pallettizzate organizzato con sistema hub and spoke	58

1. Introduzione

Il presente elaborato illustra le modalità operative con cui, nell'ambito del progetto REIF, è stata effettuata la stima della matrice merci della Regione Emilia-Romagna.

Il prodotto di tale procedura risulta totalmente compatibile con il modello di simulazione attualmente in uso presso la Regione, non comportando il particolare la revisione della zonizzazione.

La seguente figura riassume l'architettura generale della procedura, riprendendone i principali input ed output

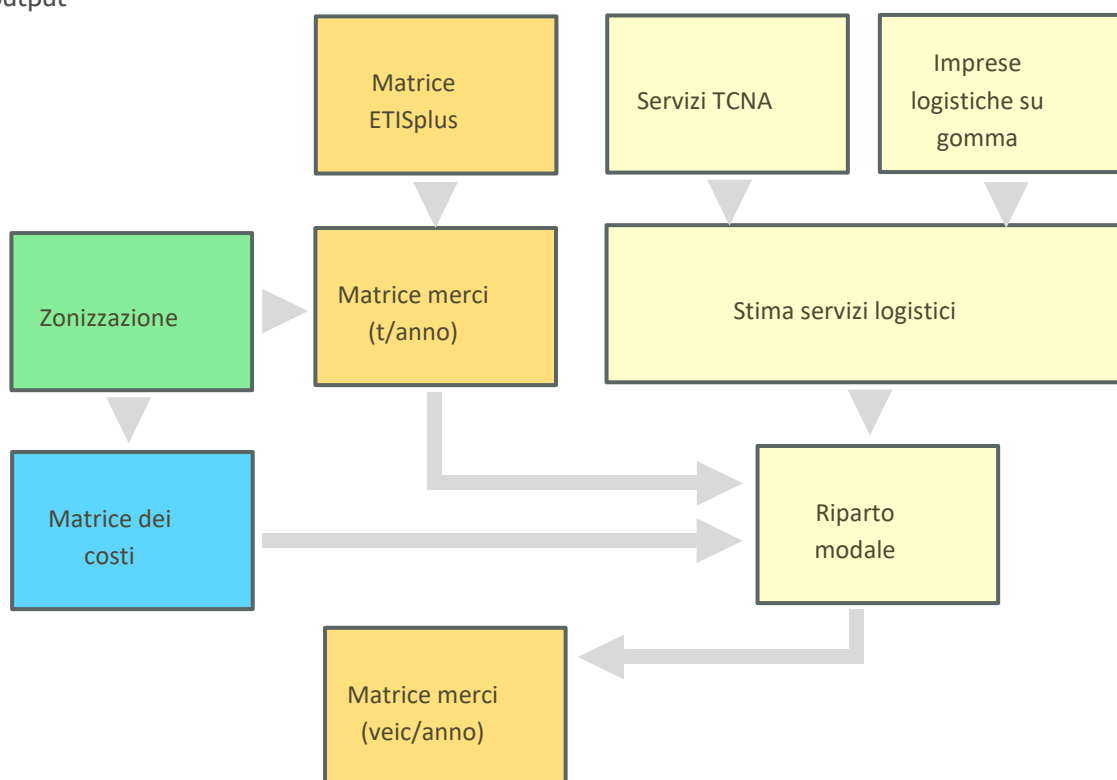


Fig. 1 - Architettura generale della procedura per l'elaborazione delle nuove matrici merci

L'elaborato si struttura come segue:

- Vengono in primo luogo illustrate le operazioni effettuate sulla zonizzazione, passando dalla struttura a portali attualmente in uso presso la Regione Emilia-Romagna ad una per zone esterne (più adatta alle elaborazioni successive), tornando quindi alla struttura originaria al termine della procedura (capitolo 2);
- Sono quindi evidenziate le modalità di integrazione della matrice dei costi stradali, uno dei principali input del modello, per adeguarla alla nuova zonizzazione;
- Segue l'affinamento della matrice, ed in particolare le modalità scelte per passare dalla matrice ETIS (a zonizzazione regionale) alla zonizzazione illustrata nel capitolo precedente. Tale passaggio utilizza, oltre alla matrice ETIS anche i dati sui consumi elettrici e la distribuzione per addetti operativi/non operativi della forza lavoro a livello comunale (capitolo 4);



- Sono quindi evidenziate le modalità di descrizione dell'offerta e delle funzioni di costo, nonché le modalità di stima delle matrici di costo modali (capitolo 5);
- Viene quindi descritta la procedura di riparto modale (capitolo 6);
- Sono quindi illustrate i risultati, preliminari, della calibrazione (capitolo 7);
- Infine, vengono evidenziati alcuni usi possibili del modello (capitolo 8).

Il lavoro di espansione della matrice di trasporto merci della Regione Emilia-Romagna ha comportato l'introduzione delle seguenti innovazioni, meglio illustrate nel seguito di questa relazione:

- La ripartizione a livello comunale della OD ETIS plus mediante la determinazione della localizzazione degli addetti operativi delle attività produttive, ottenuta con l'impiego dei dati di consumo elettrico
- Una descrizione precisa dell'offerta di trasporto merci giungendo alla rappresentazione dei diversi veicoli e modalità utilizzabili e dei network degli operatori logistici, in particolare di quelli che operano con logica hub&spoke, incluso il trasporto intermodale
- Un algoritmo di scelta modale che tiene conto del costo logistico totale, somma del costo di inventario e del costo di trasporto, e ottiene congiuntamente il modo e il veicolo utilizzati per i trasporti.

2. Zonizzazione

Il modello di traffico regionale suddivide il territorio dell'Emilia-Romagna 416 zone, con un livello di dettaglio comunale (una zona = un comune), con l'eccezione dei capoluoghi di provincia, i quali, per la loro maggiore complessità, sono descritti attraverso più zone (Fig. 2 e Tab. 1).



Fig. 2 - Zonizzazione del modello Regione Emilia-Romagna

Elaborazione META

Provincia	n° Zone	Zone capoluogo note
Piacenza	51	4
Parma	51	5
Reggio nell'Emilia	49	5
Modena	51	5
Bologna	85	26
Ferrara	30	5
Ravenna	22	5
Forlì-Cesena	43	6 Forlì 7 Cesena
Rimini	34	7
TOTALE RER	416	75

Tab. 1 - Zonizzazione del modello Regione Emilia-Romagna

Elaborazione META

La gestione degli scambi con i territori circostanti è invece affidata a 31 portali, disposti lungo il confine regionale e riportati in **Tab. 2**:

codice	descrizione
10011000	A15 - Pontremoli
10015000	A1 Milano
10017000	A21 Brescia
10018000	A21-Alessandria
10018001	Broni-Stradella - Arena Po
10018002	Pieve Porto Morone
10019000	Cremona - Cremona
10019001	Canneto - Casalmaggiore
10019002	Cicognolo
10020000	Mantova
10020001	Poggio Rusco - Ostiglia
10020002	San Benedetto Po
10023000	A22
10027000	Venezia
10027001	Chioggia
10028000	Padova
10029000	Rovigo - Occhobello
10029001	Adria
10041000	A14 - Pesaro
10041002	San Sepolcro
10041003	Gabicce
10045000	Aulla
10046000	Castelnuovo-Abetone
10047000	Pistoia - Pracchia
10048000	A1-Firenze
10048002	Dicomano
10048003	Marradi- Mercatale - Marradi
10051000	E45
10051001	Bibbiena
10098000	Lodi - Codogno
10200000	San Marino

Tab. 2 - Portali del modello Regione Emilia Romagna

Elaborazione META

Una delle premesse del progetto REIF era di poter differenziare i molteplici terminali logistici e intermodali sul territorio nazionale ed europeo, associandoli a diverse zone di traffico e agevolando così il ricalcolo delle matrici dei costi.

Pertanto, si è reso necessario superare la struttura per portali, passando, anche per i territori esterni, ad una vera e propria zonizzazione. Tale integrazione è stata effettuata dapprima sul territorio nazionale e quindi su scala continentale.

Per quanto riguarda la scala nazionale (**Fig. 3**), si è scelto un livello di dettaglio provinciale per le zone limitrofe all'Emilia Romagna¹, preferendo un livello regionale per gli altri casi.

¹ Fanno eccezione le province di Milano e Monza, unite nella matrice ETIS usata come riferimento (vedi capitolo 4), ed il Piemonte, diviso in 4 zone (Torino+Cuneo, Asti+Alessandria, Vercelli+Biella, Novara ed il Verbano).



Fig. 3 - Zonizzazione - livello nazionale

Elaborazione META

A livello continentale, si è infine preferito procedere per cluster di Paesi, tranne nel caso di Francia e Germania, divisi rispettivamente in due e tre sub-zone (**Fig. 4**).



Fig. 4 - Zonizzazione - livello continentale

Elaborazione META

Nell'insieme, la zonizzazione risultante si compone di **562 zone**, di cui 416 sono quelle originali del modello regionale, 50 descrivono il resto del territorio nazionale e 23 i comparti europei esterni.

È bene specificare che questa zonizzazione “estesa” è solo uno strumento di appoggio per le operazioni successive (in particolare il ricalcolo della matrice dei costi), e che una volta conclusa la stima della matrice in veicoli giornalieri, questa viene ricondotta alla zonizzazione originale, ivi inclusi i portali.

3. Integrazione della matrice dei costi stradali

Nei modelli di trasporto privato, quali quello in uso presso la Regione Emilia-Romagna, le matrici dei costi consentono di conoscere, per ogni coppia OD, i valori dei fattori che concorrono alla definizione del costo generalizzato, ed in particolare:

- La distanza percorsa;
- Il tempo necessario;
- Le tariffe pagate (es: autostrade).

Le matrici dei costi sono uno degli input fondamentali per i moduli di distribuzione e riparto modale, dal momento che consentono la ponderazione di diverse alternative, come si vedrà in dettaglio nel capitolo 6.

Naturalmente, la matrice disponibile presso la Regione è conforme alla zonizzazione del modello, e quindi limitata alle 416 zone interne al territorio regionale ed ai portali.

Il necessario adeguamento alla nuova zonizzazione di riferimento si è quindi articolato in due fasi distinte, differenti per gli input utilizzati:

- 1) Una prima estensione al territorio nazionale;
- 2) Una seconda estensione al territorio continentale

Per **estendere la matrice dei costi alla scala nazionale**, è stata usata la matrice dei costi del modello multimodale e multiscalare i-TraM, in uso presso META srl e già utilizzato per diverse applicazioni a scala nazionale e locale². In particolare, sono state selezionate:

- Una zona i-TraM di riferimento per ognuna delle zone di interesse per il modello merci. Ad esempio, è stata selezionata la zona di Lodi città (i-TraM) per l'intera Provincia di Lodi (modello merci);
- Tutti i valichi frontalieri.

Inoltre, ad ogni zona esterna sono stati associati da uno a tre portali che - ragionevolmente - possono essere utilizzati negli spostamenti dalle diverse zone interne alla regione. Quindi, ogni portale è stato associato ad una zona di i-TraM.

La matrice finale dei costi a livello nazionale è stata ottenuta come segue:

- Se la relazione O/D è interna alla regione, sono stati mantenuti i valori originali;
- Se la relazione O/D rappresenta uno scambio con l'esterno, il costo complessivo è dato dalla somma della parte interna alla regione (dalla zona al portale) con la parte esterna alla regione (dal portale alla zona).

Per le zone esterne con più portali associati, per ogni relazione O/D è stata selezionata la soluzione caratterizzata dai costi più contenuti. Questo ha consentito di gestire ad esempio situazioni come la Provincia di Brescia, accessibile attraverso la A21 da Piacenza ma dalla A22 da Bologna

Il secondo passaggio è consistito nell'ulteriore **estensione a scala continentale**. Questo è stato effettuato con una procedura simile, con le uniche differenze che:

- in sostituzione dei portali, sono stati qui utilizzati i valichi di frontiera.
- In mancanza di una matrice dei costi di riferimento, i parametri di costo sono stati stimati a seguito di ricerche su web;

² Si veda ad esempio il progetto QUANT, oggetto di finanziamento MIUR (<http://www.quaint.polimi.it/presentazione-del-progetto>)

Pertanto, per gli scambi con le zone esterne al territorio italiano, i fattori di costo sono stati calcolati come somma fra la quota interna al territorio nazionale (dalla zona al valico) con la quota di itinerario esterna alla regione (dal valico alla zona finale).

4. Domanda di trasporto merci

4.1. Premessa

In questo capitolo verranno illustrate le modalità operative con cui è stato implementato il **modulo di generazione merci**, che restituisce una matrice O/D in tonnellate per ognuna delle categorie merceologiche considerate.

Punto di partenza è la matrice europea ETISplus del progetto Transtools, illustrata in 4.2, e riferita ad una zonizzazione di livello provinciale. Le modalità di distribuzione di questa matrice sulla zonizzazione di riferimento sono illustrate in 4.3.

4.2. Matrice ETISplus

La stima della domanda, espressa in termini di matrice O/D multimodale (Freight Generation phase) utilizza come punto di partenza la matrice ETISplus, sviluppata all'interno del progetto europeo TransTools, finalizzato alla simulazione del traffico merci a scala continentale (Fig. 5).

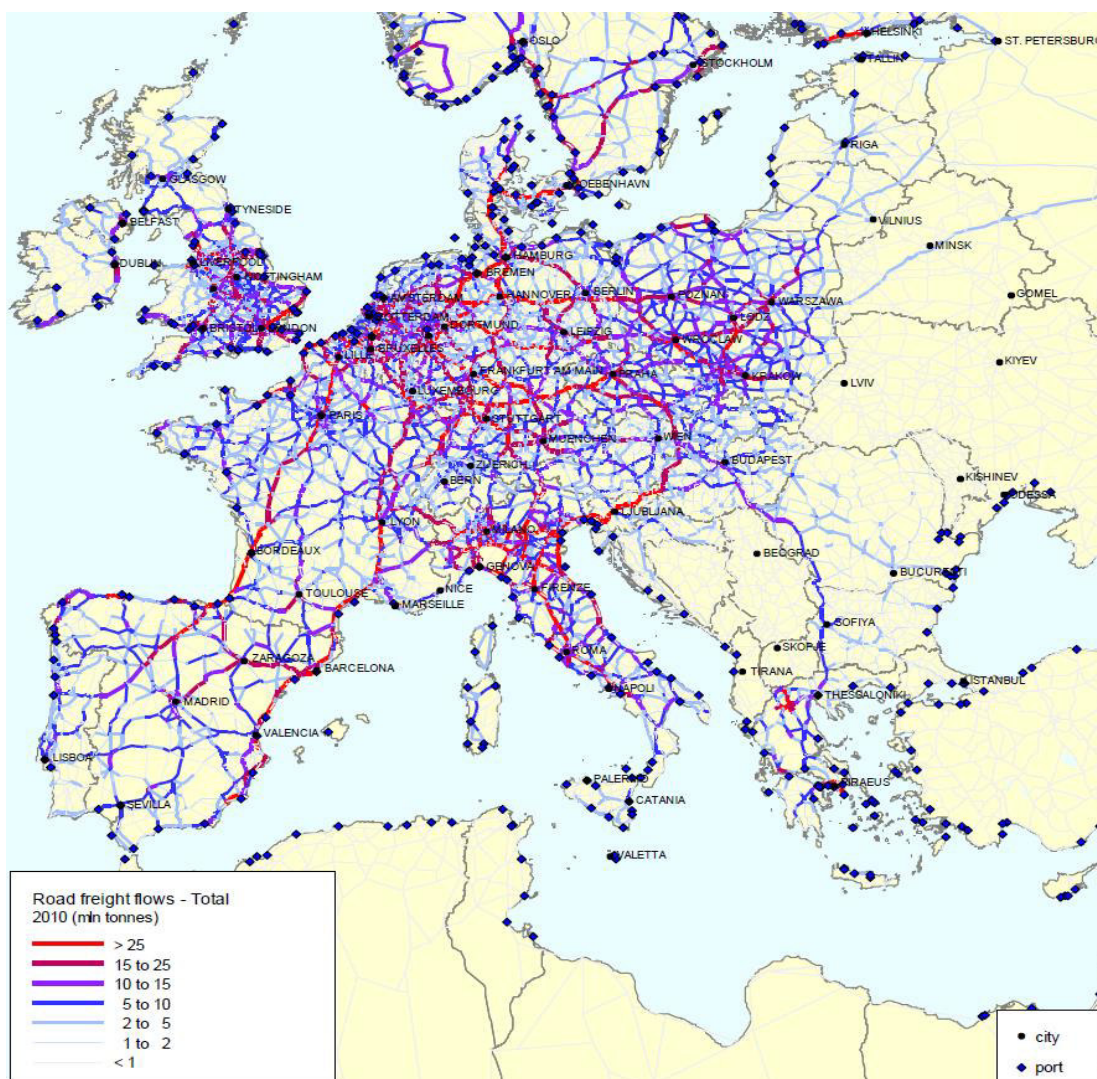


Fig. 5 - Modello Transtools: rete stradale e ferroviaria

Fonte: Transtools

Questa matrice restituisce i flussi merci fra zone di traffico corrispondenti ai perimetri amministrativi NUTS 2/3 (corrispondenti in Italia a Regioni e Province), articolati in cinque diversi modi di trasporto (strada, ferrovia, marittima, fluviale e aereo), ed in 10/18 categorie merceologiche, a seconda che sia usata la classificazione NST/R 1967 o NST/R 2007 (Tab. 3 e Tab. 4).

CLASSIFICAZIONE NST/R 1967

È ancora la classificazione maggiormente utilizzata, basata su 10 categorie, di cui una (la 9) estremamente ampia ed omnicomprendiva.

Il riferimento a questa classificazione rimane necessario sia per continuità statistica che perché rappresenta il più alto livello di dettaglio per determinate modi di trasporto (in particolare il ferroviario).

CLASSIFICAZIONE MERCEOLOGICA SECONDO LA NOMENCLATURA STATISTICA DEL TRAFFICO (NST/R) 1967 <i>in vigore fino al 2008</i>	
0	PRODOTTI AGRICOLI E ANIMALI VIVI 01 - cereali; 02 - patate; 03 - legumi freschi e frutti freschi; 04 - materie tessili naturali e sintetiche; 05 - legno e sughero; 06 - barbabietole da zucchero; 08 - animali vivi; 09 - animali o vegetali
1	DERRATE ALIMENTARI E FORAGGERE 11 - zuccheri; 12 - bevande; 13 - droghe e spezie; 14 - derrate alimentari non durevoli; 16 - derrate alimentari durevoli e luppolo; 17 - alimenti per animali e cascami alimentari; 18 - oleaginosi
2	COMBUSTIBILI MINERALI SOLIDI 21 - carbon fossile; 22 - lignite; 23 - coke; 24 - torba
3	PRODOTTI PETROLIFERI 31 - petrolio greggio; 32 - benzina; 33 - idrocarburi energetici; 34 - derivati non energetici; 35 - cherosene; 36 - gasoli, olii combustibili leggeri; 37 - olii combustibili pesanti
4	MINERALI E CASCAMI VARI PER LA METALLURGIA 41 - minerali di ferro; 44 - minerali di manganese e concentrati; 45 - altri minerali e cascami non ferrosi; 46 -cascami, scorie e pirriti di ferro; 47 - altoforno
5	PRODOTTI METALLURGICI 50 - ferro/leghe; 51 - ghisa ed acciaio grezzi; 52 - semilavorati siderurgici laminati; 53 - laminati, profilati a caldo; 54 lamiere d'acciaio; 55 - tubi, getti e pezzi forgiati; 56 - metalli non ferrosi; 57 - altri semilavorati siderurgici; 58 - laminati e profilati a freddo, filo; 59 - altre lamiere e bande d'acciaio
6	MINERALI GREGGI O MANUFATTI E MATERIALI DA COSTRUZIONE 61 - sabbie, ghiaie, argilla e scorie; 62 - sale, pirriti, zolfo; 63 - pietre, terre e minerali connessi; 64 - cementi, calce; 65 - gesso; 69 - materiali da costruzione manifatturati
7	CONCIMI 71 - minerali; 72 - manifatturati
8	PRODOTTI CHIMICI 81 - prodotti chimici di base; 82 - allumina; 83 - prodotti carbochimici; 84 - cellulosa ed avanzi; 89 - materie chimiche
9	MACCHINE E VEICOLI, OGGETTI MANUFATTURATI E MERCI DIVERSE 91 - macchine e materiale da trasporto; 92 - trattori, macchine, attrezzature agricole; 93 - altre macchine, motori e parti; 94 - articoli metallici; 95 - vetro, vetreria, prodotti della ceramica; 96 - cuoio, tessuti, abbigliamento; 97 - articoli manifatturati diversi; 98 - armi e munizioni da guerra; 99 - transazioni speciali

Tab. 3 - Classificazione dei beni NST/R 1967

CLASSIFICAZIONE NST/R 2007

Basata su 18 categorie (di cui solo 14 possono essere effettivamente fatte risalire a beni specifici), risulta sicuramente più adatta per la descrizione dei flussi merci, ma non è disponibile per tutti i modi di trasporto.

CLASSIFICAZIONE MERCEOLOGICA SECONDO LA NOMENCLATURA STATISTICA DEL TRAFFICO (NST) 2007 in vigore dal 2009	
01	PRODOTTI DELL'AGRICOLTURA, DELLA CACCIA E DELLA SILVICOLTURA; PESCI ED ALTRI PRODOTTI DELLA PESCA 01A - Altre materie prime di origine animale; 01B - Pesci ed altri prodotti della pesca; 011 - Cereali; 012 - Patate; 013 - Barbabietole da zucchero; 014 - Frutta fresca ed altri ortaggi freschi; 015 - Prodotti della silvicoltura; 016 - Piante vive e fiori; 017 - Altre materie di origine vegetale; 018 - Animali vivi; 019 - Latte vaccino crudo e latte crudo di pecora e di capra
02	CARBONI FOSSILI E LIGNITI; PETROLIO GREGGIO E GAS NATURALE 021 - Carboni fossili e ligniti; 022 - Petrolio greggio; 023 - Gas naturale
03	MINERALI METALLIFERI ED ALTRI PRODOTTI DELLE MINIERE E DELLE CAVE; TORBA, URANIO E TORIO 031 - Minerali di ferro; 032 - Minerali di metalli non ferrosi (esclusi i minerali di uranio e di torio); 033 - Minerali per l'industria chimica e concimi minerali (naturali); 034 - Sale; 035 - Pietre, ghiaia, sabbia, argilla, torba e altri prodotti delle miniere e delle cave n.c.a.; 036 - Minerali di uranio e di torio
04	PRODOTTI ALIMENTARI, BEVANDE E TABACCHI 041 - Carni, pelli gregge e prodotti a base di carne; 042 - Pesci trasformati e conservati e prodotti a base di pesce; 043 - Preparazioni e conserve di frutta e di verdura; 044 - Oli e grassi vegetali e animali; 045 - Prodotti lattiero-caseari e gelati; 046 - Prodotti della macinazione, amidi e fecole e alimenti per animali; 047 - Bevande; 048 - Altri prodotti alimentari n.c.a. e prodotti a base di tabacco (non trasportati tramite servizi di spedizione o raggruppati); 049 - Vari prodotti alimentari e prodotti a base di tabacco trasportati mediante servizi di spedizione o raggruppati
05	PRODOTTI DELL'INDUSTRIA TESSILE E DELL'ABBIGLIAMENTO; CUIO E PRODOTTI IN CUIO 051 - Tessili; 052 - Articoli di abbigliamento e pellicce; 053 - Cuoio e prodotti in cuoio
06	LEGNO E PRODOTTI IN LEGNO E SUGHERO (ESCLUSI I MOBILI); ARTICOLI DI PAGLIA E MATERIALI DA INTRECCIO; PASTA DA CARTA, CARTA E PRODOTTI DI CARTA; STAMPATI E SUPPORTI REGISTRATI 061 - Prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); 062 - Pasta da carta, carta e prodotti di carta; 063 - Stampati e supporti registrati
07	COKE E PRODOTTI PETROLIFERI RAFFINATI 071 - Prodotti di cokeria; mattonelle e combustibili solidi similari; 072 - Prodotti petroliferi raffinati liquidi; 073 - Prodotti petroliferi gassosi, liquefatti o compressi; 074 - Prodotti petroliferi raffinati solidi o in cera
08	PRODOTTI CHIMICI E FIBRE SINTETICHE E ARTIFICIALI; ARTICOLI IN GOMMA E IN MATERIE PLASTICHE; COMBUSTIBILI NUCLEARI 081 - Prodotti chimici minerali di base; 082 - Prodotti chimici di base organici; 083 - Concimi (esclusi i concimi naturali) e composti azotati; 084 - Materie plastiche e gomma sintetica in forme primarie; 085 - Prodotti farmaceutici e parafarmaceutici, inclusi i pesticidi e altri prodotti chimici per l'agricoltura; 086 - Articoli in gomma e materie plastiche; 087 - Combustibili nucleari
09	ALTRI PRODOTTI DELLA LAVORAZIONE DEI MINERALI NON METALLIFERI 091 - Vetro, oggetti di vetro, prodotti ceramici e in porcellana; 092 - Cemento, calce e gesso; 093 - Altri materiali da costruzione, manufatti
10	METALLI; MANUFATTI IN METALLO, ESCLUSE LE MACCHINE E GLI APPARECCHI MECCANICI 101 - Ferro, ghisa e acciaio di prima trasformazione e ferroleghie (esclusi i tubi); 102 - Metalli non ferrosi e relativi prodotti; 103 - Tubi, profilati, cavi e relative guarnizioni; 104 - Costruzioni metalliche; 105 - Caldaie, ferramenta, armi e altri manufatti in metallo
11	INFORMATICI, MACCHINE ED APPARECCHI ELETTRICI N.C.A.; APPARECCHI RADIOTELEVISIVI E APPARECCHIATURE PER LE COMUNICAZIONI; APPARECCHI MEDICALI, APPARECCHI DI PRECISIONE E STRUMENTI OTTICI; OROLOGI 111 - Macchine per l'agricoltura e la silvicoltura; 112 - Apparecchi per uso domestico n.c.a. (elettrodomestici bianchi); 113 - Macchine per ufficio, elaboratori e sistemi informatici; 114 - Macchine ed apparecchi elettrici n.c.a.; 115 - Componenti elettronici e apparecchi trasmettitori; 116 - Apparecchi riceventi per la radiodiffusione e la televisione; apparecchi per la registrazione e la riproduzione del suono o dell'immagine e prodotti connessi (elettrodomestici marroni); 117 - Apparecchi medicali, apparecchi di precisione e strumenti ottici; orologi; 118 - Altre macchine, macchine utensili e loro parti
12	MEZZI DI TRASPORTO 121 - Prodotti dell'industria automobilistica; 122 - Altri mezzi di trasporto
13	MOBILI; ALTRI MANUFATTI N.C.A. 131 - Mobili; 132 - Altri manufatti
14	MATERIE PRIME SECONDARIE; RIFIUTI URBANI E ALTRI RIFIUTI 141 - Rifiuti domestici e urbani; 142 - Altri rifiuti e materie prime secondarie
17	MERCI TRASPORTATE NELL'AMBITO DI TRASLOCHI (UFFICI E ABITAZIONI); BAGAGLI E ARTICOLI VIAGGIANTI COME BAGAGLIO ACCOMPAGNATO; AUTOVEICOLI TRASPORTATI PER RIPARAZIONE; ALTRE MERCI NON DESTINABILI ALLA VENDITA N.C.A. 171 - Traslochi di privati; 172 - Bagagli e articoli viaggianti come bagaglio accompagnato; 173 - Veicoli da riparare; 174 - Attrezzature per impianti, materiale per ponteggi; 175 - Altre merci non destinabili alla vendita n.c.a.
18	MERCI RAGGRUPPATE 180 - Merci raggruppate
19	MERCI NON INDIVIDUABILI; MERCI CHE PER UN QUALUNQUE MOTIVO NON POSSONO ESSERE INDIVIDUATE E QUINDI NON POSSONO ESSERE ATTRIBuite AI GRUPPI 01-16 191 - Merci non individuabili in container o casse mobili; 192 - Altre merci non individuabili
99	ALTRE MERCI N.C.A. 990 - Altre merci non classificate altrove

Tab. 4 - Classificazione dei beni NST 2007

4.3. Distribuzione comunale dei flussi merci

Al fine di trasporre la matrice ETISplus alla zonizzazione in uso dal modello regionale dell'Emilia-Romagna, è opportuno disporre di un descrittore territoriale a livello zonale che consenta una corretta distribuzione dei flussi merci disponibili a livello provinciale dalla matrice ETISplus.

Tale descrittore viene individuato nel **numero di addetti operativi per settore di attività economica**, in base al quale è possibile:

- stimare l'effettiva localizzazione degli impianti produttivi in funzione dell'effettiva operatività delle unità locali;
- ripartire i flussi di merci generati/attratti da ogni zona in funzione delle attività operative che si svolgono al suo interno, ripartite per ciascun settore economico;
- simulare la distribuzione dei medesimi flussi a livello zonale

Per conoscere l'articolazione dei flussi merci in termini di generazione e attrazione, è utile ricorrere al diagramma di input-output intersettoriale, già sviluppato all'interno del modello i-TraM, che consente di collegare i singoli settori industriali, articolati in funzione dei rispettivi codici ATECO, con il flusso merci in entrata e uscita, sulla base della classificazione NST (Fig. 6). In pratica, la stima della generazione/attrazione di flussi merci nelle singole zone è sviluppata in modo da mantenere la coerenza tra la loro classificazione merceologica ed i settori produttivi ad essa correlati.

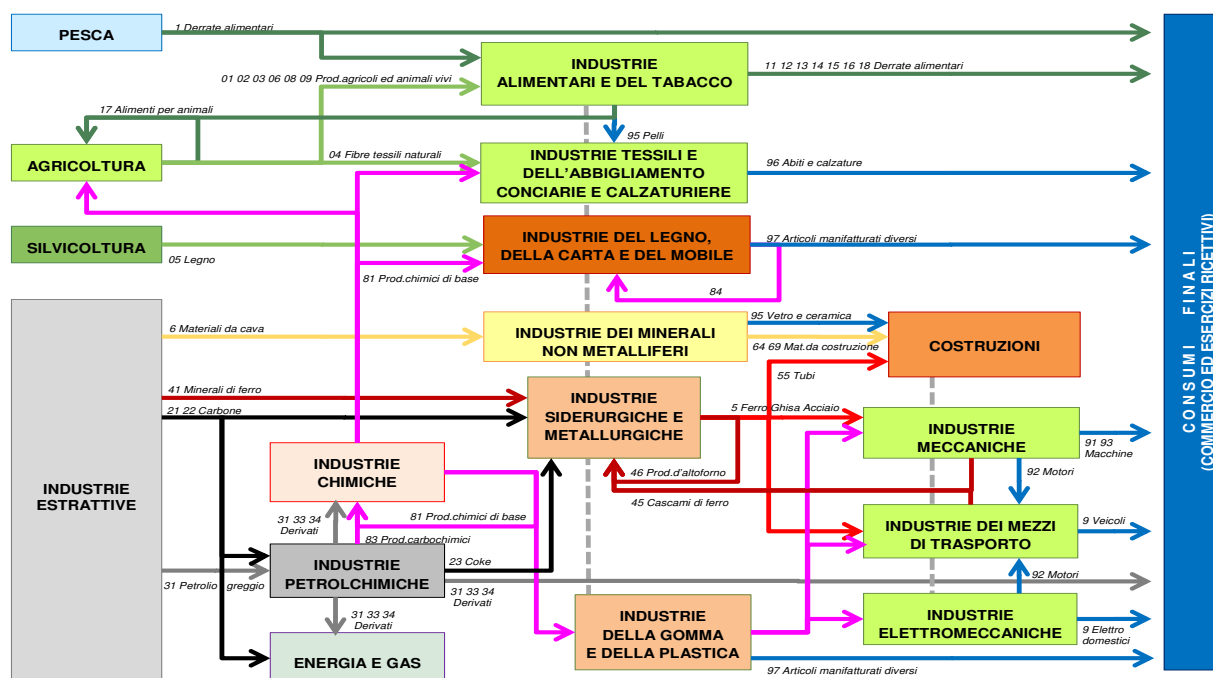


Fig. 6 - Diagramma di input-output intersettoriale

La descrizione **dei livelli di operatività delle unità locali** nei singoli settori industriali è basata sul numero di addetti complessivi (fonti: Censimento industria e servizi ed archivio ASIA) e sui consumi elettrici (fonte: Terna). L'uso delle due fonti ha richiesto l'armonizzazione delle classificazioni delle attività industriali, simili ma non identiche fra loro.

La procedura è sviluppata in una prima fase al livello provinciale, in modo da validare il modello di stima, e quindi a livello di singola zona di traffico, attraverso l'impiego del modello così validato.

In generale, la disponibilità del dato ISTAT/ASIA consente di ricostruire facilmente l'andamento degli addetti per settore a livello comunale, per tutti gli anni censuari compresi fra il 1971 ed il 2011, e quindi su base annuale (come riportato ad esempio in **Fig. 7**, **Fig. 8**, **Fig. 9**, **Fig. 10** e **Fig. 11** in riferimento alla costruzione dei veicoli stradali). In questa sede, le attività di stima si sono concentrate sull'anno dell'ultimo censimento e sul più recente aggiornamento dell'archivio ASIA (2017).

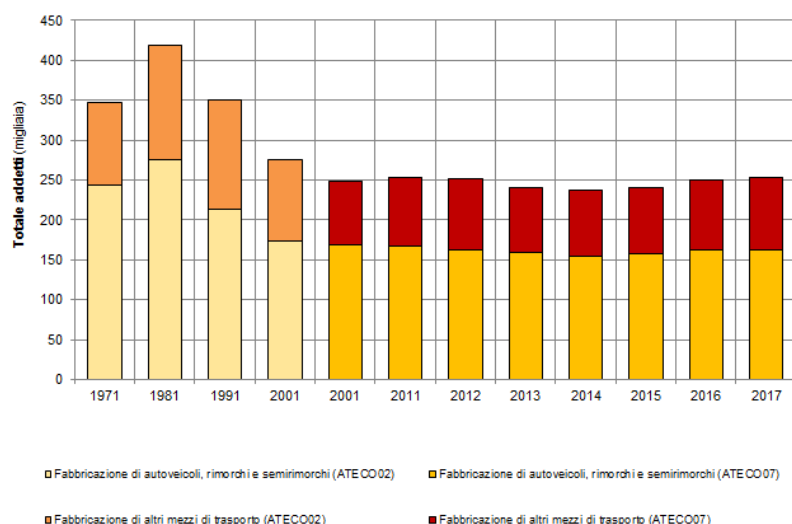


Fig. 7 - Costruzione di veicoli di trasporto: totale addetti (1971-2017)



Fig. 8 - Costruzione dei mezzi di trasporto: addetti per comune (2017)

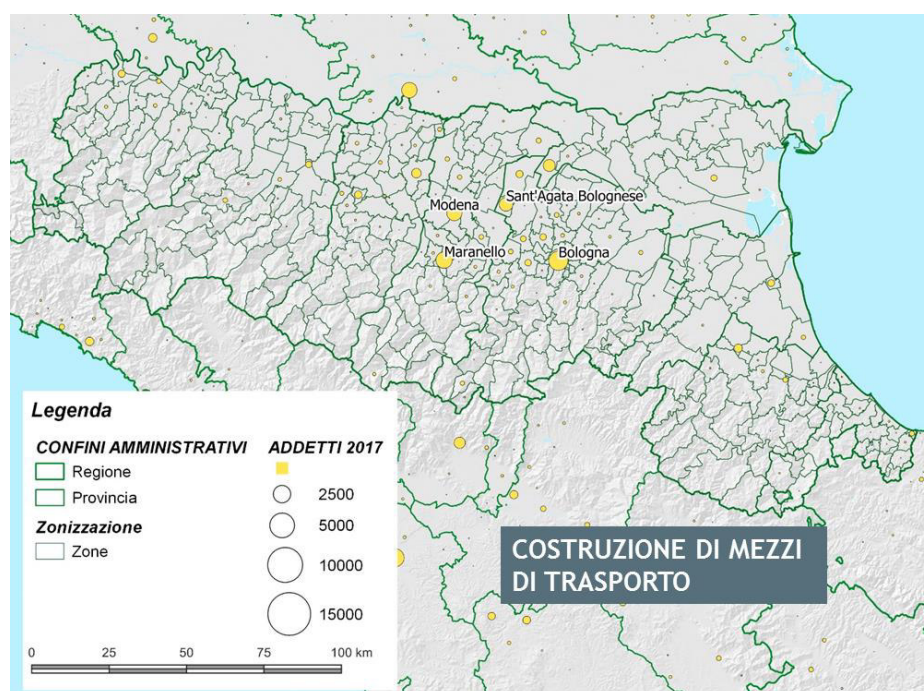


Fig. 9 - Costruzione dei mezzi di trasporto: addetti per comune - Emilia-Romagna (2017).

Dall'altro lato, i dati di ENEL/Terna consentono di ricostruire, per ogni settore e attività economica, l'andamento dei consumi elettrici al livello provinciale per tutto il periodo 1978-2018 (fig.10).

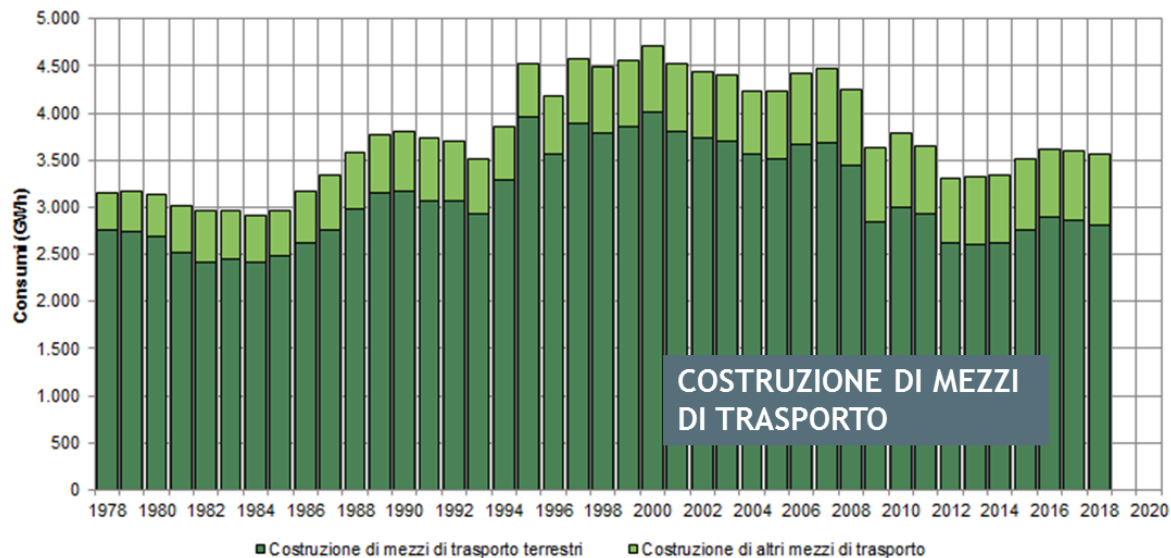


Fig. 10 - Costruzione di mezzi di trasporto: consumi elettrici (1978-2018)

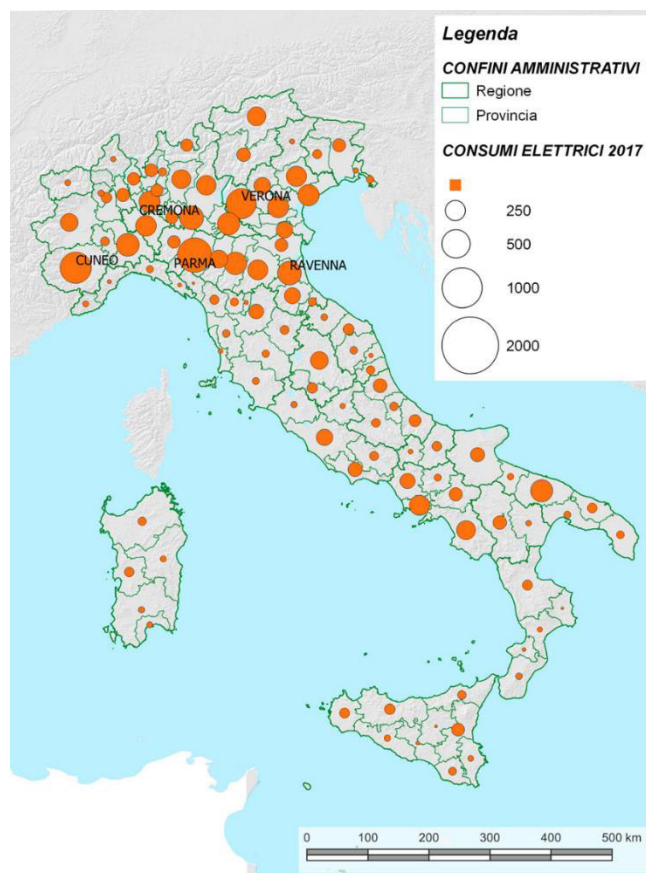


Fig. 11 - Costruzione dei mezzi di trasporto: consumi elettrici per provincia (2017)

Dal confronto provinciale fra l'andamento degli addetti ed i consumi elettrici, è possibile ricostruire la performance operativa dei singoli settori industriali, in relazione alla forza-lavoro occupata. Questo confronto rende tuttavia difficile stimare la percentuale della forza lavoro effettivamente impiegata in mansioni operative, ovvero legate all'effettiva produzione di un bene (**addetti operativi**), distinguendoli da coloro che sono invece impiegati in mansioni gestionali o amministrative (**addetti non operativi**), le quali possono essere svolte anche in unità locali che non sono effettivamente origine o destinazione di flussi merci.

La distinzione fra queste due componenti si articola in tre passaggi fondamentali:

- 1) Stima su base parametrica dei consumi pro-capite degli addetti non operativi;
- 2) Stima dell'incidenza degli addetti non operativi per settore e provincia;
- 3) Calcolo, per differenza, degli addetti operativi, usati come parametro di distribuzione a livello comunale o sub-comunale dei flussi merci generati/attratti a livello provinciale.

STIMA DEI CONSUMI PRO-CAPITE DEGLI ADDETTI NON OPERATIVI

I consumi pro-capite degli addetti non operativi sono determinati assumendo che corrispondano al valore medio riscontrato nel settore bancario (credito e assicurazioni). Infatti questo settore, oltre a includere solo attività gestionali e amministrative, evidenzia una buona correlazione fra il numero di addetti ed i consumi elettrici riscontrati a scala provinciale, sia nel 2011 che nel 2017 (**Fig. 12**).

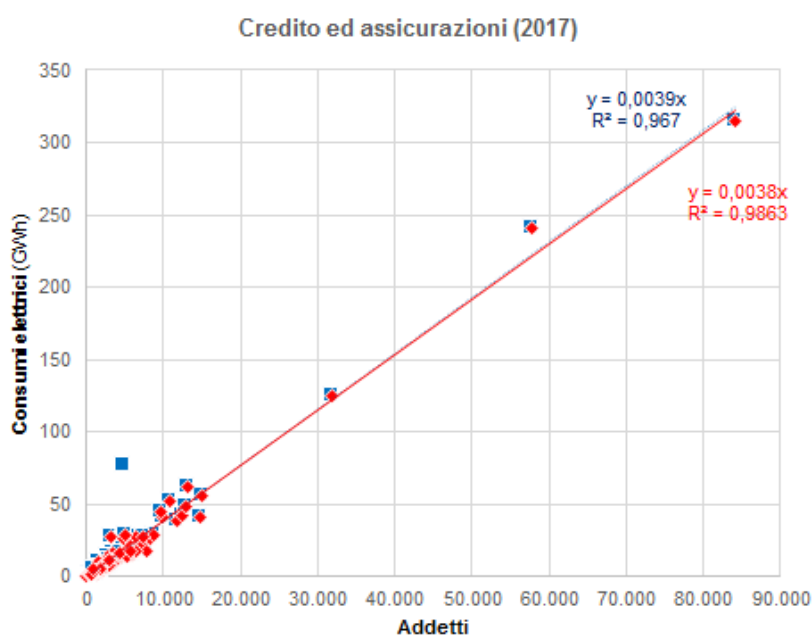


Fig. 12-Correlazioni tra consumi elettrici e numero di addetti al settore credito e assicurazioni (2017)

Usando questa correlazione, è possibile attribuire al consumo annuo di un addetto non operativo (e_{nop}) di tutti i settori industriali, un valore di 4.259 kWh nel 2011, e di 3.769 kWh nel 2017.

STIMA DELL'INCIDENZA DEGLI ADDETTI OPERATIVI PER SETTORE E PROVINCIA

Stimato il consumo pro-capite degli addetti non operativi, è possibile calcolare il numero di addetti operativi per provincia, assumendo che il consumo elettrico totale di un settore industriale sia dato dalla somma di due addendi così definiti:

$$E_{TOT} = e_{nop} \cdot add_{nop} + e_{op} \cdot add_{op}$$

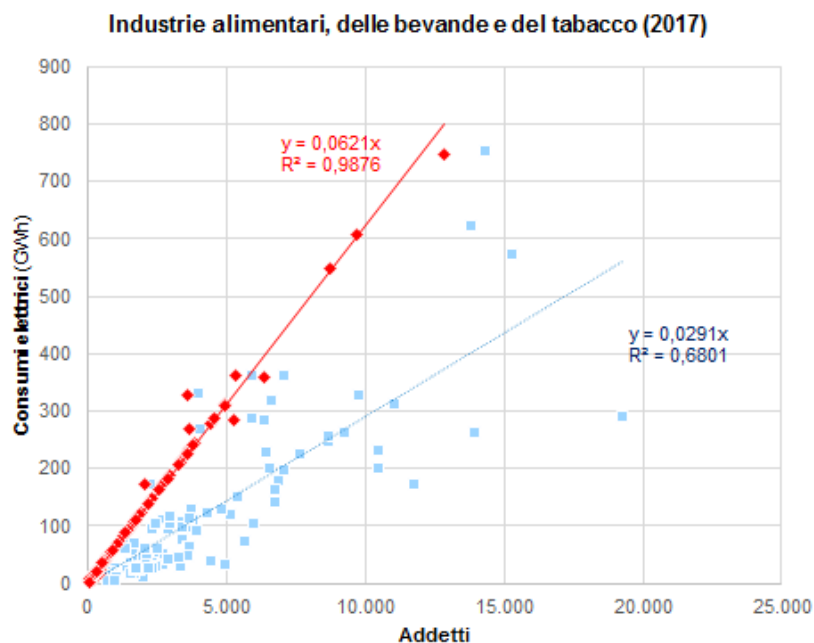
Dove e_{op} rappresenta il consumo unitario degli addetti operativi, per singolo settore industriale.

Definita p la quota di addetti non operativi, è possibile riscrivere la precedente formula come:

$$E_{TOT} = [e_{nop} \cdot p + e_{op} \cdot (1-p)] \cdot add_{TOT}$$

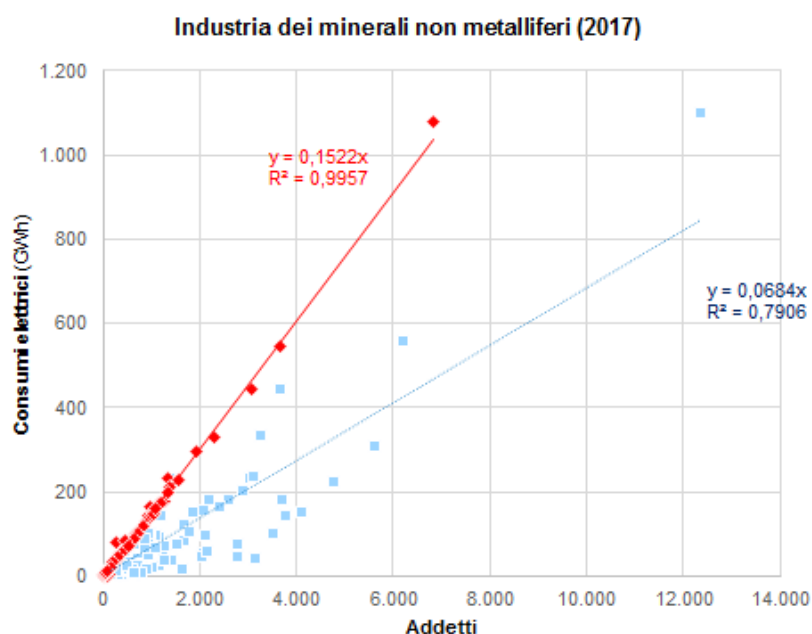
dove p è la percentuale di addetti non operativi per settore e provincia.

Noti add_{TOT} , E_{TOT} ed e_{nop} , vengono determinati p ed e_{op} con una regressione ai minimi quadrati. I risultati per i diversi settori risultano statisticamente robusti (Fig. 13, Fig. 14 e Fig. 15): pertanto, l'uso degli addetti operativi come descrittore delle differenze fra differenti unità locali industriali può essere ritenuto appropriato.



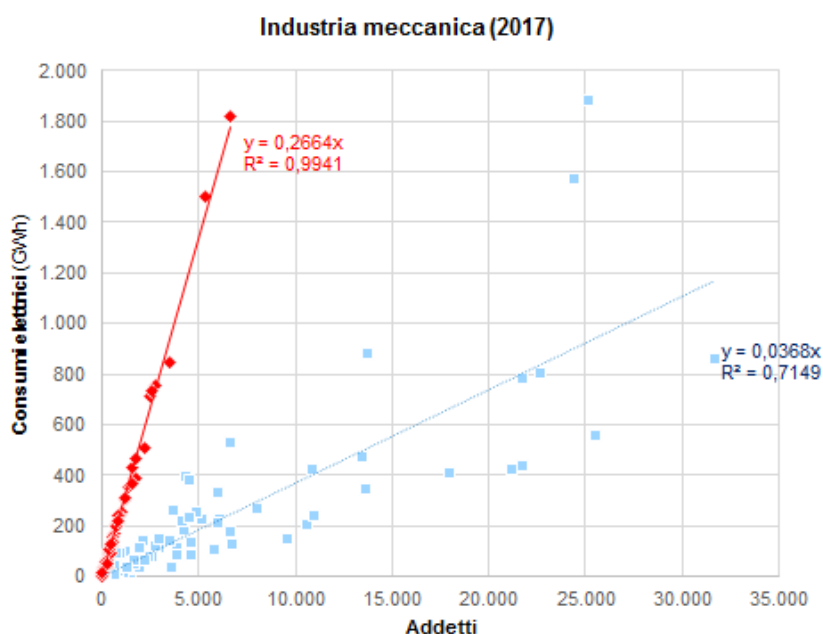
**Consumo pro capite
addetti operativi:
62.100 kWh/addetto**

Fig. 13 - Determinazione del consumo energetico pro-capite degli addetti operativi: industria alimentare (2017). I dati in azzurro si riferiscono al complesso degli addetti mentre i dati in rosso si riferiscono agli addetti operativi: è evidente il miglioramento degli indici di regressione.



**Consumo pro capite
addetti operativi:
152.300 kWh/addetto**

Fig. 14 - Determinazione del consumo energetico pro-capite degli addetti operativi: industrie di minerali non metalliferi (2017). I dati in azzurro si riferiscono al complesso degli addetti mentre i dati in rosso si riferiscono agli addetti operativi.



**Consumo pro capite
addetti operativi:
266.400 kWh/addetto**

Fig. 15 - Determinazione del consumo energetico pro-capite degli addetti operativi: industrie meccaniche (2017). I dati in azzurro si riferiscono al complesso degli addetti mentre i dati in rosso si riferiscono agli addetti operativi.

STIMA DELL'INCIDENZA DEGLI ADDETTI OPERATIVI PER SETTORE E ZONA

Non essendo il dato Terna disponibile al livello di singolo comune, non risulta possibile replicare quanto fatto al livello provinciale a questa scala.

Pertanto, la classificazione delle unità locali per singola zona di traffico viene effettuata partendo dai dati disponibili per sezione censuaria (Censimento 2011).

Tale metodologia, sicuramente meno precisa, consente però di considerare specifici vincoli territoriali, quali in particolare la ridotta probabilità di attività operative all'interno dei centri storici.

Il risultato consente di ridurre l'attrattività per i flussi merci dei centri urbani e dei distretti residenziali, facendo di contrasto emergere maggiormente il ruolo delle zone industriali e commerciali nel generare e attrarre i flussi materiali come dimostrato dagli esempi in Fig. 16.

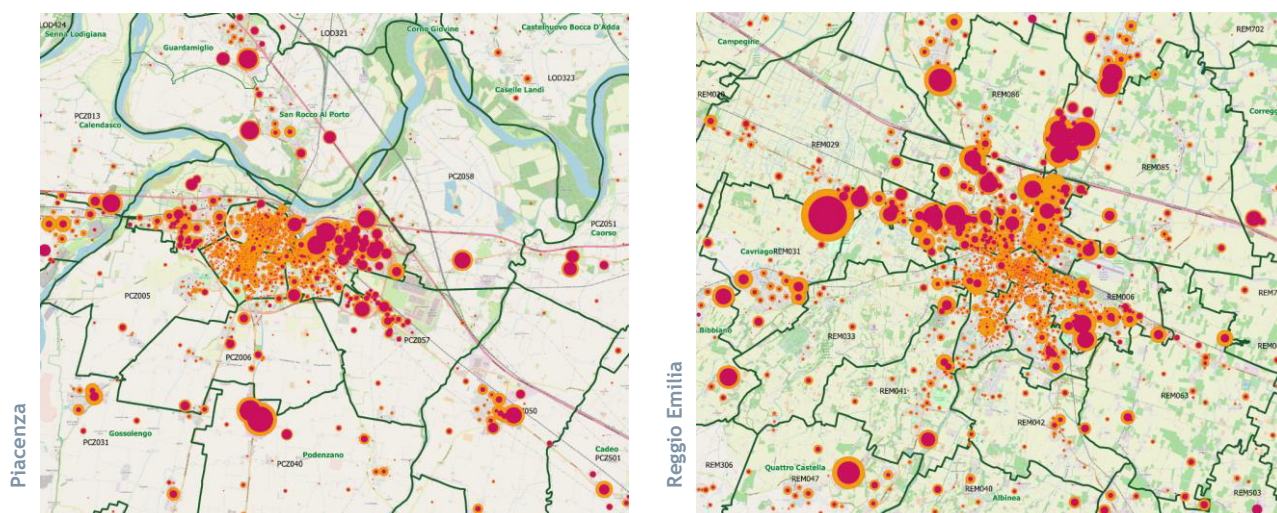
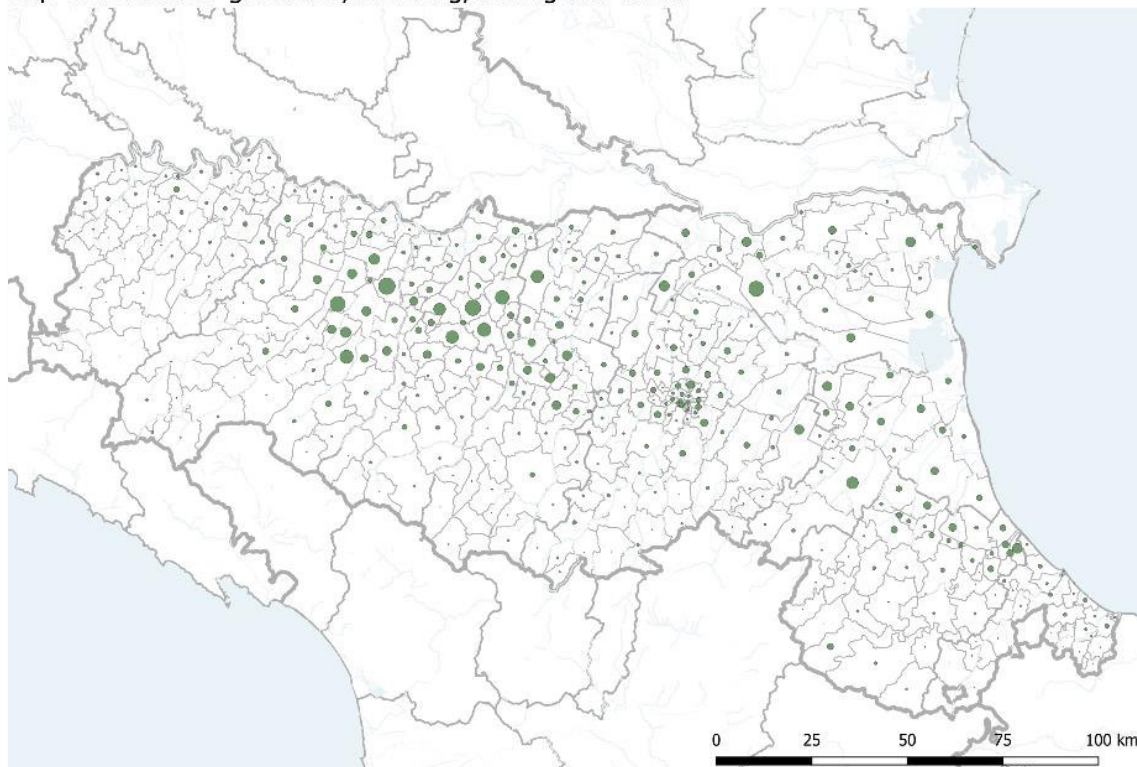


Fig. 16 - Addetti operativi e totale addetti: Piacenza e Reggio Emilia

Una volta disponibile il numero di addetti operativi per singola zona, e avendo per ogni categoria merceologica dei fattori di generazione e attrazione, è possibile distribuire la matrice O/D provinciale sulla zonizzazione del modello di traffico (Fig. 17-Fig. 24)

PRODOTTI AGRICOLI E ANIMALI VIVI

Trip Generation: Agriculture, breeding, fishing and wood



Trip Attraction: Agriculture, breeding, fishing and wood

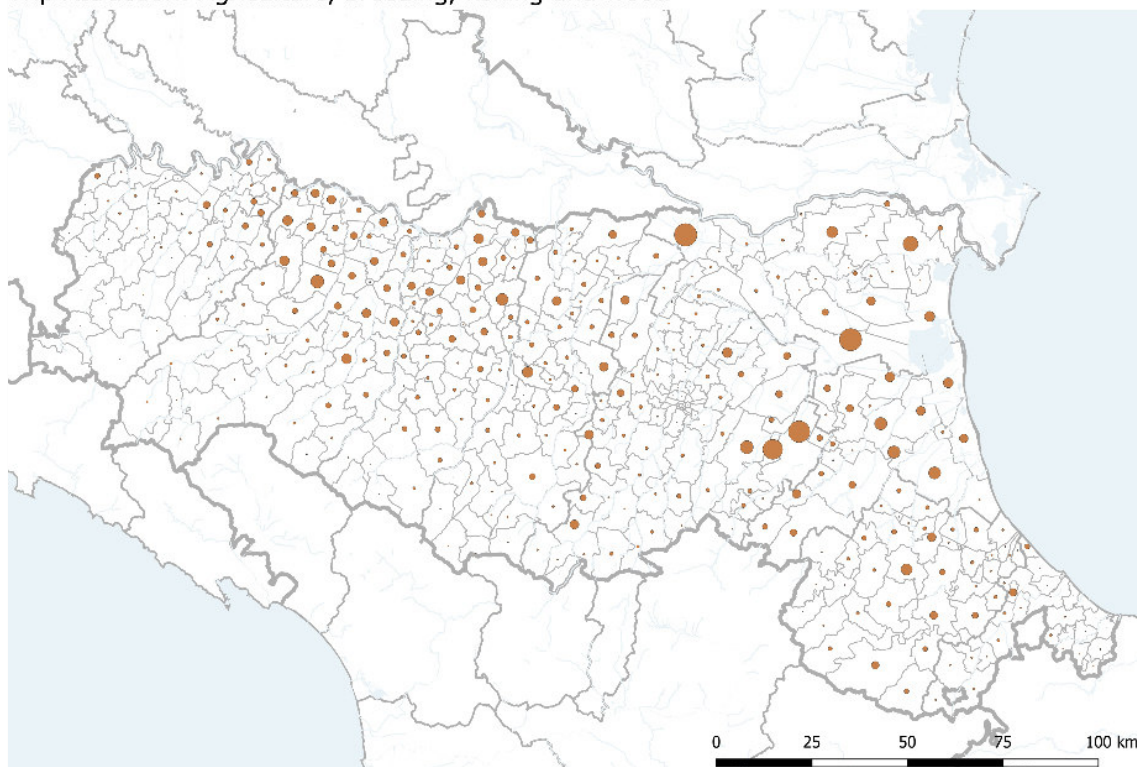
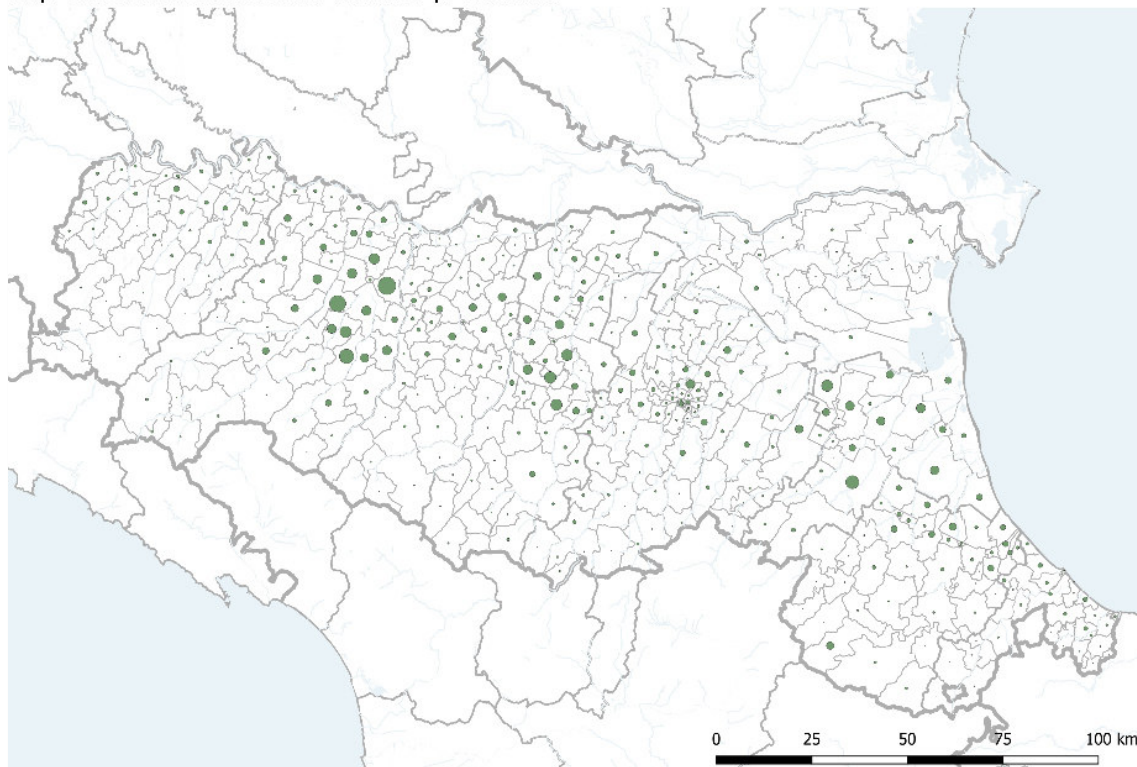


Fig. 17 -Generazione e attrazione merci - cat 0

DERRATE ALIMENTARI E FORAGGERE

Trip Generation: Food and tobacco production



Trip Attraction: Food and tobacco production

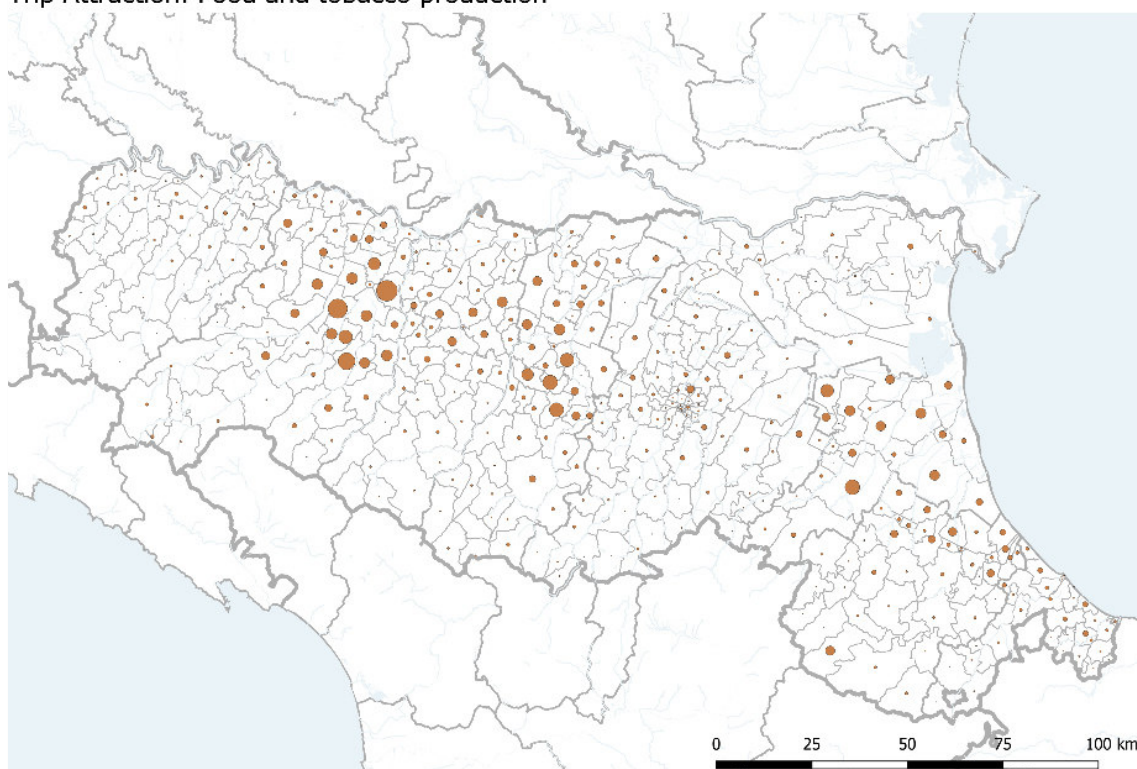
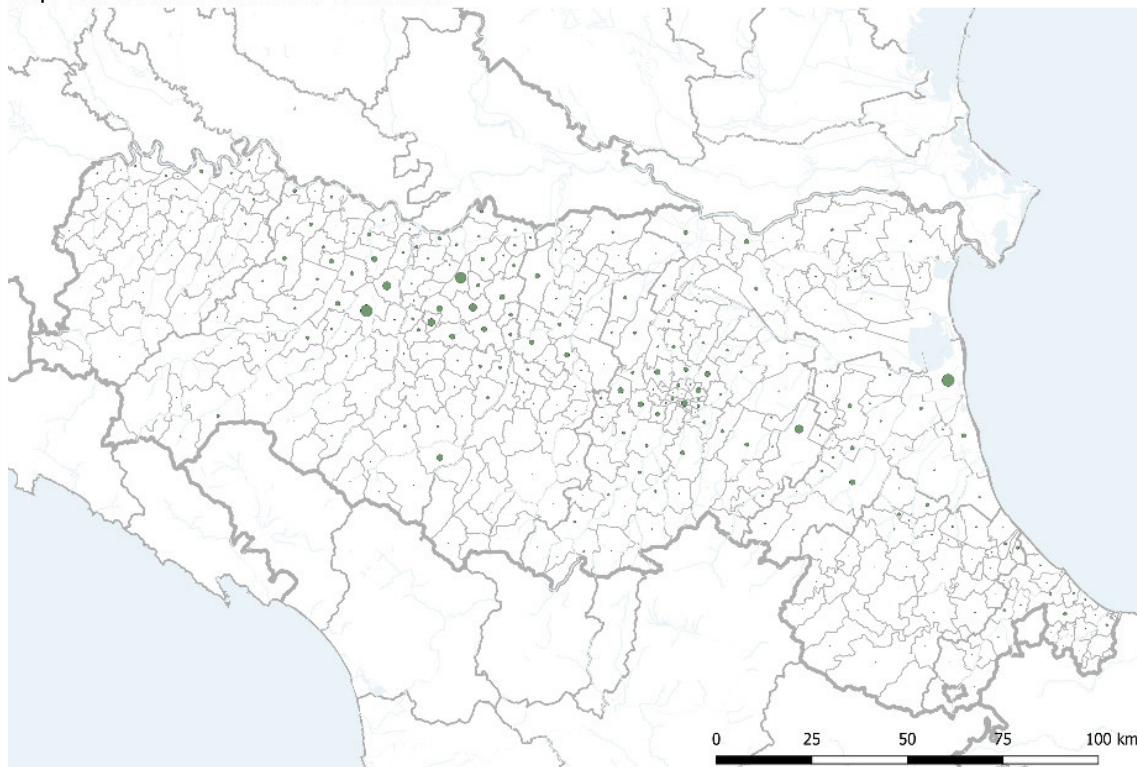


Fig. 18 - Generazione e attrazione merci - cat 1

PRODOTTI PETROLIFERI

Trip Generation: Coke and refined oil



Trip Attraction: Coke and refined oil

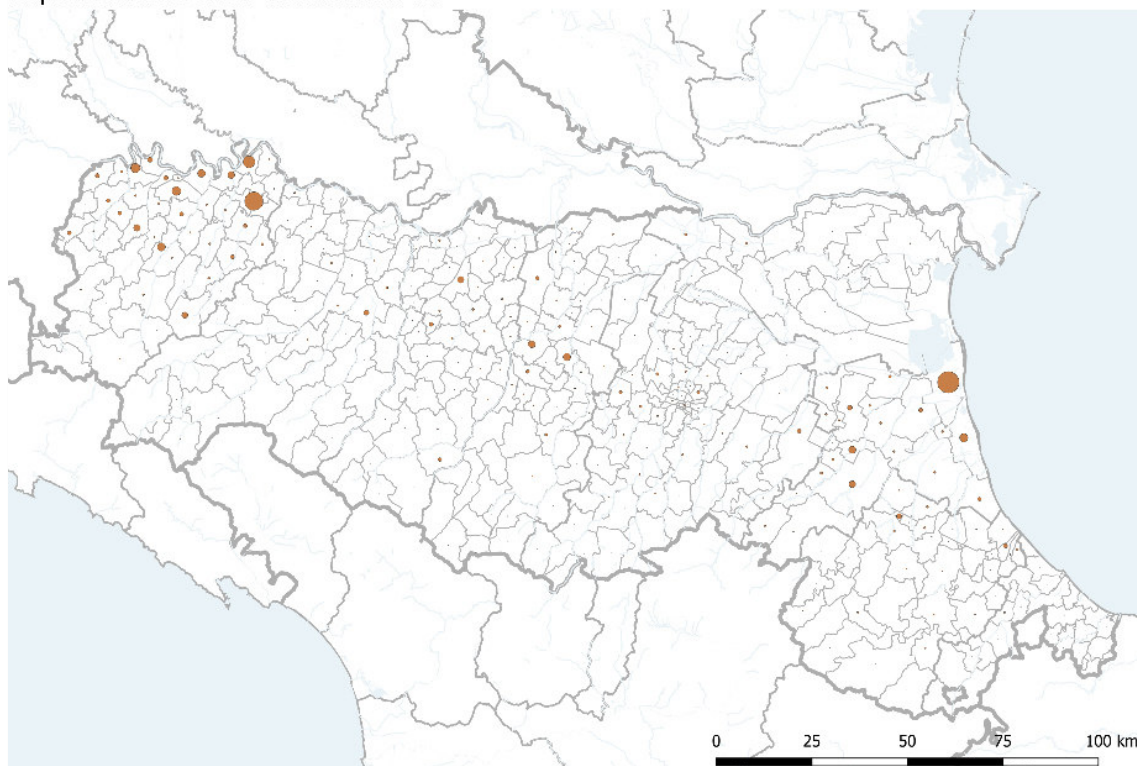
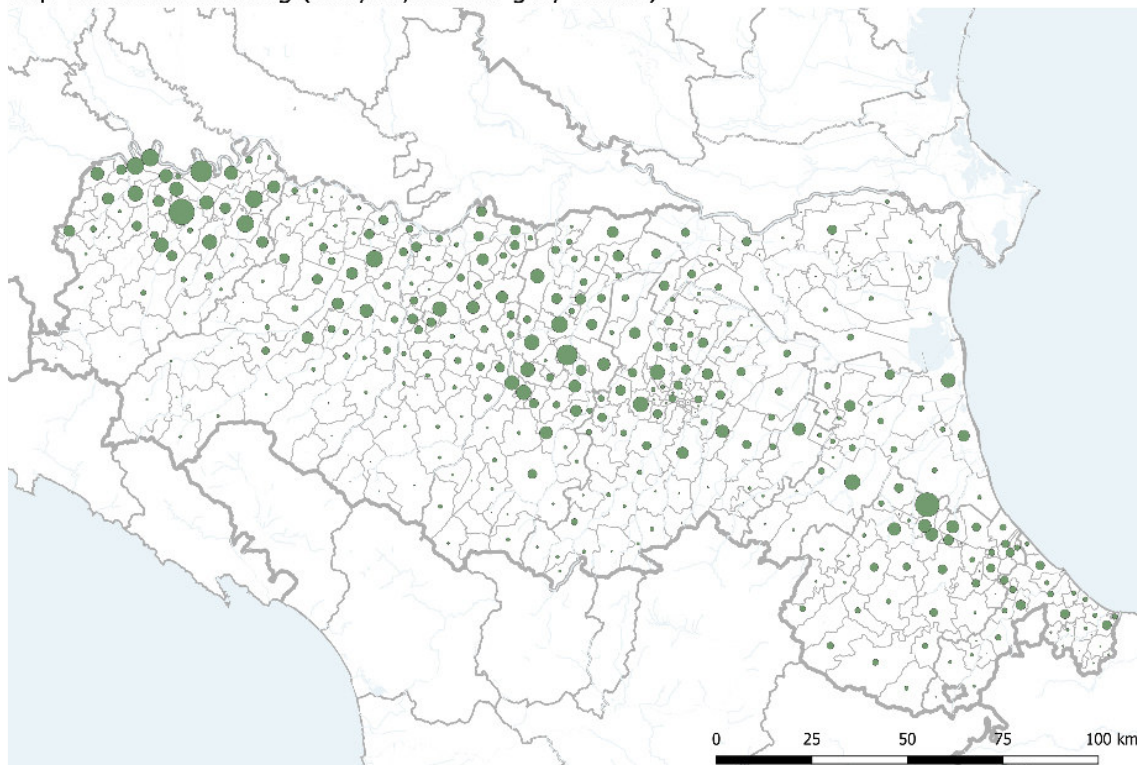


Fig. 19 - Generazione e attrazione merci - cat 3

MINERALI E CASCAMI VARI PER LA METALLURGIA

Trip Generation: mining (coal, oil, natural gas, metals)



Trip Attraction: mining (coal, oil, natural gas, metals)

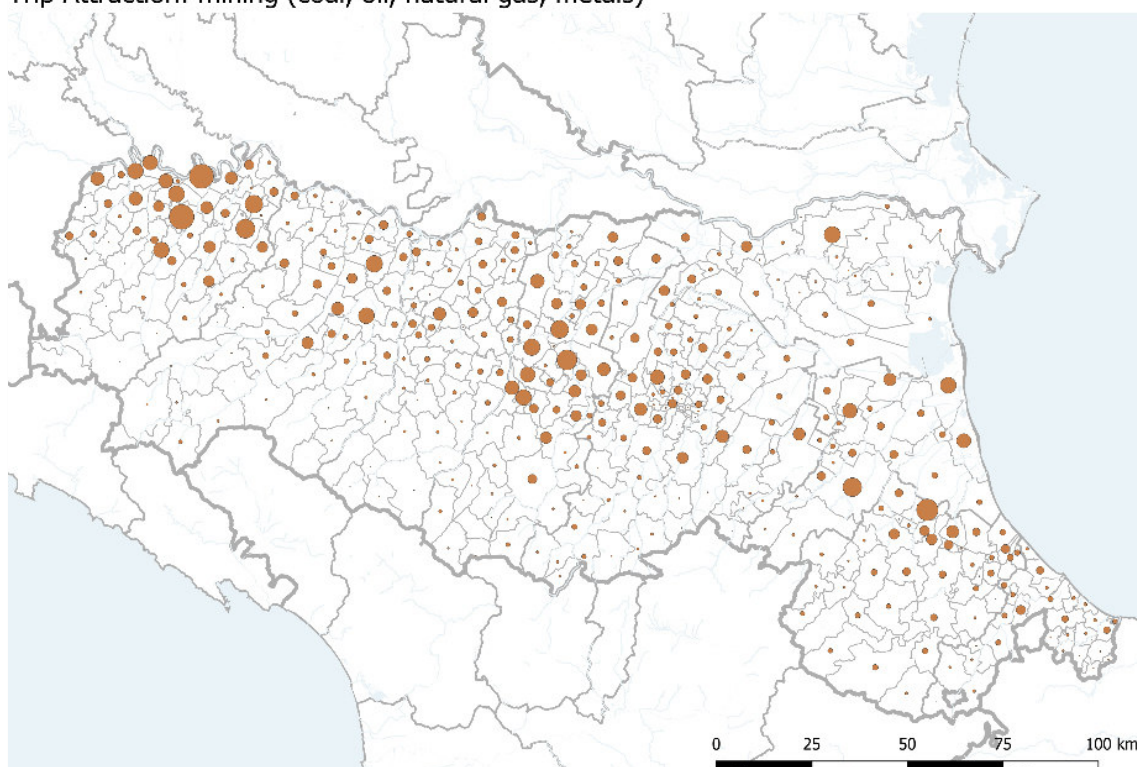
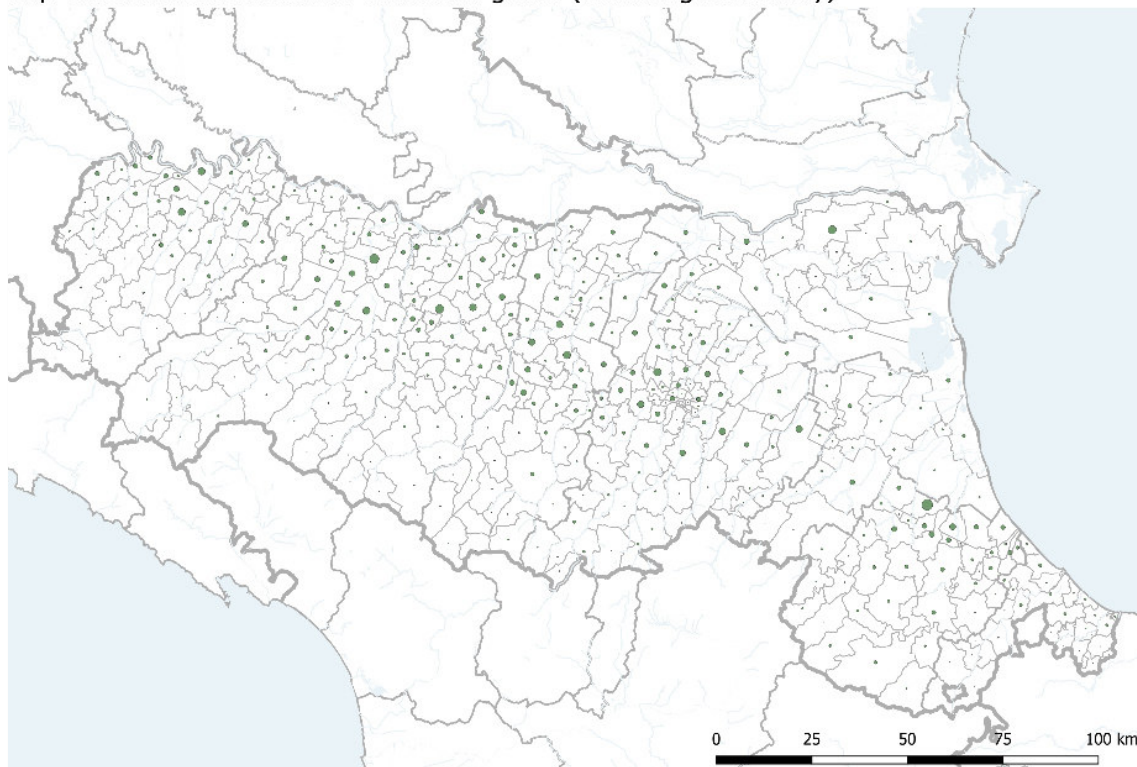


Fig. 20 - Generazione e attrazione merci - cat 4

PRODOTTI METALLURGI

Trip Generation: base metals and metal goods (excluding machinery)



Trip Attraction: base metals and metal goods (excluding machinery)

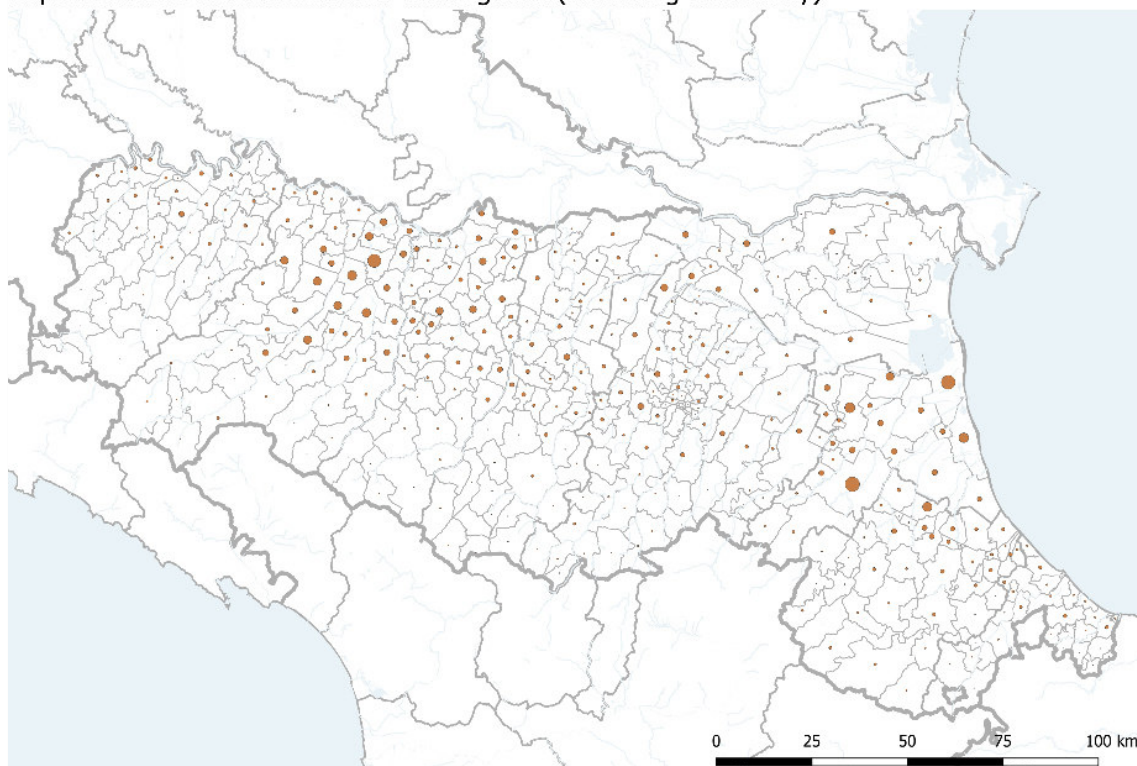
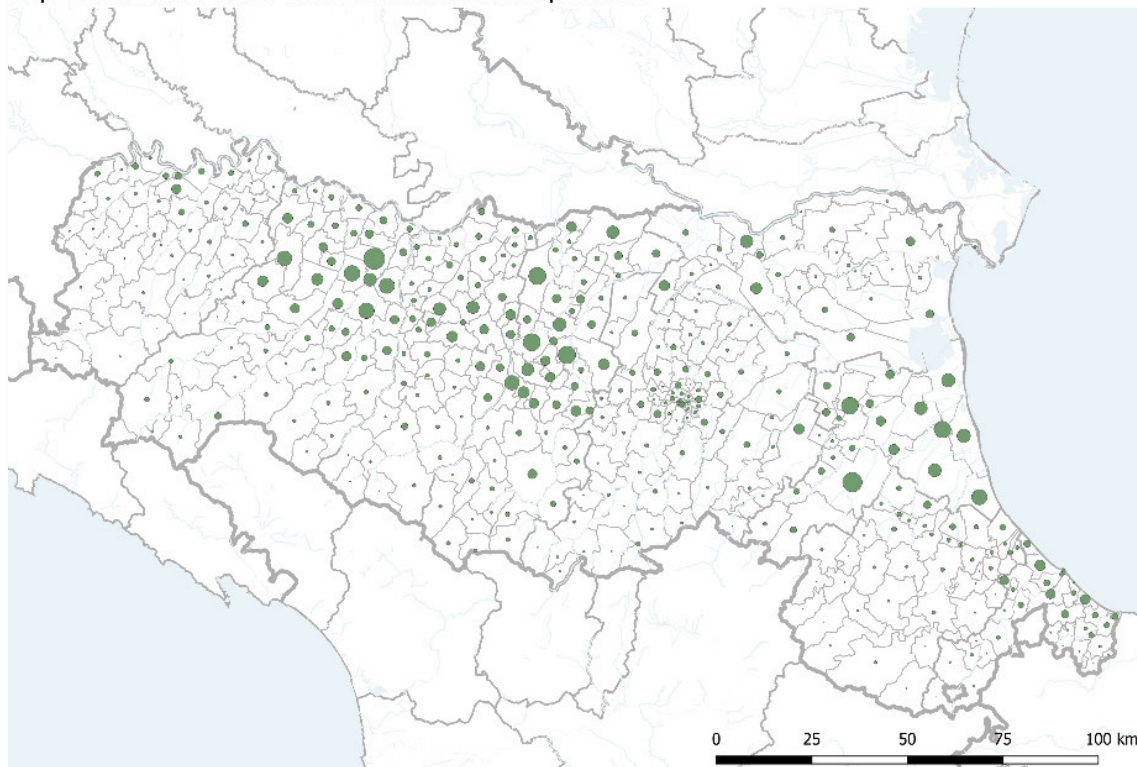


Fig. 21 - Generazione e attrazione merci - cat 5

MINERALI GREZZI O MANUFATTI E MATERIALI DA COSTRUZIONE

Trip Generation: other non-metallic minerals products



Trip Attraction: other non-metallic minerals products

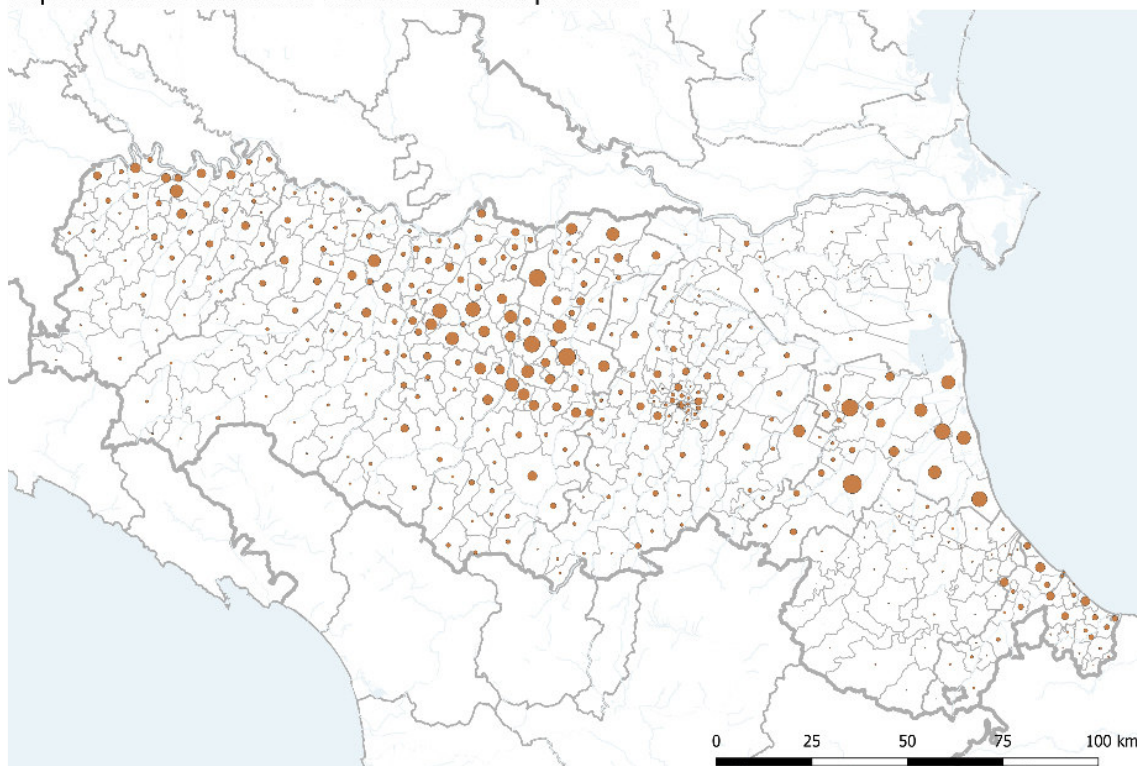


Fig. 22 - Generazione e attrazione merci - cat 6

PRODOTTI CHIMICI, PLASTICI, NUCLEARI

Trip Generation: chemical, plastics, nuclear



Trip Attraction: chemical, plastics, nuclear

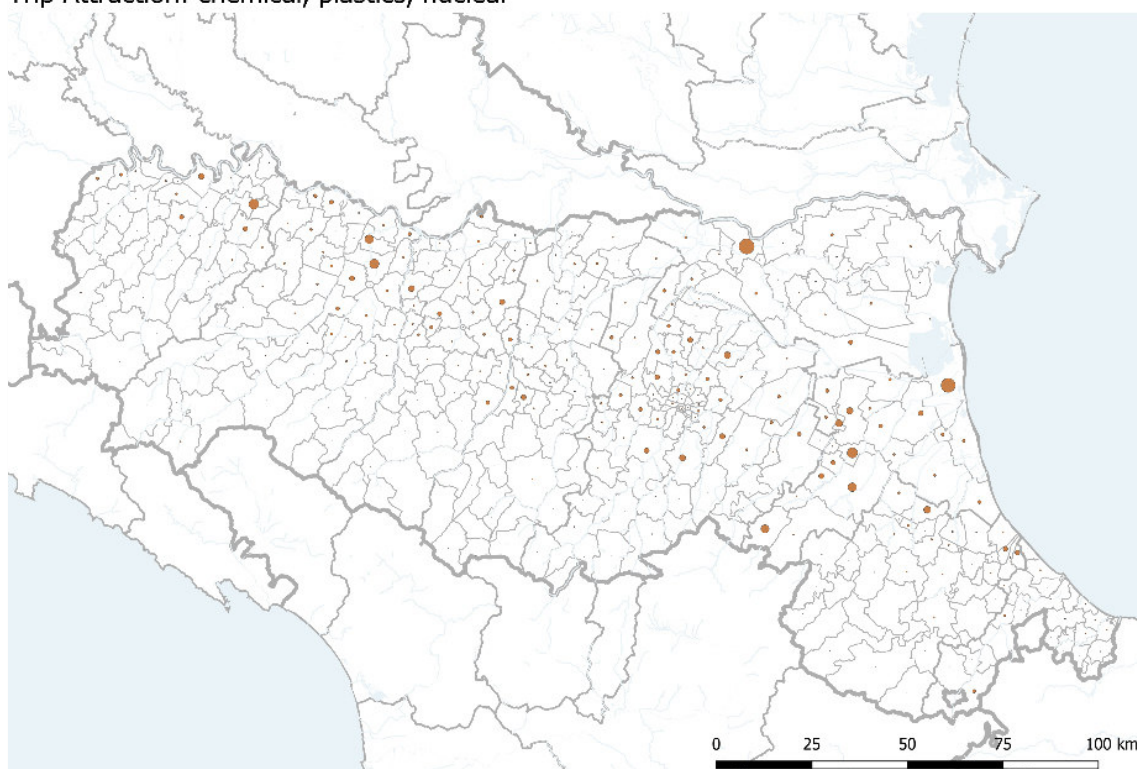
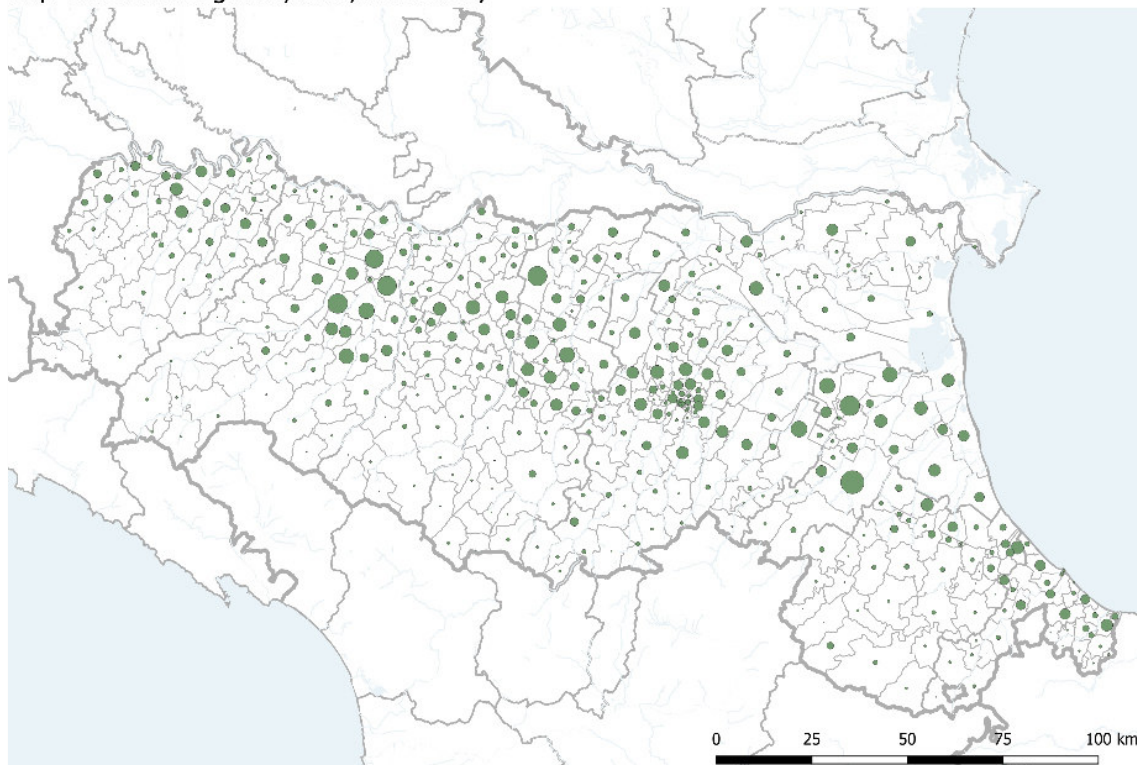


Fig. 23 - Generazione e attrazione merci - cat 8

MACCHINE E VEICOLI, OGGETTI MANUFATTURATI E MERCI DIVERSE

Trip Generation: goods, mail, machinery



Trip Attraction: goods, mail, machinery

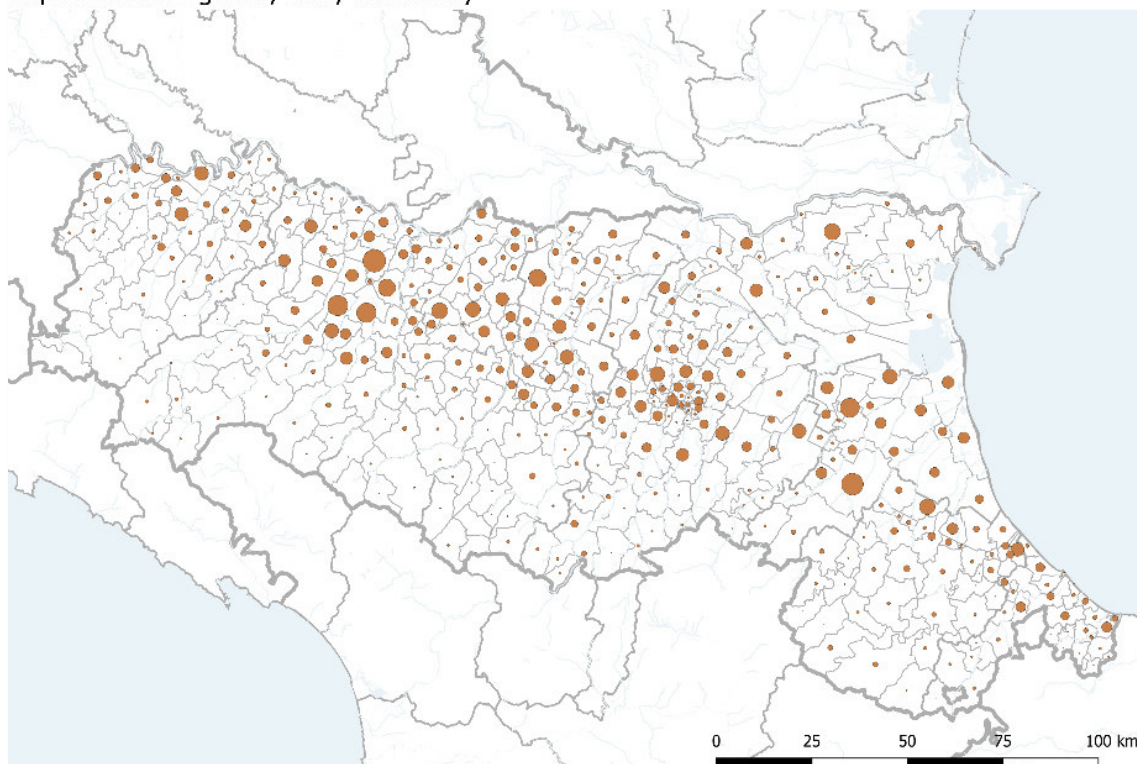


Fig. 24 - Generazione e attrazione merci - cat 9

4.4. Porti

I flussi disponibili dal progetto ETIS plus utilizzati per estendere il modello regionale a tutta Europa non tengono esplicitamente in conto i flussi portuali dal momento che ETISplus si riferisce a zone provinciali che comprendono sia i porti sia qualunque insediamento produttivo o commerciale capace di generare o attrarre flussi.

Si è quindi provveduto ad un approfondimento sui flussi ferroviari ed intermodali che fanno capo ai porti di maggior interesse per la regione Emilia-Romagna ovvero i porti di:

- 1) Genova
- 2) Ravenna
- 3) Venezia
- 4) La Spezia
- 5) Livorno

La rilevanza dei primi quattro per il trasporto container è stata recentemente confermata dai risultati dello studio “Corridoi ed efficienza logistica dei territori” (Contship Italia Group e SRM, 2021). Lo studio di Contship e SRM si basa sulle interviste a 400 imprese distribuite nei territori di Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto che importano o esportano merci containerizzate attraverso i porti.

Le imprese localizzate in Emilia-Romagna hanno indicato i due porti cui fanno maggiormente riferimento:

Porto	Esportazioni (93% su strada e 7% su intermodale)	Importazioni (83% su strada e 17% su intermodale)
Genova	93%	79%
Venezia	46%	45%
Ravenna	22%	27%
La Spezia	18%	21%

Tab. 5 - Indicazione dei due porti maggiormente utilizzati per importazioni ed esportazioni di container dalle imprese localizzate in Emilia-Romagna intervistate nello studio “Corridoi ed efficienza logistica dei territori” (Contship Italia Group e SRM, 2021)

Purtroppo le statistiche portuali pubblicamente disponibili sono dettagliate solo per i traffici marittimi, per i quali le Autorità di Sistema Portuale pubblicano tonnellate, rotabili e TEU suddivise per merceologie e origini/destinazioni oltremare.

La stima dei traffici lato terrestre è difficoltosa perché è raramente supportata da dati pubblicamente disponibili e oltre i traffici lato mare devono essere considerate le funzioni industriali dei porti e gli oleodotti ad essi collegati.

Le funzioni industriali dei porti sono i traffici che destinano o originano in porto e riguardano tipicamente:

- rinfuse liquide, ad esempio petrolio greggio che viene lavorato in una raffineria adiacente l’area del porto

- rinfuse solide, destinate od originate ad esempio in acciaierie o cementerie adiacente l'area del porto

Gli oleodotti sono collegati a raffinerie o serbatoi di prodotti finiti e solo per le prime sono normalmente disponibili dati di lavorazione. Devono inoltre essere valutati i traffici diretti a raffinerie all'estero. Era questo il caso di Genova da cui parte un oleodotto ora inattivo che fino al 2015 ha alimentato la raffineria di Collombey in Svizzera. Rimangono rilevanti per alcuni dei porti citati gli usi industriali per industrie localizzate in porto o raffinerie collegate mediante oleodotto, tra cui Genova.

I dati per arrivare a questo stimare alla complessiva quota di traffico terrestre che viene trasportata via strada o via ferrovia sono parziali ma in parte disponibili.

E' decisamente più difficoltosa la stima del riparto modale, e quindi della quota di traffico ora su strada e potenzialmente spostabile alla ferrovia. Questa può essere effettuata partendo dai treni programmati, per i quali è immediato distinguere il traffico intermodale ma non il traffico di rinfuse liquide o solide. Deve essere poi stimato sulla base dei dati disponibili il numero di treni effettuati. Purtroppo, i dati per ottenere queste stime sono frammentari. L'ulteriore passaggio richiesto per definire una valutazione delle tonnellate trasportate per ferrovia è la stima del carico utile e del coefficiente di carico dei treni.

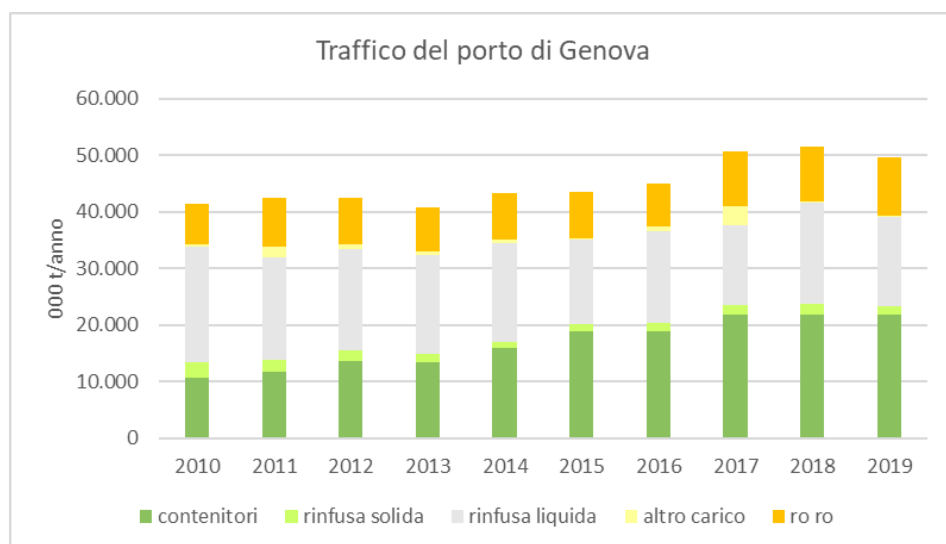


Fig. 25 - Evoluzione del traffico complessivo del porto di Genova dal 2010 al 2019

5. Offerta di servizi di trasporto merci

5.1. Introduzione

La seconda innovazione introdotta dal presente modello consiste in una più precisa descrizione dell'offerta di trasporto, sia in termini di veicoli utilizzati che di network logistici.

Il modello considera infatti tre differenti veicoli stradali:

- furgoni;
- autocarri;
- autoarticolati e trattori stradali a singolo rimorchio.

Ogni categoria veicolare è definita dal suo carico utile (sia in peso che in volume) e dal costo di trasporto calcolato sulla base della somma di differenti fattori:

- Il costo operativo, inclusivo del consumo di carburante, di lubrificante, degli pneumatici ed, in generale, della manutenzione (espresso in €/km e applicato ai chilometri percorsi);
- Il valore del tempo, equivalente al salario dell'autista (espresso in €/h e applicato al tempo di viaggio);
- le tariffe applicate, ad esempio le tariffe autostradali (se presenti, espresse in €);
- i costi di carico/scarico (costo di terminalizzazione), espresso in €/viaggio.

I valori di riferimento sono basati sia sulle tariffe ufficiali (ma non obbligatorie) vigenti in Italia, che su stime non ufficiali (ma di uso comune) presenti negli studi tecnici e nella stampa professionale (in particolare "Tuttotrasporti").

5.2. Servizi considerati

Il nuovo modello introduce una chiara divisione fra alternative di offerta, sulla base della struttura dei servizi disponibili sul mercato del trasporto merci. Questa divisione si riferisce in primo luogo alla distinzione fra servizi in conto proprio e servizi in conto terzi, e quindi ad una ulteriore divisione di questi servizi in network logistici.

Opzioni liv 1	Opzioni livello 2	Scelta dei veicoli
Conto proprio	Strada con veicoli propri	furgone, autocarro, autoarticolato
Conto terzi	Strada con servizi diretti (door-to-door)	Furgone, autocarro, autoarticolato
	Strada con groupage, servizi hub-and-spoke	Furgone, autocarro, autoarticolato
	Servizi intermodali ferroviari	Autoarticolato + treno intermodale
	Servizi ferroviari	Treno blocco convenzionale

Tab. 6 - Alternative di offerta / veicolo utilizzato

Ogni opzione di offerta/veicolo viene descritta diversamente all'interno del modello, cercando di riprodurre le reali strutture del mercato in termini di tecnologia e fornitori.

5.2.1. Conto proprio via strada

La prima e più semplice soluzione per muovere merci dal luogo di produzione a quello di consumo è di usare mezzi merci di proprietà del produttore. In questo caso, il costo di trasporto è funzione del costo operativo dei veicoli, e proporzionale a distanze, tempi e tariffe.

Per rappresentare il conto proprio nel modello di offerta sono state simulate

- 248.610 coppie O/D
- 3 categorie veicolari (furgone autocarro, autoarticolato);
- 8 categorie di prodotti;

per un totale di 4.247.769 combinazioni nell'intera area di studio.

Per ogni combinazione, viene calcolato il Costo Logistico Totale (CTL) corrispondente al lotto economico di riordino, calcolato tramite la formula di Harris (Economic Order Quantity, EOQ).

Per ogni coppia O/D e categoria merceologica la scelta di un particolare veicolo implica una differente portata. Quindi, dato il quantitativo di merce da trasportare, una diversa frequenza di consegna. Nel momento in cui la dimensione del lotto economico eccede la capacità del veicolo, viene utilizzato quest'ultimo valore, e la frequenza delle consegne cresce oltre il suo limite teorico ottimale³.

Nel caso del trasporto in conto proprio, viene inoltre ipotizzato che tutti i viaggi includano un ritorno a vuoto, e quindi i costi totali di trasporto sono calcolati aggiungendo al costo di terminalizzazione il doppio del costo operativo del viaggio di andata.

5.2.2. Conto terzi via strada

La seconda soluzione per il trasporto merci consiste nell'esternalizzazione del servizio. Il modello considera in questo caso tre diversi tipologie di servizio: diretto, hub&spoke ed intermodale ferroviario.

I **servizi diretti** vengono intesi come collegamento *door to door* dal sito di produzione a quello di consumo. Questo consente di calcolare la tariffa richiesta sulla base del costo di trasporto di ogni relazione O/D e della categoria di veicolo utilizzata, per un totale di $248.610 \times 3 \times 8 = 4.247.769$ combinazioni. Pertanto, la modellizzazione di questi servizi è molto simile a quella dei servizi in conto proprio, con l'importante differenza che viene introdotta la possibilità di avere un carico in entrambe le direzioni, eliminando la penalità rappresentata dal ritorno a vuoto a cui è sottoposto il conto proprio. La scelta dei veicoli dipende anche in questo caso dal lotto economico di riordino, sulla base del quale è stimato il costo logistico totale.

I servizi **Hub & Spoke** sono invece totalmente differenti, dal momento che, piuttosto che ad un collegamento diretto, sono appoggiati a piattaforme logistiche intermedie o centri di consolidamento e smistamento (nel modello: transit point - TP), dove le spedizioni vengono concentrate/distribuite dai percorsi di raccolta/distribuzione locali.

Pertanto, lo schema logistico generale si articola in tre segmenti differenti:

Percorso di raccolta (furgone/autocarro) → TP →

Percorso di linea (autoarticolato) →

TP → **percorso di distribuzione** (furgone/autocarro)

³ Si veda Combes C. (2017) „Inventory Theory and Freight Transport Modelling“; in: de Jong G., Tavasszy L.A. (eds.) *Modelling Freight Transport*; Elsevier; pp.89-115.

E' il modello che rappresenta le spedizioni di pallet e, in questo caso, non viene scelto il veicolo con cui inviare la merce, e la scelta ricade sulla rete logistica di cui è dotato chi offre il servizio.

La modellizzazione dei flussi veicolari risultati dai servizi hub&spoke richiede una dettagliata conoscenza degli schemi logistici di ogni operatore. Questo è stato ottenuto descrivendo le reti dei 55 più importanti operatori che avessero almeno un transit point attivo in Emilia Romagna (Fig. 27).

Queste reti possono essere molto differenziate geograficamente, come evidenziato in Fig. 28 e Fig. 29.

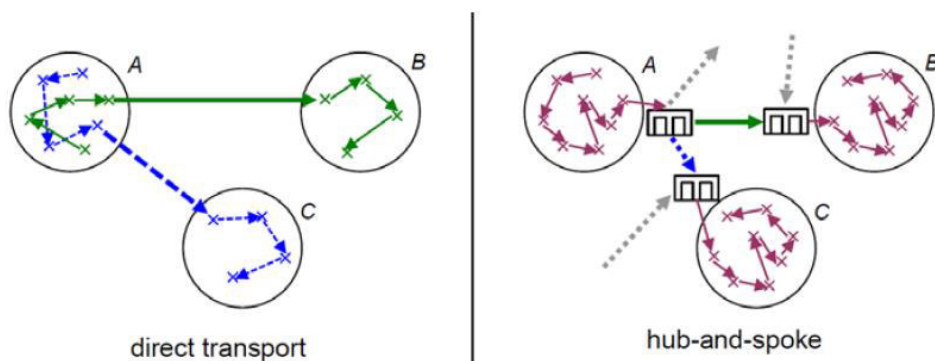


Fig. 26 - Modelli di reti logistiche conto terzi: a sinistra i trasporti diretti, eventualmente da più origini a più destinazioni raggruppate; a destra il trasporto con giri di raccolta e distribuzione e consolidamento/smistamento in transit point (hub&spoke).

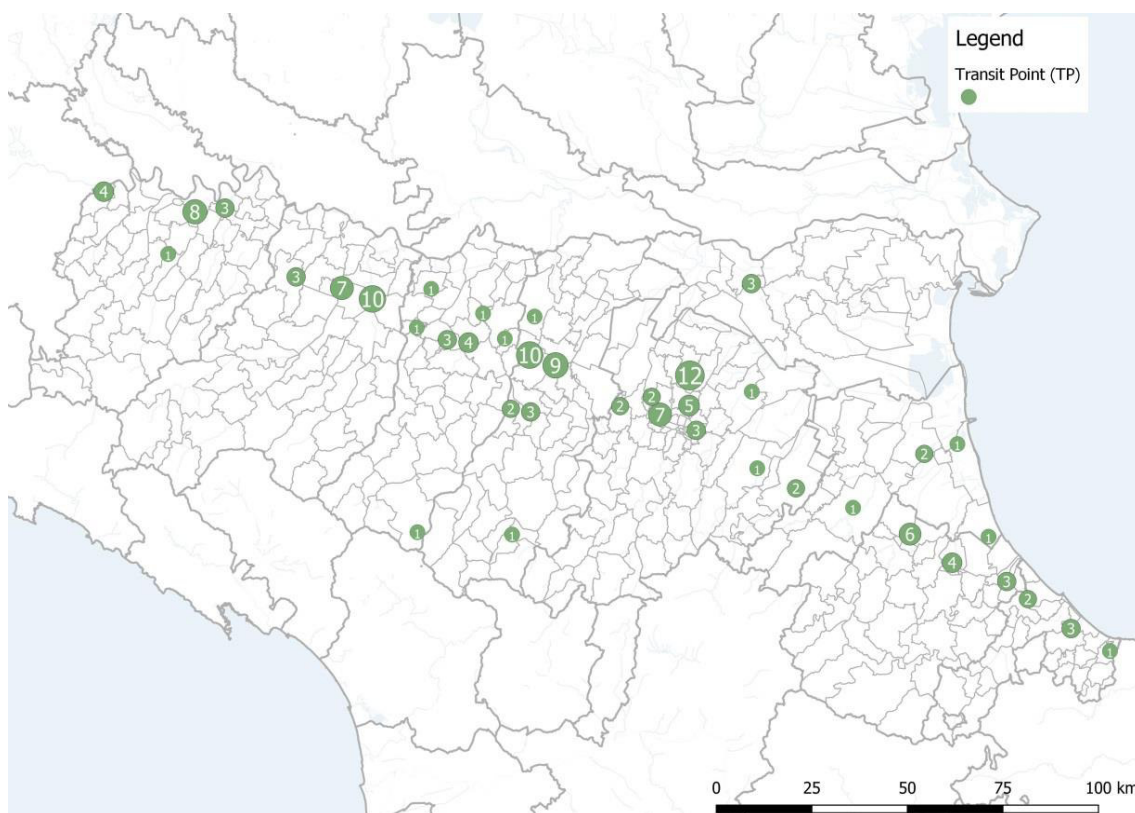
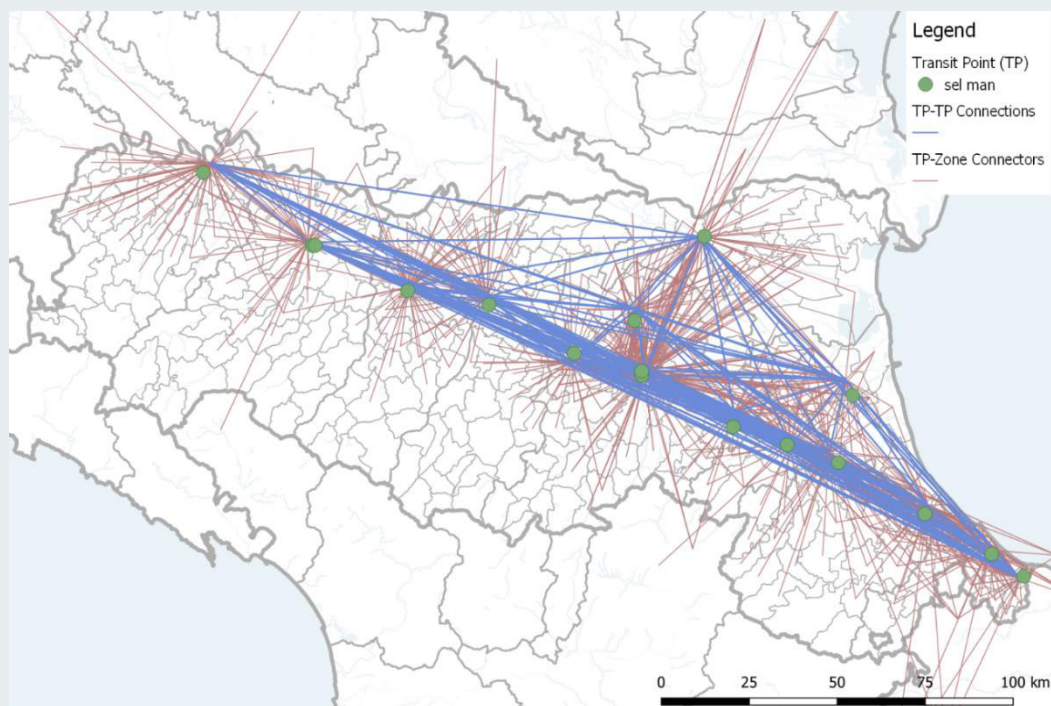


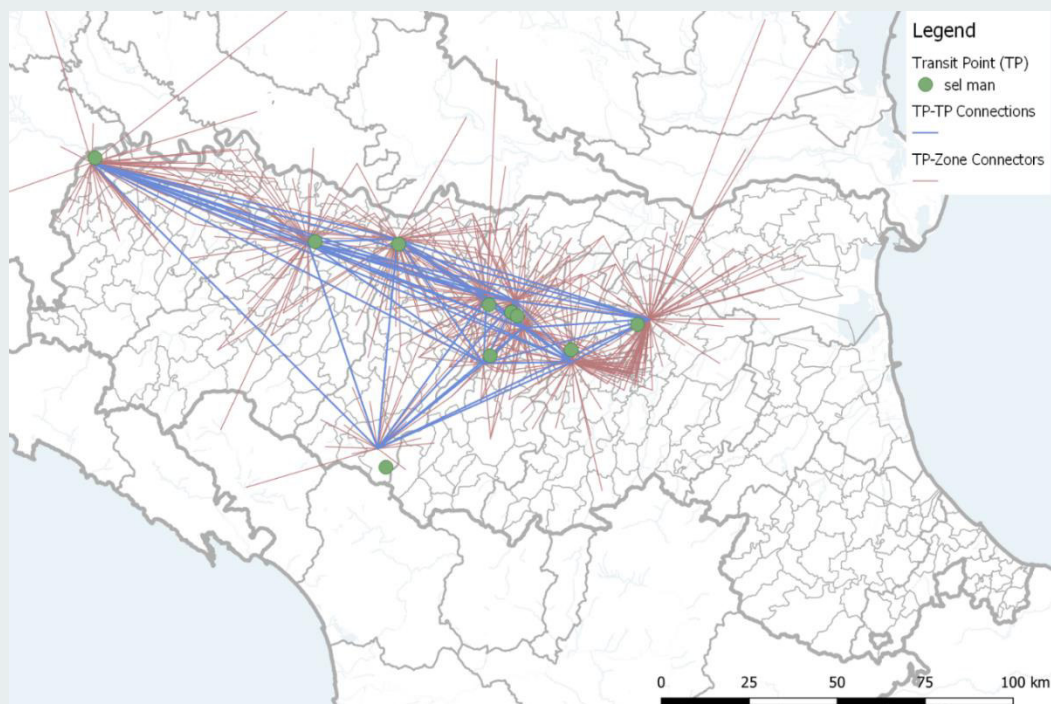
Fig. 27 - Numero di transit point esistenti per comune

AZIENDA A



Forte presenza lungo il corridoio della via Emilia, bassa penetrazione negli appennini

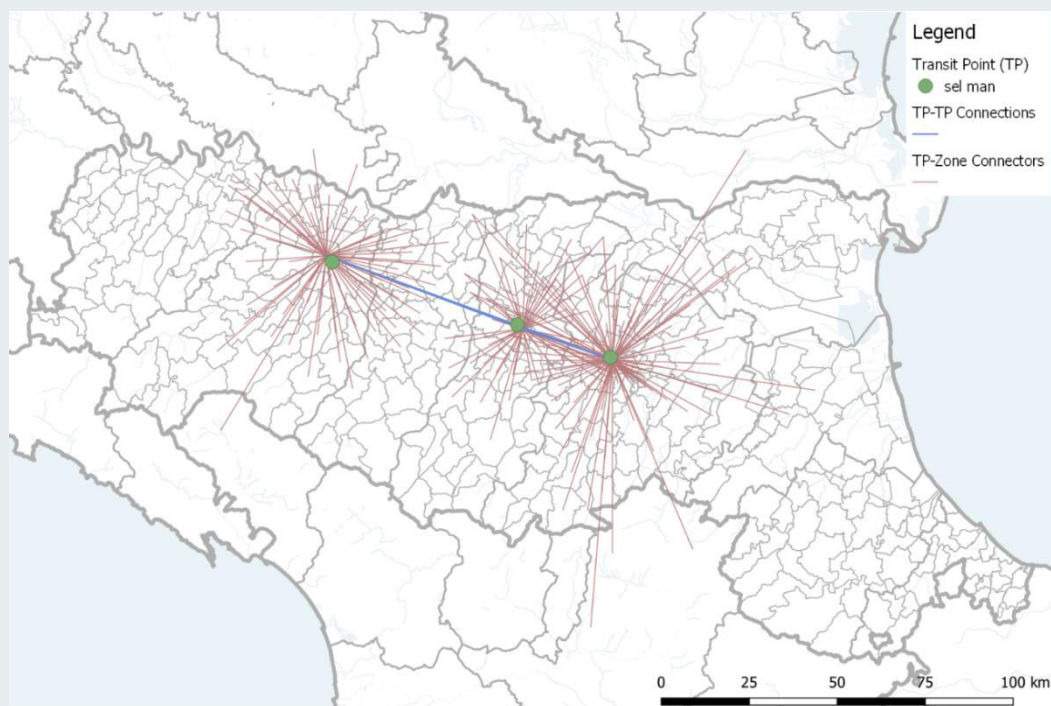
AZIENDA B



Forte presenza nella parte occidentale della regione, inclusa una sezione degli appennini

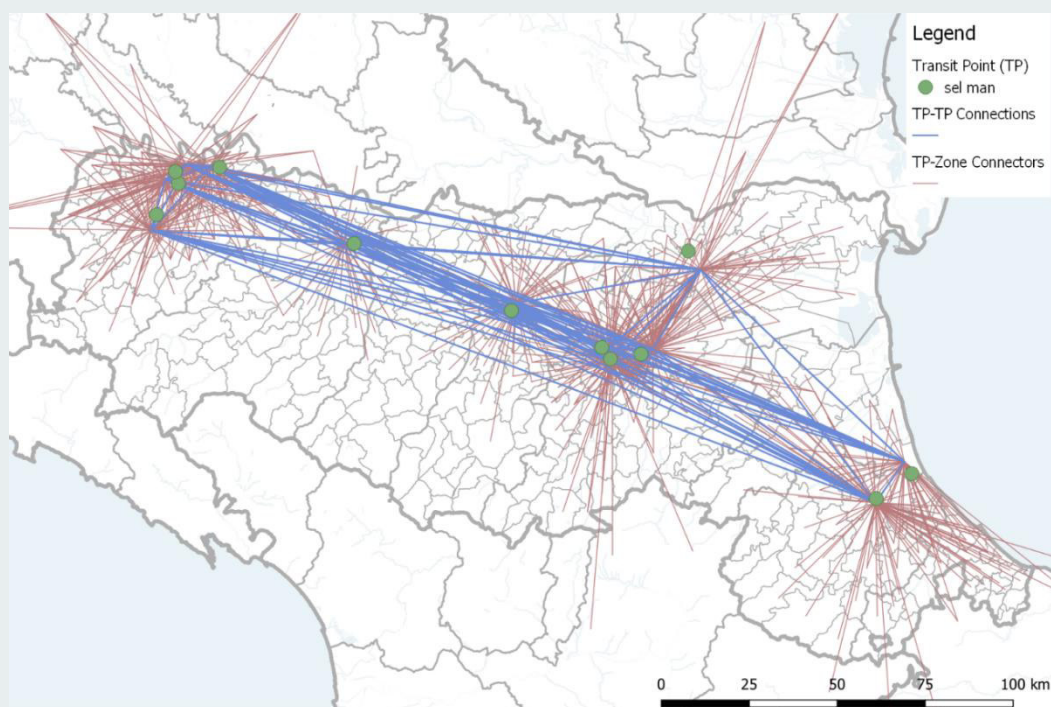
Fig. 28 - Esempi di network logistici

AZIENDA C



Operatività limitata ad alcune province

AZIENDA D



Clusters di transit points

Fig. 29 - Esempi di network logistici (cont.)

Nel modello sviluppato questi schemi servono complessivamente 1.551.349 combinazioni di O/D e di transit point.

Anche in questo caso, ogni alternativa è caratterizzata da un Costo Logistico Totale stimato per la dimensione ottima del lotto. Pertanto, la frequenza di invio dipende dalla struttura dei costi dell'intera rete logistica di ogni operatore che è attivo sulla relazione O/D specifica per ognuna delle categorie di prodotto considerate.

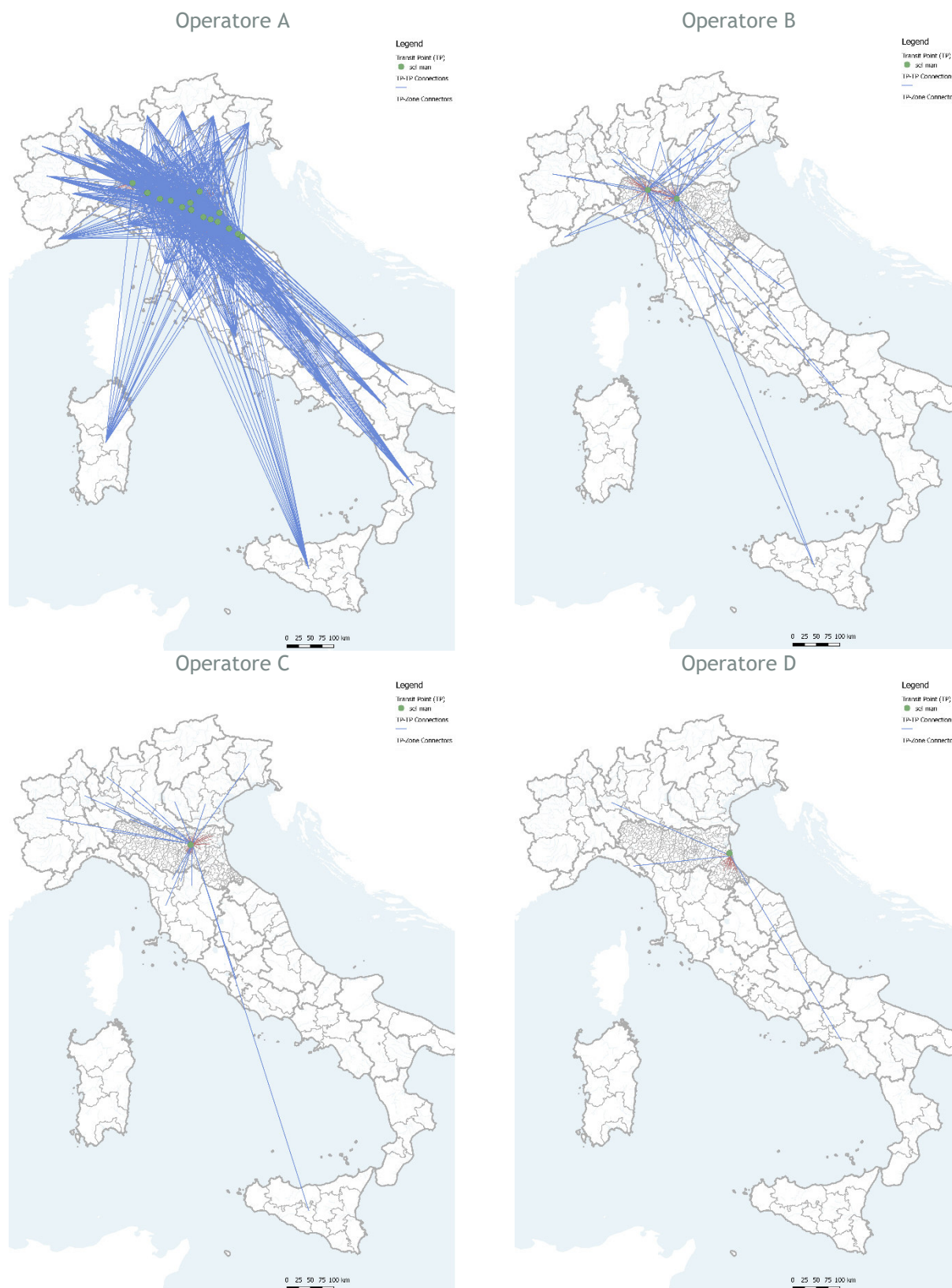


Fig. 30 - Esempi di reti logistiche con i centri in Emilia-Romagna collegati ai centri in altre regioni d'Italia.

5.2.3. Conto terzi con servizi intermodali ferroviari

I servizi intermodali ferroviari sono modellizzati come servizi Hub&Spoke in cui il segmento intermedio (la “linea”) è effettuata con un servizio ferroviario. I terminal ferroviari sono pertanto descritti come dei normali transit point e collegati ai percorsi di raccolta e distribuzione su strada.

In questo caso il ruolo dei transit point è assunto dalle stazioni ferroviarie e dagli interporti attrezzati per il trasporto intermodale. Sono stati considerate stazioni e interporti in Emilia-Romagna nonché i centri intermodali della cosiddetta gronda-nord (Verona, Melzo, Milano, Gallarate o Novara) perché parte dello scopo del modello è valutare la possibilità e le condizioni per cui i flussi intermodali che ora si attestano su terminali della gronda nord per proseguire verso l’Emilia-Romagna via strada proseguano sul treno verso i terminali posti in regione.

I collegamenti tra i centri merci dove sono attestati i servizi intermodali sono quelli risultanti da orario dei diversi operatori, selezionati dopo un confronto con i dati dei treni programmati dal gestore dell’infrastruttura.



Fig. 31 - Rappresentazione grafica del traffico ferroviario programmato in Italia

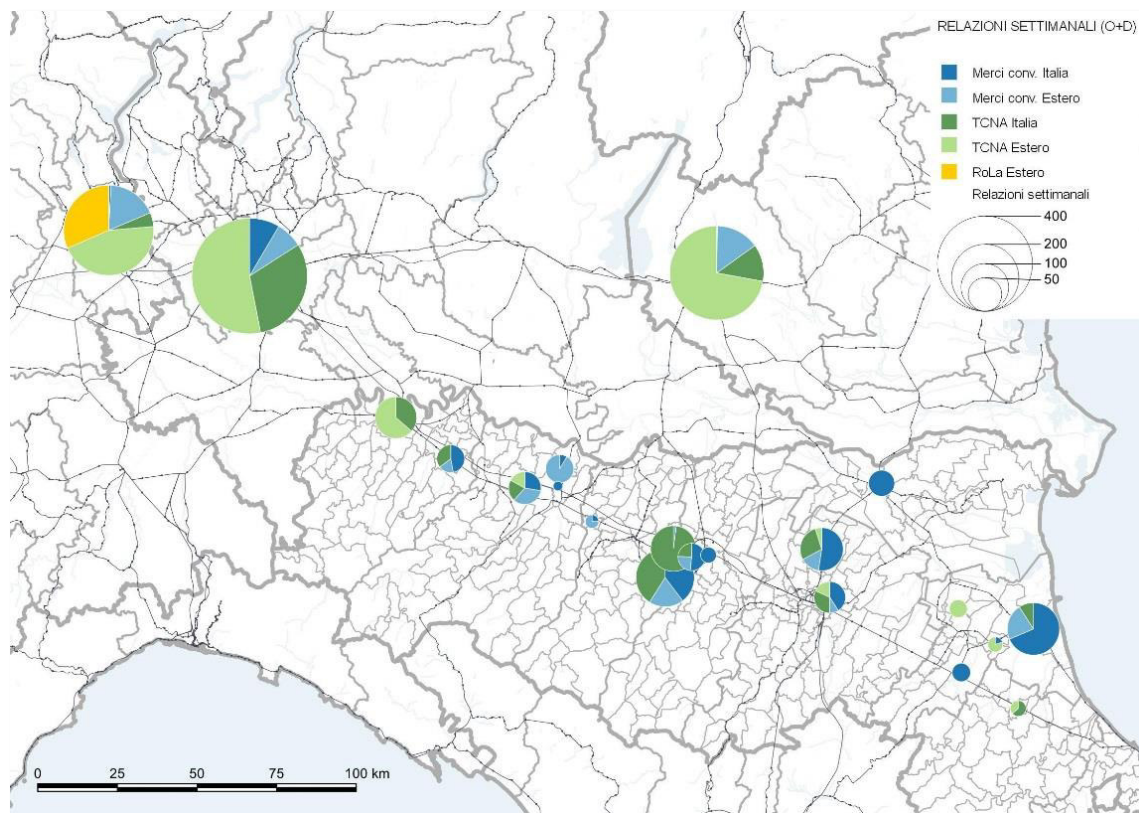


Fig. 32 - Offerta di servizi ferroviari intermodali

impianto	numero collegamenti settimanali (bidirezionali)				
	traffico conv.		TCNA		RoLa estero
	Italia	estero	Italia	estero	
Fiorenzuola	16	6	12		
Piacenza			28	49	
Castelguelfo	13	16	10	8	
Parma	4				
Torricella S. Polo	3	32			
Dinazzano	60	29	62		
Rubiera		2	90		
S. Ilario d'Enza	2	6			
Modena	11				
Marzaglia	17	8	8		
Bologna S. Donato	18	4	14	8	
Bologna Interporto	43	12	23	4	
Ferrara	30				
Faenza	15				
Lugo				14	
Ravenna	83	27	11		
Russi	2			8	
Villa Selva			7	4	
Milano	50	44	183	313	
Novara	3	64	18	161	113
Verona	1	58	50	282	

Tab. 7 - Offerta di servizi ferroviari intermodali

La Tab.7 e la Fig. 31 mostrano un quadro generale dei collegamenti intermodali considerati dal modello. Nell'insieme, sono descritti 50 terminal ferroviari e 361 relazioni.

Per il trasporto speditore-stazione di origine del treno e tra stazione di destinazione del treno-destinatario il modello considera l'impiego di autoarticolati con capacità e costi specifici per il trasporto intermodale.

Come meglio descritto nel capitolo dedicato alle funzioni di costo, i costi del segmento ferroviario del trasporto sono funzione dei costi di traccia e di diponibilità del treno, di manovra e di carico scarico ai terminali, di trasporto dall'origine stradale e alla destinazione stradale.

Ogni alternativa di trasporto intermodale è caratterizzata da un Costo Logistico Totale che porta a stimare la dimensione ottima del lotto del lotto di trasporto e la frequenza di invio che vengono impiegate nel modulo di scelta modale.

5.2.4. Conto terzi con servizi ferroviari convenzionali

Questo tipo di trasporti non è stato simulato nel modello perché il lavoro si è concentrato sull'intermodale ma è possibile includerlo nella stessa maniera in cui è stata inclusa la parte ferroviaria dei trasporti intermodali quindi considerando le stazioni collegate, i servizi esistenti con le limitazioni merceologiche (es treni per il solo trasporto di veicoli finiti o treni per il solo trasporto di greggio o prodotti petroliferi) i tempi da orario e i tempi di manovra primaria (inserimento nel fascio di messa disposizione) e secondaria (trasferimento dal fascio di messa a disposizione all'interno degli stabilimenti raccordati).

5.3. Funzioni di costo di trasporto

5.3.1. Conto proprio via strada

Per il conto proprio via strada si considera la possibilità che il trasporto avvenga con:

- Furgone (portata netta 1,5 t, 4,5 m³)
- Autocarro (portata netta 13 t, 37,5 m³)
- Autoarticolato (portata netta 34 t, 75 m³)

Nella lista sono indicate le portate nette in massa e volume preimpostate ma che possono essere variate dall'utente del modello.

Il veicolo effettivamente usato dipende dalla scelta del lotto economico trattata nella sezione 6.2. Per arrivare a definire il lotto economico di trasporto devono essere determinati i costi di trasporto ed i costi di inventario.

I costi di trasporto C per ciascun tipo di veicolo sopra elencato sono ottenuti dai seguenti elementi:

$$C = c_0 + c_{op} * d + c_{lav} * t + p$$

dove

C = costo di trasporto [€]

c_0 = costo di terminalizzazione (carico+scarico, incluso il fermo mezzo) [€]

c_{op} = costo operativo unitario (ammortamento, consumi, manutenzione) [€/vkm]

d = distanza percorsa [km]

c_{lav} = costo unitario del lavoro [€/vh]

t = tempo di percorrenza [h]

p = esborsi monetari (pedaggi) [€].

Il costo di trasporto in conto proprio tiene conto di un viaggio in termini di tempo e distanza, che include l'andata a carico il ritorno a vuoto. Non si tiene conto della possibile disponibilità di carichi di ritorno anche se il modello può ammettere che una parte dei viaggi di ritorno sia a veicolo carico.

I costi operativi unitari sono funzione della velocità media del trasporto oltre che del tipo di veicolo e il costo del lavoro varia (crescendo) nel passare da furgone ad autotreno anche perché si ipotizza che i viaggi in autotreno siano di maggior durata e comportino condizioni di lavoro più impegnative.

I tempi e le distanze di viaggio sono ottenuti come indicato nella sezione 3, quindi considerando i tempi del modello della Regione Emilia-Romagna, all'interno del territorio modellato esplicitamente, e considerando tempi e distanze rappresentativi al di fuori di esso.

5.3.2. Conto terzi via strada

Questo modo e organizzazione del trasporto si divide in due modalità:

- trasporto diretto, quindi da stabilimento/magazzino a stabilimento/magazzino con automezzi dedicati
- trasporto attraverso la rete hub&spoke dell'operatore di trasporto

Nel primo caso, indicato per trasporti a veicolo completo, possono essere impiegati (secondo quanto indicato dal modello di costo logistico totale) gli stessi veicoli considerati sopra per il trasporto in conto proprio:

- Furgone (portata netta 1,5 t, 4,5 m³)
- Autocarro (portata netta 13 t, 37,5 m³)
- Autoarticolato (portata netta 34 t, 75 m³)

Nella lista sono indicate le portate nette in massa e volume preimpostate ma che possono essere variate dall'utente del modello.

I costi di trasporto sono ottenuti sommando le stesse voci viste nel caso precedente:

$$C = c_0 + c_{op} * d + c_{lav} * t + p$$

dove

c_0 = costo di terminalizzazione (carico+scarico, incluso il fermo mezzo) [€]

c_{op} = costo operativo unitario (ammortamento, consumi, manutenzione) [€/vkm]

d = distanza percorsa [km]

c_{lav} = costo unitario del lavoro [€/vh]

t = tempo di percorrenza [h]

p = esborsi monetari (pedaggi) [€].

I costi operativi unitari sono funzione della velocità media del trasporto oltre che del tipo di veicolo e il costo del lavoro varia (crescendo) nel passare da furgone ad autotreno anche perché si ipotizza che i viaggi in autotreno siano di maggior durata e comportino condizioni di lavoro più impegnative.

Nel caso del trasporto conto terzi si assume la possibile presenza di un carico di ritorno quindi chi si assume l'onere del trasporto (speditore o destinatario) paga solo il viaggio con il proprio carico, almeno quando il carico di ritorno è disponibile. Per supplire l'assenza di informazioni di dettaglio nella fase attuale il costo stradale monodirezionale è ottenuto maggiorando del 30% il valore base, ovvero quello dell'effettivo viaggio

monodirezionale. In questo modo si tiene conto della possibilità che per alcuni viaggi il carico di ritorno non sia disponibile.

Il caso del trasporto attraverso la rete hub&spoke degli operatori di trasporto comporta il calcolo di:

- Costo di trasporto dall'origine all'hub, incluso carico e scarico
- Costo di trasporto tra hub, incluso carico e scarico
- Costo di trasporto dall'hub alla destinazione, incluso carico e scarico

I costi per ciascun segmento sono ottenuti analogamente a quanto indicato per il trasporto conto terzi diretto. Per il trasporto tra hub si è vincolato l'uso di autoarticolati a cui fanno riferimento i costi. Tempi e distanze sono ottenuti come indicato in

5.3.3. Conto terzi con servizi intermodali ferroviari

Il costo del trasporto conto terzi con servizi intermodali ferroviari è composto da tre elementi:

- costo della tratta stradale in origine
- costo della tratta ferroviaria incluso carico e scarico delle unità intermodali dal treno
- costo della tratta stradale in destinazione

Concettualmente la struttura del modello per questo modo di trasporto è analoga a quella del conto terzi stradale via rete hub&spoke. Tuttavia in questo caso la linea è il servizio intermodale mentre la parte di presa e consegna in origine e in destinazione sono svolte con un autoarticolato.

Il costo delle tratte stradali in origine e in destinazione è composto in maniera analoga a quello del trasporto merci diretto su strada conto terzi. Come accennato, il veicolo è vincolato ad essere un autoarticolato mentre la distanza e il tempo di trasporto sono ottenuti dal modello di assegnazione.

Il costo della tratta ferroviaria è ottenuto a partire dai seguenti elementi:

- $C_{o\ part}$ costo di handling dell'UTI (Unità di Trasporto Intermodale) nel terminale di partenza (tariffa/UTI)
- $C_{o\ arr}$ costo di handling dell'UTI (Unità di Trasporto Intermodale) nel terminale di arrivo (tariffa/UTI)
- $C_{m\ part}$ costo di manovra del treno nel terminale di partenza (tariffa/treno)
- $C_{m\ arr}$ costo di manovra del treno nel terminale di arrivo (tariffa/treno)
- C_{op} costo del treno intermodale comprendente
 - Costo della traccia (tariffa/treno*km)
 - Nolo muta di carri (costo/tempo)
 - Nolo locomotiva (o locomotive) (costo /tempo)
 - Costo del personale di macchina (costo /tempo)

Come indicato nella lista, le unità di misura di ciascun elemento sono diverse. Ai fini del modello il costo del trasporto intermodale è stato ricondotto ad un costo/UTI*km con opportune assunzioni sul personale necessario a coprire i turni macchina e considerando una velocità commerciale media per passare dai costi

del nolo della locomotiva e dei carri al costo*treno*km. Il costo è inoltre differenziato secondo diversi tipi di treni:

- nazionale - internazionale, che differiscono per il costo medio della traccia, più alto per le tracce che si sviluppano anche all'estero
- lungo-corto, 600 m o 400 m di piattaforme utili, il cui carico potenziale è stimato in TEU e per le quali è utilizzato un coefficiente di riempimento, al momento impostato all'85% che è una percentuale di riferimento per avere treni profittevoli
- con o senza cambio di trazione, quindi considerando la necessità di disporre di un solo locomotore o due

I costi di manovra e di handling sono stati ottenuti dai tariffari dei terminali obbligati alla loro pubblicazione. Per gli altri è utile usare valori medi.

Per immediatezza di trattazione la somma dei costi per la parte ferroviaria del trasporto intermodale è stata ricondotta ad un costo complessivo per UTI.km, partendo dalla curva dei costi complessivi per più distanze chilometriche e interpolando con una curva adatta.

Tutti i parametri indicati possono essere variati per simulare situazioni diverse (anche diversi tipi di treni) o in caso di aggiornamento delle informazioni disponibili.

6. Riparto modale

6.1. Introduzione

La terza e ultima innovazione introdotta nel modello merci regionale riguarda l'algoritmo di scelta modale. Sulla base di alcuni recenti avanzamenti in campo modellistico, che integrano la *inventory theory* in questa fase di modellizzazione⁴, è stato sviluppato un algoritmo congiunto di scelta della dimensione della spedizione e del modo di trasporto utilizzato. Questo algoritmo ha l'obiettivo di descrivere la scelta dei caricatori o degli spedizionieri sulla base del lotto economico di riordino, e quindi sulla minimizzazione della funzione di costo logistico totale. Il CLT è dato a sua volta dalla somma di:

- **Costo di inventario**, che considera il valore delle merci a magazzino per unità di peso o volume;
- **Costo generalizzato di trasporto**, funzione del costo operativo, del tempo di viaggio e di costanti modali dipendenti dai livelli di sicurezza e affidabilità dei diversi modi⁵

Il risultato della procedura proposta consente di stimare non solo la quantità di beni $Q(m,i,j,k)$, della categoria di prodotti m , che nell'intervallo temporale considerato si muove dalla zona i alla zona j usando il modo k , ma anche la frequenza delle spedizioni, in relazione alla modalità di trasporto scelta.

Questo si traduce nella possibilità di considerare la capacità dei veicoli, distinguendo i più piccoli (furgoni, autocarri) dai più grandi (treni, navi), con evidenti vantaggi nello studio del tipo di traffico che può essere intercettato dai servizi intermodali.

6.2. L'algoritmo congiunto di lotto economico di riordino e scelta del modo di trasporto

I tradizionali modelli merci, sviluppati similmente a quelli di trasporto passeggeri, simulano il trasporto di beni materiali dal sito di produzione A a quello di consumo B come un flusso costante Q (Fig. 33).



Fig. 33 - Logica tipica dei modelli merci tradizionali mutuati dai modelli del trasporto di persone con auto.

Escluse alcune eccezioni, questa descrizione è poco realistica, perché in generale il trasporto ha luogo in modo intermittente, quindi con spedizioni separate. Di conseguenza, è necessario gestire stock di beni in

⁴ Si veda anche i.e. De Jong G., Ben-Akiva M. [2007] "A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice"; *Transportation Research B*, vol.41; pp.950-965; Abate M., de Jong G. [2014] "The optimal shipment size and truck size choice-the allocation of trucks across hauls"; *Transportation Research A*, vol.59(1), pp. 262-277; Combes F., Tavasszy L.A. [2016] "Inventory theory, mode choice and network structure in freight transport"; *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16(1); pp.38-52.

⁵ Per maggior dettagli sul concetto di costo totale logistico, si veda Abate e Kveiborg [2013], e Holguín-Veras et al. [2014a, 2014b].

arrivo ed in partenza, dotandosi quindi di magazzini e/o aree di deposito sia nei siti di produzione che in quelli di consumo (Fig. 34).

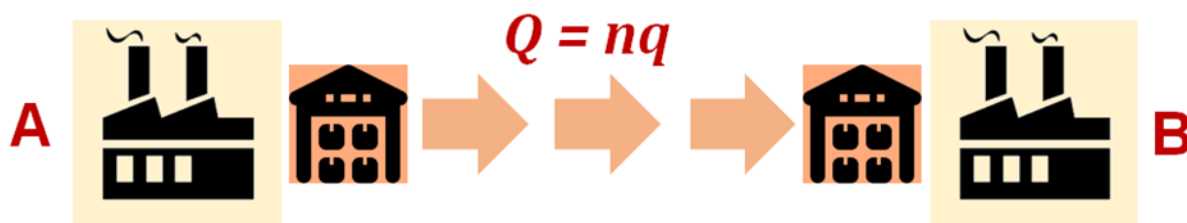


Fig. 34 - Logica del modello merci avanzato che considera il trasporto dei beni per lotti

Come accennato nell'introduzione, nel modello la scelta del modo di trasporto è differenziata per settore produttivo, ed è basata sul concetto di costo logistico totale (CLT), ottenuto come somma di

- Costo di trasporto;
- Costo di inventario.

Il **costo di trasporto unitario**, calcolato come somma di una quota fissa e di una variabile dipendente dal peso trasportato, tende a crescere in funzione del numero di spedizioni, e quindi, per una quantità Q di beni da trasportare, a diminuire in funzione della dimensione del lotto di spedizione.

Di converso, il **costo di inventario unitario**, proporzionale all'inventario medio di beni, tende a diminuire col numero di spedizioni e, quindi, a parità di Q , a crescere in base alla dimensione del lotto.

In generale, la somma di costo di inventario e di trasporto restituisce una funzione dalla tipica forma a U, evidenziando l'esistenza di una dimensione ottima del lotto di riordino, o economic order quantity, che minimizza il Costo Logistico Totale.

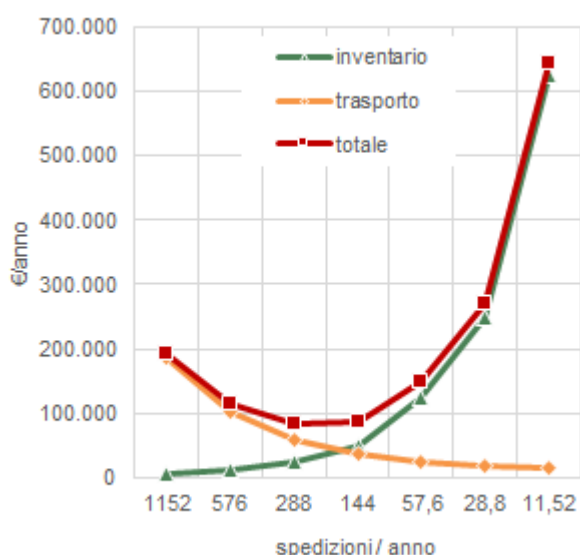


Fig. 35 - Il costo di inventario, il costo di trasporto e il costo logistico totale ottenuto sommandoli

L'algoritmo di scelta congiunta del lotto ottimo e del modo di trasporto assume che tutti gli spedizionieri si comportino minimizzando la funzione del Costo Logistico Totale, e quindi dimensionando le proprie spedizioni in relazione al lotto economico di riordino.

Ovviamente, diverse modalità di trasporto, caratterizzate da differenti funzioni di costo, determinano, per lo stesso prezzo, diversi lotti economici di riordino: per esempio i veicoli di dimensioni più ridotte, caratterizzate da bassi costi fissi di spedizione ma ridotte economie di scala, sono associati a lotti ottimi di dimensioni più ridotte di quelli determinati dall'uso di mezzi di trasporto più grandi, caratterizzati da costi fissi più alti ma maggiori economie di scala (Fig. 36).

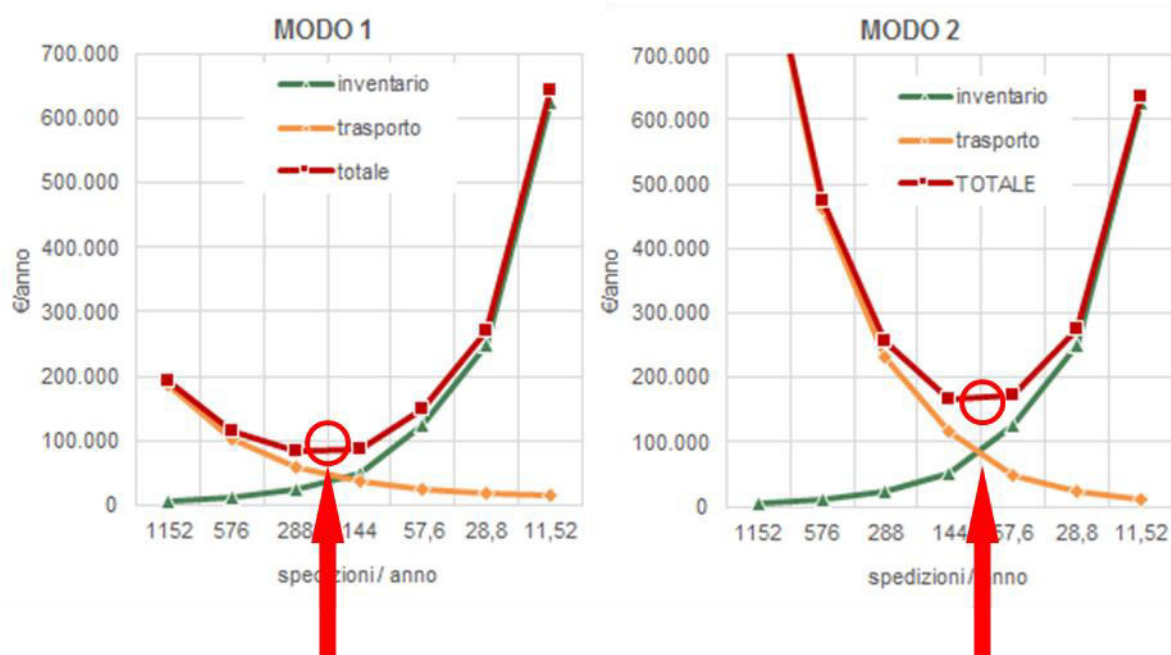


Fig. 36 - Determinazione del lotto economico per diversi modi di trasporto

D'altra parte, il lotto ottimo varia anche in funzione del valore dei beni, dal momento che il costo di inventario di beni ad elevato valore aggiunto per unità di peso/volume rende più economico operare con spedizioni più piccole e frequenti, rispetto al caso di merci a basso valore aggiunto per unità di peso/volume, la cui immobilizzazione è un minore problema economico.

In ogni caso, l'algoritmo assume che gli spedizionieri sceglieranno il modo di trasporto caratterizzato dal Costo Logistico Totale più basso (Fig. 37)

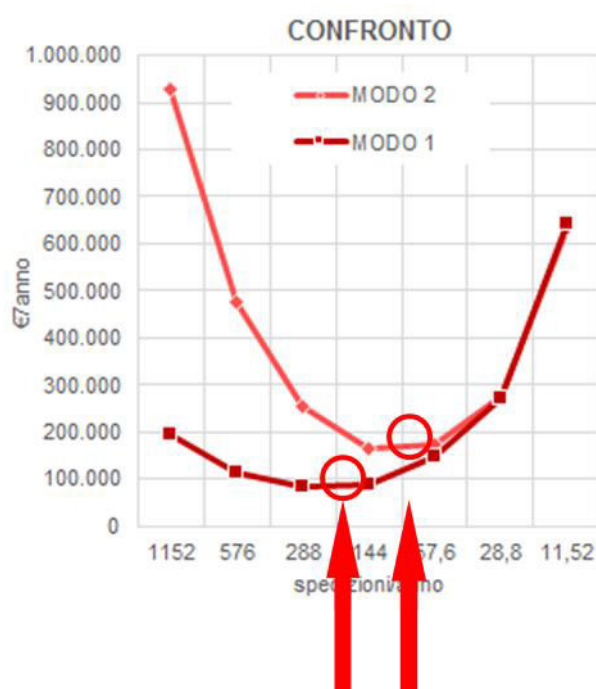


Fig. 37 - scelta congiunta del lotto di spedizione e del modo di trasporto

6.3. Stima del valore unitario della merce

Un'importante conseguenza di questo nuovo approccio è che la scelta del modo di trasporto dipende dalle caratteristiche della merce che deve essere trasportata, ad esempio:

- La dimensione;
- Il peso;
- Il valore per unità di peso;
- La deperibilità;
- L'obsolescenza.

Tutti questi parametri, infatti, influenzano il costo di inventario e quindi, il lotto economico di riordino.

Come risultato, il modello di scelta modale deve includere dei parametri medi per ogni categoria merceologica. Da questo punto di vista, si è proceduto riferendosi ad alcuni prodotti specifici per facilitare la stima dei parametri.

D'altra parte, con riferimento al valore dei beni, si propone di usare, per ogni categoria merceologica, la media ponderata dei valori unitari di import/export per categoria NST/R 2011 e 2017, risultati dalle statistiche Italiane del commercio estero.

Categoria merceologica NST/R 2007	Valori unitari	
	€/t a prezzi concatenati 2010	
	2011	2017
01-Prodotti dell'agricoltura, della caccia e della silvicoltura; pesci ed altri prodotti della pesca	672,1	636,5
02-Carboni fossili e ligniti; petrolio greggio e gas naturale	274,9	419,8
03-Minerali metalliferi ed altri prodotti delle miniere e delle cave; torba; uranio e torio	119,1	114,4
04-Prodotti alimentari, bevande e tabacchi	1.487,8	1.200,3
05-Prodotti dell'industria tessile e dell'industria dell'abbigliamento; cuoio e prodotti in cuoio	16.935,0	14.746,7
06-Legno e prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); articoli di paglia e materiali da intreccio;	873,1	867,9
07-Coke e prodotti petroliferi raffinati	405,2	569,1
08-Prodotti chimici e fibre sintetiche e artificiali; articoli in gomma e in materie plastiche; combusti	2.997,4	2.720,8
09-Altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	738,9	649,4
10-Metalli; manufatti in metallo, escluse le macchine e gli apparecchi meccanici	1.588,3	1.802,5
11-Macchine ed apparecchi meccanici n.c.a.; macchine per ufficio, elaboratori e sistemi informati	12.679,7	11.946,6
12-Mezzi di trasporto	9.315,0	7.386,3
13-Mobili; altri manufatti n.c.a.	7.607,7	6.576,7
14-Materie prime secondarie; rifiuti urbani e altri rifiuti	469,1	452,3

Tab. 8 - Costi medi per categoria merceologica e tonnellata - NST 2007

6.4. Aspetti multimodali

Uno dei principali vantaggi dell'algoritmo in uso, unitariamente all'esplicita descrizione dell'offerta di trasporto in conto terzi, è che già integra i tipici problemi del trasporto intermodale, senza la necessità di introdurre ulteriori parametri.

Infatti, la catena di trasporto intermodale è semplicemente modellizzata come un trasporto in conto terzi in cui lo spostamento fra terminal avviene su ferrovia, mentre il percorso di raccolta e consegna su strada.

Di conseguenza, l'attrazione della domanda di trasporto merci su servizi intermodali viene valutata considerando sia il costo unitario di trasporto indotto raccogliendo i flussi su un limitato numero di terminali, che il costo di inventario indotto dalla catena logistica complessiva, in relazione al bene considerato.

6.5. Sintesi del processo di split modale

Obiettivo principale del modello è la stima dello split modale per ogni coppia OD e categoria merceologica. La struttura di mercato modellizzata porta a un forte collegamento fra scelta del veicolo, dimensione del lotto di spedizione e opzioni di trasporto. Di conseguenza, il modulo di split modale considera:

- La scelta congiunta di tipo di veicolo e dimensione del lotto e
- La scelta fra differenti opzioni di trasporto

Questa scelta complessa è simulata attraverso un logit annidato a tre livelli, che considera:

- La scelta fra trasporto in conto proprio e conto terzi;
- La scelta fra diversi servizi;
- La scelta fra diversi veicoli

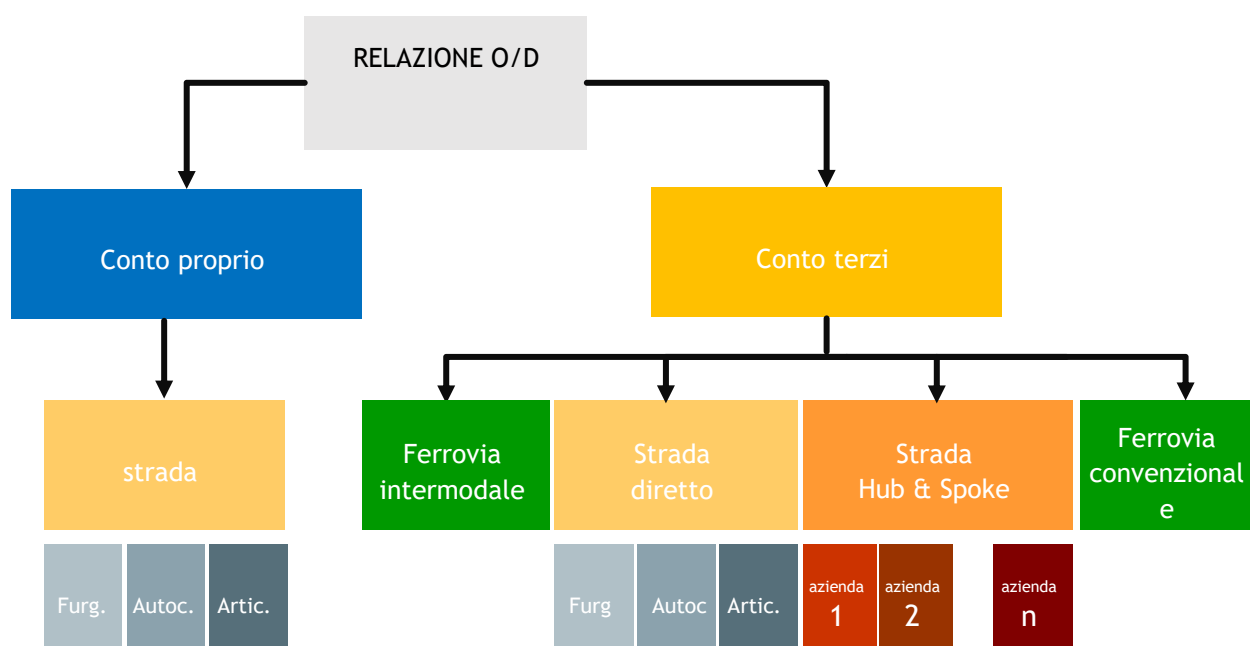


Fig. 38 - Struttura dello split modale

Nel caso di trasporti in **conto proprio**, il logit consente di distribuire la domanda fra diverse tipologie di veicoli stradali (furgoni, autocarri, autoarticolati), portando a 3 differenti matrici O/D veicolari per ogni categoria di prodotto.

La stessa logica è applicata nel caso dei **trasporti in conto terzi diretti** (door to door), che generano 3 matrici OD veicolari dalla produzione ai siti di consumi, per categoria merceologica

Al contrario, nel caso del **trasporto in conto terzi hub and spoke**, il logit fa riferimento ad una catena logistica di tre elementi, già illustrata precedentemente:

raccolta → transit point → servizio di linea → transit point → distribuzione

Questa struttura porta, per ogni categoria di prodotto, a tre diverse matrici O/D di movimenti veicolari: una relativa alla raccolta (autocarro), uno per la linea e una per la distribuzione (autocarro). Questo per ognuno degli operatori presenti su ogni relazione O/D.

Infine, il trasporto in conto terzi intermodale è modellizzato similmente, con solo due matrici OD di spostamenti veicolari riferite agli step di raccolta e distribuzione ed effettuati con autoarticolati.

Il trasporto ferroviario convenzionale al momento non è stato trattato.

I risultati del nuovo algoritmo di split modale sono riportati in **Fig. 39**, **Tab. 9** e **Tab. 10**.

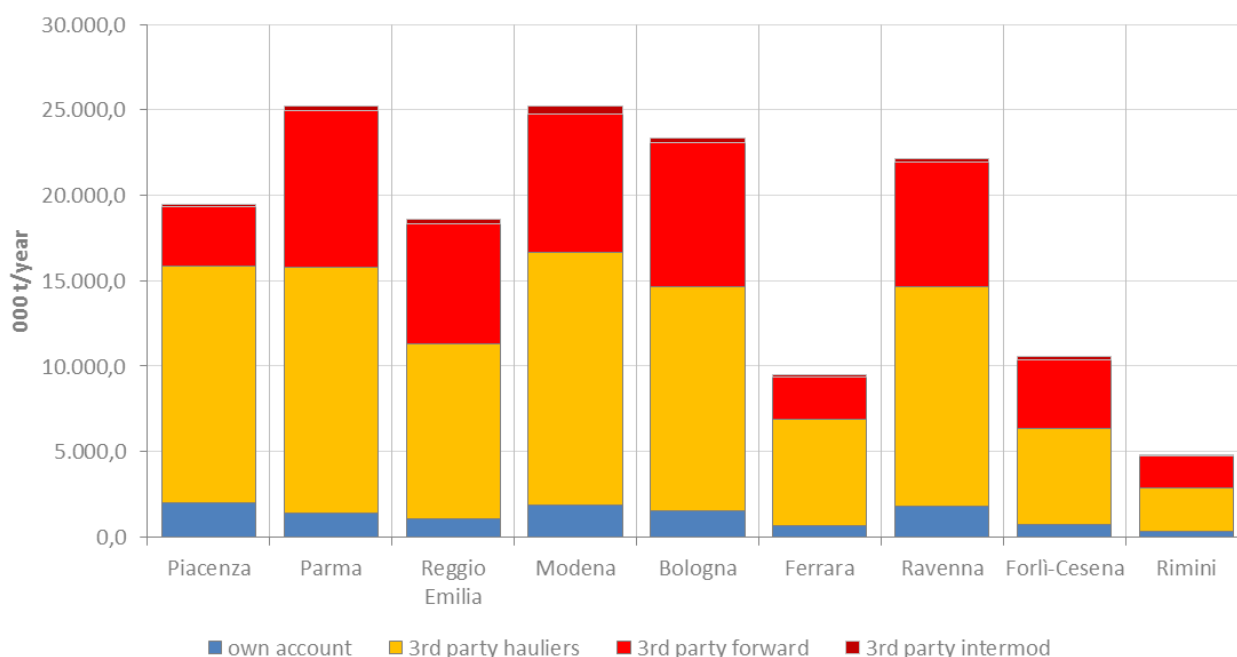


Fig. 39 - Flusso merci generato per provincia e servizio



O/D MATRIX: BASELINE																			
ORIGIN		Own account																	
		000 t/year																	
		DESTINATION																	
33	34	35	36	37	38	39	40	99	100	200	300	400	500	600	700	TOT			
33 Piacenza	11,7	71,8	43,3	75,3	54,3	9,5	28,3	16,5	6,5	164,2	157,7	880,7	307,7	14,6	135,8	19,9	1.997,6		
34 Parma	50,7	22,8	9,0	45,8	24,5	3,7	17,2	13,4	4,7	168,3	150,3	471,5	157,4	23,1	192,3	23,2	1.377,9		
35 Reggio Emilia	27,8	22,0	17,6	34,1	31,7	9,8	34,7	14,5	6,6	147,6	138,6	300,1	98,2	18,6	165,4	26,6	1.094,0		
36 Modena	52,1	55,0	49,8	26,9	50,8	22,0	73,7	39,4	22,8	283,1	189,8	413,1	131,8	17,7	363,1	60,8	1.851,9		
37 Bologna	42,1	23,0	25,0	44,9	16,2	13,5	43,5	32,3	13,2	331,6	147,0	242,4	80,3	9,0	366,3	77,3	1.507,7		
38 Ferrara	9,0	3,7	9,7	13,9	10,0	4,1	10,4	13,2	4,3	202,4	90,0	103,6	21,8	0,7	108,8	32,5	638,1		
39 Ravenna	27,4	42,1	53,8	91,4	73,8	20,1	16,0	35,3	30,0	327,2	143,3	227,8	75,1	5,0	441,2	178,7	1.788,2		
40 Forlì-Cesena	12,4	9,9	11,2	31,4	28,3	9,2	13,8	6,3	9,5	136,3	41,1	67,1	24,7	2,5	231,0	86,9	721,9		
99 Rimini	3,3	4,6	3,9	16,7	13,5	3,5	19,0	10,3	3,0	45,9	14,4	21,0	7,8	0,4	105,1	46,0	318,5		
100 Dir.NE	150,0	177,6	154,2	286,7	359,6	179,4	219,0	180,8	64,6								1.772,0		
200 Dir-N	152,0	165,5	156,6	217,2	163,4	73,1	96,0	60,9	18,1								1.102,7		
300 Dir.NW	708,5	487,6	363,8	368,6	238,2	73,0	129,1	76,1	23,4								2.468,3		
400 Dir.W	266,8	196,8	103,5	135,6	77,0	19,1	42,9	28,6	8,5								878,6		
500 Dir.SW	9,1	21,8	10,5	13,1	3,8	0,6	1,9	1,4	0,2								62,4		
600 Dir.S	119,9	256,4	200,2	446,1	413,9	103,3	370,3	329,5	152,8								2.392,4		
700 Dir.SE	17,7	28,2	38,7	71,2	74,1	26,8	122,7	103,5	78,8								561,9		
TOTAL	1.660,6	1.588,8	1.250,8	1.918,9	1.633,3	570,9	1.238,7	961,9	446,9	1.806,6	1.072,1	2.727,3	904,8	91,6	2.109,0	551,9	20.534,2		

O/D MATRIX: BASELINE																			
Third party - hauliers (direct)																			
ORIGIN		000 t/year																	
		DESTINATION																	
		33	34	35	36	37	38	39	40	99	100	200	300	400	500	600	700	TOT	
33	Piacenza	1.014,9	1.210,0	434,8	587,3	371,6	68,4	145,0	92,6	39,6	712,2	1.449,3	5.356,6	1.543,4	81,0	631,3	88,0	13.826,0	
34	Parma	890,1	2.974,4	522,3	992,6	480,9	114,8	225,7	162,8	63,6	994,4	1.391,5	3.068,2	815,7	217,8	1.375,0	143,3	14.433,1	
35	Reggio Emilia	271,6	734,1	1.135,8	1.301,2	618,8	169,3	285,1	160,1	56,8	837,1	1.094,2	1.719,2	449,0	118,8	1.062,8	167,2	10.181,1	
36	Modena	386,5	893,7	1.678,9	1.502,8	1.162,5	310,0	584,8	312,1	149,0	1.422,0	1.225,4	1.983,1	544,4	102,4	2.245,8	304,2	14.807,7	
37	Bologna	289,1	486,7	673,2	1.111,0	858,3	449,7	737,0	407,9	142,1	2.096,9	899,6	1.388,6	399,0	44,4	2.748,7	419,0	13.151,2	
38	Ferrara	72,7	184,6	363,5	373,5	459,6	349,2	294,6	193,3	60,5	1.477,3	563,1	680,4	145,9	4,8	805,4	193,6	6.221,8	
39	Ravenna	159,9	385,7	499,2	805,3	1.122,7	306,0	1.264,4	951,0	398,5	1.704,4	650,0	1.068,9	315,7	17,6	2.285,1	921,8	12.856,2	
40	Forlì-Cesena	71,2	152,4	168,3	284,6	349,0	124,3	425,7	473,2	240,1	726,3	229,0	379,6	125,6	8,5	1.304,0	591,9	5.653,7	
99	Rimini	22,3	43,2	42,6	120,3	147,0	38,5	246,4	280,2	167,3	201,1	69,0	100,3	31,8	1,5	534,7	492,5	2.538,7	
100	Dir. NE	669,1	1.141,8	1.065,8	1.630,0	2.267,7	1.453,5	1.114,8	928,7	281,1								10.552,5	
200	Dir-N	1.345,0	1.525,5	1.295,1	1.419,2	877,9	445,0	404,0	273,6	75,7								7.661,0	
300	Dir-NW	4.287,5	3.072,1	2.005,7	1.871,3	1.260,2	479,1	587,5	376,7	108,5								14.048,6	
400	Dir-W	1.365,8	1.020,5	556,7	610,9	385,9	118,9	186,6	137,0	36,6								4.418,9	
500	Dir-SW	52,9	214,4	72,0	80,8	19,7	2,4	7,0	5,0	0,6								454,6	
600	Dir-S	494,6	1.630,7	1.267,1	2.485,0	2.767,7	668,5	1.766,0	1.691,9	732,5								13.504,1	
700	Dir-SE	73,7	179,0	221,8	352,1	385,3	167,6	631,8	679,6	779,9								3.470,8	
TOTAL		11.466,9	15.848,7	12.002,9	15.528,0	13.534,8	5.265,2	8.906,4	7.125,7	3.332,2	10.171,6	7.571,1	15.744,8	4.370,6	596,7	12.992,6	3.321,4	147.779,9	

Tab. 9 - Matrici O/D: conto proprio e conto terzi diretto



O/D MATRIX: BASELINE																			
Third party - forwarders (hub-and-spoke)																			
000 t/year																			
ORIGIN	DESTINATION																		
	33	34	35	36	37	38	39	40	99	100	200	300	400	500	600	700	TOT		
33 Piacenza	104,3	395,9	149,3	173,2	119,7	32,3	101,3	18,0	25,3	249,3	221,1	1.284,7	318,9	53,8	244,8	43,2	3.535,0		
34 Parma	405,5	907,4	309,7	742,0	528,4	73,1	350,0	106,3	83,1	804,1	630,6	2.355,1	672,2	95,1	913,4	159,3	9.135,5		
35 Reggio Emilia	175,0	410,5	329,7	528,1	560,6	105,8	335,6	123,4	93,0	726,5	563,3	1.520,5	453,4	119,3	834,3	149,6	7.028,7		
36 Modena	134,3	581,1	348,5	474,3	804,2	158,7	506,5	177,1	109,2	866,2	703,7	1.510,2	399,2	70,3	1.018,3	229,5	8.091,3		
37 Bologna	97,8	357,2	348,1	673,9	1.021,7	288,0	693,6	296,4	155,7	922,3	651,2	1.117,3	337,0	60,2	1.032,1	351,2	8.403,8		
38 Ferrara	25,5	65,6	103,8	195,2	254,8	66,8	292,6	122,7	69,3	306,6	234,1	275,5	67,0	12,1	326,4	115,7	2.533,7		
39 Ravenna	76,3	297,6	241,2	464,6	853,2	244,1	494,8	574,2	213,7	685,5	594,2	746,5	214,9	26,3	1.000,2	540,6	7.267,8		
40 Forlì-Cesena	13,3	95,9	81,1	158,5	335,4	132,6	520,9	252,3	195,6	384,2	285,4	343,0	103,6	15,5	708,6	338,0	3.964,0		
99 Rimini	25,6	65,5	57,3	84,8	145,8	64,1	170,4	127,1	95,0	224,5	119,3	160,9	48,4	5,3	316,2	171,5	1.881,6		
100 Dir-NE	392,4	837,9	646,3	966,6	1.271,1	431,7	757,0	516,9	308,8								6.128,8		
200 Dir-N	287,4	651,2	510,8	675,0	737,3	291,1	442,3	216,2	116,8								3.928,1		
300 Dir-NW	1.252,0	2.037,1	1.102,4	1.326,4	1.231,2	296,2	689,6	264,4	154,4								8.353,6		
400 Dir-W	309,9	675,6	357,4	397,2	376,8	80,6	197,2	79,9	46,9								2.521,4		
500 Dir-SW	78,0	75,0	88,4	78,1	79,1	19,1	28,1	20,2	7,1								472,9		
600 Dir-S	258,4	776,0	711,3	878,9	1.361,4	344,6	872,5	707,5	409,1								6.319,6		
700 Dir-SE	50,9	107,5	94,5	204,8	382,2	123,7	407,9	366,1	180,7								1.918,3		
TOTAL	3.686,5	8.337,1	5.479,9	8.021,7	10.062,8	2.752,5	6.860,3	3.968,7	2.263,7	5.169,1	4.002,9	9.313,7	2.614,6	457,8	6.394,2	2.098,5	81.484,1		

ORIGIN		O/D MATRIX: BASELINE																	TOT
		Third party - intermodal																	
		000 t/year																	
		DESTINATION																	
33	34	35	36	37	38	39	40	99	100	200	300	400	500	600	700				
33 Piacenza	0,0	0,0	0,0	0,7	3,2	3,1	11,0	0,0	0,0	6,8	7,3	27,0	11,0	0,1	16,8	0,0	87,1		
34 Parma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	85,7	106,9	53,3	0,0	16,5	0,0	278,7		
35 Reggio Emilia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4	80,4	89,8	59,0	0,0	52,2	0,0	322,9		
36 Modena	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,5	131,2	146,2	72,5	5,9	20,4	0,0	458,7		
37 Bologna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,2	62,0	109,6	23,6	37,6	7,8	0,0	291,7		
38 Ferrara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	7,2	24,9	0,4	5,6	26,3	0,0	77,5		
39 Ravenna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	19,2	76,0	0,0	22,7	67,7	0,0	230,4		
40 Forlì-Cesena	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	21,0	77,7	0,0	11,9	56,3	0,0	202,9		
99 Rimini	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	3,4	15,2	0,0	3,6	10,6	0,0	39,4		
100 Dir-NE	35,3	21,6	60,5	124,8	80,7	22,8	22,2	32,3	5,3								405,6		
200 Dir-N	57,3	57,7	47,4	120,9	48,3	5,4	5,0	7,3	1,0								350,3		
300 Dir-NW	140,4	106,0	68,4	171,3	97,7	20,2	29,3	39,5	6,5								679,3		
400 Dir-W	87,5	61,5	46,9	63,4	29,8	2,6	0,0	0,0	0,0								291,6		
500 Dir-SW	0,1	0,0	0,0	5,6	19,8	6,3	10,1	8,6	2,5								52,9		
600 Dir-S	30,1	8,2	92,0	25,4	11,6	45,9	51,6	76,6	16,0								357,4		
700 Dir-SE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								0,0		
TOTAL	350,8	255,0	315,2	512,0	291,0	106,4	129,1	164,2	31,3	298,6	417,4	673,3	219,9	87,3	274,7	0,0	4.126,3		

Tab. 10 - Matrici O/D: conto terzi Hub and spoke ed intermodale

7. Calibrazione preliminare

I risultati del modello così descritto sono stati oggetto di una prima fase di calibrazione, basata su due differenti serie di dati:

- Il traffico merci annuale presso gli interporti dell'Emilia-Romagna;
- I rilievi stradali effettuati grazie alla rete regionale di postazioni di rilievo, che consentono di distinguere le differenti categorie veicolari. Per questa seconda calibrazione, è stato necessario trasporre i flussi annuali in orari.

7.1. Confronto con i dati relativi agli interporti

I dati relative ai volumi di traffico annuali degli interporti sono stati stimati sulla base di due diverse fonti statistiche:

- Elaborazioni di Fondazione ITL (poli di Rubiera, Dinazzano, Villa Selva e Lugo)
- Contenute nell'almanacco della logistica 2021 (poli di Parma e Bologna).

Non sono stati individuati dati relativi al polo di Piacenza.

Mentre le pubblicazioni ITL riportano il dato in t/anno, l'almanacco della logistica riporta il dato in UTI/anno. Al fine di tradurre quest'ultimo dato in tonnellate, si è assunto un peso medio di 18 t/UTI.

Per entrambe le fonti è stato considerato il solo traffico **intermodale su strada**.

Dal momento che:

- Non vi sono zone con due poli intermodali
- Ogni relazione O/D può utilizzare un solo servizio intermodale

Diviene semplice procedere con la stima dei traffici attribuiti dal modello ad ogni polo intermodale, e confrontarli con i dati rilevati

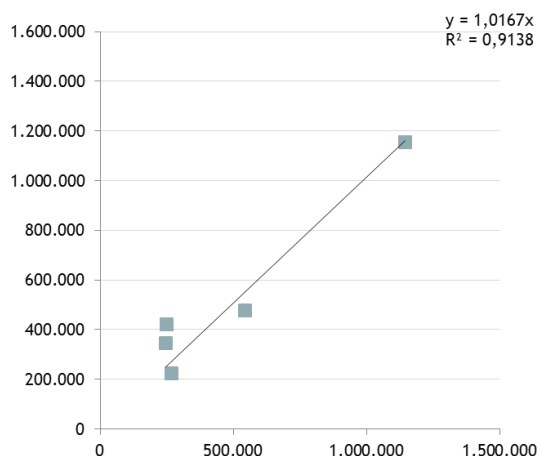


Fig. 40 - Confronto dati rilevati e simulati, poli logistici intermodali

Il risultato è soddisfacente, con un'intercetta pari a 1,01 ed un valore di R2 di 0,91.

7.2. Confronto con i flussi stradali rilevati

La matrice risultante dal modello, che riporta il numero di veicoli/anno per tipologia di veicolo e relazione O/D, è riconducibile all'ora di punta mattinale con la seguente formula

$$V_{hpm_{kij}} = V_{anno_{kij}} \cdot \alpha \cdot \beta$$

Dove:

- $V_{hpm_{kij}}$ è il flusso veicolare dell'ora di punta mattinale fra i e j effettuato con il tipo di veicolo k
- $V_{anno_{kij}}$ è il flusso veicolare annuale fra i e j effettuato con il tipo di veicolo k
- α è il parametro di conversione dall'anno al giorno, pari a $1/230$
- β è il parametro di conversione dal giorno all'ora, pari a $1/14$.

Le matrici così ottenute possono quindi essere trasposte nel modello stradale ER, andando a sostituire:

- La matrice C2 con quella dei furgoni;
- La matrice C3 con quella di autocarri ed articolati.

I flussi così simulati sono confrontabili con i valori rilevati dalla rete di sensori della Regione per le due categorie veicolari. Il risultato, per quanto preliminare, è decisamente incoraggiante (Fig. 41):

- La matrice C2 presenta una intercetta pari a 1.63 ed un R2 di 0.83
- La matrice C3 invece presenta una intercetta di 0.94 ed un R2 di 0.92.

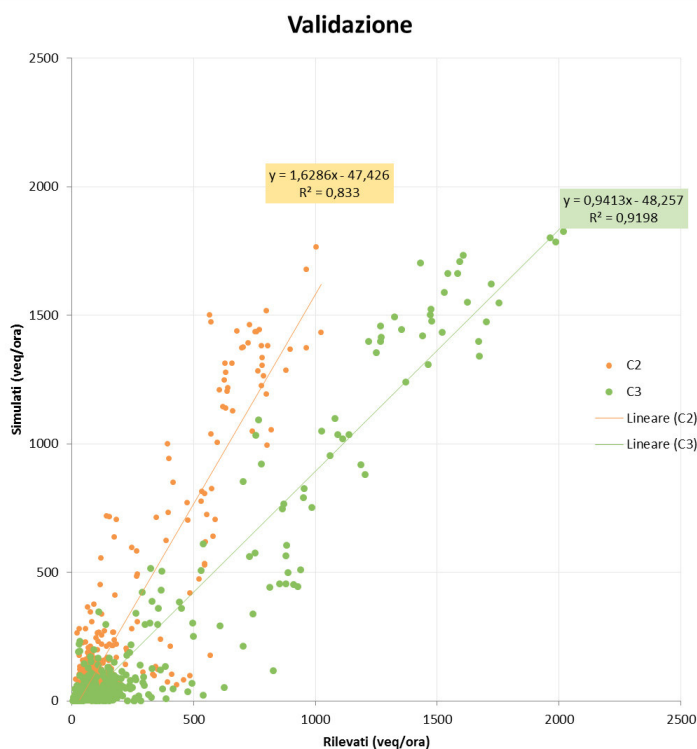


Fig. 41 - Confronto dati rilevati e simulati, matrici dei veicoli pesanti

8. Impostazione degli scenari

8.1. Introduzione

Questa sezione descrive quali dati sono necessari per simulare l'introduzione o la variazione di servizi di trasporto merci nel modello e realizzare, quindi, degli scenari di analisi.

In particolare, vengono indicati i dati necessari alla simulazione di:

- servizi di trasporto intermodale nuovi o variati;
- variazione di caratteristiche infrastrutturali delle ferrovie rappresentate dal modello;
- servizi di trasporto ferroviario a treno completo nuovi o variati;
- nuovi operatori di trasporto merci pallettizzate organizzato con sistema *hub and spoke*.

8.2. La simulazione di servizi di trasporto intermodale nuovi o variati

Il presente paragrafo riporta gli elementi necessari all'introduzione o alla variazione di nuovi servizi intermodali tra un centro intermodale rappresentato esplicitamente dal modello, quindi localizzato in Emilia-Romagna o lungo la gronda nord, e un centro intermodale localizzato altrove in Italia o oltralpe.

I servizi intermodali sono definiti come segue:

- parte ferroviaria
- parte stradale

La parte ferroviaria è individuata da

- a. Zona di origine [zona_o]: codice univoco impiegato nel modello per individuare la zona di origine
- b. Zona di destinazione [zona_d]: codice univoco impiegato nel modello per individuare la zona di destinazione
- c. Direzione [direz]: A o R per Andata o Ritorno, perché i collegamenti nei due versi sono individuati dalla stessa origine e destinazione e vengono distinti con la direzione
- d. Paesi connessi [conn_country] (dato descrittivo): indicazione delle abbreviazioni a due cifre dei paesi connessi (es IT-CH, IT-DE, IT-FR)
- e. Terminal connessi [conn_terminal] (dato descrittivo): indicazione dei nomi estesi dei terminali connessi, separati da una freccia bidirezionale (es Bologna Interporto ↔ Basel Weil am Rhein)
- f. Numero di treni alla settimana [treni_sett]: riferito a ciascuna direzione separatamente
- g. Durata del viaggio in ore dalla chiusura del treno alla messa a disposizione delle UTI [ore]: dal momento che è possibile inserire questo dato distintamente per viaggi in versi opposti, è possibile rappresentare tempi di viaggio asimmetrici, possibili nel trasporto intermodale. Questo dato contribuisce a determinare il costo del trasporto tramite gli elementi di costo parametrizzati sui tempi di viaggio
- h. Distanza ferroviaria in km [km]: misurata sulla rete ferroviaria, determina il costo del trasporto tramite gli elementi di costo riferiti alla distanza percorsa

- i. Ore traccia [ore_traccia] (dato descrittivo): durata del viaggio ferroviario da uscita da partenza dall'origine all'arrivo alla destinazione (manovre escluse)
- j. Tipo di treno [tipo]: è un codice treno che ne individua il tipo di trasporto (es trasporto combinato non accompagnato), e alcune caratteristiche operative salienti per definire il prezzo del servizio. I possibili tipi di treno sono stati definiti per questa applicazione nei seguenti:
 - i. TCNA_C_N: trasporto combinato non accompagnato corto nazionale
 - ii. TCNA_L_N: trasporto combinato non accompagnato lungo nazionale
 - iii. TCNA_SP: trasporto combinato non accompagnato "spezzato"
 - iv. TCNA_C_I: trasporto combinato non accompagnato corto internazionale
 - v. TCNA_L_I: trasporto combinato non accompagnato lungo internazionale

I treni indicati come Corti hanno lunghezza disponibile per il carico di 400 m (che possono essere rappresentati con 20 piattaforme da 60 piedi di carico utile).

I treni indicati come Lunghi hanno lunghezza disponibile per il carico di 600 m (che possono essere rappresentati con 30 piattaforme da 60 piedi di carico utile).

I treni indicati come "spezzati" hanno lunghezza disponibile per il carico di 400 m (che possono essere rappresentati con 20 piattaforme da 60 piedi di carico utile) e comportano costi maggiori dei corti corrispondenti per la necessità di impiegare due locomotive (una diesel e una elettrica). Sono stati introdotti in particolare per contemplare i treni da/per Dinazzano Po, per i quali è necessario il cambio di trazione a Reggio Emilia.

I treni nazionali ed internazionali differiscono per il costo della traccia considerato. Nell'applicazione sviluppata è stato considerato un costo medio della traccia nazionale (euro 2,8 per treno.km) e un costo medio della traccia internazionale (euro 4,4 per treno.km). I costi medi così determinati sono applicati rispettivamente a tutte le tracce del tipo nazionale ed internazionale. Il modello permette comunque di impiegare valori differenziati per direttrice relazione.

È possibile definire ulteriori tipi di treni ed inserirli nel modello definendone i parametri di costo.

- k. Scenari [scen_n]: gli scenari di simulazione nei quali il treno è presente sono indicati da un segno di spunta

O_Servizi

zona_o	zona_d	direz	conn_countr	conn_terminal	treni_sett	ore	km	ore_traci	tipo	scen_se	scen
34016000	_DE2	A	IT-DE	PARMA INTERPORTO ↔ LUDWIGSHAFEN	12	30	450	0 TCNA_L_I		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34016000	_FR2	A	IT-FR	PARMA INTERPORTO ↔ MIRAMAS	12	20	630	14 TCNA_C_I		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34016000	_FR2	R	IT-FR	PARMA INTERPORTO ↔ MIRAMAS	6	20	630	14 TCNA_C_I		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34016000	_DE3	A	IT-DE	PARMA INTERPORTO ↔ ROSTOCK	6	20	590	0 TCNA_L_I		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34016000	_DE3	R	IT-DE	PARMA INTERPORTO ↔ ROSTOCK	6	20	590	0 TCNA_L_I		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 42 - Estratto del db access del modello con l'indicazione di 5 treni

La parte stradale è individuata da:

- a. mezzo impiegato per il trasporto stradale di container: il mezzo è definito per tutti i terminali intermodali e al momento è impostato come un autoarticolato con semirimorchio atto al trasporto di container, con i conseguenti prezzo d'impiego e portata (fino a 30 tonnellate). Il prezzo d'impiego risulta sia dai calcoli effettuati sia dai riscontri ottenuti da alcuni attori interessati.

- b. raggio d'azione per il trasporto stradale di container: è definito dall'estensione della rete stradale raggiungibile entro un tempo massimo fissato e uguale per tutti i terminali. Il tempo massimo viene confrontato dal modello con i tempi sulla strada determinando così il raggio d'azione.

8.3. La simulazione della variazione di caratteristiche infrastrutturali ed operative delle ferrovie o dei terminali

Gli input del modello sono limitati alle sole caratteristiche dei servizi ferroviari, e non trattano esplicitamente la rete infrastrutturale ferroviaria. Pertanto, eventuali variazioni infrastrutturali devono essere rappresentate analizzando i parametri a disposizione e valutando quelli su cui queste incidono.

Ad esempio, l'elettificazione di una linea può essere rappresentata incidendo su diverse parti degli elementi di costo:

- il prezzo del treno: se inizialmente è necessario cambiare unità di trazione nella stazione dove termina l'elettificazione ed inizia la linea non elettrificata, questa operazione non è più necessaria ad elettrificazione avvenuta. Il risultato sono riduzioni dei tempi di transito dalla stazione di raccordo tra le due linee (uno dei possibili elementi da variare) ma soprattutto riduzioni di costi dovute alla necessità di non disporre più della locomotiva diesel e del relativo personale (altro possibile elemento da variare). Il prezzo del trasporto in treno può essere anche ridotto per effetto della maggiore lunghezza del convoglio resa possibile dalle maggiori prestazioni delle locomotive elettriche.
- Tempi di viaggio e tempi tra chiusura del treno e resa. I tempi di viaggio e, di conseguenza, quelli tra chiusura del treno e resa (o di presa dalla manovra primaria all'origine e consegna alla manovra primaria a destinazione), possono essere ridotti per effetto delle migliori prestazioni delle locomotive elettriche. A queste variazioni di tempi vanno aggiunte quelle dovute all'assenza del cambio di trazione già citate sopra.

L'allungamento del modulo di una linea può essere rappresentato variando i parametri di costo e dei tempi di percorrenza:

- i costi del trasporto via treno possono essere ridotti se l'allungamento del modulo di linea rende possibili treni di maggiore lunghezza, e assumendo che i minori costi siano passati ai clienti come minori prezzi. Il cambiamento di costo non necessariamente si verifica dal momento che treni della stessa lunghezza possono essere fatti circolare con opportune organizzazioni d'orario per evitare gli incroci.
- Minori tempi di percorrenza possono verificarsi ad esempio qualora il modulo di linea fosse maggiore su un tratto di linea. Inoltre, con il completamento dell'allungamento dei moduli, si possono evitare incroci ed attese in località di servizio intermedie prima necessari.

Il collegamento diretto tra due linee con tracciato che svincola lo scambio tra le linee dalle manovre in stazione (es. la realizzazione di una "lunetta") potrà essere rappresentato principalmente in termini di riduzione dei tempi di percorrenza vista l'eliminazione dei tempi di sosta e manovra nella stazione originariamente utilizzata per il cambio di verso dei treni.

8.4. La simulazione di servizi di trasporto ferroviario a treno completo nuovi o variati

Il presente paragrafo riporta gli elementi necessari all'introduzione o alla variazione di nuovi servizi ferroviari a treno completo da stabilimento a stabilimento tra due stazioni ferroviarie rappresentate nel

modello, quindi localizzate in Emilia-Romagna, e tra una stazione in Emilia-Romagna e una stazione fuori dal territorio regionale. Sebbene i servizi da simulare siano da stabilimento a stabilimento, ai fini del modello vengono usate le stazioni ferroviarie a cui gli stabilimenti sono raccordati.

Il modello ed il procedimento sono analoghi al caso del trasporto intermodale considerando la sola parte ferroviaria. Al momento questo tipo di treni non è stato considerato nelle simulazioni.

I costi che compongono il modello di costi da legare al tipo di treno sono parzialmente diversi dal caso intermodale. Dovranno essere definiti i seguenti costi:

costi/treno:

- costi di noleggio locomotiva o locomotive
- costi di noleggio muta di carri
- costi del personale di condotta
- costi della traccia e dell'energia di trazione

costi di terminalizzazione:

- costi di manovra primaria (comprensivi dei costi del personale)
- costi di manovra secondaria (comprensivi dei costi del personale)
- costi di carico/scarico carri (comprensivi dei costi del personale)

I costi vanno poi tramutati in prezzi con un opportuno coefficiente di maggiorazione (a meno che i servizi avvengano in autoproduzione come potrebbe essere il caso della manovra secondaria e del carico/scarico dei carri).

8.5. Introduzione di nuovi operatori di trasporto merci pallettizzate organizzato con sistema hub and spoke

Una delle opzioni di trasporto rappresentate nel modello considera la rete degli operatori che raccolgono i trasporti dagli speditori per portarli in un proprio centro di consolidamento e smistamento nelle vicinanze dell'origine del viaggio. Qui vengono caricati sugli autotreni che li portano in un centro di consolidamento e smistamento nelle vicinanze della destinazione, dove il trasporto viene caricato sul mezzo che lo porta a destinazione. Questi trasporti vengono impiegati tipicamente per il trasporto di merci su pallet.

Come descritto nella sezione 5.2 nel modello sono stati rappresentati più di 50 operatori descrivendone la rete di centri di consolidamento e smistamento.

Per l'aggiornamento e la manutenzione del modello può essere opportuno rivedere gli operatori del trasporto simulati e le strutture di rete rappresentate, che possono variare per effetto dell'ingresso di nuovi operatori (ad esempio operatori specializzati in una o più categorie merceologiche).

Per definire o variare le reti degli operatori logistici *hub&spoke* è necessario:

- Individuare la localizzazione dei centri di consolidamento e smistamento;
- Individuare le merceologie trattate dagli operatori con riferimento alla classificazione delle merceologie impiegata nella matrice origine/destinazione;
- Definire il raggio di raccolta e distribuzione, ottenuto considerando il tempo massimo di un viaggio singolo in uscita/ingresso dalla zona che contiene il centro di consolidamento e smistamento e le altre zone (questo tempo è specifico per operatore intermodale).

Con questi dati il modello crea automaticamente la rete di raccolta e distribuzione collegando i *transit point* (centri di consolidamento e smistamento) alle zone incluse nel proprio raggio d'azione (ottenuto con i costi di rete del modello di assegnazione). Il modello collega inoltre i *transit point* tra di loro per rappresentare le linee di scambio tra di essi ed assegna ai collegamenti i costi riscontrabili sulla rete.