



Provincia di Modena

Area Programmazione e Pianificazione Territoriale



2009 **PTCP**
2009 **PTCP**
PIANO TERRITORIALE DI
COORDINAMENTO PROVINCIALE



**QUADRO
CONOSCITIVO**

ALLEGATO 4

QUADRO CONOSCITIVO IN RELAZIONE
AL TEMA DELLA MOBILITÀ

Adottato con Delibera di
Consiglio Provinciale
n° 112 del 22 luglio 2008

Approvato con Delibera di
Consiglio Provinciale
n° 46 del 18 marzo 2009



Provincia di Modena

Area Programmazione e Pianificazione Territoriale

STRATEGIA DI GOVERNO DEL TERRITORIO PER UN FUTURO SOSTENIBILE

2009PTCP
PIANO TERRITORIALE DI
COORDINAMENTO PROVINCIALE

2009

PTCP

**QUADRO
CONOSCITIVO**

ALLEGATO 4

QUADRO CONOSCITIVO IN RELAZIONE AL
TEMA DELLA MOBILITÀ

RELAZIONE

**Procedura di simulazione della mobilità
delle persone e stima della matrice O/D
merci della provincia di Modena**

Cartografia

*Carta dei carichi della rete stradale:
soluzione di riferimento 2007*

Tavola 1

*Carta dei carichi della rete stradale:
soluzione di riferimento 2015*

Tavola 2

Adottato con Delibera di Consiglio Provinciale
n° 112 del 22 luglio 2008

Approvato con Delibera di Consiglio Provinciale
n° 46 del 18 marzo 2009

Indice

1	<i>Obiettivi e metodologia</i>	4
1.1	Struttura della procedura.....	4
1.2	Dati necessari per la costruzione/validazione della procedura	5
2	<i>Zonizzazione del territorio</i>	6
2.1	La zonizzazione per il modello di simulazione stradale	6
2.2	La zonizzazione per il modello di simulazione del Tpl.....	9
3	<i>Calcolo della matrice Origine Destinazione</i>	12
3.1	Le fonti di dati	12
3.2	Il modello di domanda.....	12
3.3	Validazione della procedura	16
3.4	Definizione degli scenari di domanda	16
3.5	Matrici degli spostamenti per le assegnazioni di traffico 2006 e 2015.....	17
4	<i>Offerta di trasporto</i>	19
4.1	IL GRAFO STRADALE	20
4.2	Classificazione della rete stradale per il modello di simulazione	23
4.2.1	Le prestazioni della rete stradale.....	25
5	<i>Simulazione dei flussi di traffico</i>	27
5.1	Aspetti metodologici	27
5.2	Calibrazione	27

1 OBIETTIVI E METODOLOGIA

La procedura modellistica deve essere in grado di simulare le quantità di traffico sull'intera rete stradale della provincia di Modena per la stima dei principali indicatori di mobilità (compresi gli effetti di ipotesi di riequilibrio modale) ed ambientali di supporto al processo di VALSAT. Pertanto saranno impostate le metodologie opportune per:

- riprodurre i livelli di servizio e i vincoli di capacità:
 - della rete stradale (modello di simulazione degli spostamenti con autoveicoli)
 - della rete di trasporto pubblico (modello di simulazione degli spostamenti con tpl)
- riprodurre la mobilità e i consuntivi di costo generalizzato (tempi e costi di spostamento, km percorsi) separatamente per i seguenti segmenti di domanda:
 - lavoratori e universitari pendolari
 - studenti delle scuole superiori
 - altre categorie
- riprodurre i consuntivi dei costi di esercizio e delle esternalità ambientali sulla rete stradale separatamente per le seguenti categorie di veicolo:
 - leggeri (motocicli, auto)
 - pesanti (furgoni, camion, articolati e Bus)

I consuntivi di costo e delle esternalità ambientali dovranno essere riportati ai valori giornalieri (per alcune statistiche ai valori annui); per la stima corretta dei valori giornalieri si imposta la simulazione per due fasce orarie:

- fascia di punta mattutina (7.00-9.00)
- fascia diurna (6.00-22.00)¹

La procedura deve riprodurre le elasticità della domanda e dei livelli di carico delle reti in funzione delle seguenti variabili :

- vincoli di capacità della rete stradale (e modalità di regolazione dei principali incroci/nodi della rete)
- tariffazione delle rete (road pricing) e regolazione degli accessi alle zone a traffico limitato
- configurazione e dimensionamento dei nodi di interscambio (auto/tpl)
- assetto delle linee di tpl (itinerari, frequenze e velocità commerciali)

Le parti del modello inerenti il Tpl sono sviluppate e coordinate con i modelli già disponibili presso l'Agenzia per la Mobilità di Modena.

1.1 Struttura della procedura

La procedura è costituita dall'insieme dei seguenti moduli:

- Modulo di offerta della rete stradale
- Modulo di ripartizione modale (separatamente per componente di domanda)
- Modulo di simulazione della rete stradale (separatamente per componente di domanda e tipologia di veicolo)
- Modulo di simulazione della rete di tpl
- Modulo di computo dei costi generalizzati di spostamento
- Modulo di stima delle esternalità ambientali (consumi ed emissioni)

Il modulo di ripartizione modale deve suddividere la domanda (spostamenti di persone) fra i seguenti modi di trasporto:

¹ Il passaggio dall'ora di punta al valore giornaliero per il viaggi pendolari è stimato con coefficienti di espansione variabili tra 2 e 4 (in funzione del tempo stimato per lo spostamento pendolare). I valori estratti dalla simulazione della fascia di punta vengono quindi estrapolati per ottenere le stime degli indicatori trasportistici su base giornaliera e su base annua.

- Autoveicoli e motocicli
- Tpl
- Auto+tpl (nel caso di linee in sede propria dotate di nodo di interscambio)

1.2 Dati necessari per la costruzione/validazione della procedura

- dati di offerta:
 - rete stradale (caratteristiche geometriche e prestazione degli archi)
 - rete delle linee di tpl (caratteristiche geometriche e prestazione delle linee)
- dati sulla domanda (per componente di domanda):
 - tassi di generazione
 - distribuzione dei viaggi per classe di distanza e per comparto urbano di destinazione
 - quote medie di ripartizione modale
- dati sui carichi delle reti:
 - flussi di traffico veicolare (per tipologia di veicolo)
 - utenza delle linee di trasporto pubblico
- dati sui livelli di servizio:
 - velocità medie di deflusso su diversi itinerari della rete stradale
 - velocità commerciali delle linee bus (con presenza o meno di corsie preferenziali)
- dati sulle esternalità ambientali:
 - consuntivi sulle vendite di carburanti per l'autotrazione
 - statistiche sui livelli di inquinamento dell'aria (principali inquinanti)
 - misure del clima acustico

2 ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

La suddivisione in ZONE DI TRAFFICO è funzionale alla corretta simulazione e previsione del traffico nell'area di studio. La conformazione delle zone è ottenuta attraverso il soddisfacimento dei seguenti requisiti minimi, al fine di garantire per quanto possibile l'affidabilità delle previsioni modellistiche:

- rispetto delle suddivisioni fisiche e amministrative del territorio
- congruenza con il livello di dettaglio della rete che si intende rappresentare (in quanto significativa e utile ai fini della simulazione)
- verifica di congruenza con la rete e i progetti previsti negli scenari di programmazione
- verifica di congruenza con le reti relative alle modalità di trasporto multimodali che si intende considerare

Per semplicità di lettura e gestione dei dati è parimenti opportuno che il numero di zone non sia comunque eccessivo, ovvero che sia adottata una Macrozonizzazione funzionale alla rappresentazione di sintesi delle principali caratteristiche.

2.1 La zonizzazione per il modello di simulazione stradale

Si è proceduto quindi ad aggregare le zone di censimento ISTAT in 105 Zone di traffico, così numerate:

- da 101 a 111 Modena comune
- da 201 a 238 provincia nord
- da 301 a 356 Provincia sud

La zonizzazione è più fitta dove è necessaria una migliore rappresentazione della maglia di rete stradale e via via più allargata nelle zone con densità insediativa più bassa e maglia stradale diradata. Nella figura seguente sono rappresentate le Zone e le Macrozone del modello relative alla Provincia di Modena.

Comune	Zone	Macrozona
CAMPOSANTO	1	Area Nord
CAVEZZO	1	Area Nord
CONCORDIA SULLA SECCHIA	2	Area Nord
FINALE EMILIA	2	Area Nord
MEDOLLA	1	Area Nord
MIRANDOLA	4	Area Nord
SAN FELICE SUL PANARO	2	Area Nord
SAN POSSIDONIO	1	Area Nord
CAMPOGALLIANO	1	Area di Carpi
CARPI	8	Area di Carpi
NOVI DI MODENA	2	Area di Carpi
SOLIERA	4	Area di Carpi
BASTIGLIA	1	Area del Panaro
BOMPORTO	3	Area del Panaro
CASTELFRANCO EMILIA	6	Area del Panaro
NONANTOLA	3	Area del Panaro
RAVARINO	1	Area del Panaro
SAN CESARIO SUL PANARO	1	Area del Panaro
SAN PROSPERO	1	Area del Panaro
MODENA	11	Modena
CASTELNUOVO RANGONE	2	Area dei Castelli
CASTELVETRO DI MODENA	3	Area dei Castelli
GUIGLIA	1	Area dei Castelli
MARANO SUL PANARO	1	Area dei Castelli
SAVIGNANO SUL PANARO	2	Area dei Castelli
SPILAMBERTO	2	Area dei Castelli
VIGNOLA	3	Area dei Castelli
ZOCCA	1	Area dei Castelli
FIORANO MODENESE	4	Area Pedemontana
FORMIGINE	5	Area Pedemontana
MARANELLO	4	Area Pedemontana
PRIGNANO SULLA SECCHIA	1	Area Pedemontana
SASSUOLO	4	Area Pedemontana
FANANO	1	Area Montana
FIUMALBO	1	Area Montana
FRASSINORO	1	Area Montana
LAMA MOCOGNO	1	Area Montana
MONTECRETO	1	Area Montana
MONTEFIORINO	1	Area Montana
MONTESE	1	Area Montana
PALAGANO	1	Area Montana
PAVULLO NEL FRIGNANO	3	Area Montana
PIEVEPELAGO	1	Area Montana
POLINAGO	1	Area Montana
RIOLUNATO	1	Area Montana
SERRAMAZZONI	1	Area Montana
SESTOLA	1	Area Montana

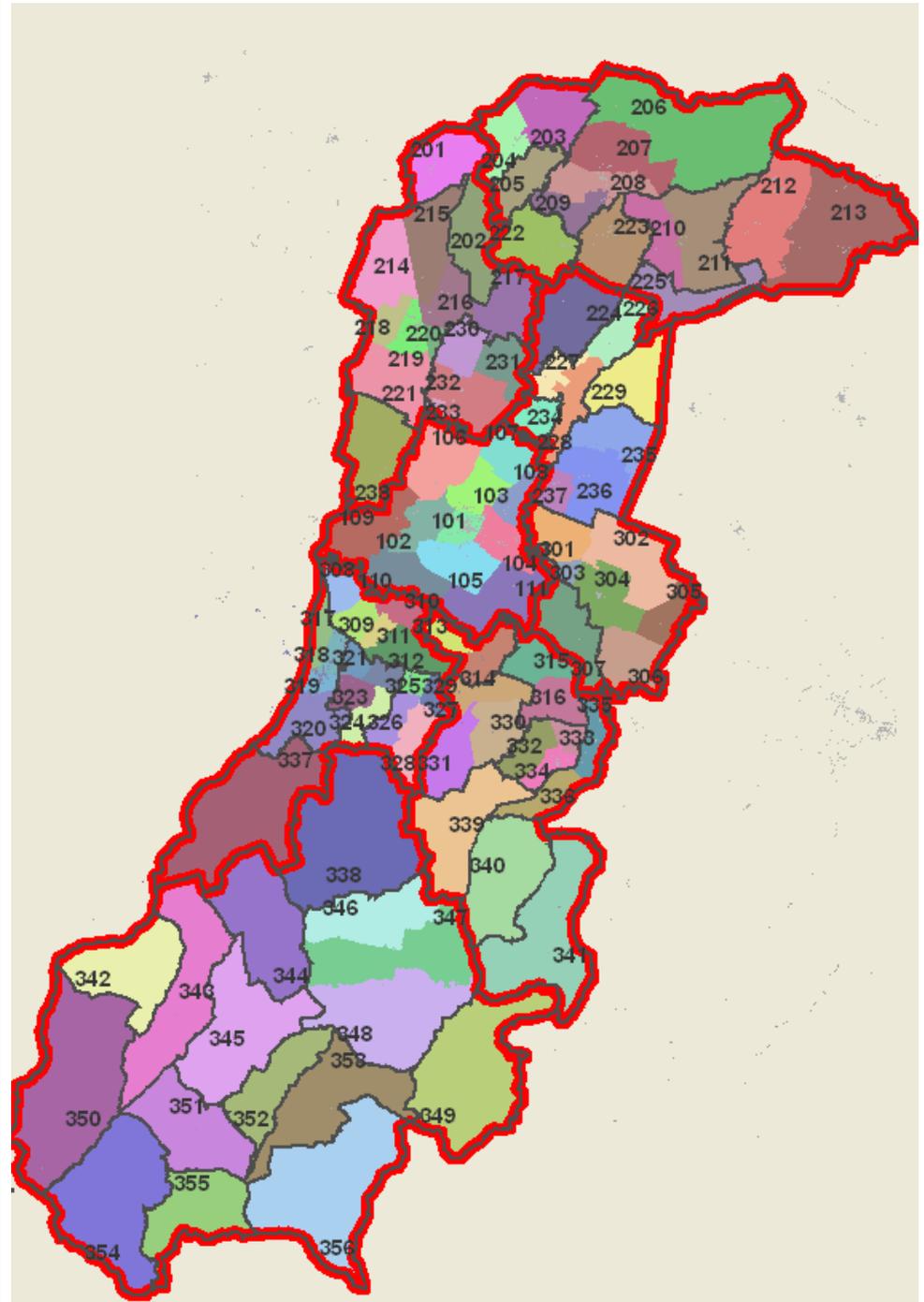


Figura 1: Corrispondenza Zone – Macrozona

Al di fuori della Provincia di Modena si collocano le zone di prima e seconda corona, e le direttrici Nord, Est e Sud, che rappresentano tutti i restanti Comuni del territorio nazionale. Per semplicità di lettura delle successive elaborazioni nella figura seguente sono rappresentate tutte le Zone di traffico esterne.

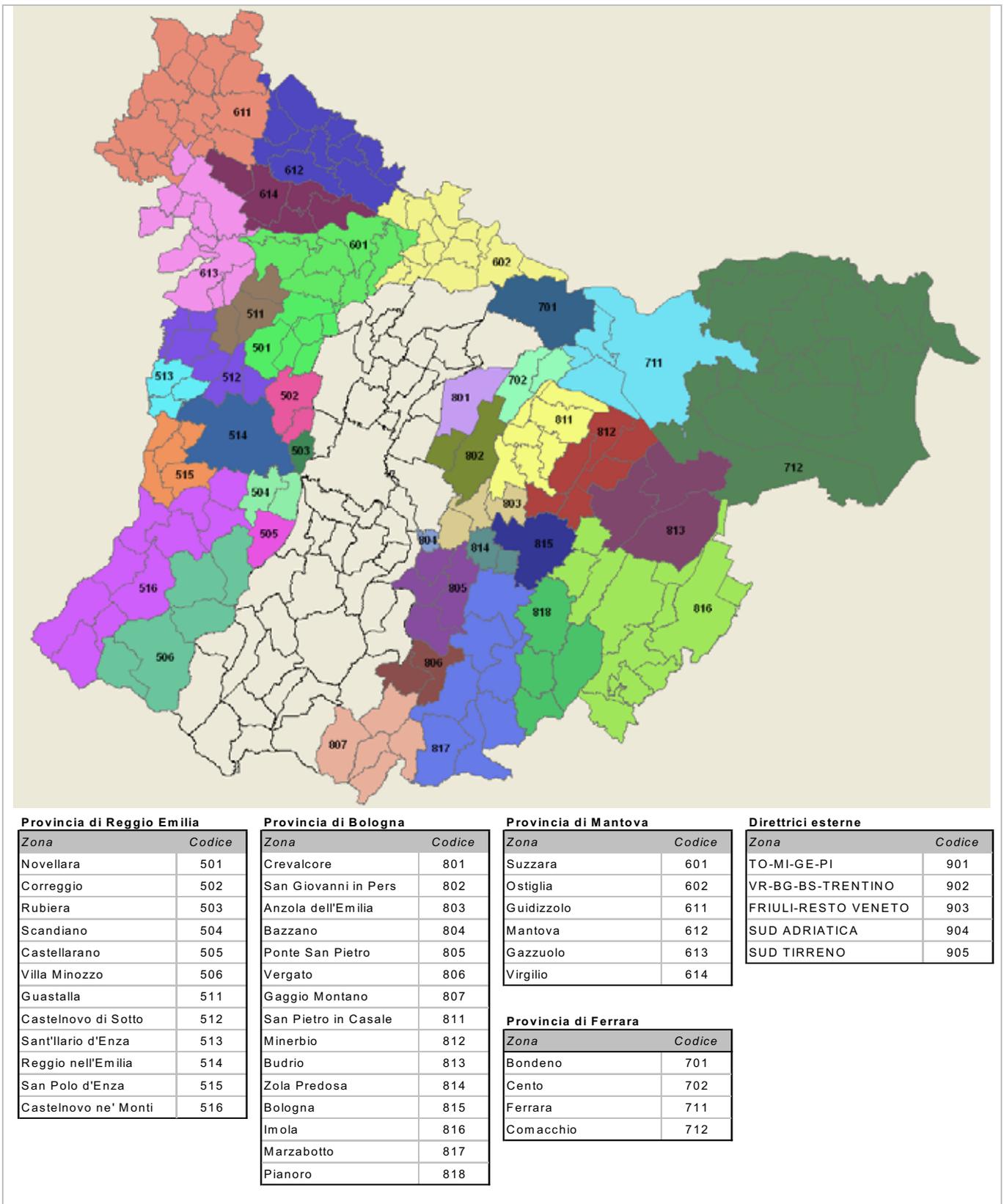


Figura 2: Elenco delle Zone esterne e Macrozone del modello

2.2 La zonizzazione per il modello di simulazione del Tpl

L'*Agenzia per la Mobilità di Modena* possiede e utilizza un modello di simulazione del trasporto pubblico a scala provinciale per valutare proposte d'intervento atte a migliorare efficacia e efficienza del servizio di trasporto pubblico.

Considerata l'affidabilità mostrata nelle precedenti applicazioni del modello dell'*Agenzia*, esso viene utilizzato nel presente lavoro per le simulazioni di trasporto pubblico. Dal modello si ricavano i parametri prestazionali della rete, da cui si generano gli indicatori che verranno utilizzati per la valutazione degli effetti delle alternative progettuali su questa componente di trasporto.

Si riporta di seguito la descrizione della zonizzazione utilizzata, (tratta dal rapporto "Revisione del servizio extraurbano del bacino Provinciale di Modena" luglio 2006).

2.5 Zonizzazioni

Nel presente piano si fa riferimento a 4 tipologie di zonizzazione del territorio provinciale e delle aree limitrofe :

- due zonizzazioni di analisi e progetto (utilizzate per la lettura delle matrici origine/destinazione e la definizione delle proposte di Piano)
 - macrozonizzazione di analisi e progetto
 - zonizzazione di analisi e progetto (su base comunale)
- zonizzazione utilizzata nel modello di simulazione
- zonizzazione tariffaria

	macrozonizz. di analisi e progetto	zonizzazione di analisi e progetto	zonizzazione per il modello di simulazione	zonizzazione tariffaria
Num.zone territorio provinciale	7	47	80	40
Num.zone esterne	7	37	5	- ⁽¹⁾
Totale num. zone	14	84	85	40

⁽¹⁾ in alcune zone tariffarie sono attualmente incluse parti di territorio esterno alla Provincia, interessate da linee bus di competenza della Provincia di Modena

2.5.2 Zonizzazione adottata nel modello di simulazione

Nel modello HYPERPLAN i connettori fra i centroidi di zona e i nodi/fermata vengono generati automaticamente dal modello; tali connettori collegano il centroide con tutti e soli i nodi/fermata che sono topologicamente inclusi nella zona stessa.

A questa regola si deroga solamente per le zone che non includono al loro interno nessun nodo/fermata; in questo caso il modello va a cercare i nodi/fermata più prossimi nelle zone contigue e li connette con il centroide della zona in esame.

Non è inoltre possibile aggiungere esogenamente dei connettori diversi da quelli generati automaticamente dal modello.

Stante questa impostazione del modello HYPERPLAN, la zonizzazione derivata dal modello provinciale di simulazione del traffico veicolare non è quindi applicabile al modello del tpl.

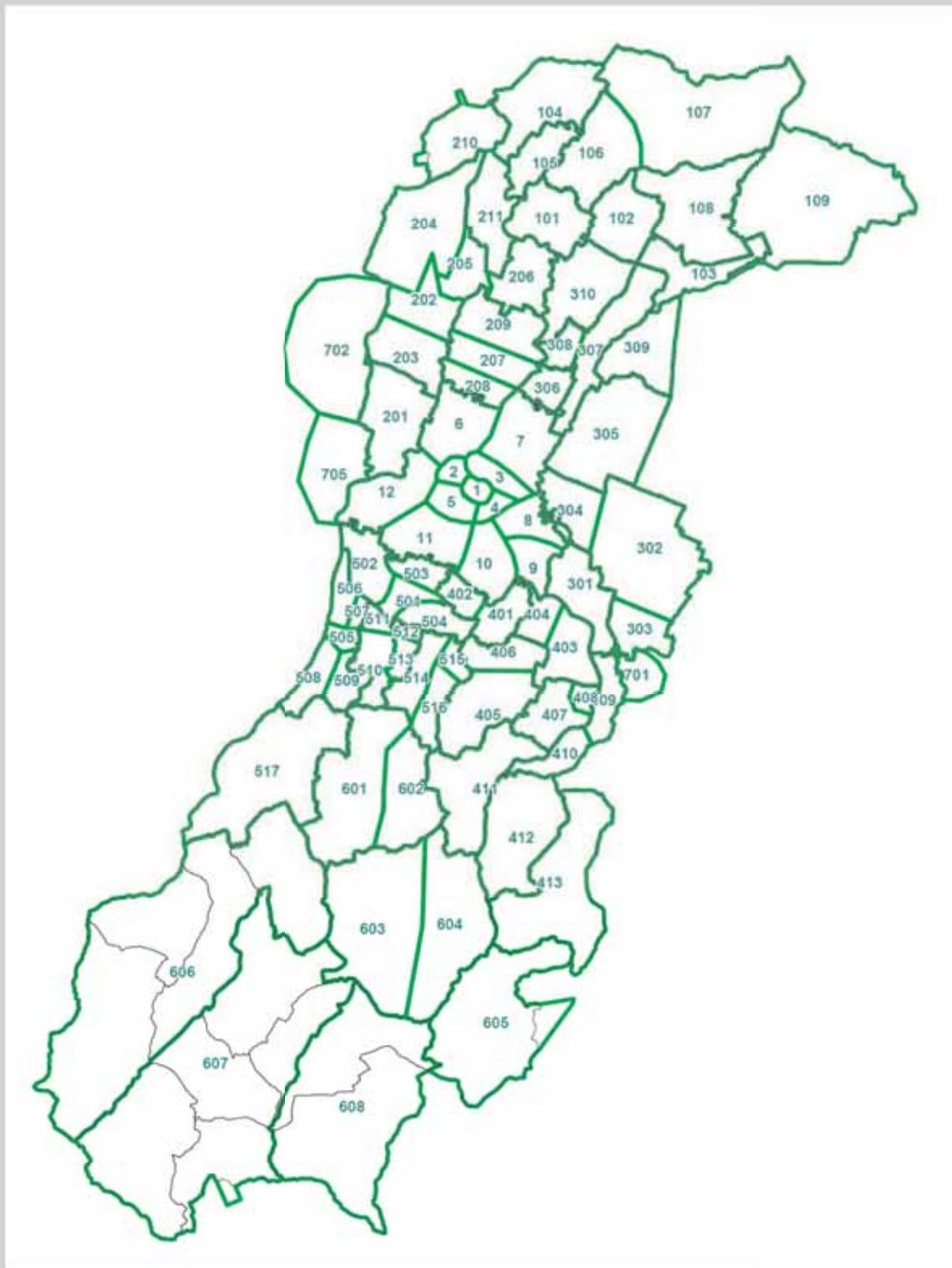
In tale zonizzazione sono alquanto frequenti i casi, nei quali un comune importante, ad esempio Castelfranco, è suddiviso per comparti (Nord e Sud), che presentano come confine fra loro la direttrice principale (via Emilia) ove sono concentrati i servizi tpl e quindi i nodi/fermata.

In questi casi i nodi/fermata vengono accreditati ad una delle zone, lasciando scoperta l'altra, seppur quest'ultima è servita dal tpl al suo limitare al pari della prima.

E' stato quindi necessario reimpostare la zonizzazione con i seguenti criteri principali :

- Rispettare i confini comunali, cosicché una zona è una porzione di un territorio comunale (nel caso dei comuni più importanti e più disarticolati) oppure coincide con un Comune (nel caso di comuni di medie dimensioni) oppure è l'aggregazione di più comuni (nel caso dei Comuni minori dell'area montana)
- Suddividere nei comuni principali l'area direttamente servita dalla stazione/autostazione dagli altri comparti urbani
- Suddividere sempre nei comuni principali la conurbazione principale dalle frazioni con un certo peso demografico o produttivo
- Separare la zona della conurbazione principale di un comune dalla zona coperta da una direttrice extraurbana (e relativo servizio di tpl) qualora tale direttrice transiti a distanza non pedonale dalla conurbazione stessa.

Fig. Zonizzazione adottata nel modello di simulazione



La zonizzazione adottata per il Tpl è compatibile con quella adottata per il modello stradale in quanto le zone del modo Tpl sono ottenibili da aggregazione di zone del modello stradale, e pertanto consentono confronti a livello territoriale omogeneo.

3 CALCOLO DELLA MATRICE ORIGINE DESTINAZIONE

3.1 Le fonti di dati

Le fonti di dati utilizzate sono:

- Dati pendolarismo ISTAT 2001 della Provincia di Modena
- Dati pendolarismo ISTAT 2001 intercomunale
- Dati indagini dirette 1996-2002 ai conducenti al cordone di Modena e conteggi 2006
- Censimento industria e servizi ISTAT 2001
- Dati indagine Agenzia Modena 2005 in provincia di Modena
- Conteggi di traffico 2006 2007 della Provincia di Modena
- Dati pendolarismo scuole medie superiori
- Dati Autostrade e Autobrennero
- Dati relativi a funzioni territoriali attrattori di traffico (scuole, servizi ricreativi, sanitari...)
- Dati di domanda Tpl
- Quadro conoscitivo PTCP (DGPN n.68 del 27.02.2007)

3.2 Il modello di domanda

La ricostruzione della domanda attuale e prevista (a seguito delle variazioni di elementi strutturali e comportamentali negli scenari futuri), richiede l'adozione di una metodologia di STIMA INDIRETTA delle matrici OD, in grado di fornire le quantità di spostamenti a fronte di ipotesi progettuali, di regolazione e gestione dei sistemi di trasporto alternativi.

La struttura di modelli adottata si differenzia fra gli spostamenti pendolari (lavoro e studio) e spostamenti occasionali (con occasionali si intende gli spostamenti non pendolari, anche se trattasi di spostamenti ripetitivi, tipo cure ed acquisti)

Spostamenti pendolari

Nel caso degli spostamenti pendolari si tratta di una procedura di ricalcolo delle matrici. I dati, nel caso ad esempio della matrice degli spostamenti per lavoro, sono:

- ⇒ Matrice pendolare (Pendolarismo Istat 2001) $ML(o,d)$ e quindi i valori $ML(o,*)$ dei totali generati per zona di origine e i valori $ML(*,d)$ dei totali attratti per zona di destinazione
- ⇒ Vettore $POPatt(zona\ origine)$ della popolazione in fascia d'età attiva per zona di origine
- ⇒ Vettore $ADD(zona\ destinazione)$ degli addetti per zona di destinazione
- ⇒ Vettore $AL\%attr(zona\ destinazione)$ delle percentuali di approssimazione del legame fra addetti e spostamenti attratti (questi valori di approssimazione includono eventuali approssimazioni nelle stime degli addetti per zona)

I passaggi della procedura per ricalcolare la matrice all'anno 2006, sono:

1. ricalcolo dei vettori di generazione secondo la seguente formula

$$ML(o,*)_{2006} = ML(o,*)_{2001} \bullet [POPatt(o)_{2006} / POPatt(o)_{2001}]$$

2. ricalcolo dei vettori di attrazione secondo la seguente formula²

² Il vettore degli addetti non è disponibile, al momento, per fonti diverse dall'8° Censimento Industria e Servizi, pertanto questa passo della procedura non produce aggiornamenti nella matrice.

$$ML(*,d|2006) = ML(*,d|2001) \bullet [ADD(d|2006) / ADD(d|2001)]$$

3. calcolo/ricalcolo della matrice $ML(o,d|2006)$ aumentando/riducendo parametricamente tutti i valori di ciascuna riga in modo da approssimare il vettore $ML(o,*|2006)$ dei totali generati; il parametro di aumento/riduzione dipende dal differenziale fra totale calcolato di riga e il totale atteso e dal rapporto fra tale differenziale e la percentuale di approssimazione;
4. ricalcolo della matrice $ML(o,d|2006)$ aumentando/riducendo parametricamente tutti i valori di ciascuna colonna in modo da approssimare il vettore $ML(*,d|2006)$ dei totali attratti; il parametro di aumento/riduzione dipende dal differenziale fra totale calcolato di colonna e il totale atteso e dal rapporto fra tale differenziale e la percentuale di approssimazione;
5. quando la matrice rispetta, a meno delle percentuali di approssimazione indicate, sia i totali di riga che i totali di colonna, la procedura ha termine; altrimenti l'algoritmo riparte nuovamente dal passaggio 3.

Per l'ora di punta il calcolo viene effettuato sugli spostamenti estratti dal dato del pendolarismo e relativi all'ora in esame (senza aggiunta di ritorni a casa).

Per il totale giornata il calcolo viene effettuato sugli spostamenti estratti dal dato del pendolarismo (senza filtro sull'ora di spostamento), con l'aggiunta dei ritorni a casa e con la duplicazione di una quota delle andate+ritorni nel caso di lavoratori che effettuano il rientro meridiano (abituamente per tempi di spostamento inferiori ai 20').

La matrice $MS(o,d)$ degli spostamenti per studio (scuola superiore) è stata ricavata dai dati territoriali sulla frequentazione degli istituti scolastici della provincia di Modena (e degli istituti delle province contermini frequentati da studenti della provincia di Modena) raccolti dalla Provincia di Modena per l'anno 2006.

I dati territoriali utilizzati sono:

- ⇒ Matrice studentesca (Pendolarismo Istat 2001) $MS(o,d)$ e quindi i valori $MS(o,*)$ dei totali generati per zona di origine e i valori $MS(*,d)$ dei totali attratti per zona di destinazione
- ⇒ dati di frequentazione relativi all'anno 2006 delle scuole medie superiori con indicazioni relative al Comune di origine degli studenti
- ⇒ Vettore POPsup(zona origine) della popolazione in fascia d'età 15-19.
- ⇒ Vettore SUP(zona destinazione) posti nelle scuole superiori.

La matrice degli spostamenti è stata ricavata secondo la seguente procedura:

1. distribuzione degli spostamenti dai dati di frequentazione 2006 attribuendo gli istituti scolastici (con le rispettive sezioni staccate) alla zona di appartenenza.
2. ripartizione degli spostamenti all'interno dei singoli comuni proporzionalmente alla distribuzione della popolazione in fascia d'età 15-19.
3. determinazione dei coefficienti di ripartizione modale dalla matrice studentesca 2001 e attribuzione dei coefficienti alla matrice 2006.

Gli universitari sono invece trattati insieme ai lavoratori.

Spostamenti occasionali

I dati, nel caso della matrice degli spostamenti occasionali, sono :

- ⇒ Vettore POP(zona origine|n) della popolazione in fascia d'età giovane (n=1), attiva (n=2) ed anziana (n=3) per zona
- ⇒ Tassi Tgen|n medi di generazione di spostamenti occasionali per residente nell'ora di punta o al giorno in partenza dalla residenza, distinto per fascia d'età

- ⇒ Tasso $T_{gen|add}$ medio di generazione di spostamenti occasionali per addetto nell'ora di punta o al giorno, in partenza dai posti di lavoro (spostamenti non *home based*) (questo tasso risulta inferiore di un ordine di grandezza rispetto ai tassi di generazione sui residenti)
- ⇒ Vettore $ADD(zona\ destinazione|c)$ degli addetti per zona per categoria economica c.
- ⇒ Tassi $T_{attr|c}$ medi di attrazione di spostamenti occasionali per addetto nell'ora di punta o al giorno in partenza dalla residenza, distinto per categoria economica c.
- ⇒ Tasso $T_{attr|pop}$ medio di attrazione di spostamenti occasionali per residente nell'ora di punta o al giorno (spostamenti per servizi a domicilio o visite a parenti ed amici).
- ⇒ Vettore $E_{attr}(zone\ destinazione)$ dei parametri esogeni di espansione/riduzione degli spostamenti attratti per zona che garantisca l'uguaglianza del totale generato e totale attratto della matrice spostamenti occasionali.
- ⇒ Vettore $AO\%_{attr}(zone\ destinazione)$ delle percentuali di approssimazione del legame fra addetti e spostamenti attratti (questi valori di approssimazione includono eventuali approssimazioni nelle stime degli addetti per categoria e per zona). Per ciascun totale di riga (spostamenti generati da una zona) si applica il vettore $AO\%$ per ripartire il totale di riga nelle zone; al termine si confronta il totale di colonna per zona con il valore precedentemente stimato; sulla base della differenza registrata, si corregge il vettore $AO\%$ e si ripete la procedura di ripartizione sulle righe fino a ridurre lo scarto a valori accettabili.
- ⇒ Matrice $T_{auto}(o,d)$ dei tempi di spostamento in auto a rete carica (carico veicoli da pendolarismo)
- ⇒ Matrice $BAC(o,d)$ di classificazione delle relazioni in bacini di traffico (1=relazioni intracomunali, 2=relazioni di distretto, 3= relazioni intraprovinciali, 4=relazione interprovinciali)

I passaggi della procedura per calcolare la matrice giornaliera, sono :

1. calcolo dei vettori di generazione secondo la seguente formula

$$MO(o,*) = \sum_n [T_{gen|n} \bullet POP(o|n)] + [T_{gen|add} \bullet ADD(o)]$$

2. calcolo dei vettori di attrazione secondo la seguente formula

$$MO(*,d) = E_{attr}(zone\ destinazione) \bullet \{ \sum_c [T_{attr|c} \bullet ADD(d|c)] + [T_{attr|pop} \bullet POP(d)] \}$$

3. in funzione del tempo $T_{auto}(o,d)$ vengono calcolate tre matrici di livello di accessibilità (la prima per riprodurre un modello molto rigido di minimo costo, la seconda per riprodurre gli spostamenti che avvengono all'interno della singola fascia oraria e quindi con una discontinuità di derivata per valori di tempo superiori ai 40-50' ed una terza per riprodurre gli spostamenti a scelta quasi indifferenziata e quindi con una accessibilità monotona decrescente ma a bassa derivata)
4. calcolo della matrice distribuendo i totali $MO(o,*)$ di riga in modo direttamente proporzionale ai totali $MO(*,d)$ attratti per destinazione ed al livello di accessibilità il ricalcolo avviene separatamente per quote, applicando le tre diverse funzioni di accessibilità
5. ricalcolo della matrice $MO(o,d)$ aumentando/riducendo ($AO\%$) parametricamente tutti i valori di ciascuna colonna in modo da approssimare il vettore $MO(*,d)$ dei totali attratti; il parametro di aumento/riduzione dipende dal differenziale fra totale calcolato di colonna e il totale atteso e dal rapporto fra tale differenziale e la percentuale di approssimazione;
6. quando la matrice rispetta, a meno delle percentuali di approssimazione indicate, sia i totali di riga che i totali di colonna, la procedura ha termine; altrimenti l'algoritmo riparte nuovamente dal passaggio 5.

Le fasce d'età utilizzate sono le seguenti :

- ⇒ 15-19
- ⇒ 20-64
- ⇒ 65 e oltre

I tassi di generazione utilizzati per gli spostamenti occasionali sono i seguenti :

	Tasso di generazione degli spostamenti occasionali in ora di punta del mattino	Tasso di generazione degli spostamenti occasionali sul totale giornata
Residenti fascia 15-19	0.083	0.780
Residenti fascia 20-64	0.192	0.894
Residenti fascia 65 e oltre	0.270	0.813
Addetti	0.009	0.077

Le categorie economiche considerate sono cinque (uno relativo ai settori primario e secondario e quattro relativi al settore terziario) e precisamente le seguenti :

- ⇒ agricoltura+industria
- ⇒ sanità
- ⇒ commercio
- ⇒ altri servizi attrattivi
- ⇒ altri servizi non attrattivi

I tassi di attrazione utilizzati sono

	Tasso di attrazione degli spostamenti occasionali in ora di punta del mattino	Tasso di attrazione degli spostamenti occasionali sul totale giornata
Addetti agricoltura+industria	0.020	0.100
Addetti sanità	0.600	2.000
Addetti commercio	0.070	0.700
Addetti altri servizi attrattivi	0.550	2.200
Addetti altri servizi non attrattivi	0.050	0.250
Residenti	0.005	0.030

Per il totale giornata il calcolo viene effettuato sugli spostamenti generati dai residenti e dai posti di lavoro, con l'aggiunta dei ritorni a casa (applicati ai soli spostamenti *home based*).

Per l'ora di punta l'aggiunta dei ritorni a casa viene effettuata solo per la quota relativa agli spostamenti di accompagnamento (e per tempi di spostamento inferiori ai 20')

La funzione di accessibilità viene così formulata:

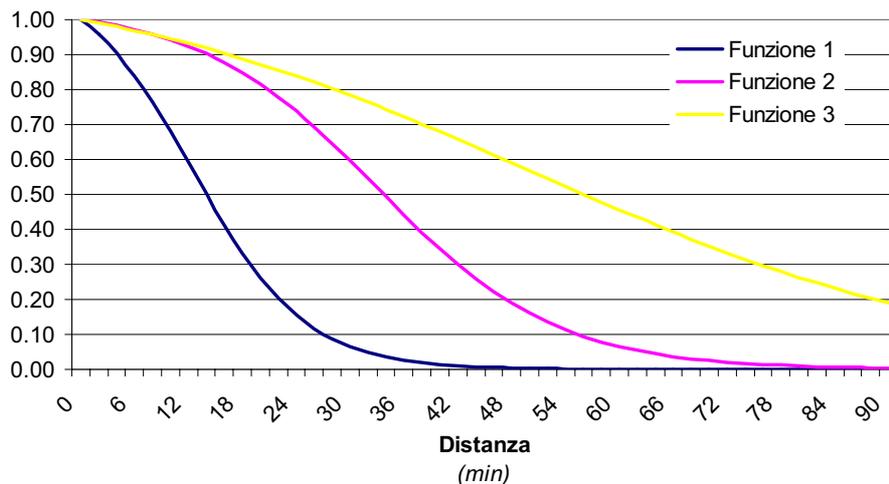
$$ACC(o,d) = [1 + \exp(b)] / [1 + \exp(a \bullet T_{auto}(o,d) \bullet BAC(o,d) + b)]$$

Le tre funzioni di accessibilità vengono applicate a diverse quote di spostamenti generati e attratti e hanno i seguenti parametri:

	Funzione 1	Funzione 2	Funzione 3
a	0.16	0.1	0.04
b	-2	-3.3	-2
Quota di spostamenti	0.55	0.33	0.12

In funzione del tempo $T_{auto}(o,d)$ espresso in minuti, le tre funzioni assumono il seguente andamento :

Livello di accessibilità



Nella funzione di accessibilità il tempo entra rettificato da un coefficiente dipendente dalla variabile $BAC(o,d)$, così definita :

per $BAC(o,d)=1$	coefficiente=1,00
per $BAC(o,d)=2$	coefficiente=1,00
per $BAC(o,d)=3$	coefficiente=1,35
per $BAC(o,d)=4$	coefficiente=1,25

3.3 Validazione della procedura

La validazione implica la verifica dei risultati della procedura attraverso una serie di dati di fonte diversa. La validazione si è basata in particolare sui seguenti confronti :

- distribuzione dei flussi veicolari nelle sezioni stradali – confronto con i flussi rilevati al cordone comunale di Modena e della provincia;
- distribuzione degli utenti per linea di trasporto pubblico - confronto con gli utenti stimati dalla lettura dei dati STIMER

A questi confronti si è aggiunta la verifica qualitativa dei seguenti valori :

- le velocità medie di percorrenza delle auto e delle moto (per i vari comparti della rete viaria)
- le velocità medie di percorrenza dei bus urbani e extraurbani.

3.4 Definizione degli scenari di domanda

La procedura di stima della domanda si basa sui seguenti assunti :

- la mobilità generata dalle varie zone del territorio è sostanzialmente proporzionale alla

popolazione residente, distintamente per le fasce orarie che generano la categoria di mobilità in esame;

- la distribuzione dei viaggi fra le diverse destinazioni viene fatta variare in modo da riprodurre gli effetti delle variazioni della distribuzione delle attività (e dei relativi addetti) sul territorio in esame.

La procedura utilizzata si sviluppa nei seguenti passaggi :

- sulla base dei dati di pendolarismo dei residenti, vengono ricostruite le quote di 'contributo' dei residenti appartenenti alle singole fasce d'età alla generazione degli spostamenti per le diverse categorie di domanda (motivi di viaggio);
- sulla base delle stime dei residenti per zona e per fascia d'età agli anni futuri, sono stimati i totali degli spostamenti generati per zona e per categoria di domanda sulla base degli attuali tassi di mobilità procapite;
- i totali degli spostamenti generati vengono quindi rettificati per l'introduzione degli aumenti dei tassi di mobilità pro-capite per le fasce di media/tarda età;
- la distribuzione dei viaggi fra le diverse destinazioni viene modificata, rispetto all'attuale, in modo da riprodurre gli effetti delle variazioni della distribuzione delle attività agli anni futuri.

La procedura effettua una serie di iterazioni di calcolo di modifica della matrice, per rispettare in modo aritmetico i vincoli di generazione (totale degli spostamenti generati da ciascuna zona) e per approssimare in modo statistico i vincoli di attrazione (totale degli spostamenti attratti da ciascuna zona).

3.5 Matrici degli spostamenti per le assegnazioni di traffico 2006 e 2015

Nella ripartizione degli spostamenti sono stati considerati i **veicoli equivalenti**, quindi:

- gli spostamenti in auto e furgone come conducente (coeff =1)
- gli spostamenti su mezzi due ruote (coeff=0,3)
- stati esclusi i viaggi effettuati in auto come passeggero, già registrati per il conducente
- gli spostamenti dei mezzi pesanti (coeff= 3 per camion, 5 per articolati)

Con questa articolazione sono state ricostruite le matrici o/d allo stato di fatto (anno 2006) e sono quindi proiettate negli orizzonti temporali futuri (anno 2015). Per la proiezione al 2015 sono stati utilizzati tassi di crescita della popolazione attiva e delle superfici produttive/industriali/terziarie già elaborate nella costruzione del quadro conoscitivo del presente PTCP (Quadro conoscitivo PTCP, DGPN n.68 del 27.02.2007 e relativi aggiornamenti).

Le matrici utilizzate sono di seguito rappresentate nella forma compatta per macroaree nel dato relativo all'ora di punta del mattino (8-9) espresse in termini di veicoli equivalenti.

NomeMacro	O/D	Modena	Area Nord	Area di Carpi	Area del Panaro	Area dei Castelli	Area Pedemontana	Area Montana	Prov Reggio Emilia	Prov Mantova	Prov Ferrara	Prov Bologna	Direttrici esterne	Totale generato
		0	1	2	3	4	5	6	50	60	70	80	90	
Modena	0	18737	260	1957	1552	1169	3023	121	1305	78	35	865	759	29861
Area Nord	1	1071	7186	719	479	67	124	3	223	535	754	361	169	11691
Area di Carpi	2	2679	419	7799	263	91	315	6	1777	230	20	263	458	14320
Area del Panaro	3	4221	469	483	3344	627	461	16	143	66	32	1476	107	11444
Area dei Castelli	4	2470	23	101	451	6610	1754	137	223	16	29	1268	314	13396
Area Pedemontana	5	3311	72	228	175	1003	11827	491	1288	49	13	337	610	19403
Area Montana	6	336	3	20	21	282	1439	2958	136	2		134	128	5459
Prov Reggio Emilia	50	1340	89	2083	50	144	3330	92	90					7218
Prov Mantova	60	71	607	520	49	11	54	2	10					1324
Prov Ferrara	70	94	547	23	30	25	21	2	107					848
Prov Bologna	80	713	161	226	521	708	369	70	77					2846
Direttrici esterne	90	529	185	469	49	233	655	121	209					2450
Totale attratto		35572	10019	14629	6984	10970	23371	4017	5589	976	883	4705	2545	120260

Figura 3: Matrice OD 2006 per Macrozone - ora di punta 8 - 9 (veicoli equivalenti)

NomeMacro	O/D	Modena	Area Nord	Area di Carpi	Area del Panaro	Area dei Castelli	Area Pedemontana	Area Montana	Prov Reggio Emilia	Prov Mantova	Prov Ferrara	Prov Bologna	Direttrici esterne	Totale generato
		0	1	2	3	4	5	6	50	60	70	80	90	
Modena	0	18876	500	2265	1678	1158	3078	149	1381	80	35	920	775	30895
Area Nord	1	837	8200	556	403	53	97	3	142	404	638	244	137	11715
Area di Carpi	2	2560	791	8986	287	85	306	6	1572	214	19	262	457	15543
Area del Panaro	3	4786	820	645	4102	688	513	22	167	66	34	1776	123	13741
Area dei Castelli	4	2809	35	127	501	7174	1961	184	245	18	30	1431	325	14840
Area Pedemontana	5	3460	86	262	192	1053	12075	540	1376	51	13	360	619	20088
Area Montana	6	336	7	21	21	292	1533	3398	117	1		92	114	5931
Prov Reggio Emilia	50	1327	140	2429	54	139	3046	135	90					7360
Prov Mantova	60	68	1313	600	50	11	53	2	10					2108
Prov Ferrara	70	87	1013	29	33	24	20	2	107					1315
Prov Bologna	80	693	275	250	548	690	365	122	77					3020
Direttrici esterne	90	527	296	489	52	233	654	148	209					2608
Totale attratto		36364	13475	16659	7920	11601	23702	4710	5493	834	770	5085	2550	129164

Figura 4: Matrice OD 2015 per Macrozone - ora di punta 8 - 9 (veicoli equivalenti)

La matrice 2015 registra un aumento di veicoli del 7,4% rispetto al 2006.

Si precisa che nelle matrici qui riportate non è computato il traffico di attraversamento (quello dei veicoli che hanno origine e destinazione al di fuori della provincia di Modena), ma che tale traffico è insistente sulla A1 e A22 in termini di precarico assegnato nelle due direzioni (circa 7000 veicoli equivalenti nell'ora di punta).

4 OFFERTA DI TRASPORTO

L'offerta di trasporto rappresenta l'insieme di elementi fisici (infrastrutture e veicoli) e organizzativi (sensi unici, divieti, restrizioni, politiche di sosta etc.) che nel loro insieme consentono la mobilità delle persone e delle merci. La rappresentazione di tale sistema presenta pertanto un certo grado di complessità. Per questa ragione è necessaria una rappresentazione schematica della rete di trasporto che consenta 'analisi delle caratteristiche di tali elementi e la simulazione del funzionamento reale del sistema.

L'offerta di ciascuno dei modi di trasporto è quindi simulata con un modello di **RETE** costituito da:

- una **grafo** (costituito da nodi e archi) rappresentativo della topologia dei servizi di trasporto offerti ovvero delle relazioni fra i diversi punti del territorio;
- un insieme di **caratteristiche geometriche e di prestazione** delle relazioni espresse nel grafo.

La rete deve rappresentare tutti i differenti modi di trasporto offerti sul territorio. Si procede quindi a rappresentare un grafo e le relative caratteristiche per ciascuno dei modi che risulta necessario simulare. Ad esempio il grafo stradale è costituito da un insieme di nodi, generalmente rappresentativi di incroci tra le strade o punti in cui le caratteristiche di una strada mutano, e archi che rappresentano una porzione di strada con caratteristiche geometriche omogenee. A ciascun arco della rete si associano le relative caratteristiche geometriche. Da queste si risale, attraverso le documentazioni fornite da ampia letteratura ed esperienza nel settore e soprattutto rilievi puntuali, a caratteristiche derivate quali il tempo medio di percorrenza, la velocità di base media, la capacità (numero massimo di veicoli che nell'unità di tempo possono attraversare un arco).

Queste informazioni si arricchiscono con **funzioni di deflusso** in grado di mettere in relazione le prestazioni degli archi con il grado di congestione e con le interferenze dovute agli attraversamenti o incroci con altre infrastrutture. In particolare sono riprodotte le **impedenze per incroci** semaforizzati, attraverso la descrizione puntuale dei cicli semaforici e dei tempi di verde assegnati alle singole manovre, per incroci con regolazione imposta dalla segnaletica e per incroci non regolati (ovvero con le regole di precedenza imposti da Codice della strada).

Questa base di dati nel suo complesso offre un quadro di informazione e caratteristiche necessarie e sufficienti alla fase di "assegnazione" della domanda che su tale rete desidera viaggiare. Si ricavano così le stime di flussi che interessano i singoli elementi della rete, nelle configurazioni (scenari) che si ritiene utile e opportuno sottoporre a fase di valutazione.

4.1 IL GRAFO STRADALE

La rete stradale è stata innanzitutto rilevata e riportata in formato di grafo al fine di riprodurre la topologia. Il grafo rappresentativo del sistema stradale è costituito da diverse tipologie di nodi e archi:

- **nodi reali** che rappresentano le intersezioni della rete viaria con le relative manovre di svolta, suddivisi per incroci non regolati, regolati con segnaletica verticale e incroci semaforizzati.
- **nodi centroidi** che rappresentano i baricentri delle zone in cui si suppone concentrata la domanda di trasporto privata
- **archi reali** che rappresentano i tronchi stradali rilevanti (bidirezionali e monodirezionali)
- **archi connettori** che rappresentano il collegamento dai nodi centroidi a nodi reali

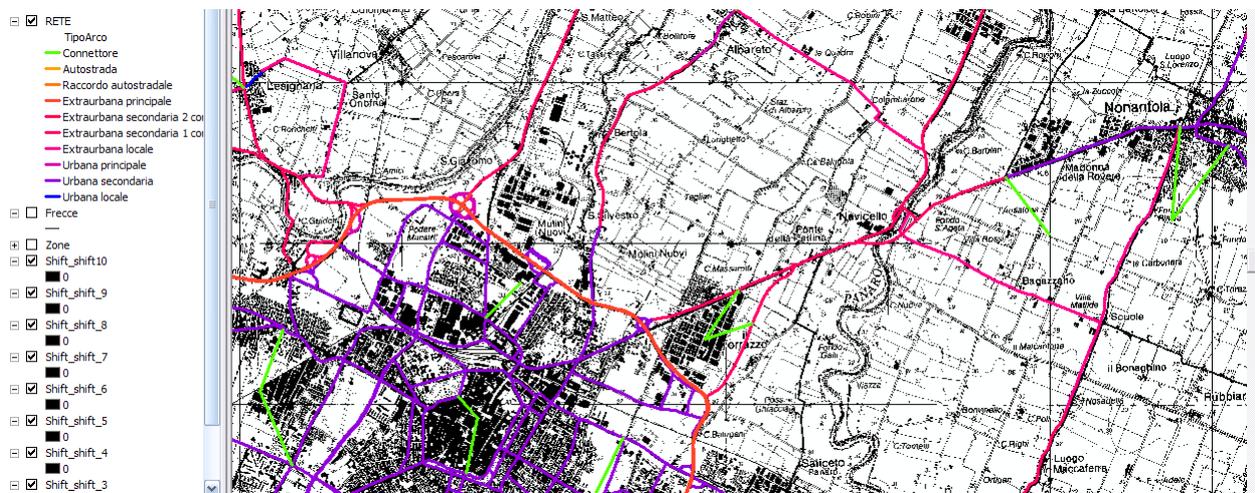


Figura 5: Porzione del grafo della rete stradale

Il rilievo è stato eseguito inserendo le caratteristiche degli archi nella scheda seguente.

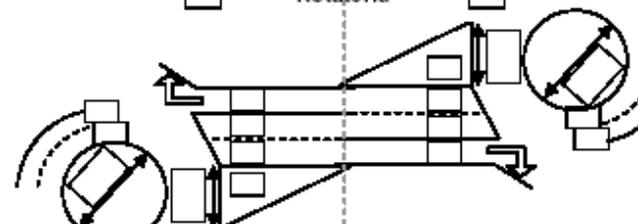
Nome strada		Direzione		Da nodo	A nodo	Scheda																																																																
-----		-----		-----	-----	-----																																																																
N. incroci intermedi/attrav		Punti di interesse		Tipo strada	Grado di disturbo	Pendenza																																																																
<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																		<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																										<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>senso unico</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>doppio senso</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>carreggiate separate</td></tr> <tr><td>sim</td><td>non sim</td></tr> </table>	1	senso unico	2	3	doppio senso	4	5	carreggiate separate	sim	non sim	<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>basso</td></tr> <tr><td>2</td><td>medio</td></tr> <tr><td>3</td><td>elevato</td></tr> </table>	1	basso	2	medio	3	elevato	<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>piana</td></tr> <tr><td>1</td><td>leggera (<3%)</td></tr> <tr><td>2</td><td>media (3-6%)</td></tr> <tr><td>3</td><td>forte (>6%)</td></tr> </table>	0	piana	1	leggera (<3%)	2	media (3-6%)	3	forte (>6%)
1	senso unico																																																																					
2	3	doppio senso																																																																				
4	5	carreggiate separate																																																																				
sim	non sim																																																																					
1	basso																																																																					
2	medio																																																																					
3	elevato																																																																					
0	piana																																																																					
1	leggera (<3%)																																																																					
2	media (3-6%)																																																																					
3	forte (>6%)																																																																					
<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>urbano</td></tr> <tr><td>2</td><td>suburb</td></tr> <tr><td>3</td><td>rurale</td></tr> </table>		1	urbano	2	suburb	3	rurale	Rif. foto		Limite di velocità																																																												
1	urbano																																																																					
2	suburb																																																																					
3	rurale																																																																					
<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>										<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>										<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>										km/h																																								
SVILUPPO STRADA				SEZIONE INIZIALE/FINALE																																																																		
SINISTRA		DESTRA		INIZIO		FINE																																																																
<p>Corsie promiscue</p> <p>largh. utile (media)</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>												<p>Schema incrocio</p> <p>Iniziale Incrocio Finale</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																										
<p>Corsie dedicate</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>bus</td><td>cidab</td><td>contro</td></tr> </table>				1	2	3	bus	cidab	contro	<p>Rotatoria</p> <p>Iniziale Rotatoria Finale</p> 																																																												
1	2	3																																																																				
bus	cidab	contro																																																																				
<p>Elementi laterali</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>spartitr. centrale</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>spartitr. laterale</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>corsia emerg.</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>banchina >0,75</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>banchina <0,75</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>marciapiede</td><td>6</td></tr> </table>				1	spartitr. centrale	1	2	spartitr. laterale	2	3	corsia emerg.	3	4	banchina >0,75	4	5	banchina <0,75	5	6	marciapiede	6	<p>Flussi</p> <p>Iniziale Flussi Finale</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td> </td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>				1	2	3		1	2	3																																						
1	spartitr. centrale	1																																																																				
2	spartitr. laterale	2																																																																				
3	corsia emerg.	3																																																																				
4	banchina >0,75	4																																																																				
5	banchina <0,75	5																																																																				
6	marciapiede	6																																																																				
1	2	3		1	2	3																																																																
<p>Funzioni insediative</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>0/4</td><td>1/4</td><td>2/4</td><td>3/4</td><td>4/4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>				0/4	1/4	2/4	3/4	4/4																																														<p>T Ciclo</p> <p>Iniziale Altro Finale</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																
0/4	1/4	2/4	3/4	4/4																																																																		
<p>Sezione laterale tipo</p> <p>Altezza (piani) Strada Altezza (piani)</p> <p>Dist. edifici (m) Dist. edifici (m)</p>				<p>Corsie dedicate</p> <p>Iniziale Corsie dedicate Finale</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>bus</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>cidab</td><td>2</td></tr> </table>				1	bus	1	2	cidab	2																																																									
1	bus	1																																																																				
2	cidab	2																																																																				
<p>Divieti di transito</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>cicli</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>veicoli motorizzati (AP)</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>veicoli non autorizzati (ZTL)</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>mezzi pesanti</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>peso o sagoma</td><td>5</td></tr> </table>				1	cicli	1	2	veicoli motorizzati (AP)	2	3	veicoli non autorizzati (ZTL)	3	4	mezzi pesanti	4	5	peso o sagoma	5	<p>Vincoli di sorpasso</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1/4</td><td>2/4</td><td>3/4</td><td>4/4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>				0	1/4	2/4	3/4	4/4																																											
1	cicli	1																																																																				
2	veicoli motorizzati (AP)	2																																																																				
3	veicoli non autorizzati (ZTL)	3																																																																				
4	mezzi pesanti	4																																																																				
5	peso o sagoma	5																																																																				
0	1/4	2/4	3/4	4/4																																																																		
<p>Sosta in carreggiata</p> <table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1/4</td><td>2/4</td><td>3/4</td><td>4/4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>				0	1/4	2/4	3/4	4/4																<p>NOTE</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																																														
0	1/4	2/4	3/4	4/4																																																																		

Figura 6: Scheda di rilevazione del grafo stradale

La gestione della base di dati relativa al grafo è stata effettuata in ambiente GIS. Le informazioni topologiche, di regolazione e di prestazione della rete sono quindi trasferite nell'applicativo QRS (e relativo editor grafico GNE).

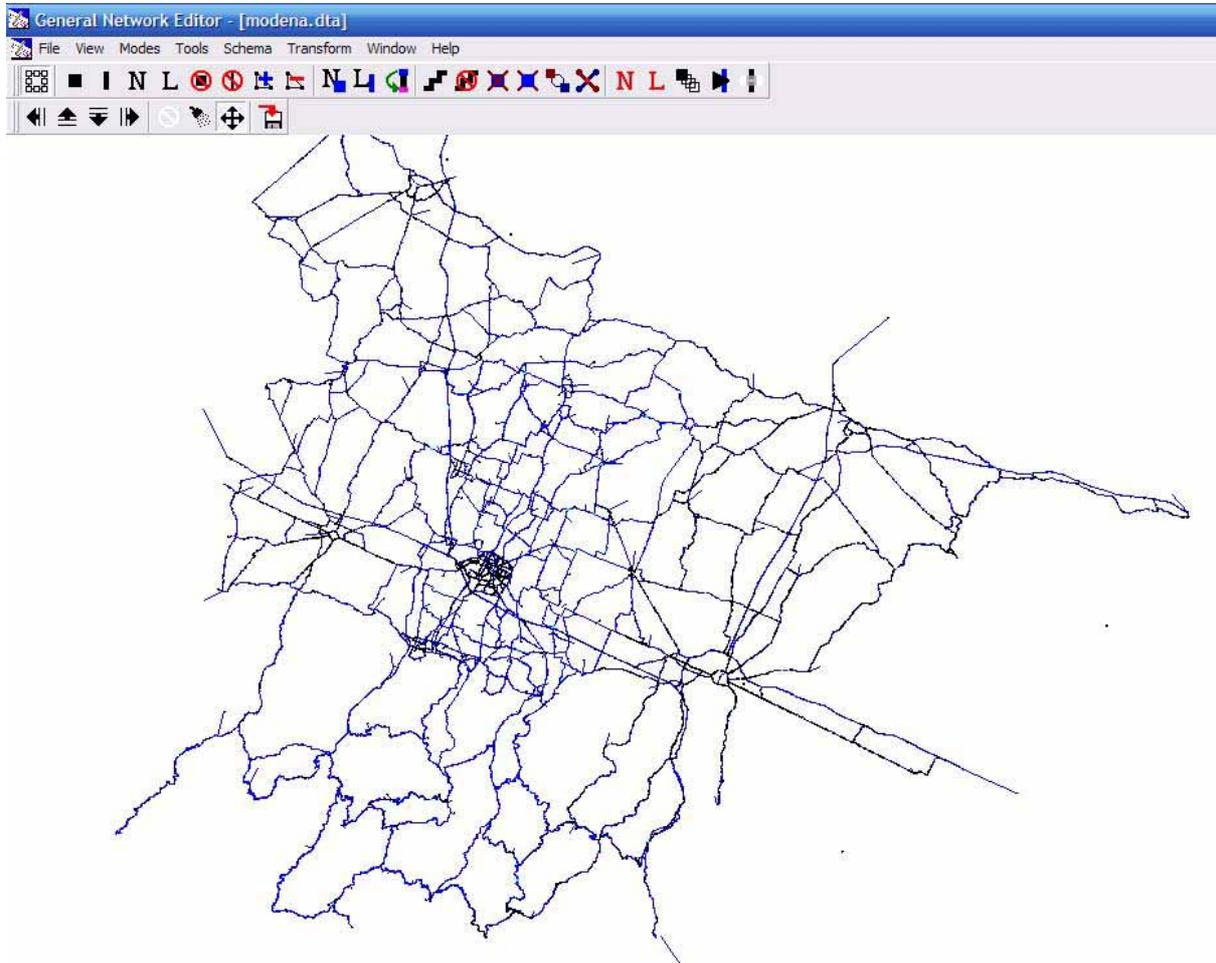


Figura 7: La rete del modello di simulazione stradale in GNE/QRS

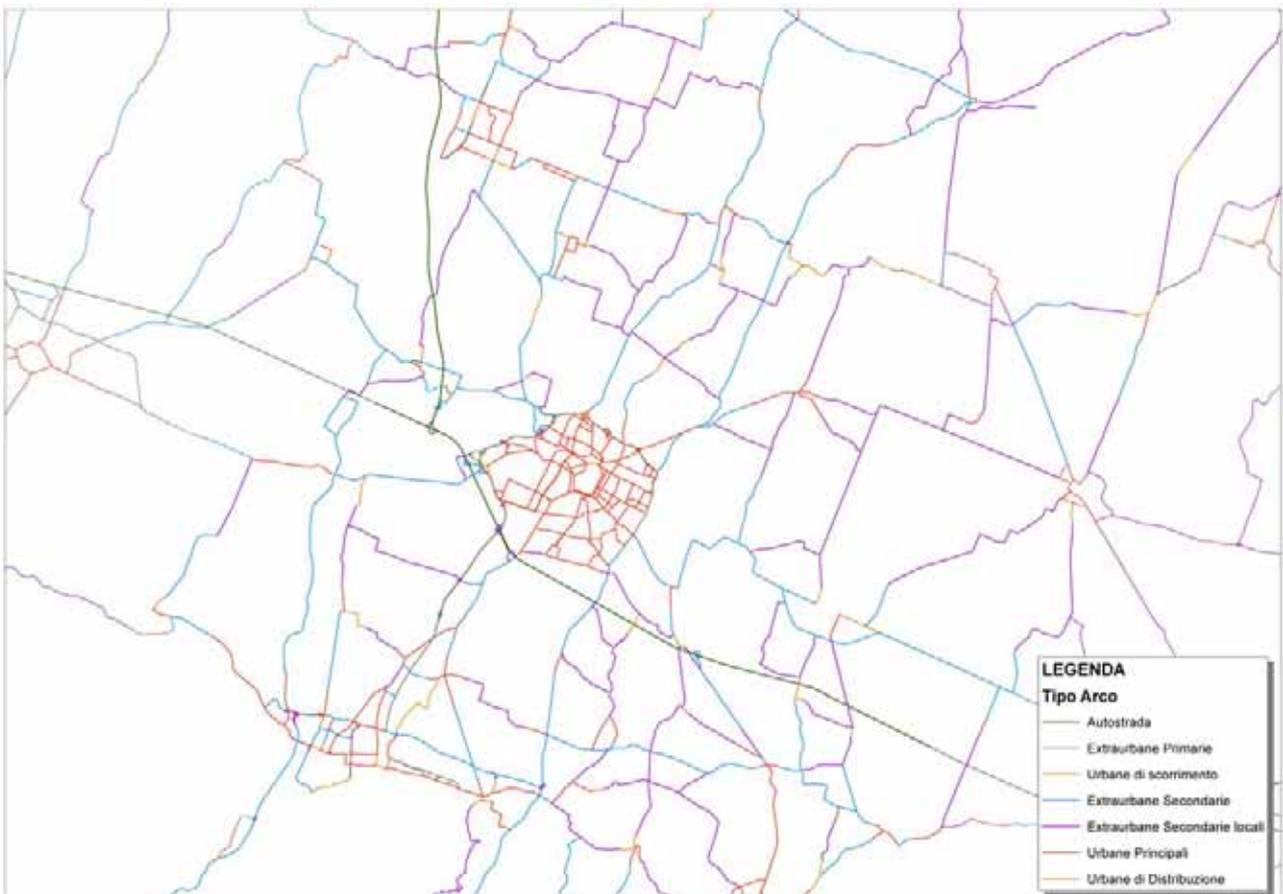
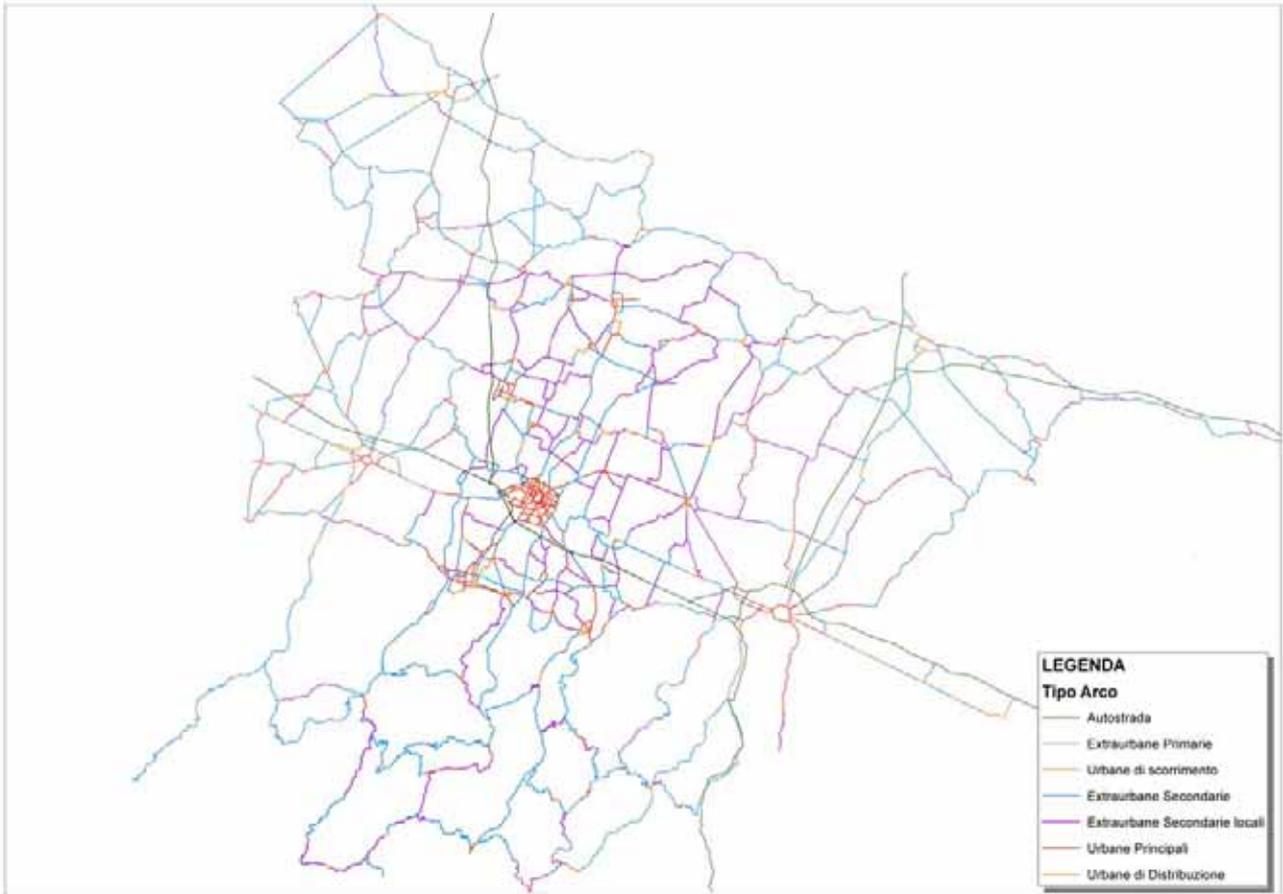
4.2 Classificazione della rete stradale per il modello di simulazione

Le informazioni rilevate sugli archi del grafo stradale consentono di ricondurre i tratti stradali alla classificazione inerente le prestazioni, che dipendono dalle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali della strada. Tale classificazione è stata condotta secondo criteri di assegnazione direttamente legati alle informazioni fisiche rilevate (nel territorio provinciale) o dedotte dalla cartografia esistente (nel caso degli archi esterni al territorio della provincia di Modena).

Lo schema adottato è riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Func_class	Codice	CARATTERISTICHE RILIEVO					
			Larghezza	Corsie	Contesto	Sosta in carreggiata	Disturbo	Tipo Strada
Autostrada	F	22						
Extraurbane primarie	E	31	>3		2 or 3	0	1	4 or 5
Rampe e Raccordi	R	28						
Extraurbane secondarie	M	30						
Extraurbane secondarie 1 corsia	D	35	>3 and <=6	1	2 or 3	0	1	1 or 2 or 3
Extraurbane secondarie 2 corsie	P	36	>6		2 or 3	0	1	1 or 2 or 3
Urbane scorrimento	m	41			1		1	
Extraurbane secondarie locali	Q	42	<=3		2 or 3		1	
Urbane principali	O	47	>3		1 or 2		2 or 3	
Urbane distribuzione	A	51	<=3		1 or 2		2 or 3	

Figura 8: Classificazione prestazionali della rete stradale



4.2.1 Le prestazioni della rete stradale

Le prestazioni reali dei singoli tratti di rete stradali si desumono prendendo in considerazione gli elementi rilevati.

In particolare, per la determinazione della velocità dell'arco a deflusso libero (senza la presenza di altre auto) e della relativa capacità sono state utilizzate le seguenti formule:

$$V_{base} = 31,1 + 2,8 \cdot L_{argh}^{1,2} - \sqrt{\left(12,8 \cdot tortuosità^2\right)^2 + \left(10,4 \cdot disturbo\right)^2 + \left(\frac{1,4 \cdot Intermedi}{Lungh}\right)^2}$$

dove

Vbase velocità dell'arco a deflusso libero (espressa in km/h)

Largh larghezza della semicarreggiata (m)

Tortuosità indice della percentuale di curve rispetto all'intera estensione della strada (adimensionale da 0 a 4)

Disturbo indice dell'influenza degli elementi laterali al deflusso veicolare lungo l'arco (adimensionale da 0 a 1)

Intermedi intersezioni laterali con strade locali (adimensionale)

Lungh lunghezza della strada (km)

$$Capacità = \sqrt{V_{base}} \cdot L_{argh} \cdot 109$$

Questa formula è stata ricavata dal modello di Underwood³

La combinazione di questi dati consente di definire una tipologia di arco sulla base della quale si determina la **funzione di deflusso degli archi**, che mette in relazione il tempo di percorrenza con il grado di congestione sull'arco stesso.

La conoscenza del tempo di base non è sufficiente a stimare il tempo complessivo speso sugli archi della rete. In particolare è necessario tener conto dei perditempo dovuti ai fenomeni di congestione. Per questa ragione si utilizzano le funzioni di deflusso.

La funzione di deflusso assunta dal modello di simulazione è del tipo:

$$T_{f/c} = T_0 \left(1 + \text{Alfa} \left[\frac{(\text{Flusso})}{\text{Capacità}} \right]^{\text{Beta}} \right)$$

dove la capacità C, il tempo di base T₀, sono stati determinati analiticamente come indicato in precedenza ed i parametri di deflusso Alfa e Beta vengono desunti dalla tipologia di strada secondo la metodologia proposta dall'*Highway Capacity Manual*. In particolare Alfa e Beta si determinano in modo analitico avendo fissato le velocità di massima capacità.

³ P.T. Underwood, "Speed, Value and Density Relationship", in Quality and Theory of Traffic Flow, Bureau of Highway traffic, Yale University, New Haven, Comm, 1961,

DescTipo	alfa	beta
Autostrada	1,83	5,52
Extraurbane primarie	1,80	6,40
Rampe e Raccordi	2,67	5,19
Extraurbane secondarie	2,00	5,15
Extraurbane secondarie 1 corsia	1,78	4,74
Extraurbane secondarie 2 corsie	2,00	5,15
Urbane scorrimento	1,75	5,13
Extraurbane secondarie locali	1,75	5,13
Urbane principali	1,43	6,06
Urbane distribuzione	2,25	5,23

Figura 9: Parametri di deflusso delle categorie di archi

Il perditempo alle intersezioni è calcolato separatamente per le seguenti tipologie:

- perditempo alle intersezioni semaforizzati
- perditempo alle intersezioni regolate da segnaletica di precedenza
- perditempo alle intersezioni non regolate (precedenza ai veicoli proveniente da destra)
- rotatorie

In tutti i casi il perditempo è calcolato in funzione dei flussi conflittuali alla manovra effettuata nell'incrocio. La presenza di flussi conflittuali più o meno elevati, si ripercuote direttamente sulle manovre interessate da tale flusso. Nel caso delle intersezioni semaforizzate il perditempo è dovuto anche al ritardo imposto dal rapporto tra tempo di verde e tempo del ciclo complessivo, calcolato per ciascuna manovra effettuata.

In tutti i casi il calcolo è basato sulle metodologie suggerite da HCM 2000 (*Highway Capacity Manual 2000*), i cui parametri sono stati adattati alla realtà italiana e alle unità di misura metriche.

5 SIMULAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO

5.1 Aspetti metodologici

La simulazione del traffico sulla rete di trasporto è basata sul calcolo del costo generalizzato dei percorsi possibili da ciascuna origine a tutte le destinazioni. E' utile sottolineare che in questa fase della simulazione non si prendono più in considerazione le scelte fatte dagli utenti in merito alla decisione di spostarsi, alla destinazione scelta e al modo di trasporto che si intende utilizzare.

L'elasticità della domanda su questi livelli di scelta, cioè, deve essere risolta (anche in modo iterativo con successive simulazioni) già nella fase di modellizzazione della domanda e nella determinazione delle matrici OD distinte per modo.

La simulazione quindi si occupa di determinare le probabilità di scelta di un determinato percorso su ciascuna relazione origine destinazione, assegnando la domanda in modo proporzionale a tali percorsi. I flussi su ciascun arco saranno quindi la quote di domanda insistenti su ciascuno.

Le probabilità di scelta di un percorso dipendono ovviamente dal costo generalizzato della combinazione di archi della rete che costituiscono il percorso. Nel caso in cui sulla rete vi siano fenomeni di congestione si rileva una dipendenza circolare tra domanda – costi – flussi.

Per quanto detto, infatti, i costi sono dipendenti (attraverso le funzioni di deflusso) dai flussi. La domanda si assegna in funzione dei costi sulla rete. I flussi sono ovviamente legati alla domanda che insiste sulla rete.

Il problema di assegnazione quindi consiste nel determinare una configurazione di **flussi di equilibrio**, tali cioè da generare costi sulla rete che riportano l'assegnamento della domanda alla medesima configurazione di flussi.

5.2 Calibrazione

La calibrazione e la validazione della rete consentono di verificare che il modello di simulazione sia in grado di riprodurre effettivamente il funzionamento del sistema.

Si confrontano pertanto i valori di flussi misurati attraverso i conteggi e i valori ottenuti dalla simulazione. Il modello di simulazione a questo punto si può ritenere, con buona approssimazione, in grado di misurare le differenze tra gli scenari di progetto/tendenziali e quello di riferimento (la *reference solution*).

La misura della buona approssimazione è di norma legata alla tipologia di sezione di rilievo. Per le sezioni di cordone si richiede che i flussi simulati abbiano un indice di correlazione rispetto al valore rilevato $R > 0,88$; per le sezioni di controllo interne si richiede un indice di correlazione rispetto al valore rilevato $R > 0,80$.

Nella figura seguente si riportano le posizioni e i codici delle sezioni di cordone utilizzate per la calibrazione del modello di traffico. I cordoni sono:

- il cordone del territorio provinciale
- il cordone comunale di Modena

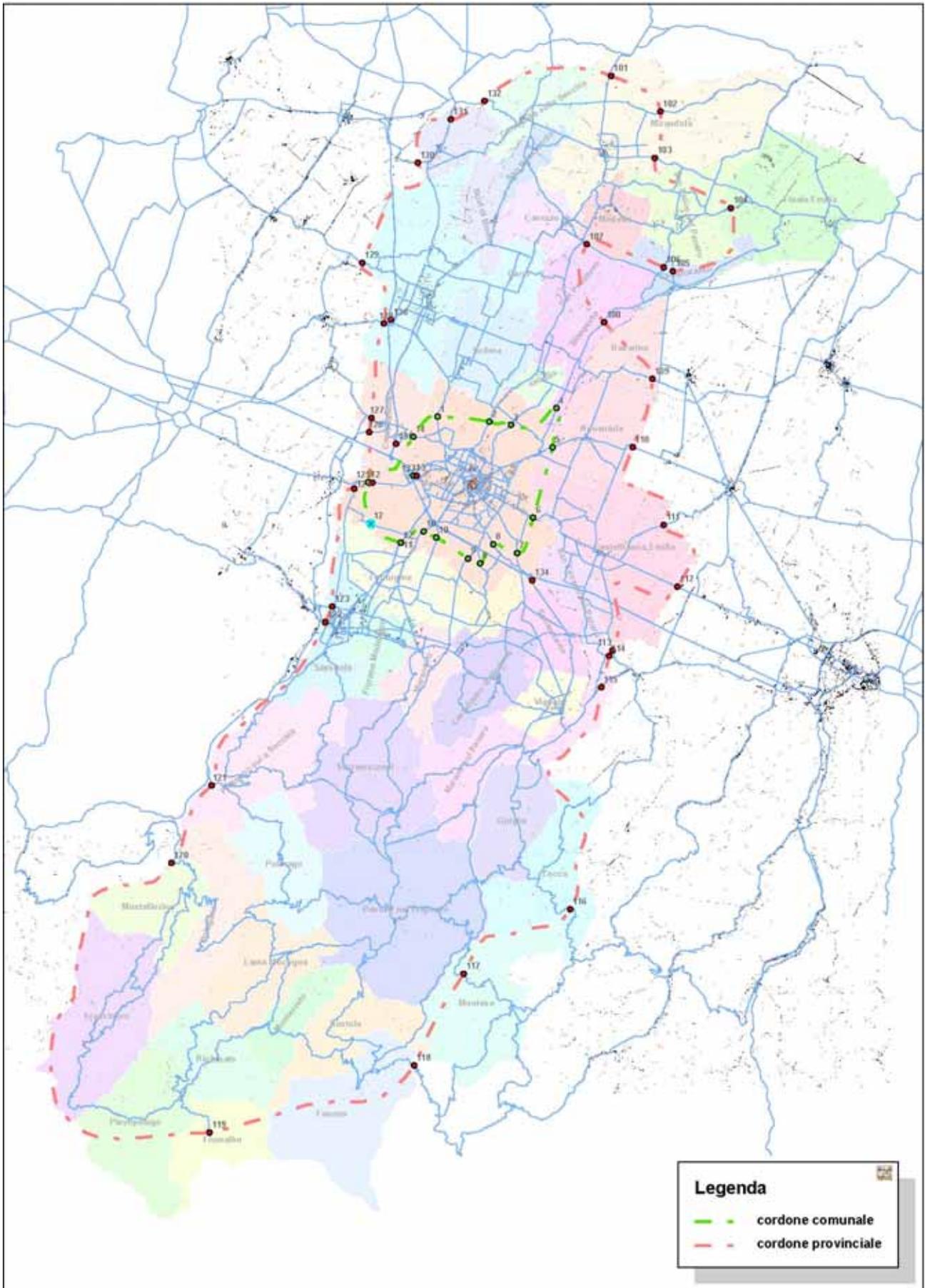


Figura 10: Cordone provinciale e comunale per la calibrazione e validazione del modello di traffico

Le procedure di correzione del sistema di offerta e della domanda sono state applicate limitatamente ai casi singolari in cui un effetto sul traffico non era riprodotto dai modelli di simulazione. Questo processo di calibrazione "fine" è stato condotto attraverso la imposizione di ulteriori penalizzazioni ad archi specifici. Si deve tener presente, inoltre, che i Flussi Rilevati sono in realtà stati ricostruiti ricomponendo diverse fonti dati (fornite dalla Amministrazione provinciale di Modena e dal Comune di Modena) sia per tecnologie adottate che per periodi del rilievo. I valori a disposizione sono stati mediati al giorno feriale medio invernale e riportati, quando necessario, all'anno 2006.

IDsezione	Ingressi			Uscite		
	Rilievo	Simulato	Diff	Rilievo	Simulaz	Diff
1	1'238	1'153	-6.9%	1'003	970	-3.3%
2	1'947	1'622	-16.7%	954	642	-32.7%
3	774	771	-0.3%	59	147	148.8%
4	873	1'045	19.7%	409	612	49.7%
5	1'352	1'191	-11.9%	926	788	-14.9%
NORD	6'184	5'782	-6.5%	3'351	3'159	-5.7%
6	1'584	1'718	8.5%	1'373	1'031	-24.9%
EST	1'584	1'718	8.5%	1'373	1'031	-24.9%
7	1'360	1'019	-25.1%	956	932	-2.5%
9	1'150	1'113	-3.2%	933	791	-15.2%
SUDEST	2'509	2'132	-15.0%	1'889	1'724	-8.7%
9.9	326	469	43.9%	339	310	-8.6%
10	1'026	1'092	6.5%	1'155	1'087	-5.8%
11	3'055	3'263	6.8%	0	0	
11.5	0	0		2'797	3'067	9.6%
SUDOVEST	4'081	4'355	6.7%	1'155	1'087	-5.8%
12	1'476	1'225	-17.1%	1'003	1'106	10.3%
13	2'103	2'233	6.2%	1'799	1'912	6.3%
14	1'487	1'111	-25.3%	1'145	1'198	4.6%
OVEST	2'963	2'335	-21.2%	2'148	2'304	7.3%
AUTOSTRADA	2'103	2'233	6.2%	1'799	1'912	6.3%
CORDONE COMUNALE	19'424	18'556	-4.5%	11'714	11'217	-4.2%

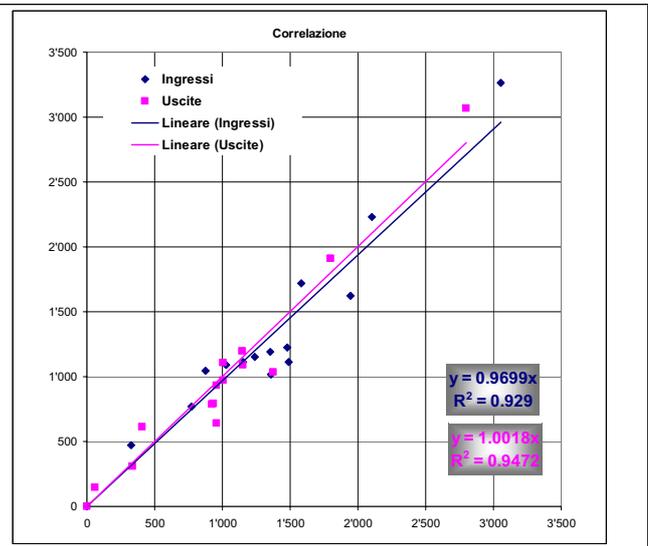


Tabella 1: Raffronto dei risultati del modello e rilievi al cordone comunale di Modena

IDsezione	Ingressi			Uscite		
	Rilievo	Simulato	Diff	Rilievo	Simulaz	Diff
101	821	637	-22.4%	324	519	60.2%
103	597	587	-1.7%			
104	431	492	14.2%	297	246	-17.0%
105	336	196	-41.7%	440	387	-12.1%
107	409	467	14.1%	336	342	1.8%
108	1018	895	-12.1%	341	357	4.6%
FINALE CAMPOSANTO	2'791	2'636	-5.5%	1'414	1'332	-5.8%
110	509	465	-8.5%	605	546	-9.8%
112	1'004	696	-30.7%	1'410	1'173	-16.8%
115	508	415	-18.2%	646	715	10.7%
BOLOGNA	2'021	1'577	-21.9%	2'661	2'434	-8.5%
116	76	49	-35.7%	145	94	-34.6%
117	4	127	2824.7%	74	58	-21.2%
MONTAGNA EST	139	175	26.1%	293	153	-47.9%
120	94	147	55.8%	184	225	22.1%
MONTAGNA OVEST	94	147	55.8%	184	225	22.1%
124	553	665	20.2%	405	496	22.4%
125	1'476	1'225	-17.1%	1'003	1'106	10.3%
127	726	678	-6.7%	684	620	-9.4%
REGGIO EMILIA	2'030	1'890	-6.9%	1'408	1'602	13.8%
128	1'000	797	-20.3%	641	776	21.1%
129	784	922	17.6%	705	836	18.6%
PROV RE NORD	1'784	1'719	-3.7%	1'346	1'612	19.8%
131	309	236	-23.6%	197	156	-21.0%
NORD	1'130	873	-22.7%	521	675	29.5%
133	2'103	2'233	6.2%	1'799	1'912	6.3%
134	1'269	1'076	-15.2%	1'284	1'461	13.8%
135	504	666	32.3%	486	472	-2.8%
136	798	782	-2.1%	826	944	14.4%
AUTOSTRADE	4'674	4'757	1.8%	4'395	4'790	9.0%
CORDONE PROVINCIALE	16'175	14'557	-10.0%	13'841	13'418	-3.1%

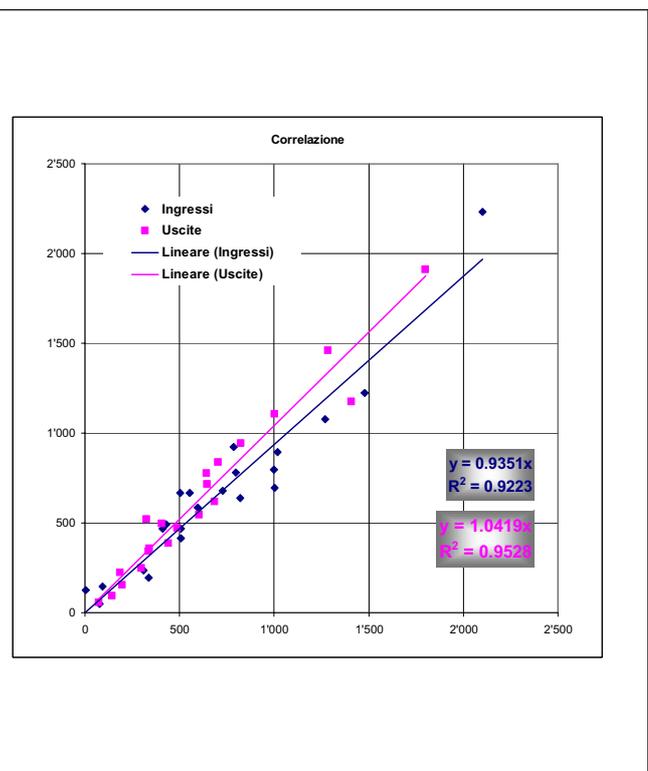


Tabella 2: Raffronto dei risultati del modello e rilievi al cordone provinciale della provincia di Modena

I risultati ottenuti in termini di differenze percentuali⁴ e indici di correlazione si ritengono più che soddisfacenti per gli obiettivi del modello di simulazione del traffico.

⁴ In alcuni casi puntuali si è ritenuto che alcuni valori di conteggio di traffico rilevato potessero essere in realtà meno affidabili di altre. In particolare questo è il caso dell'Emilia che non dispone di rilievi aggiornati Anas.

Il risultato dell'applicazione della procedura modellistica al traffico complessivo (leggeri e pesanti), applicato all'ora di punta (8,00-9,00), ha condotto ad ottenere i carichi simulati sulla rete nella soluzione di riferimento fissata all'attuale situazione (Soluzione di riferimento 2007).

Al presente rapporto sono pertanto allegate le seguenti tavole:

1. Carta dei carichi della rete stradale: soluzione di riferimento 2007
2. Carta dei carichi della rete stradale: soluzione di riferimento 2015

Nelle tavole dei carichi di rete è possibile leggere i carichi orari in valore assoluto nell'ora di punta del mattino.

**VARIANTE GENERALE AL PTCP
QUADRO CONOSCITIVO –ALLEGATO 4**



***Stima della matrice O/D merci
della Provincia di Modena***

– Indice –

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto dello studio.....	3
1.2	Articolazione del rapporto.....	3
2	METODOLOGIA ADOTTATA	4
2.1	Schema metodologico generale	4
2.2	Procedura di stima top-down.....	4
2.3	Procedura di stima bottom-up	9
2.4	Armonizzazione ed integrazione dei risultati	11
3	Zonizzazione del territorio.....	13
3.1	Generalità	13
3.2	La zonizzazione per il modello di simulazione stradale.....	13
3.3	La zonizzazione per la stima top-down	16
3.4	La macro-zonizzazione.....	16
4	PROCEDURA TOP-DOWN	17
4.1	Ricostruzione della matrice O/D regionale di riferimento	17
4.2	Coefficienti di generazione/attrazione dei flussi	26
4.3	Stima matrice O/D regionale per categoria merceologica	37
4.4	Stima matrice O/D provinciale	38
4.5	Stima dei flussi generati/attratti dai Comuni della Provincia di Modena	38
4.6	Stima matrice O/D della provincia di Modena	41
5	PROCEDURA BOTTOM-UP	42
5.1	Generalità	42
5.2	Indagine al cordone	46
5.3	Analisi delle relazioni O/D per sezione	48
5.4	Stima della matrice O/D al cordone.....	64
6	VALIDAZIONE DEI RISULTATI.....	68

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto dello studio

Il presente studio, redatto su commissione della società Airis di Bologna, ha per oggetto la stima della matrice origine/destinazione (O/D) dei flussi di veicoli commerciali nel territorio provinciale di Modena.

Tale incarico si colloca nel quadro dello sviluppo del modello di traffico della Provincia di Modena, cui partecipano a vario titolo sia Airis che Polinomia srl.

In particolare, l'incarico è finalizzato a stimare la matrice O/D dei movimenti veicolari commerciali su strada (espressa in veicoli pesanti al giorno o nell'ora di punta del mattino), che interessano la Provincia di Modena, suddivisa per circoscrizioni comunali (47 zone).

1.2 Articolazione del rapporto

Lo studio è stato sviluppato secondo un approccio metodologico che combina elementi consolidati con alcune procedure di carattere innovativo, sviluppate ad hoc per rappresentare gli scambi commerciali tra la Provincia di Modena e le zone esterne.

In particolare, la stima procede dalla convergenza di due approcci differenti e complementari fra loro:

- a) una procedura "bottom-up", basata sull'elaborazione di un'estesa campagna di interviste O/D al cordone (15 postazioni) condotta da Airis sulla base di criteri concordati con Polinomia srl;
- b) una procedura "top-down", che si basa invece sul quadro delle statistiche disponibili a scala nazionale (matrici O/D regionali dei flussi di merci trasportati in navigazione marittima, su condotta, su ferrovia e su strada).

I riferimenti metodologici sono descritti nel capitolo 2, mentre il capitolo 3 è destinato ad illustrare la zonizzazione adottata, in integrazione con le altre attività di stima della domanda di mobilità, nella cornice dello sviluppo del modello di traffico provinciale.

Il capitolo 4 è invece dedicato all'illustrazione dei risultati ottenuti con la procedura "top-down" (matrice O/D provinciale per categoria NST/R e matrice comunale, espresse in t/anno).

Nel capitolo 5 vengono invece descritti i risultati derivanti dall'approccio "bottom-up" (matrice O/D al cordone per tipo di veicolo, espresse in veicoli/ora od in veicoli totali in una fascia diurna di otto ore).

Il sesto ed ultimo capitolo ha per oggetto il confronto tra i risultati ottenuti mediante i due approcci, così come la loro armonizzazione sino a definire la matrice O/D finale, in forma assegnabile alla rete di trasporto modenese.

2 METODOLOGIA ADOTTATA

2.1 Schema metodologico generale

Come già indicato nel precedente capitolo, la metodologia di stima adottata si basa sull'applicazione congiunta di due procedure distinte e fra loro complementari:

- una procedura “dal basso” (*bottom-up*), basata sull'elaborazione delle informazioni rilevate mediante una campagna di interviste O/D al cordone provinciale;
- una procedura “dall'alto” (*top-down*), basata sulla costruzione di parametri di generazione/attrazione dei flussi di cose, ripartiti per categoria merceologica (classificazione NST/R), tali da consentire il progressivo affinamento delle matrici O/D interregionali, note sulla base delle statistiche nazionali, a scala provinciale e quindi comunale (vedi figura seguente).

I risultati così ottenuti vengono infine armonizzati in una matrice O/D sintetica, derivante dalla combinazione delle singole matrici definite secondo gli approcci parziali.

2.2 Procedura di stima top-down

La procedura top-down è basata sull'affinamento per STEP successivi delle informazioni statistiche disponibili a livello nazionale, relative alla movimentazione merci di scala interregionale ed internazionale.

Tali informazioni includono:

- le statistiche sulla navigazione marittima (*ISTAT*)
- le statistiche sulla navigazione interna (*Conto Nazionale dei Trasporti*)
- le statistiche sul trasporto per condotta (*Conto Nazionale dei Trasporti, Unione Petrolifera*)
- le statistiche sul trasporto ferroviario (*Trenitalia, ISTAT, Eurostat*)
- le statistiche sul trasporto stradale (*ISTAT*)
- le statistiche sul trasporto aereo (*ENAC*)
- le statistiche sul commercio estero dell'Italia (*ISTAT*)

A fianco di queste fonti primarie, sono stati utilizzati anche descrittori territoriali specifici, finalizzati a rappresentare i “pesi” delle singole zone di traffico nella generazione/attrazione di flussi commerciali. In particolare, si sono considerati gli indicatori che seguono:

- occupati per settore di attività economica (*Censimento della Popolazione 2001*)
- addetti per settore di attività economica (*Censimento dell'Industria e dei Servizi 2001*)
- caratteristiche strutturali delle aziende agricole (*Censimento dell'agricoltura 2000*)
- consumi di energia elettrica per settore di utilizzo (*TERNA, aggiornamento annuale*).

Al fine di rendere più rappresentativi i risultati ottenuti, tutte le elaborazioni sono state disaggregate per categoria merceologica, in modo tale da ponderare l'utilizzo delle tradizionali unità ponderali (t/anno) con informazioni relative al tipo di filiera nelle quali i flussi si inseriscono.

In particolare, si è fatto riferimento alle dieci categorie merceologiche utilizzate dalla Nomenclatura Statistica del Traffico (*vedi tabella seguente*).

Capitolo	Descrizione
0	Prodotti agricoli ed animali vivi
1	Derrate alimentari e foraggio
2	Combustibili, minerali solidi
3	Prodotti petroliferi
4	Minerali e cascami per la metallurgia
5	Prodotti metallurgici
6	Minerali greggi o manufatturati e materiali da costruzione
7	Concimi
8	Prodotti chimici
9	Macchine, veicoli, oggetti manufatturati e transazioni speciali

Codifica della NST/R a livello di capitolo

Di seguito si fornisce una descrizione delle successive fasi che compongono la procedura, descritta anche nel diagramma di flusso contenuto nelle pagine seguenti.

FASE I: CALCOLO DELLA MATRICE O/D REGIONALE – TUTTI I MODI DI TRASPORTO

Sulla base delle matrici O/D regionali disponibili (navigazione marittima, trasporto ferroviario¹, trasporto stradale, navigazione aerea) o stimate in base alle informazioni disponibili (navigazione interna², condotte³), si procede alla definizione di una **matrice O/D regionale complessiva**, comprendente tutte le operazioni di carico/scarico effettuate nel territorio delle singole regioni, in corrispondenza sia di attività produttive che di nodi intermodali.

Per risultare confrontabile con i descrittori territoriali delle attività produttive, tale matrice deve essere corretta eliminando le operazioni di carico/scarico nei nodi intermodali. A tal fine si sono considerate le operazioni di trasferimento che seguono:

- da navigazione marittima a navigazione marittima (transshipment), condotta, ferrovia o strada;
- da strada a ferrovia od aereo⁴.

modo merce caricata		modo merce scaricata					
		mar	int	cnd	fer	str	aer
mar	nav.marittima	=			P	P	
int	nav.interna		=				
cnd	condotte	P		=			
fer	ferrovia	P			=	I	
str	strada	P			I	=	A
aer	nav.aerea					A	=

porti	P
interporti	I
aeroporti	A

¹ Va osservato che, contrariamente al recente passato, la matrice O/D del trasporto ferroviario non è più resa disponibile in modo diretto da Trenitalia, e deve essere ricomposta a partire da dati ISTAT ed Eurostat.

² Per questo modo di trasporto, che riveste in Italia un'importanza marginale, le informazioni contenute nel Conto Nazionale dei Trasporti consentono di stimare una matrice, che presenta tre sole zone di traffico (Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna).

³ Questa matrice può essere desunta dalle statistiche relative agli sbarchi di prodotti petroliferi e da quelle relative ai consumi delle raffinerie e delle centrali termoelettriche.

⁴ In particolare si è ipotizzato che tutte le operazioni di carico/scarico merce negli aeroporti si collochino entro catene intermodali strada-navigazione aerea.

Per ciascuna catena intermodale a-b, la matrice O/D finale viene in questo caso calcolata secondo la relazione algebrica:

$$M' = M - M_a - M_b + M_{ab}$$

Dove

M = matrice ottenuta come somma di tutti i modi

M_a = matrice dei flussi intermodali afferenti al modo "a"

M_b = matrice dei flussi intermodali afferenti al modo "b"

M_{ab} = matrice sintetica dei flussi intermodali riferiti alle origini/destinazioni finali della merce

Accanto alla matrice finale, la procedura consente di stimare anche il **totale delle merci caricate/scaricate per Regione e cat.NST/R**, in trasporto sia nazionale che internazionale.

FASE II: CALCOLO DI COEFFICIENTI DI GENERAZIONE/ATTRAZIONE DEI FLUSSI

Una volta noti i totali delle merci caricate/scaricate per singolo capitolo NST/R in ciascuna regione, si procede ad una analisi multivariata volta a stabilire correlazioni statisticamente robuste fra tali flussi ed un insieme di descrittori territoriali relativi alle attività produttive (vedi tabella seguente)

Settore	Descrittore territoriale
AGRICOLTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Occupati nell'agricoltura e nella pesca - Superficie agricola utilizzata per tipo di utilizzo - Capi presenti negli allevamenti - Giornate di lavoro prestate nelle aziende agricole - Consumi elettrici
INDUSTRIA	<ul style="list-style-type: none"> - Addetti (per sottosezione di attività economica) - Consumi elettrici (per settore)
TERZIARIO	<ul style="list-style-type: none"> - Addetti (per sottosezione di attività economica) - Consumi elettrici (per settore)

In particolare, per ciascun flusso di merce caricata/scaricata, afferente alla categoria merceologica **k**, viene risolto il problema

$$\text{Min } | F_k - F_k' |$$

dove **F** rappresenta il flusso caricato/scaricato risultante dalle statistiche dei trasporti (fase I), ed **F'** è determinato come

$$F_k' = \sum c_{kz} y_z$$

Con

y_z = descrittore territoriale **z**

c_{kz} = coefficiente di correlazione multivariato relativo al descrittore **z** ed alla categoria NST/R

E' importante osservare che tale analisi non è stata svolta "a tappeto", ma si è basata su un processo di selezione ragionata dei descrittori territoriali pertinenti rispetto a ciascuna merceologia **k**.

Una volta determinati i coefficienti **c_{kz}**, è possibile applicarli a descrittori territoriali riferiti a comparti sub-regionali, ottenendo una stima delle merci caricate/scaricate in ciascuno di esso secondo la relazione:

$$f_k' = \sum c_{kz} y_z F_k / F_k'$$

dove **f_k'** rappresenta la stima per l'aggregato sub-regionale ed **F_k**, **F_k'** i corrispondenti totali

(rilevati/stimati) a livello regionale.

FASE III: STIMA DELLE MATRICI O/D REGIONALI PER CATEGORIA NST/R

La conoscenza della matrice O/D regionale multimodale e del totale delle merci caricate/scaricate per regione e categoria NST/R rende possibile la stima delle 10 matrici O/D regionali, relative ai singoli capitoli merceologici.

Tale stima è ottenuta attraverso l'applicazione di un modello di distribuzione a generazione/attrazione vincolata, basato su funzioni di impedenza differenziate per ciascuna categoria merceologica. In particolare si è assunto:

$$e_{ij} = \exp(\alpha d_{ij}^{\gamma} + \beta d_{ij})$$

$$F_{ij} = C_i \frac{S_j e_{ij}}{\sum_j S_j e_{ij}}$$

dove C_i è il totale delle merci caricate nella zona i , S_j il totale delle merci scaricate nella zona j , d_{ij} la distanza tra la zona i e la zona j ⁵ ed α , β , γ tre parametri determinati in modo da rispettare i vincoli al contorno, nonché il valore delle percorrenze medie per ciascuna categoria merceologica, determinata in base ai dati statistici disponibili.

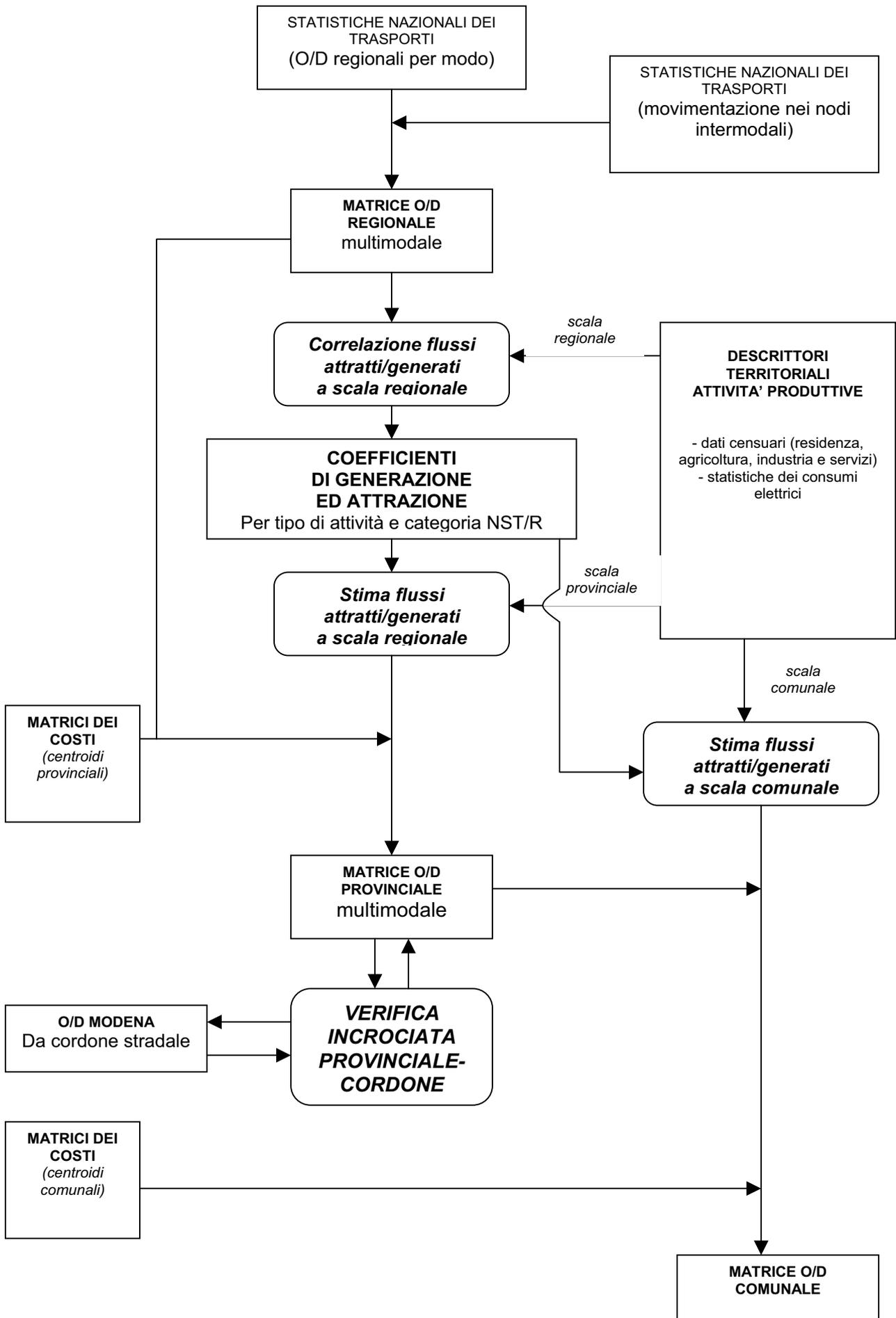
E' da osservare che tale metodologia, tendendo a definire funzioni di distribuzione piuttosto differenziate per ciascuna categoria merceologica, consente di riprodurre con buon livello di precisione anche le "deformazioni" presenti nella matrice O/D complessiva, in rapporto alla distribuzione delle distanze medie interregionali.

FASE IV: STIMA DELLA MATRICE O/D PROVINCIALE

Una volta noti i flussi totali caricati/scaricati per aggregato sub-regionale, ed i parametri di distribuzione calcolati per ciascuna matrice O/D regionale relativa alle singole categorie merceologiche, applicando il modello della fase III è possibile stimare una qualunque matrice tra zone sub-regionali.

In particolare, è possibile procedere alla stima delle matrici O/D provinciali per categoria NST/R, che formano la base per tutte le elaborazioni successive.

⁵ Valori delle O/D provinciali ponderati in base al totale delle merci caricate e scaricate (vedi fase II).



FASE V: CALCOLO DEI FLUSSI GENERATI/ATTRATTI A SCALA LOCALE

Una volta attestata la matrice O/D provinciale per categoria NST/R, si passa alla stima dei flussi commerciali di livello locale.

In particolare, si procede riapplicando a descrittori relativi ad aggregati locali (Comuni) le già citate relazioni:

$$f_k' = \sum c_{kz} y_z F_k / F_k'$$

dove F_k ed F_k' rappresentano in questo caso i totali per circoscrizione provinciale e categoria NST/R.

FASE VI: STIMA DELLE MATRICI O/D COMUNALI PER CATEGORIA NST/R

Da ultimo, la conoscenza dei flussi totali generati/attratti dalle singole circoscrizioni comunali, e delle funzioni di distribuzione tipiche di ciascuna categoria merceologica, consente di stimare la matrice O/D dei flussi commerciali a scala locale (comunale).

La funzione impegnata è ancora:

$$e_{ij} = \exp(\alpha d_{ij}^\gamma + \beta d_{ij})$$

$$F_{ij} = C_i \frac{S_j e_{ij}}{\sum_j S_j e_{ij}}$$

dove C_i è il totale delle merci caricate nella zona i , S_j il totale delle merci scaricate nella zona j , d_{ij} la distanza tra la zona i e la zona j ⁶ ed α , β , γ i tre parametri calibrati in base alle matrici O/D regionali.

2.3 Procedura di stima bottom-up

La procedura di stima bottom upo segue la metodologia consolidata per le indagini di traffico al cordone, effettuate mediante interviste campionarie ai conducenti.

Essa si sviluppa essenzialmente in quattro fasi:

- I) verifica di congruità delle risposte fornite dai conducenti (in particolare relativamente ai parametri-chiave dell'elaborazione, quali le zone di origine e destinazione ed il tipo di veicolo) con identificazione delle interviste valide;
- II) calcolo dei tassi di campionamento per fascia oraria/tipo di veicolo determinazione dei coefficienti di espansione atti a ricondurre il conteggio delle interviste a valori di flusso veicolare riferiti all'intera fascia oraria interessata dalle indagini (8 ore) ovvero alla sola ora di punta del mattino;
- III) espansione dei risultati sino a determinare le corrispondenti matrici O/D;
- IV) correzione della matrice O/D per tenere conto di flussi intercettati due volte dalle sezioni di indagine;
- V) ulteriore espansione finalizzata alla stima della matrice giornaliera (24 ore).

Di seguito si forniscono i principali dettagli metodologici relativi alle singole fasi di lavoro.

⁶ Valori delle O/D provinciali ponderati in base al totale delle merci caricate e scaricate (vedi fase II).

FASE I: VERIFICA DI CONGRUITA' DELLE INTERVISTE

Tale verifica è stata effettuata separatamente per ciascuna sezione di rilievo, analizzando:

- la zona di origine dello spostamento;
- la zona di destinazione dello spostamento;
- il tipo di veicolo.

Ciò conduce ad eliminare un insieme di interviste che presentano dati incompleti od incongrui rispetto alle successive elaborazioni (ad esempio, spostamenti "ad anello" aventi origine e destinazione nella medesima zona di traffico, ed in quanto tali non utili allo sviluppo del modello di simulazione).

FASE II: DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI ESPANSIONE

Una volta identificate le interviste valide, è possibile effettuare il loro conteggio, articolato per:

- fascia oraria;
- tipo di veicolo

Le fasce orarie utilizzate in sede di espansione sono state le seguenti:

	Fascia oraria			
Rete	2	4	6	7
Stradale	7:00-9:00	9:00-11:00	14:30-16:30	16:30-18:30
Autostradale	8:00-10:00	10:00-12:00	14:30-16:30	16:30-18:30

Il leggero sfalsamento esistente nelle fasce del mattino stradali ed autostradali si è reso necessario in relazione a problematiche logistiche sorte nell'organizzazione dei conteggi.

Per quanto riguarda i tipi di veicoli, si è fatto riferimento alle tre categorie seguenti:

- furgoni
- autocarri
- autotreni ed autoarticolati

cui sono stati fatti corrispondere i coefficienti di equivalenza descritti di seguito:

Tipo di veicolo	Coeff.eq.
Furgone	1,5
Autocarro	2,5
Autotreno/autoarticolato	4,5

Per ciascuna combinazione di tali parametri è possibile effettuare il confronto fra il numero di veicoli conteggiati nel corso delle indagini, F ed il numero delle interviste valide N , ottenendo altrettanti coefficienti di espansione, definiti come:

$$ESP = \frac{F}{N}$$

FASE III ESPANSIONE DEI RISULTATI

Applicando il coefficiente di espansione alle singole interviste valide, è possibile ottenere una stima della matrice O/D per zone di traffico e tipo di veicolo, relativa a ciascuna sezione di indagine.

La somma algebrica delle singole matrici O/D fornisce una stima dei flussi commerciali entranti in

territorio modenese nell'intervallo temporale di riferimento. A tale proposito, si è tenuto conto dei quattro valori seguenti:

- flusso dell'ora di punta (espresso in veicoli ed in veicoli equivalenti),
- flusso delle otto ore di rilevazione (espresso in veicoli ed in veicoli equivalenti),

Va osservato che la matrice O/D ottenuta analizzando interviste somministrate ai conducenti dei veicoli in ingresso nel territorio modenese è relativa, in linea di principio, alle sole componenti di domanda in entrata ed in attraversamento, mentre non risulta rappresentativa dei flussi generati dalle zone interne (*vedi schema seguente*).

Zone	Interne	Esterne
Interne		
Esterne	CORDONE	CORDONE

FASE IV: CORREZIONE PER DOPPI CONTEGGI

Dati alcuni problemi topologici del cordone definito dalle sezioni di rilievo, localizzate tenendo conto anche dei vincoli logistici per l'effettuazione delle interviste, si rende a questo punto necessario depurare la matrice O/D da alcuni doppi conteggi.

Tale operazione viene condotta elidendo dalle sezioni collocate sulla rete ordinaria i flussi corrispondenti a provenienze da caselli autostradali retrostanti, secondo quanto contenuto nelle risposte dei conducenti.

FASE V: ESPANSIONE ALLE 24 ORE

Da ultimo, la matrice delle 8 ore viene ricondotta al totale giornaliero attraverso un insieme di coefficienti di espansione, volti a ricondurre il flusso conteggiato nel corso della campagna di rilievo al TGM risultante da conteggi effettuati dall'ANAS, dalla Provincia di Modena o dalle Concessionarie Autostradali.

2.4 Armonizzazione ed integrazione dei risultati

I risultati ottenuti si prestano ad una verifica incrociata, finalizzata a garantire la robustezza della matrice O/D finale.

In particolare, è possibile operare un confronto sulle sotto-matrici rettangolari elative agli scambi fra la Provincia di Modena e l'esterno, che sono state oggetto:

- sia della stima top-down (totale flussi scambiati tra la Provincia di Modena e le altre zone per categoria NST/R, espressi in t/anno);
- sia della stima bottom-up (totale flussi entranti nella Provincia di Modena, espressi in veicoli commerciali/giorno).

Da tale confronto si ottiene anche una valutazione dei coefficienti di carico medio per i veicoli commerciali afferenti alle diverse categorie NST/R.

Una volta verificata la congruità tra le due procedure seguite, è possibile ricostruire la matrice O/D di sintesi, secondo i criteri indicati nella tabella seguente

Zone	Interne	Esterne
Interne	FLUSSI INTERNI: metodo top-down	FLUSSI USCENTI: trasposta metodo bottom-up (verif.bottom-up)
Esterne	FLUSSI ENTRANTI Metodo bottom-up (verif.top-down)	FLUSSI IN TRANSITO Metodo bottom-up (verif.top-down)

3 ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

3.1 Generalità

La suddivisione in ZONE DI TRAFFICO è funzionale alla corretta simulazione e previsione del traffico nell'area di studio. La conformazione delle zone è ottenuta attraverso il soddisfacimento dei seguenti requisiti minimi, al fine di garantire per quanto possibile l'affidabilità delle previsioni modellistiche:

- rispetto delle suddivisioni fisiche e amministrative del territorio
- congruenza con il livello di dettaglio della rete che si intende rappresentare (in quanto significativa e utile ai fini della simulazione)
- verifica di congruenza con la rete e i progetti previsti negli scenari di programmazione
- verifica di congruenza con le reti relative alle modalità di trasporto multimodali che si intende considerare

Per semplicità di lettura e gestione dei dati è parimenti opportuno che il numero di zone non sia comunque eccessivo, ovvero che sia adottata una Macrozonizzazione funzionale alla rappresentazione di sintesi delle principali caratteristiche.

3.2 La zonizzazione per il modello di simulazione stradale

Per quanto concerne la procedura bottom-up, la zonizzazione adottata coincide con quella utilizzata per lo sviluppo del modello di simulazione stradale.

Tale zonizzazione è stata ottenuta aggregando le zone di censimento ISTAT in 105 Zone di traffico, così numerate:

da 101 a 111 Modena comune

da 201 a 238 provincia nord

da 301 a 356 Provincia sud

La zonizzazione è più fitta dove è necessaria una migliore rappresentazione della maglia di rete stradale e via via più allargata nelle zone con densità insediativa più bassa e maglia stradale diradata. Nella figura seguente sono rappresentate le Zone e le Macrozone del modello relative alla Provincia di Modena.

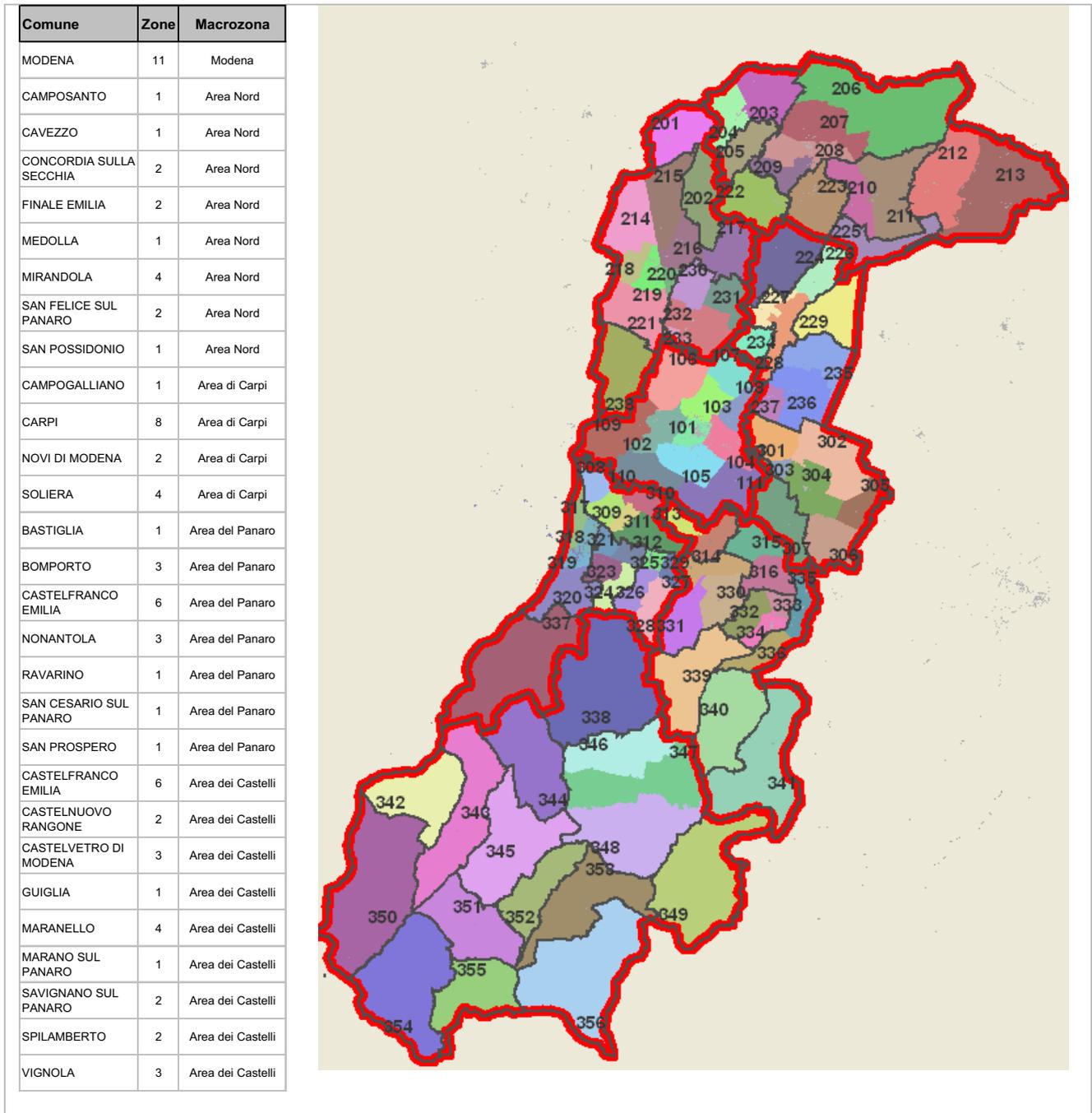


Figura 1: Corrispondenza Zone – Macrozone

Al di fuori della Provincia di Modena si collocano le zone di prima e seconda corona, e le direttrici Nord, Est e Sud, che rappresentano tutti i restanti Comuni del territorio nazionale. Per semplicità di lettura delle successive elaborazioni nella figura seguente sono rappresentate tutte le Zone di traffico esterne.

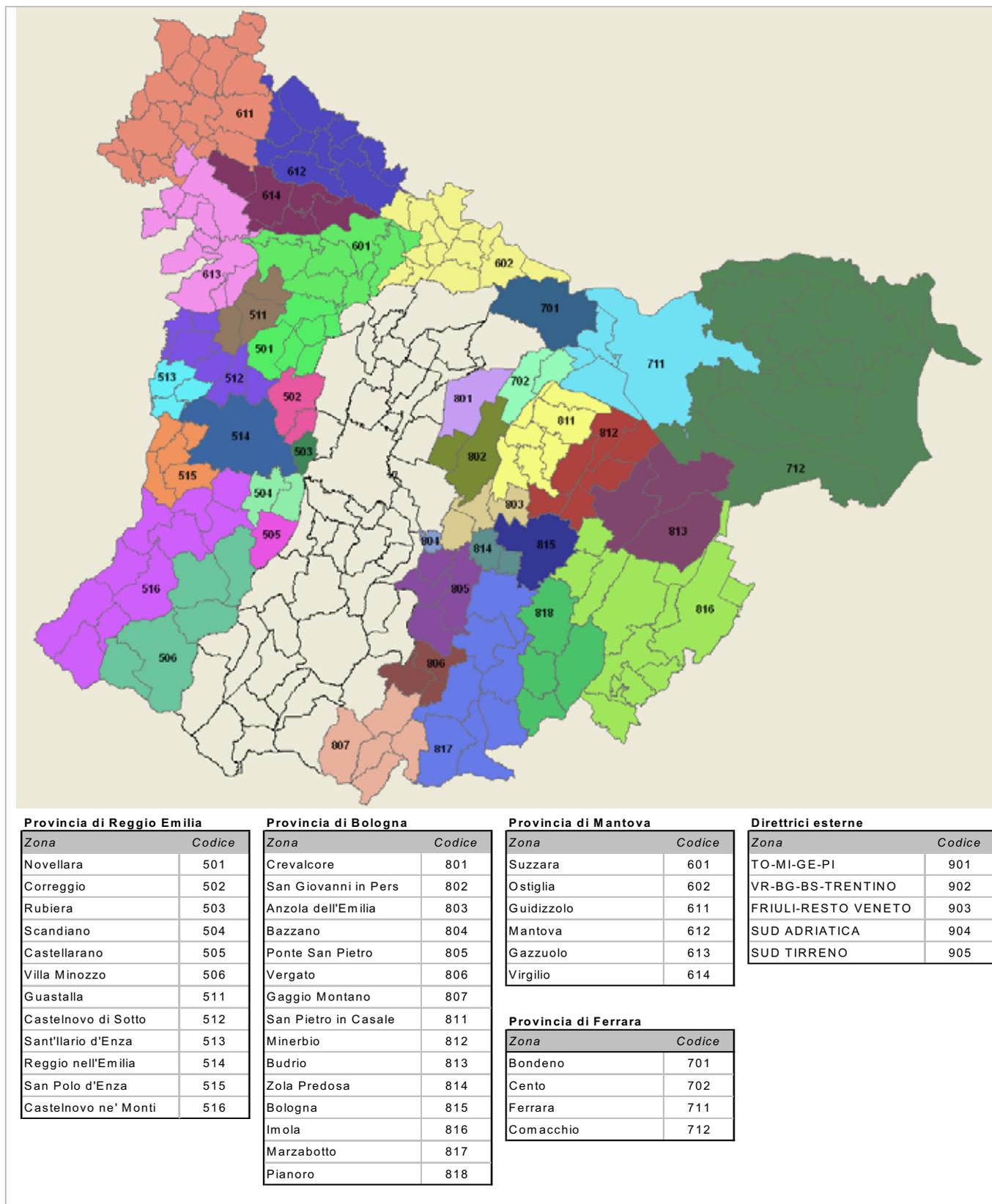


Figura 2: Elenco delle Zone esterne e Macrozone del modello

3.3 La zonizzazione per la stima top-down

Per quanto concerne invece la stima top-down, necessariamente riferita a circoscrizioni amministrative per le quali risultino disponibili le statistiche relative ai principali descrittori territoriali utilizzati, si è adottata una zonizzazione corrispondente:

- per le zone interne ai 47 Comuni della Provincia di Modena;
- per le zone esterne alle 102 Province residue.

3.4 La macro-zonizzazione

Al fine di rendere più agevole e di armonizzare la lettura dei diversi risultati ottenuti, le analisi sono state illustrate con riferimento ad una macrozonizzazione formata da 8 zone interne e 9 zone esterne, così definite:

ZONE INTERNE

- 1) Modena città
- 2) Zona di Carpi-Campogalliano
- 3) Zona di Mirandola-San Felice sul Panaro
- 4) Zona di Nonantola-Bomporto
- 5) Zona di Castelfranco Emilia
- 6) Zona di Vignola-Spilamberto
- 7) Zona di Pavullo nel Frignano
- 8) Zona di Sassuolo-Fiorano-Maranello-Formigine

ZONE ESTERNE

- 10) Provincia di Reggio Emilia
- 11) Direttrice Ovest (Milano-Torino-Genova)
- 20) Provincia di Mantova
- 21) Direttrice Nord (Verona-Brescia-Vicenza-Bolzano)
- 30) Provincia di Ferrara
- 31) Direttrice Nord-Est (Padova-Venezia)
- 40) Provincia di Bologna
- 41) Direttrice Est (Ancona-Bari)
- 51) Direttrice Sud (Firenze-Roma-Napoli)

4 PROCEDURA TOP-DOWN

4.1 Ricostruzione della matrice O/D regionale di riferimento

La base primaria della procedura top-down è rappresentata dalle matrici O/D dei flussi di merci interregionali, suddivise per modo di trasporto:

- nav.marittima (m)
- nav.interna (i)
- trasporto per condotta (c)
- trasp.ferroviario (f)
- trasp.stradale (s)
- nav.aerea (a)

nonché dalle correlate informazioni sulle merci caricate/scaricate per regione, modo di trasporto e categoria NST/R.

Di seguito si forniscono i ragguagli fondamentali per la ricostruzione della matrice di riferimento, aggiornata al 2005.

NAVIGAZIONE MARITTIMA

Per quanto concerne la matrice O/D della navigazione marittima (merci imbarcate/sbarcate in navigazione internazionale e di cabotaggio), essa è pubblicata, con aggiornamento annuale, nell'ambito delle Statistiche sulla Navigazione Marittima edite dall'ISTAT.

Nell'anno di riferimento, i flussi serviti da questo modo sono ammontati a circa 407 milioni di tonnellate (Mt), di cui 58 imbarcate/sbarcate in navigazione di cabotaggio (origine e destinazione in porti nazionali), e 249 imbarcate/sbarcate in navigazione internazionale. Quest'ultima componente appare largamente squilibrata a favore delle entrate (270 Mt/anno) rispetto alle uscite (79 Mt/anno).

Le principali regioni di imbarco/sbarco sono la Liguria, la Puglia, la Sicilia e la Sardegna.

NAVIGAZIONE INTERNA

I flussi trasportati in navigazione interna ammontano soltanto ad un milione di t/anno, tutti riconducibili a spostamenti interni tra le regioni Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna. Le informazioni pubblicate nel Conto Nazionale dei Trasporti consentono di stimare una distribuzione approssimativa fra le tre regioni di tali flussi, che rivestono comunque un ruolo marginale.

NAVIGAZIONE MARITTIMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE	
Regione	Piemonte	V. d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	ITALIA	Estero
1 Piemonte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Valle d'Aosta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Lombardia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Trentino - Alto Adige	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Veneto	0	0	0	0	2	0	0	423	1	0	248	0	0	4	116	0	0	332	289	19	1.439	2.432
6 Friuli - Venezia Giulia	0	0	0	0	977	173	113	22	6	0	31	0	6	6	14	0	52	21	1	1.418	3.913	
7 Liguria	0	0	0	0	56	59	459	22	333	0	0	276	0	0	145	949	0	322	1.414	1.104	5.140	12.053
8 Emilia - Romagna	0	0	0	0	88	0	0	0	0	11	155	6	4	4	8	185	0	8	580	7	1.050	1.604
9 Toscana	0	0	0	0	10	0	637	2	694	0	0	87	0	0	153	26	0	241	600	2.798	5.326	4.950
10 Umbria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Marche	0	0	0	0	277	16	0	0	296	0	0	0	0	0	0	134	0	62	13	0	1.029	1.210
12 Lazio	0	0	0	0	0	0	103	353	12	0	31	125	0	0	40	9	0	10	143	847	1.673	585
13 Abruzzo	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	3	57	108
14 Molise	0	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	48	0	144	162
15 Campania	0	0	0	0	74	0	411	5	117	0	0	369	0	0	893	22	0	511	1.101	176	3.078	2.071
16 Puglia	0	0	0	0	1.177	55	3.477	661	57	0	174	84	186	10	26	446	0	270	570	23	7.217	11.624
17 Basilicata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Calabria	0	0	0	0	228	119	525	12	47	0	187	16	0	0	145	56	0	0	47	135	1.515	12.587
19 Sicilia	0	0	0	0	2.896	325	1.971	1.717	790	0	6	2.263	498	31	2.978	772	0	845	2.265	849	18.209	15.986
20 Sardegna	0	0	0	0	585	217	1.727	1.37	3.189	0	91	1.219	30	0	705	196	0	911	443	1.250	9.781	20.325
ITALIA	0	0	0	0	6.366	965	9.516	3.651	5.257	0	961	4.441	958	41	5.097	2.927	0	2.665	7.616	7.213	57.677	79.227
Estero	0	0	0	0	21.678	41.860	44.761	18.024	16.611	0	6.320	7.734	873	0	4.829	34.095	0	13.366	36.748	24.063	270.811	270.811
TOTALE	0	0	0	0	27.984	42.825	54.277	21.675	21.868	0	7.281	12.177	1.831	41	9.926	36.932	0	16.031	44.364	31.276	328.488	79.221

NAVIGAZIONE INTERNA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE	
Regione	Piemonte	V. d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	ITALIA	Estero
1 Piemonte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Valle d'Aosta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Lombardia	0	0	0	0	353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	353	353
4 Trentino - Alto Adige	0	0	0	0	457	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Veneto	0	0	281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	738	738
6 Friuli - Venezia Giulia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Liguria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Emilia - Romagna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Toscana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Umbria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Marche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Lazio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Abruzzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Molise	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Campania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Puglia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Basilicata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Calabria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Sicilia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Sardegna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITALIA	0	0	281	0	810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.091	0
Estero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALE	0	0	281	0	810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.091	0

Tab.2.16 (cont.) Matrice O/D Regione/Regione – Navigazione marittima (2001-2004)
Elaborazione Polinomia su dati ISTAT

CONDOTTE

I trasporti su condotta servono un volume di merci non trascurabile – circa 113 Mt/anno, interamente ascrivibili a prodotti petroliferi. Tale volume si ripartisce in componenti interne (75 Mt/anno) ed in uscite (38 Mt/anno), mentre non si registrano entrate.

Le principali regioni di origine sono la Liguria, il Friuli-Venezia Giulia, il Veneto ed il Lazio; mentre i flussi sono orientati prevalentemente verso la Lombardia, il Veneto ed il Piemonte.

FERROVIA

Nel complesso, il trasporto ferroviario serve un volume dell'ordine di 81 Mt/anno (stima su dati ISTAT ed Eurostat), così ripartiti:

- 32 Mt/anno in trasporto interno;
- 34 Mt/anno in entrata;
- 15 Mt/anno in uscita.

Il traffico si concentra soprattutto nelle regioni dell'Italia settentrionale, quali in particolare la Lombardia, il Piemonte, il Veneto, l'Emilia-Romagna e la Liguria.

CONDOTTA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE	
Regione	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	ITALIA	Estero
1 Piemonte	696		2.704		0	0	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.748	0
2 Valle d'Aosta	1.212		4.736		0	0	0	2.727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.675	0
3 Lombardia	0	0	5.185		9.539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.724	0
4 Trentino - Alto Adige	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.622	0
5 Veneto	0	0	17.452		1.212	0	4.216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.452	2.224
6 Friuli - Venezia Giulia	7.572		0	0	3.164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.164	0
7 Liguria - Venezia Giulia	0	0	0	0	0	0	0	0	1.623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.623	0
8 Emilia - Romagna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Toscana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Umbria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Marche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.881	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.881	0
12 Lazio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Abruzzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Molise	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Campania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Puglia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Basilicata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Calabria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Sicilia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Sardegna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITALIA	9.479	0	30.077	0	13.915	0	4.564	2.727	1.623	0	11.881	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75.418	37.846
Estero																						
TOTALE	9.479	0	30.077	0	13.915	0	4.564	2.727	1.623	0	11.881	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75.418	37.846

FERROVIA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE	
Regione	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	ITALIA	Estero
1 Piemonte	306	0	82	1	81	3	239	120	95	1	3	215	54	147	34	34	176	28	67	0	1.686	2.819
2 Valle d'Aosta	266	0	176	1	100	105	1.611	153	215	193	100	568	27	0	226	254	0	115	429	36	4.373	5.528
3 Lombardia	5	0	137	12	1	1	165	1	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	5	0	333	137
4 Trentino - Alto Adige	87	0	984	5	537	164	710	71	132	11	7	6	11	0	102	118	0	6	216	18	3.186	2.807
5 Veneto	10	0	337	32	79	166	15	24	17	4	21	14	3	0	1	6	7	0	2	7	728	692
6 Friuli - Venezia Giulia	2.698	0	1.541	5	452	37	110	969	207	4	21	14	3	0	117	3	0	0	1	1	6.184	163
7 Liguria - Venezia Giulia	56	0	1.464	61	36	174	2.106	332	705	23	43	70	6	1	71	65	0	55	394	86	5.747	1.180
8 Emilia - Romagna	47	0	521	1	273	11	267	242	644	29	26	12	19	0	50	11	5	2	31	4	2.193	460
9 Toscana	426	0	265	0	3	0	2	5	2	16	223	194	20	0	1	2	0	0	13	54	1.313	86
10 Umbria	97	0	159	0	35	1	2	60	4	332	5	2	1	0	29	1	0	1	10	1	916	134
11 Marche	101	0	11	0	4	0	0	12	1	0	4	2	0	0	6	6	0	1	52	6	768	187
12 Lazio	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	21	0	3	89	2	289	208
13 Abruzzo	17	0	137	1	21	1	2	32	8	5	75	9	94	5	50	85	0	1	1	1	32	6
14 Molise	31	0	97	0	64	1	1	473	3	117	52	191	130	0	265	196	1	102	24	3	1.751	125
15 Campania	90	0	0	0	39	0	0	0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	103	9	253	70
16 Puglia	13	0	27	0	2	0	3	62	1	0	1	4	0	0	14	192	9	0	5	0	333	11
17 Basilicata	41	0	152	6	93	0	0	341	13	54	2	38	31	0	55	7	47	8	144	2	1.036	174
18 Calabria	15	0	44	2	64	2	0	296	1	0	5	16	0	0	29	1	16	3	16	2	513	27
19 Sicilia	4.387	0	6.192	124	1.884	669	5.102	3.430	2.089	1.418	650	1.353	397	155	1.094	1.007	255	354	1.662	238	32.459	74.937
20 Sardegna	6.299	13	10.773	435	5.902	3.170	282	3.804	800	236	260	702	382	12	238	260	24	41	211	73	33.916	47.396
ITALIA	10.686	13	16.965	559	7.786	3.778	5.384	7.235	2.889	1.654	909	2.055	779	166	1.392	1.267	280	395	1.873	311	66.375	14.937
Estero																						
TOTALE	10.686	13	16.965	559	7.786	3.778	5.384	7.235	2.889	1.654	909	2.055	779	166	1.392	1.267	280	395	1.873	311	66.375	14.937

Tab.5.28 (cont.) Matrici O/D del trasporto merci su condotta (1991, 1996, 2001, 2004)
Elaborazione Polinomia su dati ISTAT, Conto Nazionale dei Trasporti, Eurostat

STRADA

Il trasporto stradale rappresenta il principale vettore logistico nazionale, e serve un volume di traffico dell'ordine di 1,24 miliardi di t/anno (dato tratto dall'indagine sull'autotrasporto merci dell'ISTAT, integrato con informazioni sui flussi in import/export via strada).

La gran parte dei flussi (1,12 miliardi di t/anno) si sviluppa all'interno dei confini nazionali, mentre le entrate e le uscite si collocano, rispettivamente, intorno ai 62 ed ai 56 Mt/anno.

Anche in questo caso si assiste ad una certa concentrazione dei flussi nelle regioni settentrionali (con 140 Mt/anno caricate, l'Emilia-Romagna si colloca al terzo posto nazionale dopo la Lombardia ed il Veneto), sebbene più attenuata rispetto alla matrice del trasporto ferroviario.

NAVIGAZIONE AEREA

La navigazione aerea costituisce il vettore di minor rilievo sotto il profilo del tonnellaggio totale movimentato (meno di un milione di t/anno). I flussi, prevalentemente internazionali, sono fortemente concentrati in Lombardia (sistema aeroportuale milanese) ed in parte anche nel Lazio (sistema aeroportuale romano).

STRADA

Regione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE
	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Estero
1 Piemonte	66.594	943	16.226	365	3.130	468	3.902	3.857	1.716	337	554	1.044	595	132	819	490	249	134	118	52	6.945
2 Valle d'Aosta	274	2.026	195	0	72	1	12	20	0	7	0	16	0	0	6	8	0	0	0	0	2.637
3 Lombardia	14.537	251	178.264	2.053	14.589	2.394	4.359	20.892	4.094	803	2.045	2.717	1.432	106	1.906	1.301	213	376	580	203	253.076
4 Trentino - Alto Adige	277	13	1.745	21.172	2.924	175	177	863	472	93	180	155	94	2	111	88	9	47	56	25	28.658
5 Veneto	3.102	30	17.293	4.094	111.277	6.587	7.688	11.400	2.574	7.233	896	1.428	562	83	1.042	727	89	192	333	94	163.313
6 Friuli - Venezia Giulia	6.612	24	2.420	376	7.885	20.000	97	1.107	312	96	288	191	111	9	131	202	13	25	77	15	34.059
7 Liguria	6.412	85	4.969	182	924	1.039	10.542	1.597	1.606	28	107	215	29	0	316	112	0	24	4	2	27.262
8 Emilia - Romagna	3.982	22	16.641	980	9.563	1.230	1.286	82.743	4.619	1.349	2.934	2.061	1.030	79	1.362	840	134	358	343	203	131.779
9 Toscana	2.029	15	5.199	502	3.024	465	2.688	5.094	55.535	1.639	1.101	2.449	513	119	1.084	480	57	334	225	230	82.781
10 Umbria	459	9	918	64	538	54	99	1.546	2.975	11.352	1.759	2.543	529	33	433	303	30	29	54	54	24.301
11 Marche	328	1	1.319	187	754	112	1.711	3.302	719	1.112	19.962	1.114	1.508	113	500	390	57	41	95	9	31.795
12 Lazio	632	24	1.918	72	1.059	88	151	1.444	2.496	1.868	751	44.091	990	766	2.743	655	313	162	230	55	60.529
13 Abruzzo	577	2	1.013	83	502	74	44	1.048	443	292	1.958	1.740	17.540	1.130	819	820	96	20	165	12	28.377
14 Molise	145	0	149	9	47	8	9	104	22	68	76	618	482	2.931	879	320	147	87	2	0	6.106
15 Campania	618	7	1.477	57	702	82	128	665	681	291	164	2.856	751	592	28.025	1.725	1.210	762	609	0	41.401
16 Puglia	664	7	938	53	686	78	90	948	373	94	265	562	596	652	1.757	22.473	1.474	1.227	408	5	33.390
17 Basilicata	146	0	229	3	22	0	4	137	76	69	44	193	159	41	1.186	2.561	2.832	164	59	2	7.929
18 Calabria	38	0	177	8	103	20	25	304	70	15	0	160	49	28	168	264	116	8.851	380	0	10.776
19 Sicilia	134	0	446	73	236	39	21	258	180	47	57	222	51	0	373	241	7	298	25.995	11	28.690
20 Sardegna	89	0	215	0	49	12	10	328	105	0	10	46	21	0	34	0	2	0	1	25.794	363
ITALIA	101.729	3.457	251.751	30.333	156.065	31.997	24.603	137.665	79.077	20.316	33.161	64.441	27.033	6.817	43.692	33.861	7.049	13.132	29.757	26.765	1.124.682
Estero	6.896	117	21.748	1.071	2.737	8.201	4.035	7.062	2.857	545	970	2.032	785	136	1.505	761	198	151	481	223	62.451
TOTALE	108.625	3.574	273.499	31.344	160.802	40.197	28.638	144.716	81.934	20.861	34.124	66.473	27.818	6.953	45.197	34.622	7.247	13.283	30.237	26.988	1.187.132

NAVIGAZIONE AEREA

Regione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE
	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Estero
1 Piemonte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,7
2 Valle d'Aosta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
3 Lombardia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Trentino - Alto Adige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Veneto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Friuli - Venezia Giulia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Liguria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Emilia - Romagna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9 Toscana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10 Umbria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11 Marche	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12 Lazio	0,9	0,0	21,0	0,0	1,3	0,0	1,1	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13 Abruzzo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Molise	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15 Campania	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16 Puglia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17 Basilicata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18 Calabria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19 Sicilia	0,4	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 Sardegna	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ITALIA	1,4	0,0	23,6	0,0	2,3	0,0	1,1	2,1	1,2	0,0	0,0	25,8	0,0	0,0	1,6	0,4	0,0	0,0	7,4	7,6	253,0
Estero	2,4	0,0	186,5	0,0	9,9	0,5	0,0	11,2	2,9	0,0	2,4	0,0	1,7	2,2	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	307,9
TOTALE	3,8	0,0	210,1	0,0	12,1	0,5	1,1	13,2	4,1	0,0	2,4	111,3	1,5	0,0	3,3	2,6	0,0	1,7	7,4	7,4	563,6

Tab.6.13 (cont.) Matrici O/D del trasporto merci su strada (1991, 1996, 2001, 2004)
Elaborazione Polinomia su dati ISTAT

MATRICE TOTALE

Nel complesso, i sei modi di trasporto considerati movimentano un totale di circa 1,85 miliardi di t/anno, così ripartite:

- 1,29 miliardi di t/anno in spostamenti interni;
- 189 Mt/anno in uscita;
- 367 Mt/anno in entrata.

Tali flussi includono, tuttavia, anche i trasferimenti modali, cioè le merci scaricate e ricaricate da un vettore all'altro nei diversi nodi logistici del paese (porti, aeroporti, interporti), che ammontano nel loro complesso a poco più di 200 Mt/anno – in prevalenza legati all'intermodalità mare-strada e per componenti complementari a schemi mare-mare, mare-condotta e strada-ferrovia.

Sottraendo tali movimenti dalla matrice complessiva, si giunge ad un totale di circa **1,64 miliardi di t/anno**, così ripartire:

- 1,16 miliardi di t/anno in spostamenti interni;
- 114 Mt/anno in uscita;
- 291 Mt/anno in entrata.

Tale matrice rappresenta la base per le elaborazioni successive.

MATRICE TOTALE

Regione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE
	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trent. A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Estero
1 Piemonte	67.565	943	19.013	366	3.211	471	4.469	3.977	1.811	338	557	1.260	638	279	853	524	425	162	184	54	9.766
2 Valle d'Aosta	274	2.026	195	0	72	1	12	20	7	0	0	16	0	0	6	8	0	0	0	0	2.637
3 Lombardia	16.015	251	183.176	2.053	15.022	2.499	5.970	23.772	4.309	996	2.145	3.305	1.459	106	2.132	1.555	213	491	992	241	206.701
4 Trentino - Alto Adige	283	13	1.882	21.163	2.925	175	1.178	1.028	473	93	181	157	94	2	113	69	9	48	61	25	28.991
5 Veneto	31.900	30	23.743	4.099	121.811	6.751	1.498	11.895	2.708	734	1.151	1.434	577	83	1.149	961	89	530	839	131	183.401
6 Friuli - Venezia Giulia	691	24	2.756	408	8.941	20.339	225	1.153	335	194	333	194	117	9	136	224	13	79	106	18	36.205
7 Liguria	16.662	85	23.962	187	2.644	206	15.327	2.588	2.147	32	128	505	32	0	577	1.065	0	347	1.418	1.107	86.347
8 Emilia - Romagna	4.038	22	18.124	1.041	12.851	1.404	3.392	83.075	5.336	1.371	3.132	2.157	1.040	81	1.441	1.091	134	421	1.318	277	141.744
9 Toscana	2.076	15	5.720	503	3.307	476	3.592	5.337	98.496	1.689	1.127	2.548	532	119	1.266	496	62	578	3.032	91.925	
10 Umbria	885	9	1.183	65	541	55	1.005	1.551	2.976	1.138	1.982	2.737	549	33	434	205	30	29	108	109	24.948
11 Marche	329	1	1.359	187	1.032	132	205	3.663	751	1.738	20.029	1.119	1.740	113	528	525	57	104	119	9	33.740
12 Lazio	730	24	2.097	72	1.096	89	257	1.859	2.513	2.220	787	56.098	991	766	2.789	671	313	173	428	911	74.885
13 Abruzzo	678	2	1.024	83	523	74	44	1.059	443	292	2.000	1.742	17.540	1.130	857	841	96	23	254	17	28.723
14 Molise	225	0	149	9	47	8	103	113	22	68	78	616	482	2.932	879	322	147	88	51	1	6.342
15 Campania	635	7	1.614	58	797	83	541	701	806	296	239	3.234	845	597	28.967	1.832	1.210	1.299	1.785	207	46.732
16 Puglia	715	7	1.035	53	1.927	134	3.568	2.082	432	211	492	857	912	662	2.049	23.114	1.475	1.599	1.002	31	42.357
17 Basilicata	236	0	229	3	61	0	4	137	85	69	46	193	159	41	1.187	2.562	2.832	164	163	11	8.182
18 Calabria	51	0	204	9	333	139	552	378	118	15	187	180	49	28	326	512	125	8.951	432	136	12.625
19 Sicilia	175	0	600	79	3.225	364	1.993	2.317	983	101	66	2.526	590	32	3.406	1.020	54	1.152	28.404	862	47.940
20 Sardegna	104	0	260	0	678	232	1.737	762	3.295	0	106	1.264	51	0	767	197	19	14	461	28.199	
ITALIA	115.596	3.457	288.324	30.467	181.042	33.630	43.787	147.465	88.047	21.734	34.765	82.144	28.338	7.012	49.884	37.795	7.304	16.152	39.402	35.376	1.291.401
Estero	13.198	130	32.708	1.445	30.266	53.171	49.077	28.901	20.271	781	7.582	10.953	2.042	148	6.634	35.029	222	13.959	37.440	24.359	367.486
TOTALE	128.794	3.587	321.032	31.903	211.308	86.801	92.864	176.366	108.319	22.515	42.317	92.696	30.429	7.160	56.518	72.824	7.526	29.711	76.481	59.735	1.658.888

MATRICE TOTALE (escl. trasferimenti modali)

Regione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTALE
	Piemonte	V.d'Aosta	Lombardia	Trentino A.A.	Veneto	Friuli VG	Liguria	Emilia R.	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzo	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Estero
1 Piemonte	60.676	943	18.965	366	3.209	470	4.067	3.977	1.807	338	557	1.257	638	279	849	524	425	162	184	54	9.768
2 Valle d'Aosta	274	2.026	195	0	74	1	11	20	7	0	0	16	0	0	6	8	0	0	0	0	2.638
3 Lombardia	15.988	250	185.982	2.047	15.153	2.467	4.613	23.862	4.283	994	2.143	3.298	1.459	106	2.103	1.555	213	491	992	241	248.250
4 Trentino - Alto Adige	283	13	1.879	20.991	2.984	175	1.178	1.028	473	93	181	157	94	2	113	69	9	48	61	25	28.854
5 Veneto	31.87	24	19.398	3.870	114.726	5.932	1.229	11.906	2.697	734	1.151	1.434	576	83	1.132	957	89	352	830	130	170.436
6 Friuli - Venezia Giulia	686	24	2.576	394	8.890	18.756	214	1.143	327	100	327	192	117	9	134	221	13	50	103	17	34.294
7 Liguria	8.102	84	9.618	185	1.281	188	14.093	1.734	2.071	31	121	500	31	0	525	1.064	0	174	1.418	1.105	42.528
8 Emilia - Romagna	4.038	14	16.033	1.041	11.522	1.376	2.467	76.246	4.989	1.371	2.340	2.156	1.040	81	1.432	1.091	134	417	1.318	277	129.382
9 Toscana	2.070	2	5.644	503	3.274	473	3.472	4.154	51.653	1.686	1.124	2.221	530	119	1.275	495	61	448	933	3.032	82.169
10 Umbria	885	9	1.163	65	541	55	1.005	1.551	2.976	1.138	1.982	2.434	549	33	434	205	30	29	108	109	24.997
11 Marche	329	1	1.351	187	1.032	132	194	2.806	750	1.738	17.417	1.119	1.740	113	525	525	57	71	119	9	30.213
12 Lazio	702	24	2.051	72	1.085	89	256	1.841	2.306	1.555	785	44.847	989	760	1.712	1.666	1.113	168	168	23	254
13 Abruzzo	678	2	1.024	83	523	74	44	1.059	443	292	2.000	1.741	16.546	1.130	852	353	96	23	254	17	27.030
14 Molise	225	0	149	9	47	8	103	113	22	68	78	617	482	2.849	879	322	147	88	51	1	6.259
15 Campania	634	7	1.601	58	795	82	540	698	805	295	232	2.778	836	597	25.534	1.824	1.210	1.022	1.761	204	39.510
16 Puglia	715	7	1.035	53	1.926	134	3.567	2.062	432	211	492	855	912	151	2.016	15.324	365	1.454	1.002	31	32.785
17 Basilicata	236	0	229	3	60	0	4	137	85	69	46	193	159	41	1.187	2.457	2.832	164	162	11	8.075
18 Calabria	51	0	204	9	166	51	166	369	83	15	50	169	49	28	218	471	125	7.185	387	36	9.843
19 Sicilia	175	0	600	79	3.224	364	1.992	2.317	982	101	66	2.526	590	32	3.400	1.020	54	699	24.286	862	43.359
20 Sardegna	104	0	260	0	677	232	1.737	762	3.295	0	106	1.260	51	0	764	197	19	14	461	28.282	
ITALIA	100.048	3.429	250.196	30.014	171.189	31.058	39.047	137.805	80.888	21.020	31.197	66.772	27.370	6.207	45.090	29.348	6.213	13.952	34.851	33.352	1.157.756
Estero	21.336	199	53.459	7.696	21.997	72.913	70.957	24.705	14.772	7.447	6.859	13.462	2.016	705	4.299	33.492	7.313	4.692	37.573	24.468	291.712
TOTALE	121.884	3.587	303.654	31.710	193.186	43.971	49.598	161.910	95.260	22.467	38.056	80.234	29.395	6.912	49.349	62.840	7.526	47.745	72.364	57.818	1.449.468

Flussi intermediari
STIMA MATRICE TOTALE AGGIORNATA (2001)
0001

Aggiornamento stima merci caricate per regione e capitolo merceologico (2001)											
Regione	000 t										Totale
	Capitoli NST/R										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Piemonte	8.640	9.109	56	8.772	1.736	14.113	43.806	153	6.480	15.360	108.224
Valle d'Aosta	98	54	0	136	28	187	1.592	0	349	275	2.719
Lombardia	19.292	22.489	89	24.654	6.261	33.256	105.721	596	15.450	39.275	267.082
Trentino - Alto Adige	3.363	2.735	1	338	183	1.303	17.783	98	727	3.359	29.890
Veneto	15.339	16.801	288	14.135	2.346	12.574	74.603	1.281	6.901	25.075	169.342
Friuli - Venezia Giulia	4.429	1.144	1.075	1.018	430	4.801	15.458	51	1.740	3.574	33.721
Liguria	2.021	1.136	682	12.570	591	3.745	6.873	162	1.804	4.106	33.689
Emilia - Romagna	13.212	18.768	39	6.735	1.588	6.842	49.751	1.362	6.177	23.426	127.900
Toscana	6.127	5.193	232	5.865	676	4.570	39.144	274	4.810	10.694	77.586
Umbria	1.559	2.507	0	444	638	1.967	14.489	91	1.273	2.684	25.651
Marche	2.397	1.860	19	3.067	195	2.008	12.624	202	1.140	5.851	29.363
Lazio	3.111	3.772	28	8.235	1.021	2.803	31.258	195	3.132	8.701	62.256
Abruzzi	1.517	2.397	0	875	179	1.755	15.312	336	1.530	3.680	27.582
Molise	604	591	1	59	24	365	3.791	155	23	521	6.134
Campania	2.051	2.456	92	4.892	618	2.534	16.913	23	1.585	4.227	35.391
Puglia	2.627	2.393	150	4.614	258	4.108	12.192	528	1.492	1.979	30.340
Basilicata	868	855	0	675	92	485	4.262	0	214	976	8.426
Calabria	679	527	4	1.127	68	4	5.818	24	303	120	8.674
Sicilia	3.222	3.114	48	15.005	207	1.591	12.553	175	1.455	3.499	40.868
Sardegna	1.145	2.314	12	7.681	946	1.154	16.840	202	956	1.667	32.918
Totale Italia	92.301	100.215	2.817	120.895	18.085	100.165	500.782	5.906	57.543	159.047	1.157.756

Aggiornamento stima merci scaricate per regione e capitolo merceologico (2001)											
Regione	000 t										Totale
	Capitoli NST/R										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Piemonte	9.583	9.434	215	7.647	1.427	15.226	41.904	577	6.835	14.707	107.557
Valle d'Aosta	135	108	0	390	36	277	1.916	0	355	349	3.567
Lombardia	21.514	23.890	291	31.333	8.408	34.073	102.588	1.071	16.345	35.124	274.638
Trentino - Alto Adige	2.473	3.254	21	1.504	183	1.568	18.027	111	1.119	3.045	31.306
Veneto	15.583	13.579	1.301	17.378	2.179	12.981	74.410	1.008	8.106	23.288	169.815
Friuli - Venezia Giulia	3.617	1.808	295	2.119	490	4.045	13.069	156	1.727	3.888	31.215
Liguria	814	1.304	58	5.082	517	3.679	8.352	53	1.234	7.860	28.953
Emilia - Romagna	13.172	15.663	15	9.837	840	6.657	62.225	8	5.389	21.516	135.321
Toscana	5.864	5.856	236	6.287	938	3.594	37.573	140	3.683	9.267	73.438
Umbria	1.817	2.121	9	1.328	922	1.389	9.782	118	912	3.216	21.614
Marche	2.407	1.491	32	1.716	49	2.751	15.599	350	1.615	4.764	30.774
Lazio	3.647	5.413	30	10.519	822	4.027	30.937	420	3.407	10.740	69.961
Abruzzi	1.436	1.806	0	1.820	68	1.985	14.491	459	1.629	3.557	27.251
Molise	586	299	75	331	26	234	4.521	54	205	559	6.889
Campania	2.302	2.423	27	7.735	271	3.604	17.779	117	1.577	3.624	39.460
Puglia	2.030	2.627	42	4.348	76	262	11.277	538	1.155	2.980	25.335
Basilicata	708	696	33	555	292	593	2.927	10	428	1.312	7.555
Calabria	737	951	23	1.674	8	367	6.420	91	533	1.111	11.915
Sicilia	2.592	4.447	1	3.819	184	1.675	12.230	399	635	5.181	31.162
Sardegna	1.283	3.044	112	5.470	350	1.176	14.754	225	654	2.961	30.029
Totale Italia	92.301	100.215	2.817	120.895	18.085	100.165	500.782	5.906	57.543	159.047	1.157.756

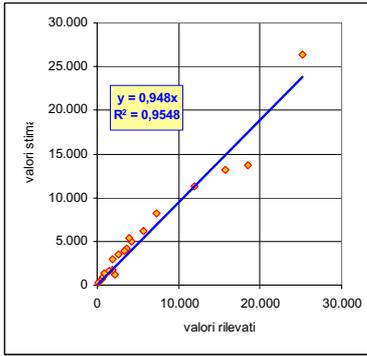
4.2 Coefficienti di generazione/attrazione dei flussi

La seconda fase della procedura consiste nella stima dei coefficienti di correlazione multivariati atti a ricostruire i flussi di merce caricati/scaricati per regione e capitolo NST/R a partire da un ampio insieme di descrittori territoriali, riguardanti le attività produttive (agricoltura, industria, terziario) presenti in ciascuna regione.

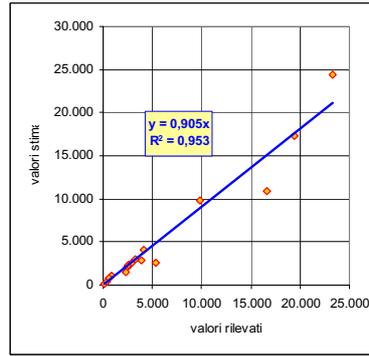
Tale procedura, sviluppata per ciascuna categoria merceologica separatamente per le merci caricate e scaricate, ha dato risultati abbastanza soddisfacenti: infatti, come si osserva nei grafici riportati nelle due pagine seguenti, il coefficiente di correlazione R^2 si mantiene di norma intorno a 0,95, con poche eccezioni riconducibili essenzialmente alle categorie NST/R 2 (combustibili minerali solidi) e 7 (concimi), la cui entità risulta trascurabile in termini assoluti.

Per quanto riguarda l'insieme dei flussi caricati/scaricati per regione, i risultati ottenuti sono i seguenti:

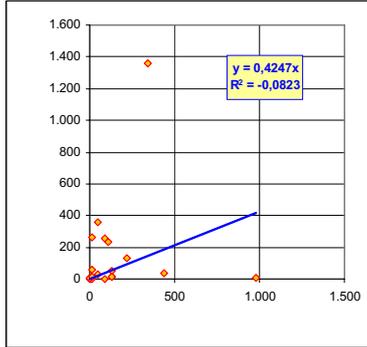
- $R^2 = 0,982$ per le merci caricate;
- $R^2 = 0,988$ per le merci scaricate.



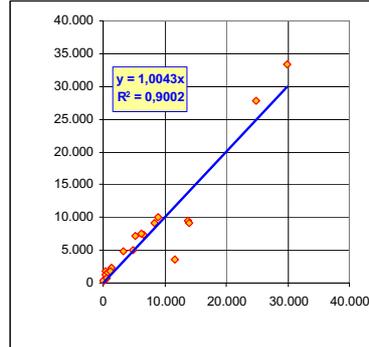
NST/R 0



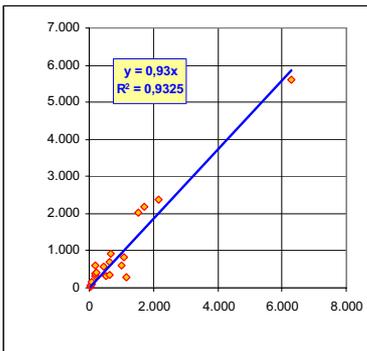
NST/R 1



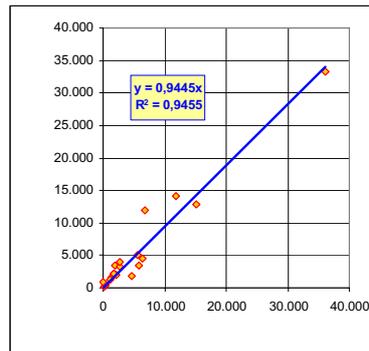
NST/R 2



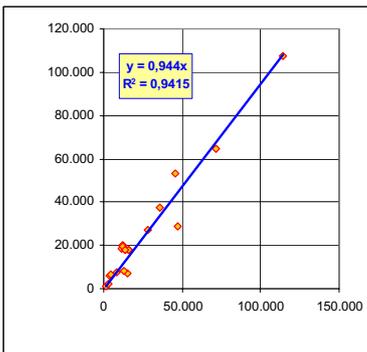
NST/R 3



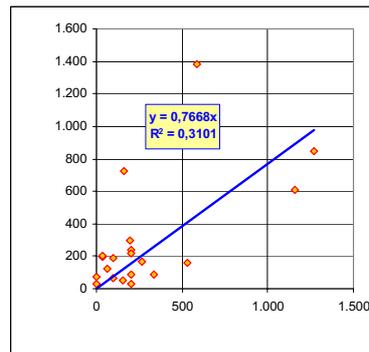
NST/R 4



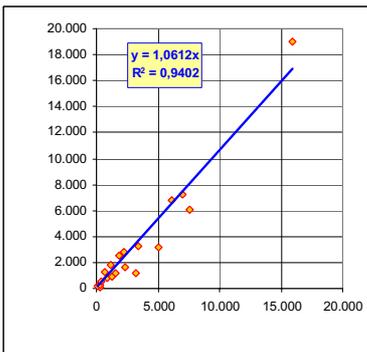
NST/R 5



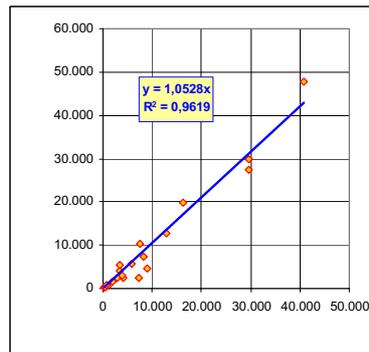
NST/R 6



NST/R 7

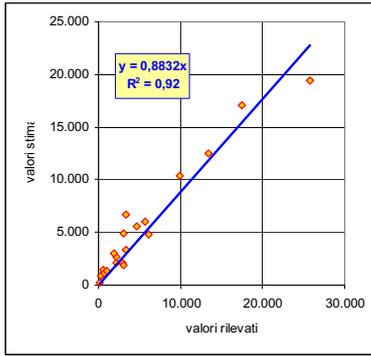


NST/R 8

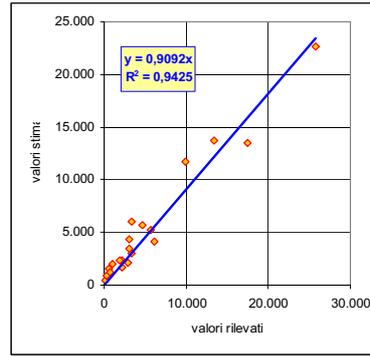


NST/R 9

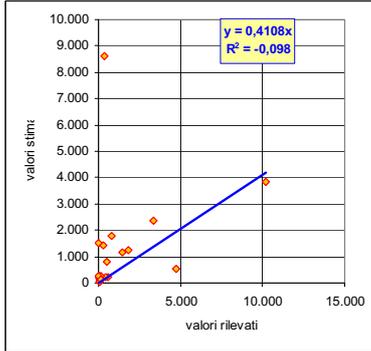
STIMA COEFFICIENTI DI GENERAZIONE



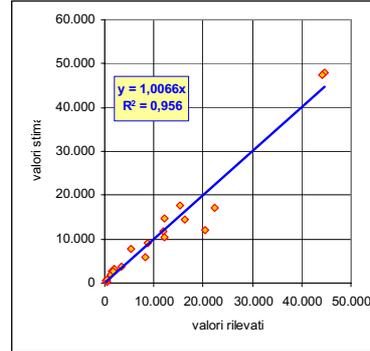
NST/R 0



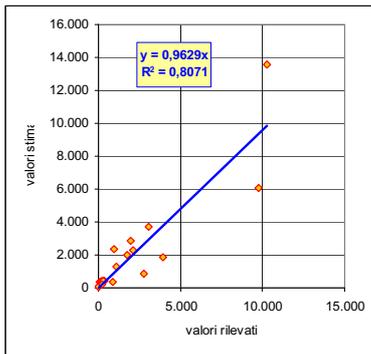
NST/R 1



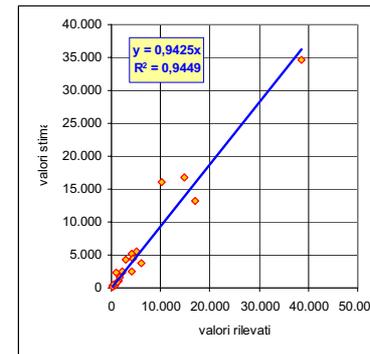
NST/R 2



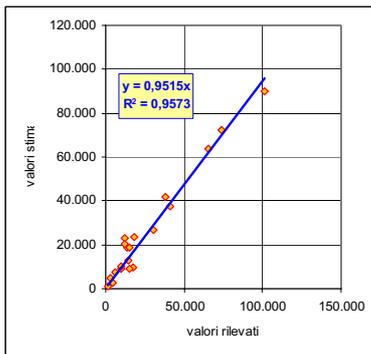
NST/R 3



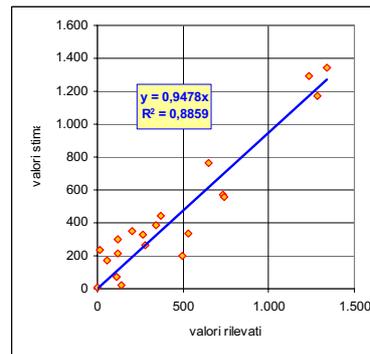
NST/R 4



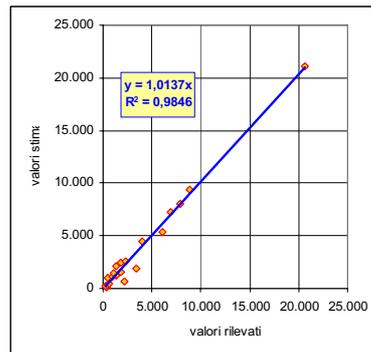
NST/R 5



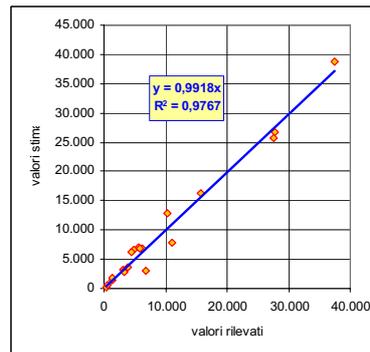
NST/R 6



NST/R 7

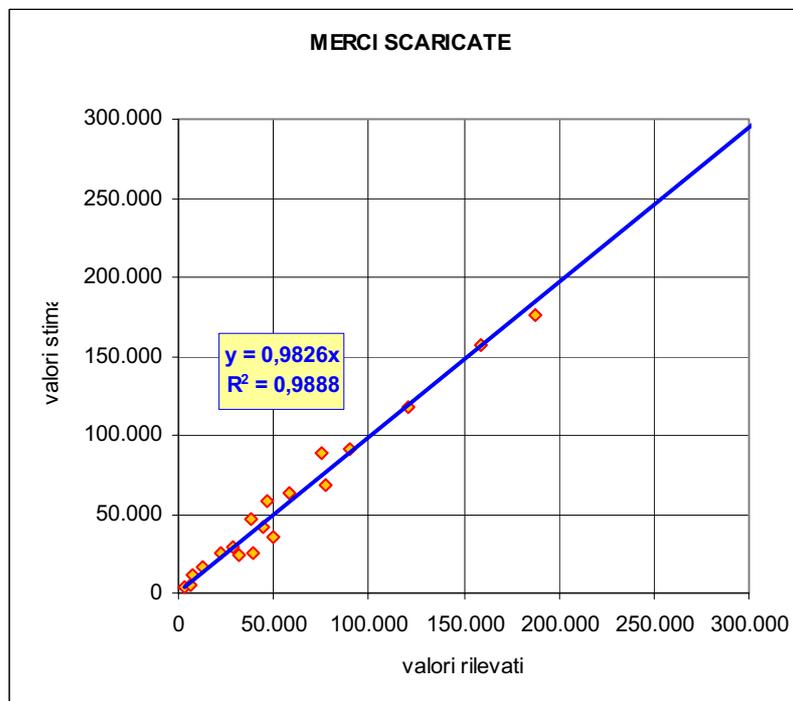
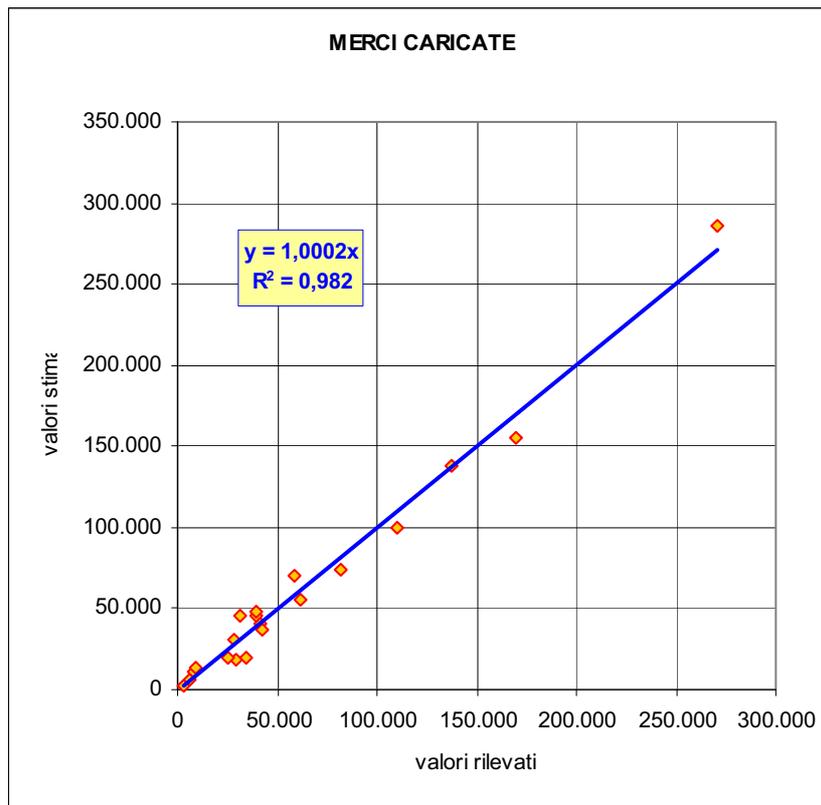


NST/R 8



NST/R 9

STIMA COEFFICIE NTI DI ATTRAZIONE



STIMA MERCI ATTRATTE/GENERATE PER PROVINCIA

Applicando i coefficienti di correlazione ottenuti ai descrittori articolati per ambiti provinciali, è possibile stimare il totale delle merci caricate/scaricate per ciascuna provincia e capitolo NST/R.

Considerando dapprima le **merci caricate**, si osserva una loro considerevole concentrazione nell'ambito interregionale formato dalla Lombardia, dal Veneto e dall'Emilia-Romagna, con polarità complementari collocate in corrispondenza delle altre grandi aree metropolitane (Torino, Roma e Napoli).

Nell'esaminare tale risultato, si tenga conto che esso non include i flussi intermodali, ed in particolare i trasferimenti mare→ terra nei porti (sono considerati solo i flussi specifici legati alla presenza di impianti produttivi direttamente collegati alle banchine).

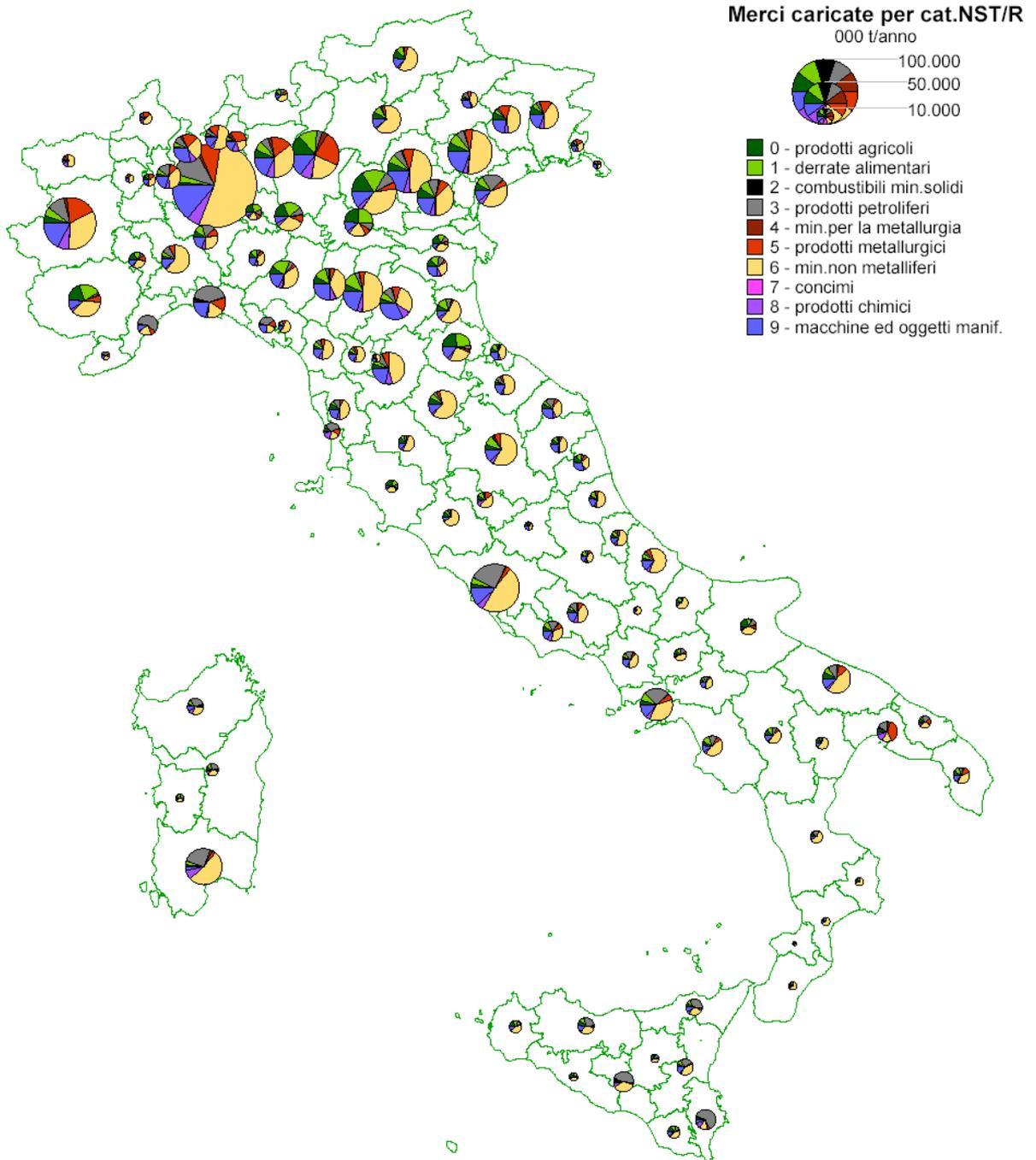
Per quanto riguarda la Provincia di Modena, il totale delle merci caricate è stimato in circa 30 milioni di t/anno, per circa la metà afferenti alla categoria NST/R 6 (minerali non metalliferi), evidentemente legate alla movimentazione interna al distretto delle ceramiche.

La distribuzione delle merci scaricate non appare molto dissimile dalla precedente, con l'unica eccezione di una leggera crescita dell'incidenza delle grandi aree metropolitane – che rappresentano attrattori di traffico di prodotti di consumo.

Nel caso della provincia di Modena, il volume totale di merci scaricate è stimato in circa 42 milioni di t/anno, anche in questo caso prevalentemente costituito da minerali non metalliferi (cat.NST/R 6). Si osserva tuttavia una importante componente secondaria riconducibile alla categoria NST/R 9 (macchine ed oggetti manifatturati).

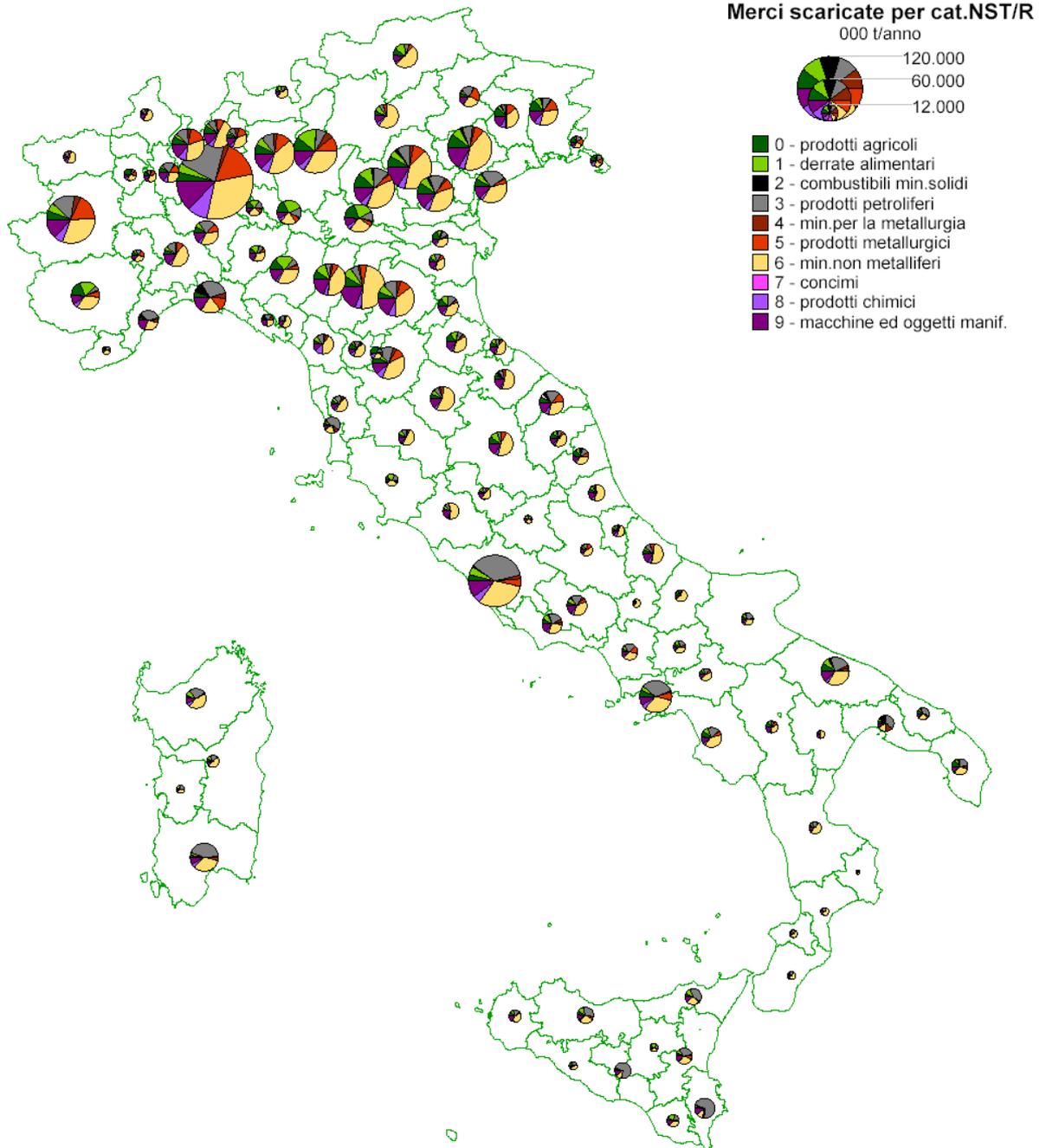
STIMA MERCI CARICATE PER PROVINCIA E CATEGORIA MERCEOLOGICA												
Provincia		000 t										TOTALE
		Categoria NST/R										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
AO	Aosta	96	96	0	155	27	262	1.546	0	339	281	2.803
TO	Torino	2.263	2.600	0	4.868	976	8.731	15.097	46	3.384	7.953	45.917
VC	Vercelli	359	329	0	273	90	793	1.603	3	299	690	4.439
BI	Biella	141	187	0	165	29	222	1.315	3	90	518	2.670
NO	Novara	491	724	42	1.784	140	1.233	4.048	5	710	2.373	11.549
VB	Verbano-Cusio-Ossola	78	133	0	343	117	989	1.748	1	365	336	4.109
CN	Cuneo	4.091	4.201	0	590	175	1.470	7.262	78	522	1.872	20.261
AT	Asti	879	745	0	358	64	565	1.582	11	223	661	5.086
AL	Alessandria	619	872	15	1.322	128	1.105	10.211	12	524	1.919	16.729
SO	Sondrio	293	506	0	507	80	399	1.393	10	159	404	3.750
VA	Varese	319	758	0	1.271	491	2.824	3.914	9	1.194	4.277	15.056
CO	Como	203	493	0	776	311	1.794	7.312	9	717	1.971	13.586
LC	Lecco	177	449	0	298	532	3.110	1.964	5	1.080	1.681	9.297
BG	Bergamo	1.843	2.066	0	1.780	866	4.929	10.228	57	1.960	5.257	28.986
BS	Brescia	5.566	5.155	0	1.506	1.622	9.294	8.288	170	3.208	5.983	40.793
MI	Milano	1.542	3.606	42	13.574	1.674	9.674	58.670	44	5.600	15.408	109.834
LO	Lodi	1.291	1.385	0	684	88	507	1.106	40	295	536	5.930
PV	Pavia	973	1.331	0	1.924	201	1.129	3.027	25	608	2.202	11.420
CR	Cremona	2.867	3.167	4	1.324	221	1.261	4.773	97	576	1.277	15.567
MN	Mantova	4.202	4.375	0	1.449	207	1.145	3.188	122	551	1.751	16.989
BZ	Bolzano = Bozen	1.575	1.353	0	216	91	735	7.752	64	437	1.825	14.048
TN	Trento	1.274	1.264	0	278	96	606	9.619	31	405	1.545	15.118
BL	Belluno	198	313	0	504	85	447	1.979	28	241	1.437	5.231
VR	Verona	5.576	6.104	98	2.881	310	1.652	12.731	335	1.094	4.023	34.803
VI	Vicenza	2.433	2.372	0	2.346	586	3.180	17.817	217	1.770	7.990	38.712
PD	Padova	2.542	2.569	0	2.722	428	2.353	10.447	231	1.321	5.513	28.126
VE	Venezia	1.603	1.761	16	4.611	235	1.307	8.218	98	1.033	2.314	21.195
TV	Treviso	2.603	2.909	138	1.977	428	2.296	18.930	293	1.239	7.545	38.358
RO	Rovigo	1.270	1.136	0	789	101	549	2.173	71	303	733	7.126
PN	Pordenone	1.273	683	0	291	168	2.230	6.852	19	828	3.527	15.872
UD	Udine	1.766	979	64	734	195	2.608	7.405	34	1.070	3.641	18.495
GO	Gorizia	215	196	0	202	43	577	937	6	228	588	2.993
TS	Trieste	131	222	0	305	31	413	622	1	200	490	2.415
IM	Imperia	117	62	0	849	32	253	652	44	27	366	2.401
SV	Savona	146	82	0	5.195	87	734	1.751	41	158	853	9.046
GE	Genova	343	206	369	9.540	331	3.049	4.081	78	421	4.926	23.343
SP	La Spezia	123	48	0	1.969	77	678	1.155	38	71	1.174	5.332
PC	Piacenza	771	1.028	1	448	111	490	2.051	156	491	1.424	6.969
PR	Parma	1.463	3.227	6	771	132	566	5.186	252	705	2.718	15.024
RE	Reggio nell'Emilia	1.695	2.593	0	658	256	1.125	7.563	266	1.177	5.288	20.621
MO	Modena	1.974	3.528	2	1.034	274	1.207	14.482	202	1.311	6.104	30.119
BO	Bologna	1.006	1.772	1	1.799	398	1.761	6.744	106	1.973	7.344	22.904
FE	Ferrara	1.072	1.112	1	742	82	362	1.891	65	473	1.968	7.767
RA	Ravenna	1.107	1.811	26	1.044	109	485	7.418	42	655	1.289	13.987
FC	Forlì-Cesena	3.803	3.780	1	620	120	521	4.079	53	556	2.214	15.746
RN	Rimini	448	616	0	278	55	247	2.000	14	254	1.304	5.215
MS	Massa - Carrara	180	210	0	405	58	329	2.494	11	257	424	4.369
LU	Lucca	439	579	0	528	77	610	3.608	16	467	1.360	7.684
PI	Pisa	874	524	0	900	64	559	3.789	20	507	1.906	9.143
LI	Livorno	434	397	0	2.191	99	899	1.393	15	1.044	360	6.833
PT	Pistoia	280	364	0	325	42	391	2.938	14	309	928	5.590
PO	Prato	94	141	0	191	17	163	1.124	4	124	606	2.465
FI	Firenze	826	1.198	0	1.636	172	1.544	9.256	45	1.418	4.544	20.639
AR	Arezzo	1.113	841	0	638	69	601	10.007	31	421	1.632	15.354
SI	Siena	817	619	0	442	49	389	3.858	52	335	1.009	7.569
GR	Grosseto	939	515	0	305	24	146	931	53	139	188	3.239

STIMA MERCI CARICATE PER PROVINCIA E CATEGORIA MERCEOLOGICA (cont.)												
Provincia		000 t										TOTALE
		Categoria NST/R										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
PG	Perugia	972	1.851	0	331	348	1.122	11.458	73	706	2.528	19.388
TR	Terni	556	638	0	166	272	945	2.719	23	604	305	6.228
PU	Pesaro e Urbino	467	382	0	653	59	577	5.743	60	309	1.859	10.110
AN	Ancona	686	690	11	1.414	69	693	2.854	40	480	2.566	9.502
MC	Macerata	580	558	0	278	36	349	2.347	57	182	1.353	5.741
AP	Ascoli Piceno	751	736	7	362	41	406	1.424	41	237	1.792	5.798
VT	Viterbo	655	452	0	349	57	129	3.898	30	76	469	6.115
RI	Rieti	211	171	0	200	29	77	539	24	63	387	1.702
RM	Roma	1.197	1.867	4	10.778	460	1.275	20.318	71	1.966	5.215	43.151
FR	Frosinone	492	486	0	1.043	220	640	3.299	41	523	1.576	8.320
LT	Latina	611	850	0	1.328	229	677	2.490	37	724	1.252	8.197
AQ	L'Aquila	208	399	0	292	28	264	1.107	85	270	477	3.130
TE	Teramo	575	852	0	175	46	461	3.639	105	362	1.363	7.578
PE	Pescara	328	459	0	247	27	264	2.685	76	264	718	5.069
CH	Chieti	407	782	0	446	77	764	7.584	72	681	1.686	12.499
CB	Campobasso	462	497	1	69	20	261	2.419	104	104	307	4.242
IS	Isernia	129	127	0	25	8	100	1.403	48	39	223	2.104
CE	Caserta	344	533	0	1.052	96	395	2.526	8	286	1.126	6.366
BN	Benevento	378	383	0	405	39	158	1.185	8	106	166	2.828
NA	Napoli	880	1.563	0	5.157	266	1.171	7.255	2	920	2.751	19.966
AV	Avellino	294	429	0	484	77	333	1.636	5	183	820	4.260
SA	Salerno	623	1.181	0	1.199	155	662	4.234	10	403	969	9.436
FG	Foggia	1.138	547	169	653	98	416	1.947	127	125	253	5.473
BA	Bari	1.311	1.265	0	1.901	290	1.739	7.927	208	527	1.902	17.071
TA	Taranto	416	271	0	1.267	466	2.972	1.245	131	837	419	8.024
BR	Brindisi	258	249	0	653	78	468	851	26	178	183	2.942
LE	Lecce	500	556	0	536	134	776	2.097	37	217	742	5.595
PZ	Potenza	610	634	0	507	66	363	2.267	0	191	749	5.389
MT	Matera	267	212	0	264	23	114	1.868	0	67	348	3.164
CS	Cosenza	320	257	0	692	27	21	2.200	15	107	250	3.890
KR	Crotone	117	69	6	142	14	13	756	3	58	43	1.221
CZ	Catanzaro	102	103	0	337	19	17	1.191	5	83	128	1.985
VV	Vibo Valentia	105	71	0	164	14	12	502	3	59	83	1.014
RC	Reggio di Calabria	145	157	0	293	15	13	1.116	11	77	146	1.975
TP	Trapani	576	513	1	338	23	133	1.418	6	75	369	3.451
PA	Palermo	677	658	0	1.927	35	248	1.991	35	182	753	6.506
ME	Messina	440	448	0	1.983	31	233	1.554	37	272	523	5.521
AG	Agrigento	363	309	0	460	18	117	888	7	58	191	2.411
CL	Caltanissetta	144	134	143	3.632	22	182	2.771	6	466	259	7.758
EN	Enna	249	124	12	293	5	37	573	27	36	71	1.426
CT	Catania	433	569	15	1.590	39	301	2.458	15	264	911	6.595
RG	Ragusa	464	358	0	316	19	156	1.050	44	102	302	2.810
SR	Siracusa	290	212	12	5.360	38	313	995	15	745	610	8.590
SS	Sassari	341	681	0	2.098	269	216	2.082	78	622	677	7.063
NU	Nuoro	240	458	0	854	146	116	1.098	50	258	173	3.394
OR	Oristano	209	304	0	515	55	48	483	45	139	86	1.885
CA	Cagliari	383	914	16	6.751	699	808	13.388	28	2.205	967	26.159
TOTALE		92.715	106.251	1.224	145.293	18.873	109.051	499.685	5.773	63.308	189.491	1.231.664



STIMA MERCI SCARICATE PER PROVINCIA E CATEGORIA MERCEOLOGICA												
Provincia		000 t										TOTALE
		Categoria NST/R										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
AO	Aosta	162	121	0	447	9	302	1.869	0	349	354	3.613
TO	Torino	3.123	3.070	326	8.615	2.541	9.736	16.790	136	3.363	7.275	54.975
VC	Vercelli	526	233	30	486	231	725	1.739	57	284	631	4.942
BI	Biella	1.409	214	8	396	65	544	1.485	9	421	469	5.021
NO	Novara	1.097	537	46	2.593	359	1.892	3.422	43	898	1.932	12.821
VB	Verbano-Cusio-Ossola	204	135	37	385	289	251	1.734	2	212	460	3.709
CN	Cuneo	4.045	4.243	55	1.157	430	1.501	7.246	240	929	2.229	22.075
AT	Asti	609	597	21	762	164	868	1.814	73	196	647	5.752
AL	Alessandria	941	851	41	1.819	323	1.557	7.043	86	654	2.179	15.494
SO	Sondrio	492	656	4	564	103	243	2.019	18	158	491	4.746
VA	Varese	1.859	895	26	2.888	718	3.938	7.360	14	2.003	3.258	22.958
CO	Como	1.610	680	16	1.494	456	1.519	8.472	10	1.186	2.268	17.709
LC	Lecco	645	502	28	942	790	1.613	3.468	7	637	1.328	9.961
BG	Bergamo	2.935	2.468	45	3.614	1.254	4.570	15.782	128	2.525	5.033	38.355
BS	Brescia	4.558	5.874	85	3.112	2.364	4.251	13.668	380	1.896	4.776	40.964
MI	Milano	4.567	4.389	88	24.002	2.459	18.187	35.936	73	10.050	14.755	114.507
LO	Lodi	1.061	1.351	5	1.079	129	625	1.705	78	293	627	6.951
PV	Pavia	1.120	1.084	10	3.110	288	1.502	4.736	129	616	1.915	14.509
CR	Cremona	2.491	3.666	11	2.007	321	982	2.928	208	542	1.216	14.373
MN	Mantova	3.833	4.249	10	2.121	292	1.050	4.876	296	743	1.832	19.302
BZ	Bolzano = Bozen	1.552	2.235	29	935	164	792	8.077	59	481	1.466	15.789
TN	Trento	1.107	1.124	24	996	139	879	9.501	53	794	1.576	16.194
BL	Belluno	530	316	175	1.923	160	2.161	2.592	10	273	1.161	9.302
VR	Verona	4.117	3.880	649	4.341	592	1.687	13.208	417	1.744	4.661	35.297
VI	Vicenza	3.361	2.136	1.248	4.107	1.138	3.883	17.428	190	2.215	6.858	42.564
PD	Padova	3.050	2.258	924	4.477	841	2.727	11.395	215	1.591	4.512	31.990
VE	Venezia	1.855	1.360	514	6.067	467	1.105	8.985	107	868	3.009	24.337
TV	Treviso	4.378	2.764	901	3.163	822	2.915	17.746	200	1.886	6.803	41.578
RO	Rovigo	1.160	728	215	906	196	318	2.480	99	294	762	7.159
PN	Pordenone	1.861	747	445	751	420	2.303	5.779	105	1.257	2.753	16.421
UD	Udine	2.695	1.471	521	1.764	491	2.503	5.996	159	1.425	2.665	19.690
GO	Gorizia	573	280	115	517	109	708	891	14	280	419	3.905
TS	Trieste	573	346	83	735	78	634	760	1	478	330	4.016
IM	Imperia	312	97	197	647	115	112	987	35	26	294	2.822
SV	Savona	448	135	573	3.191	331	460	2.492	42	95	1.777	9.544
GE	Genova	1.149	312	2.373	6.977	1.362	3.092	4.565	37	302	3.502	23.670
SP	La Spezia	272	79	527	1.119	304	381	1.624	27	54	1.177	5.562
PC	Piacenza	926	1.545	124	702	270	476	2.908	99	347	1.196	8.593
PR	Parma	2.619	3.993	144	1.295	312	881	6.171	118	694	2.528	18.755
RE	Reggio nell'Emilia	2.552	2.903	285	1.474	619	1.717	11.481	119	1.259	5.038	27.446
MO	Modena	3.585	2.968	306	2.214	665	2.148	20.403	138	1.886	8.158	42.470
BO	Bologna	1.728	1.845	447	3.598	969	2.973	10.315	143	1.935	5.145	29.097
FE	Ferrara	865	918	92	1.085	199	626	3.169	149	451	1.467	9.021
RA	Ravenna	1.210	1.225	123	1.341	267	433	3.648	121	449	1.379	10.195
FC	Forlì-Cesena	1.701	1.576	132	953	287	477	4.693	360	505	1.647	12.331
RN	Rimini	596	522	63	599	136	351	2.721	36	307	981	6.311
MS	Massa - Carrara	173	258	86	648	238	209	2.612	4	163	726	5.116
LU	Lucca	545	668	159	1.124	424	541	3.953	9	1.116	1.117	9.656
PI	Pisa	494	502	146	1.377	385	381	3.610	59	471	1.007	8.433
LI	Livorno	256	452	235	3.851	618	290	1.567	16	213	614	8.111
PT	Pistoia	674	409	102	694	268	235	2.548	9	526	608	6.074
PO	Prato	1.691	162	43	512	112	284	1.379	3	655	329	5.171
FI	Firenze	1.657	1.486	403	3.980	1.062	2.253	9.625	42	1.883	2.905	25.297
AR	Arezzo	868	703	157	910	415	513	7.620	59	530	1.783	13.558
SI	Siena	506	704	101	790	270	337	3.868	82	351	1.104	8.115
GR	Grosseto	357	771	38	546	105	102	1.032	90	101	178	3.320

STIMA MERCI SCARICATE PER PROVINCIA E CATEGORIA MERCEOLOGICA (cont.)												
Provincia		000 t										TOTALE
		Categoria NST/R										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
PG	Perugia	1.607	1.750	2	1.029	146	1.297	7.768	75	825	2.836	17.335
TR	Terni	287	417	2	433	123	252	1.762	42	147	515	3.979
PU	Pesaro e Urbino	869	479	556	831	123	670	6.636	81	477	2.211	12.933
AN	Ancona	1.019	561	668	2.461	148	1.544	3.936	92	724	2.011	13.164
MC	Macerata	773	570	336	519	75	365	2.902	90	322	809	6.762
AP	Ascoli Piceno	796	572	391	737	87	434	1.917	82	297	628	5.940
VT	Viterbo	412	599	72	622	134	80	4.821	198	178	1.612	8.727
RI	Rieti	211	407	43	516	79	285	798	44	57	260	2.700
RM	Roma	2.089	2.793	719	20.209	1.296	2.635	17.326	131	2.640	5.749	55.587
FR	Frosinone	652	867	360	2.166	648	728	4.344	72	550	1.828	12.215
LT	Latina	857	1.020	381	2.367	684	375	3.192	87	536	1.547	11.046
AQ	L'Aquila	278	408	22	656	58	789	2.018	81	280	492	5.084
TE	Teramo	745	617	39	347	101	376	5.060	165	485	1.260	9.195
PE	Pescara	345	377	22	482	58	286	2.273	105	439	544	4.932
CH	Chieti	558	538	65	810	168	708	5.105	148	570	1.657	10.328
CB	Campobasso	425	247	177	289	70	134	2.704	44	135	357	4.583
IS	Isernia	165	85	68	99	27	102	1.682	9	92	223	2.552
CE	Caserta	529	559	59	1.943	162	1.256	2.810	36	335	742	8.431
BN	Benevento	396	402	23	673	65	158	1.237	46	112	287	3.399
NA	Napoli	1.532	1.006	174	7.945	477	1.987	7.670	32	1.186	2.199	24.208
AV	Avellino	441	400	49	750	136	316	1.833	45	184	506	4.661
SA	Salerno	1.103	984	98	2.165	270	666	4.471	46	524	1.107	11.435
FG	Foggia	423	542	184	1.377	184	99	1.551	328	164	465	5.318
BA	Bari	1.732	1.366	769	4.427	741	500	6.588	189	702	2.371	19.386
TA	Taranto	368	461	1.315	3.017	1.260	171	1.228	78	125	631	8.654
BR	Brindisi	287	236	207	1.258	199	67	828	59	122	320	3.582
LE	Lecce	865	489	343	1.523	332	120	2.053	77	253	662	6.716
PZ	Potenza	563	511	12	467	105	498	1.556	7	287	846	4.851
MT	Matera	212	177	4	188	33	125	1.294	5	199	533	2.770
CS	Cosenza	379	430	70	916	19	166	2.566	46	215	495	5.301
KR	Crotone	80	119	42	182	11	35	496	22	70	101	1.158
CZ	Catanzaro	143	173	56	511	15	108	1.406	17	130	285	2.844
VV	Vibo Valentia	90	121	40	246	11	38	607	15	41	151	1.359
RC	Reggio di Calabria	207	221	45	529	12	97	1.330	18	133	302	2.892
TP	Trapani	386	379	41	626	64	152	1.535	62	85	564	3.894
PA	Palermo	674	912	77	2.660	118	429	2.183	135	196	775	8.159
ME	Messina	513	833	73	2.955	110	168	1.821	53	127	754	7.408
AG	Agrigento	259	292	36	588	56	52	1.000	90	51	287	2.711
CL	Caltanissetta	156	169	57	5.217	85	79	747	73	64	744	7.393
EN	Enna	196	447	12	401	18	24	453	97	31	143	1.821
CT	Catania	584	609	93	2.906	141	906	2.499	78	273	969	9.059
RG	Ragusa	389	718	48	637	73	57	1.179	91	74	452	3.719
SR	Siracusa	214	350	98	7.810	146	247	1.009	58	140	1.168	11.239
SS	Sassari	483	1.098	26	2.930	65	326	4.722	74	632	943	11.299
NU	Nuoro	309	690	14	1.032	35	110	2.436	58	319	372	5.374
OR	Oristano	174	557	6	859	14	74	1.108	44	109	188	3.134
CA	Cagliari	460	701	96	9.597	232	785	7.307	90	1.103	1.730	22.102
TOTALE		115.521	107.952	21.682	232.810	38.147	118.617	503.690	9.026	72.600	180.941	1.400.986



4.3 Stima matrice O/D regionale per categoria merceologica

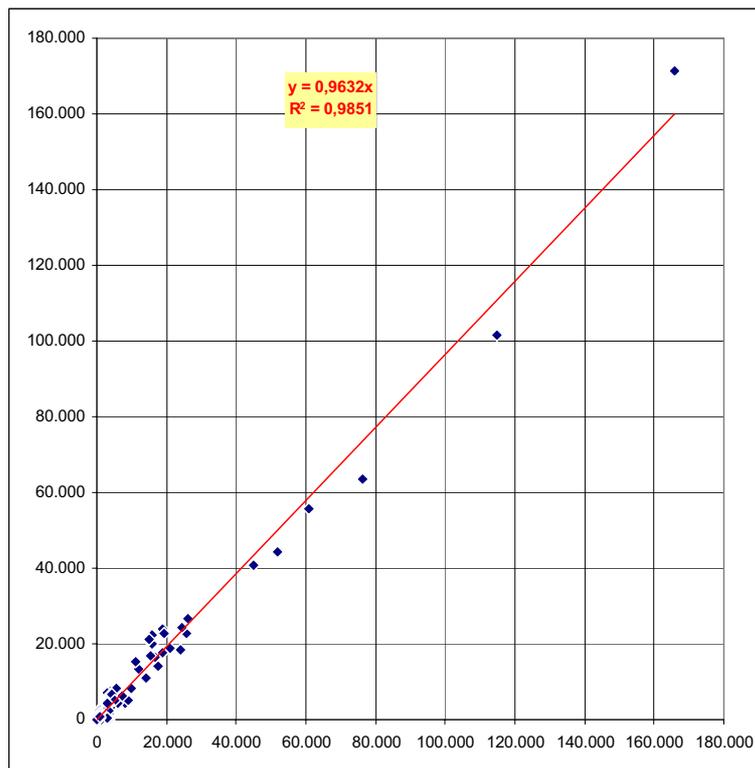
La quarta fase della procedura consiste nella stima delle dieci matrici O/D regionali per singola categoria NST/R, secondo gli algoritmi indicati nel paragrafo 2.2.

I valori dei parametri α , β e γ , che minimizzano lo scarto quadratico medio rispetto ai valori rilevati matrice O/D comprendente tutte le categoria NST/R) sono indicati nella tabella seguente:

	Capitoli NST/R									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
alfa	0,0100	0,0299	0,0100	82,8	20,4310	0,0160	-3,000	0,0010	0,0099	0,0702
beta	0,0016	0,0024	0,0099	0,0000	0,0000	0,0037	0,0774	0,0054	0,0021	0,0034
gamma	1	1,9	2,6	0,02	0,049	0,7	0,8	0,01	1,2	0,8

Si tenga comunque presente che tali valori sono stati utilizzati per strutturare un modello inizialmente vincolato in sola generazione, successivamente sottoposto a successive quadrature in modo da rispettare i vincoli sui totali di colonna (quattro iterazioni).

Il risultato ottenuto si caratterizza, anche in questo caso, per un coefficiente di correlazione dell'ordine di 0,985 (vedi grafico seguente).



4.4 Stima matrice O/D provinciale

A questo punto della procedura, è possibile stimare la matrice O/D provinciale (tutti i modi) per categoria merceologica.

La stima si basa su due insiemi di parametri così definiti:

- totali di riga e colonna per categoria NST/R ottenuti con i coefficienti di generazione/attrazione (vedi par.4.2)
- flussi regionali per categoria NST/R ottenuti con i coefficienti di distribuzione validati sulla O/D regionale (vedi par.4.4)

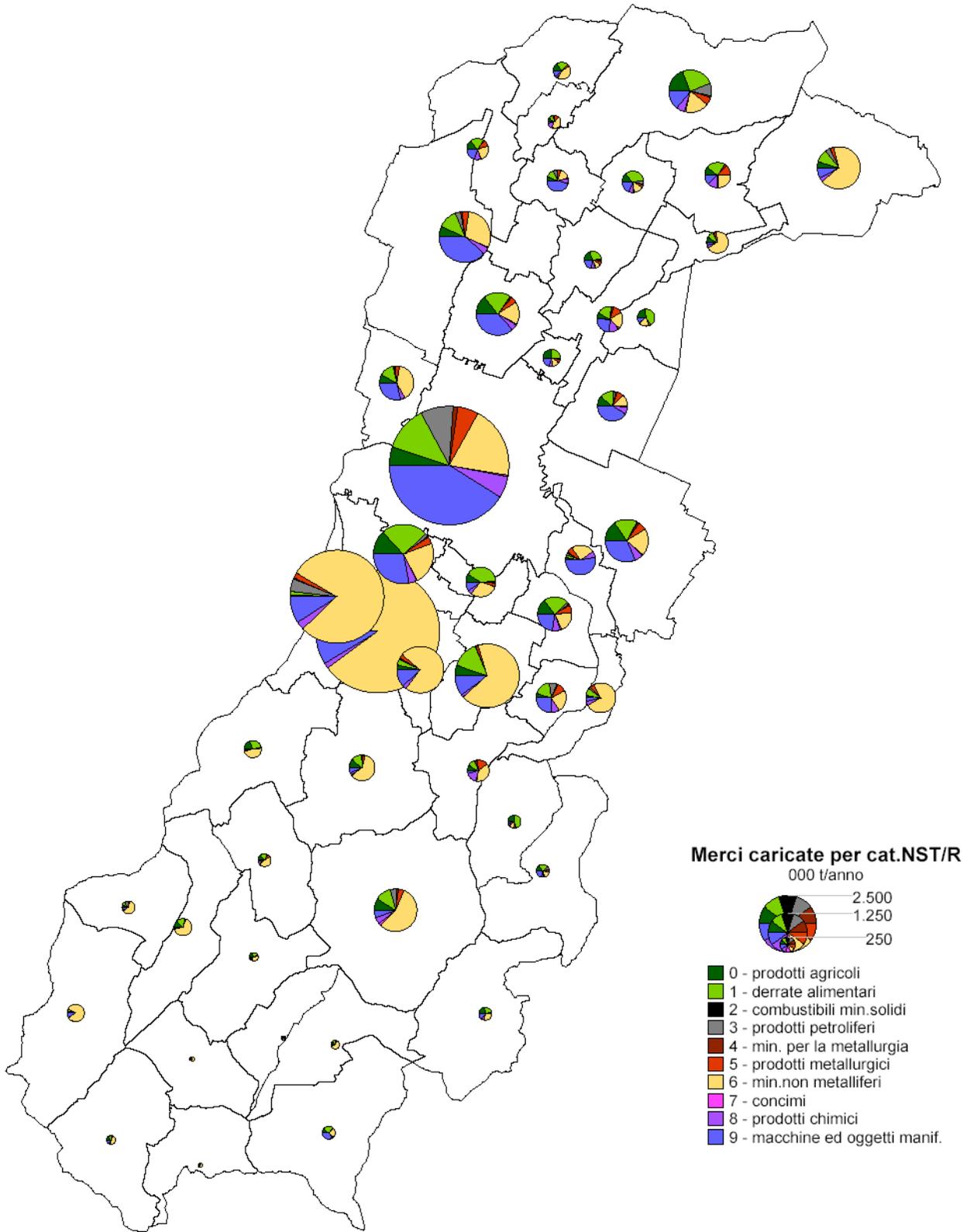
L'applicazione di questo modello di distribuzione consente di ottenere 10 matrici a 103 x 103 zone.

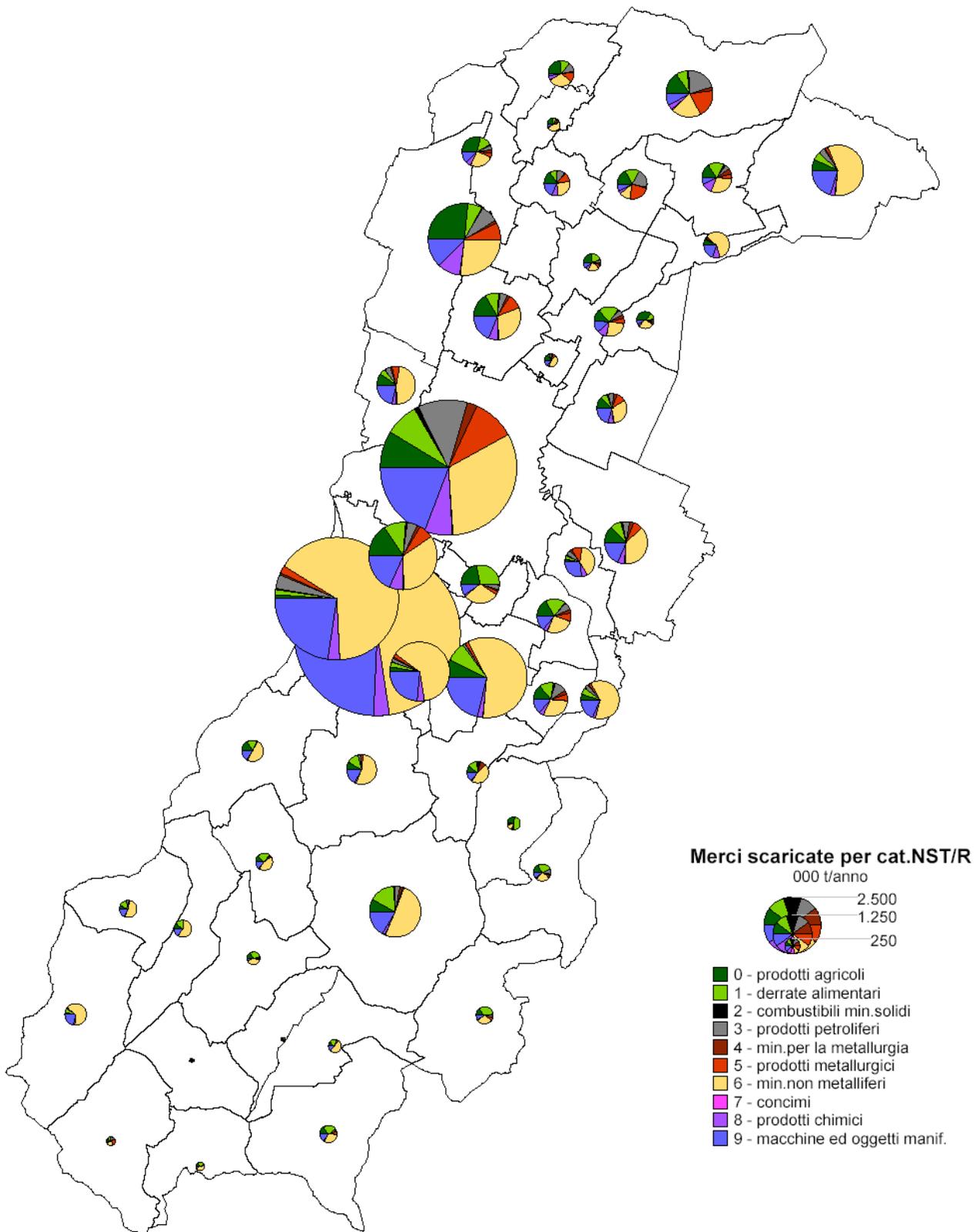
4.5 Stima dei flussi generati/attratti dai Comuni della Provincia di Modena

L'applicazione ai singoli Comuni della Provincia di Modena dei coefficienti di generazione/attrazione, già utilizzati per gli ambiti provinciali, consente di stabilire la distribuzione territoriale delle origini e destinazioni dei flussi commerciali locali.

Come si osserva nelle tavole seguenti, la stima evidenzia una forte concentrazione nell'area di Sassuolo (distretto delle ceramiche) e nella città di Modena, con polarità secondarie nelle zone di Carpi e di Vignola.

La netta prevalenza del distretto di Sassuolo è da mettere in relazione principalmente con flussi della categoria NST/R, mentre le aree di Modena e di Carpi si caratterizzano per un mix merceologico più ampio ed equilibrato.





4.6 Stima matrice O/D della provincia di Modena

Da ultimo, si procede alla stima della matrice O/D comunale dei flussi interni al territorio provinciale.

Nel complesso, tali flussi ammontano a circa 10 Mt/anno, largamente concentrati nella zona di Sassuolo, e con componenti secondarie focalizzate su Modena città, Carpi, Vignola ed in parte Mirandola.

Stima matrice O/D merci per macrozona									
Zona di origine	000 t/anno zona di destinazione								TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Modena città	546	105	117	125	64	169	75	120	1.321
2 Carpi	14	216	104	73	18	46	25	44	540
3 Mirandola	11	70	535	107	17	35	16	23	814
4 Nonantola	5	20	40	79	9	18	9	11	192
5 Castelfranco	7	17	24	29	59	53	17	19	226
6 Vignola	35	65	77	98	105	656	184	214	1.434
7 Pavullo	5	10	12	13	11	83	383	78	595
8 Sassuolo	185	395	310	363	252	1.298	852	2.187	5.841
TOTALE	809	896	1.218	888	535	2.358	1.561	2.697	10.962

5 PROCEDURA BOTTOM-UP

5.1 Generalità

La fonte primaria dell'indagine Bottom-up è rappresentata dalla campagna di interviste al cordone, effettuata da AIRIS nel periodo marzo-maggio 2007.

Tale indagine è stata condotta in 15 postazioni di rilievo, collocate al cordone provinciale, di cui 11 sulla rete ordinaria (confine provinciale) e 4 agli svincoli autostrali compresi nel territorio provinciale (*vedi tabella*).

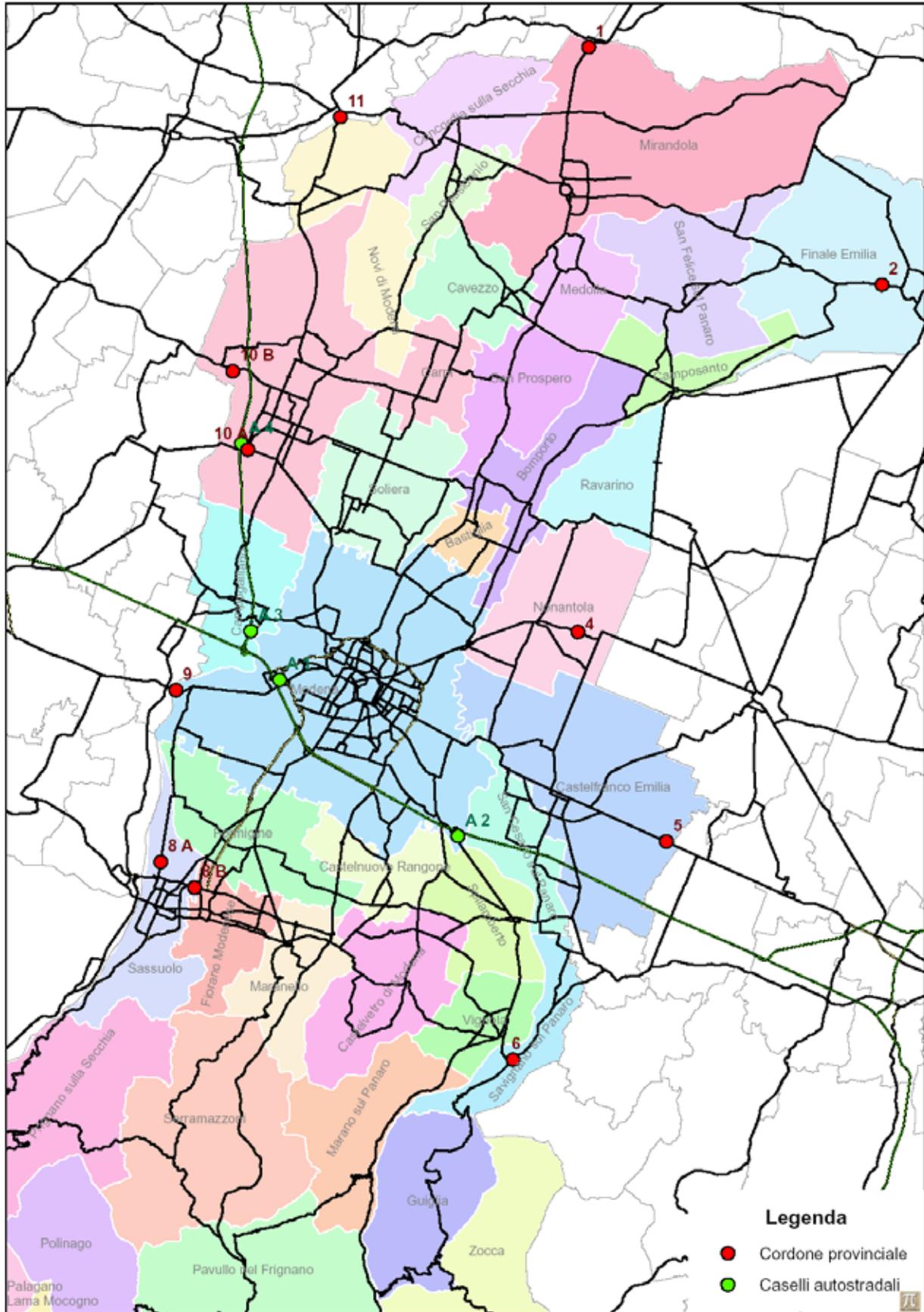
L'indagine si è estesa su fasce orarie diurne di otto ore, suddivise in due intervalli mattina/pomeriggio così articolati:

- per la rete ordinaria: 7:00-11:00 e 14:30-18:30
- per la rete autostradale: 8:00-12:00 e 14:30-18:30

Provincia di Modena			
INDAGINE O/D SUL TRASPORTO MERCI			
ELENCO DELLE POSTAZIONI DI RILIEVO			
Sez.	Asse stradale	Postazione	Data
01	SS12	Mirandola	gio 29/03
02	SP468	Finale Emilia	ven 23/03 - mer 02/05
04	SP255	Nonantola	ven 23/03 - gio 03/05
05	SS9	Castelfranco Emilia	lun 26/03 - lun 07/05
06	SP569	Savignano s/Panaro	mer 18/04 - ven 11/05
8A	SP15	Magreta	lun 26/03 - lun 02/04
8B	SP467	Sassuolo	mar 17/04 - mar 03/04
09	SS9	Modena	gio 19/04
10A	SP465	Carpi	gio 22/03 - ven 11/05
10B	SP1	Carpi	gio 22/03 - mer 09/05
11	SP413	Novi di Modena	ven 20/04 - mar 24/04
A1	A1	Modena Nord	gio 12/04
A2	A1	Modena Sud	ven 13/04
A3	A22	Campogalliano	mar 17/04
A4	A22	Carpi	lun 16/04

Si deve osservare che il posizionamento delle sezioni di rilievo ha risentito di vincoli logistici per la fermata dei mezzi commerciali, determinando una situazione non ottimale, seppur pienamente accettabile.

Inoltre si evidenzia che in diverse sezioni, sempre a causa di vincoli logistici, le interviste del mattino e del pomeriggio sono state effettuate in giorni differenti.



PROVINCIA DI MODENA
CONTEGGI CLASSIFICATI DEI MEZZI COMMERCIALI

1. Sezione N.

2. Via

3. Direzione

4. Data - - 2007

5. Rilevatore

ora inizio conteg.		autovetture	furgoni	autocarri 2 assi	autocarri 3 o 4 assi	autoarticolatc	autotreni	autobus
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
	10		5	5	5	5	5	3
	20		10	10	10	10	10	6
	30		15	15	15	15	15	9
	40		20	20	20	20	20	12
	50		25	25	25	25	25	15
	60		30	30	30	30	30	18
	70		35	35	35	35	35	21
	80		40	40	40	40	40	24
	90		45	45	45	45	45	27
	100		50	50	50	50	50	30
	110		55	55	55	55	55	33
	120		60	60	60	60	60	36
	130		65	65	65	65	65	39
	140		70	70	70	70	70	42
	150		75	75	75	75	75	45
	160		80	80	80	80	80	48
	170		85	85	85	85	85	51
	180		90	90	90	90	90	54

ora inizio conteg.		autovetture	furgoni	autocarri 2 assi	autocarri 3 o 4 assi	autoarticolatc	autotreni	autobus
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
	10		5	5	5	5	5	3
	20		10	10	10	10	10	6
	30		15	15	15	15	15	9
	40		20	20	20	20	20	12
	50		25	25	25	25	25	15
	60		30	30	30	30	30	18
	70		35	35	35	35	35	21
	80		40	40	40	40	40	24
	90		45	45	45	45	45	27
	100		50	50	50	50	50	30
	110		55	55	55	55	55	33
	120		60	60	60	60	60	36
	130		65	65	65	65	65	39
	140		70	70	70	70	70	42
	150		75	75	75	75	75	45
	160		80	80	80	80	80	48
	170		85	85	85	85	85	51
	180		90	90	90	90	90	54

note:

PROVINCIA DI MODENA			
Scheda indagini O/D veicoli commerciali (trasporto merce)			
Rilevatore :	Data: / /	progressivo scheda	
1. Sezione N. <input type="text"/>	2. ora _____ : _____		
3. Tipo di veicolo :	4. Allestimento veicolo :		
furgone <input type="checkbox"/>	refrigerato <input type="checkbox"/>		
autocarro 2 assi <input type="checkbox"/>	furgonato <input type="checkbox"/>		
autocarro 3 o 4 assi <input type="checkbox"/>	telonato <input type="checkbox"/>		
autoarticolato <input type="checkbox"/>	aperto <input type="checkbox"/>		
autotreno <input type="checkbox"/>	autobotte <input type="checkbox"/>		
	container <input type="checkbox"/>		
	altro <input type="checkbox"/>		
5. Merce trasportata (anche se a vuoto, indicare merce trasportata prima o da trasportare in seguito)			

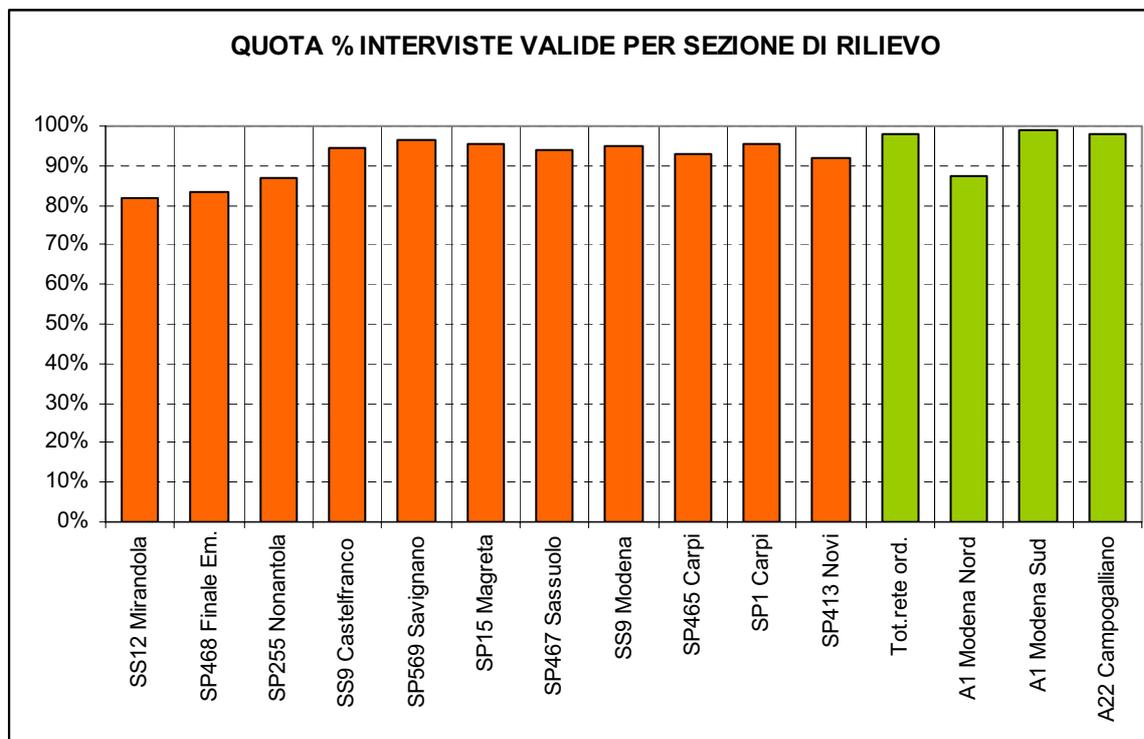
6. Percentuale riempimento mezzo in volume <input type="checkbox"/> pieno <input type="checkbox"/> mezzo carico <input type="checkbox"/> scarico			
7. Regime di trasporto	8. Se in conto proprio, il tipo d'impresa?	9. Se conto terzi per che tipo di ditta lavora ?	
conto proprio <input type="checkbox"/>	unità produttiva <input type="checkbox"/>	padroncino <input type="checkbox"/>	
conto terzi <input type="checkbox"/>	esercizio comm. all'ingrosso <input type="checkbox"/>	corriere/spedizioniere <input type="checkbox"/>	
non effettua trasporto merci <input type="checkbox"/>	esercizio comm. al dettaglio <input type="checkbox"/>		
	artigiano <input type="checkbox"/>		
	altro <input type="checkbox"/>		
10. Località di provenienza	comune _____	11. Località in cui è diretto	
_____	via e n.civ. _____	_____	
rimessa del veicolo <input type="checkbox"/>		rimessa del veicolo <input type="checkbox"/>	
unità produttiva <input type="checkbox"/>		unità produttiva <input type="checkbox"/>	
esercizio comm. all'ingrosso <input type="checkbox"/>		esercizio comm. all'ingrosso <input type="checkbox"/>	
esercizio comm. al dettaglio <input type="checkbox"/>		esercizio comm. al dettaglio <input type="checkbox"/>	
laboratorio artigiano <input type="checkbox"/>		laboratorio artigiano <input type="checkbox"/>	
porto/ interporto/ scalo merci <input type="checkbox"/>		porto/ interporto/ scalo merci <input type="checkbox"/>	
deposito/ magazzino/ scalo logistico <input type="checkbox"/>		deposito/ magazzino/ scalo logistico <input type="checkbox"/>	
altro <input type="checkbox"/>		altro <input type="checkbox"/>	
12. Ha utilizzato l'autostrada? <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no			
13. Se sì, in quale casello autostradale è entrato?		14. Se sì, in quale casello autostradale è uscito?	
_____		_____	
15. Attività in origine	16. Attività in destinazione		
carico <input type="checkbox"/>	carico <input type="checkbox"/>		
scarico <input type="checkbox"/>	scarico <input type="checkbox"/>		
servizi <input type="checkbox"/>	servizi <input type="checkbox"/>		
pratiche <input type="checkbox"/>	pratiche <input type="checkbox"/>		
rimessa <input type="checkbox"/>	rimessa <input type="checkbox"/>		
17. Se il motivo di origine è "SCARICO"	18. Se il motivo di destinazione è "CARICO"		
località di carico merci :	località di scarico merci :		
comune _____	comune _____		
via n. civ _____	via n. civ _____		
20. Frequenza di questo trasporto	una tantum <input type="checkbox"/>		
	occasionalmente (2 o 3 volte al mese) <input type="checkbox"/>		
	1 volta alla settimana <input type="checkbox"/>		
	2 o 3 volte alla settimana <input type="checkbox"/>		
	1 volta al giorno lavorativo <input type="checkbox"/>		
	2 o più volte al giorno lavorativo <input type="checkbox"/>		

5.2 Indagine al cordone

Nel complesso, le interviste somministrate ai conducenti sono state 2.102, di cui 1.497 afferenti alle postazioni della rete ordinaria, e 453 a quelle della rete autostradale.

Le interviste considerate valide sono state 1.950, pari al 92,8% del totale. I tassi di validità sono risultati quasi sempre superiori al 90%, con le eccezioni delle postazioni 1 (SS12 Mirandola), 2 (SP468 Finale Emilia), 4 (SP255 Nonantola) ed A2 (A1 Modena Sud).

Provincia di Modena							
INDAGINE O/D SUL TRASPORTO MERCI							
RIEPILOGO INTERVISTE							
Sez.	Postazione	Totale interviste	Interviste valide			Totale	%
			furgoni	autocarri	autotreni		
01	SS12 Mirandola	133	47	33	29	109	82,0%
02	SP468 Finale Em.	167	64	61	14	139	83,2%
04	SP255 Nonantola	139	28	71	22	121	87,1%
05	SS9 Castelfranco	113	29	66	12	107	94,7%
06	SP569 Savignano	171	67	79	19	165	96,5%
8A	SP15 Magreta	127	49	59	13	121	95,3%
8B	SP467 Sassuolo	136	12	88	28	128	94,1%
09	SS9 Modena	143	60	57	19	136	95,1%
10A	SP465 Carpi	174	44	106	12	162	93,1%
10B	SP1 Carpi	196	107	67	13	187	95,4%
11	SP413 Novi	133	46	57	19	122	91,7%
	Tot.rete ord.	1.632	553	744	200	1.497	91,7%
A1	A1 Modena Nord	99	20	45	32	97	98,0%
A2	A1 Modena Sud	86	14	46	15	75	87,2%
A3	A22 Campogalliano	129	34	53	41	128	99,2%
A4	A22 Carpi	156	35	81	37	153	98,1%
	Tot.rete autostr.	470	103	225	125	453	96,4%
	TOTALE	2.102	656	969	325	1.950	92,8%



La determinazione dei coefficienti di espansione delle 8 ore è avvenuta distinguendo tre categorie veicolari (furgoni, autocarri ed autotreni/autoarticolat⁷i) e 4 fasce orarie, definite come indicato nella tabella seguente.

Periodo	Rete ordinaria	Rete autostradale
Ora punta mattina (HPM)	7:00-9:00	8:00-10:00
Ora morbida mattina (HMM)	9:00-11:00	10:00-12:00
Ora morbida pomeriggio (HMP)	14:30-16:30	14:30-16:30
Ora punta pomeriggio (HPP)	16:30-18:30	16:30-18:30

Per quanto concerne invece la matrice dell'ora di punta, il coefficiente di espansione è stato ottenuto ragguagliando le interviste del primo periodo ai soli flussi rilevati nell'intervallo orario 7:30-8:30.

Come si osserva, il tasso di campionamento risulta quasi sempre superiore al 7-10%, con le tre uniche eccezioni corrispondenti alla pedemontana presso Sassuolo (sezione 8B) ed ai due svincoli autostradali di Modena Nord (sezione A1) e Modena Sud (sezione A2), per le quali si scende al 3-4%.

Provincia di Modena											
INDAGINE O/D SUL TRASPORTO MERCI											
CALCOLO COEFFICIENTI DI ESPANSIONE - INTERO PERIODO (8 ore)											
Sez.	Postazione	Transiti nelle 8 ore (dir.Modena)				Numero interviste	Tasso camp.	Coeff.espansione (media 8H)			
		furgoni	autocarri	autotreni	Totale			furgoni	autocarri	autotreni	Media
01	SS12 Mirandola	261	223	174	658	109	16,6%	5,55	6,76	6,00	6,04
02	SP468 Finale Em.	318	227	106	651	139	21,4%	4,97	3,72	7,57	4,68
04	SP255 Nonantola	171	308	180	659	121	18,4%	6,11	4,34	8,18	5,45
05	SS9 Castelfranco	440	417	220	1.077	107	9,9%	15,17	6,32	18,33	10,07
06	SP569 Savignano	450	458	166	1.074	165	15,4%	6,72	5,80	8,74	6,51
8A	SP15 Magreta	716	434	486	1.636	121	7,4%	14,61	7,36	37,38	13,52
8B	SP467 Sassuolo	1.202	706	1.086	2.994	128	4,3%	100,17	8,02	38,79	23,39
09	SS9 Modena	863	474	514	1.851	136	7,3%	14,38	8,32	27,05	13,61
10A	SP465 Carpi	462	430	143	1.035	162	15,7%	10,50	4,06	11,92	6,39
10B	SP1 Carpi	508	407	151	1.066	187	17,5%	4,75	6,07	11,62	5,70
11	SP413 Novi	139	127	67	333	122	36,6%	3,02	2,23	3,53	2,73
	Tot.rete ord.	5.530	4.211	3.293	13.034	1.497	11,5%	10,00	5,66	16,47	8,71
A1	A1 Modena Nord	705	958	1.773	3.436	97	2,8%	35,25	21,29	55,41	35,42
A2	A1 Modena Sud	451	610	727	1.788	75	4,2%	32,23	13,26	48,47	23,84
A3	A22 Campogalliano	365	486	296	1.147	128	11,2%	10,74	9,17	7,21	8,96
A4	A22 Carpi	193	279	521	993	153	15,4%	5,50	3,44	14,08	6,49
	Tot.rete autostr.	1.714	2.333	3.317	7.364	453	6,2%	16,64	10,37	26,53	16,25
	TOTALE	7.244	6.544	6.610	20.398	1.950	9,6%	11,04	6,75	20,34	10,46

⁷ Per quanto concerne la rete autostradale, l'omogeneizzazione di tali categorie è avvenuta attribuendo il 50% della classe tariffaria 20/B alla categoria "furgoni", la quota residua e la classe 30 alla categoria "autocarri" e le classi 40/50 alla categoria "autotreni/autoarticolati".

5.3 Analisi delle relazioni O/D per sezione

L'applicazione dei coefficienti di espansione alle interviste effettuate consente di stimare le matrici O/D dei flussi transitanti in ciascuna singola sezione di indagine.

I risultati ottenuti sono sintetizzati per grafici e tabelle nelle pagine che seguono.

Dalla lettura dei risultati, emerge che la rete ordinaria tende a supportare prevalentemente flussi specifici (cioè destinati entro il territorio modenese), spesso organizzati per quadranti territoriali contigui. Così, ad esempio, i flussi transitanti sulla SS12 a Mirandola hanno origine prevalente in provincia di Mantova e destinazione prevalente nella zona di Mirandola, mentre quelli transitanti sulla SP467 a Sassuolo si sviluppano soprattutto fra la Provincia di Reggio Emilia ed il distretto delle ceramiche.

Flussi di attraversamento del territorio provinciale emergono soltanto in pochi casi, fra cui segnalano:

- la SP255 a Nonantola, che supporta scambi tra il quadrante Nord-Occidentale della Provincia di Bologna (soprattutto San Giovanni in Persiceto) e la provincia di Reggio Emilia;
- la SS9 a Modena ed a Castelfranco, che supporta deboli scambi fra la Provincia di Bologna e quella di Reggio Emilia.

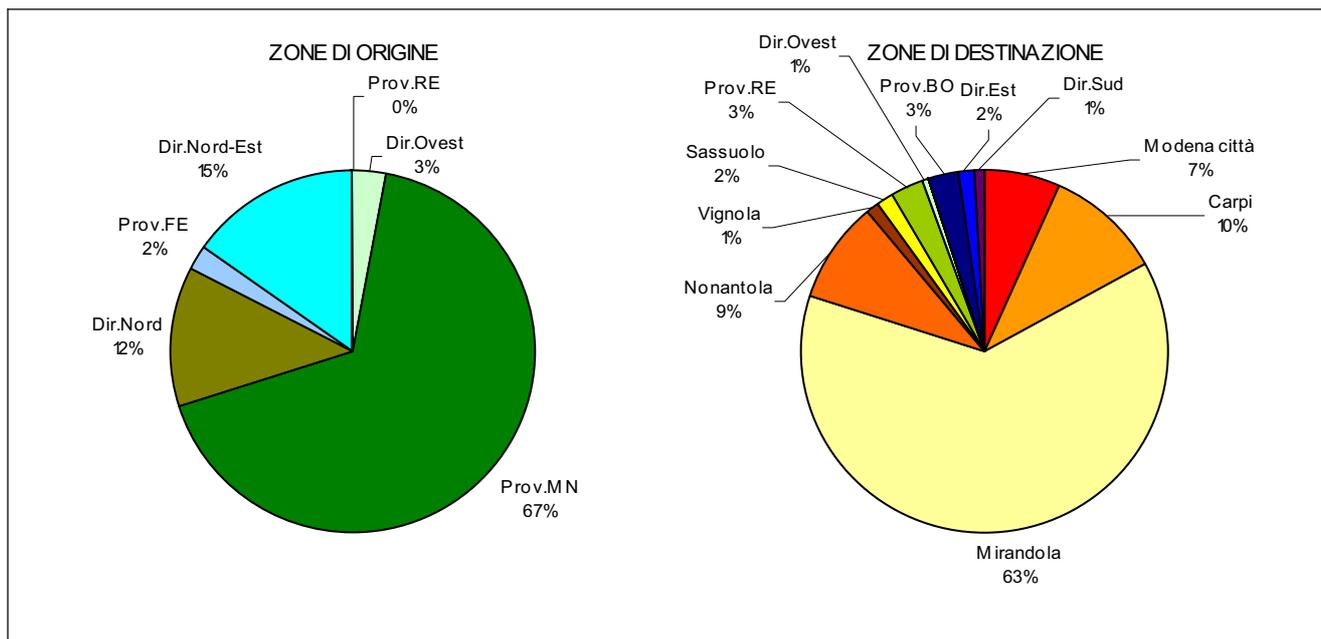
Va osservato invece che la direttrice pedemontana (SP569 a Savignano ed SP467 a Sassuolo) si caratterizza per una sostanziale discontinuità di flussi interprovinciali in posizione intermedia tra Vignola e Maranello.

Per quanto concerne invece la rete autostradale, essa tende a supportare la quasi totalità degli scambi di medio-lunga percorrenza, con carattere ovunque omnidirezionale.

Emergono in questo caso flussi di attraversamento legati alla distribuzione dei flussi provenienti dall'autostrada nei territorio provinciali contermini. In particolare si può osservare che:

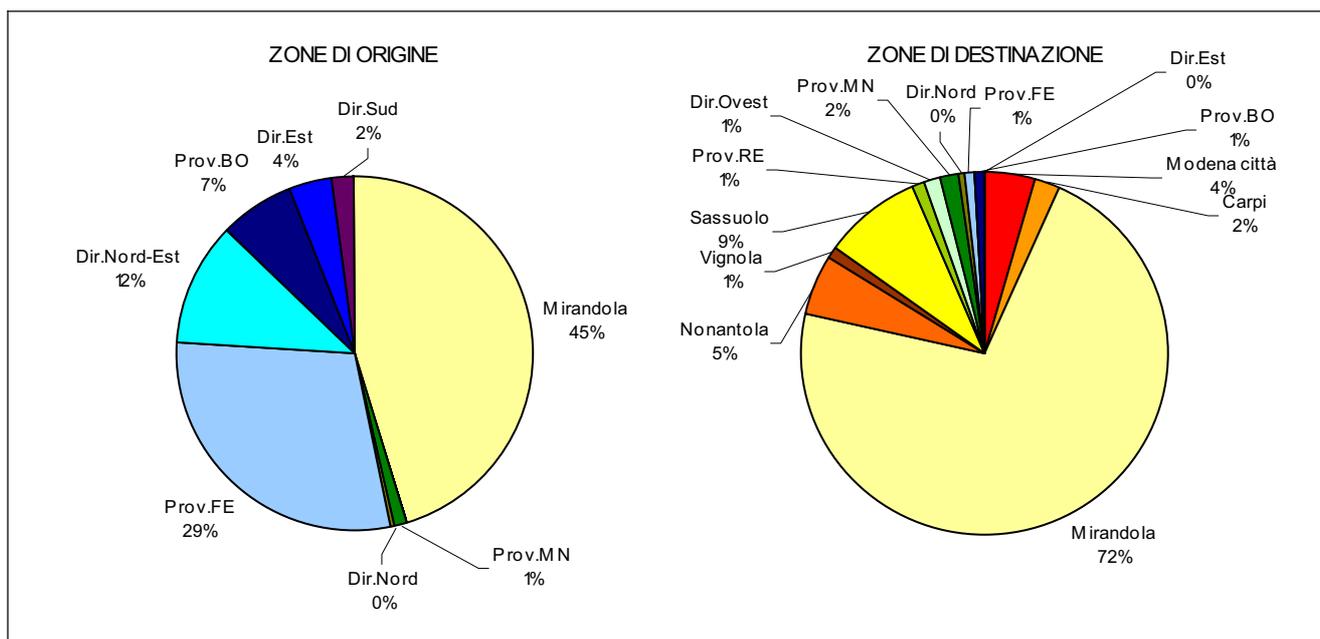
- lo svincolo di Modena Nord serve anche comparti territoriali della Provincia di Reggio Emilia;
- lo svincolo di Modena Sud presenta una consistente incidenza di scambi con la Provincia di Bologna;
- gli svincoli di Carpi e Campogalliano intercettano flussi diretti non soltanto verso il vicino territorio reggiano, ma anche verso il Nord-Ovest bolognese, confermando l'esistenza di una direttrice di attraversamento che si sviluppa immediatamente a Nord del capoluogo provinciale.

SEZIONE 1: SS12 MIRANDOLA



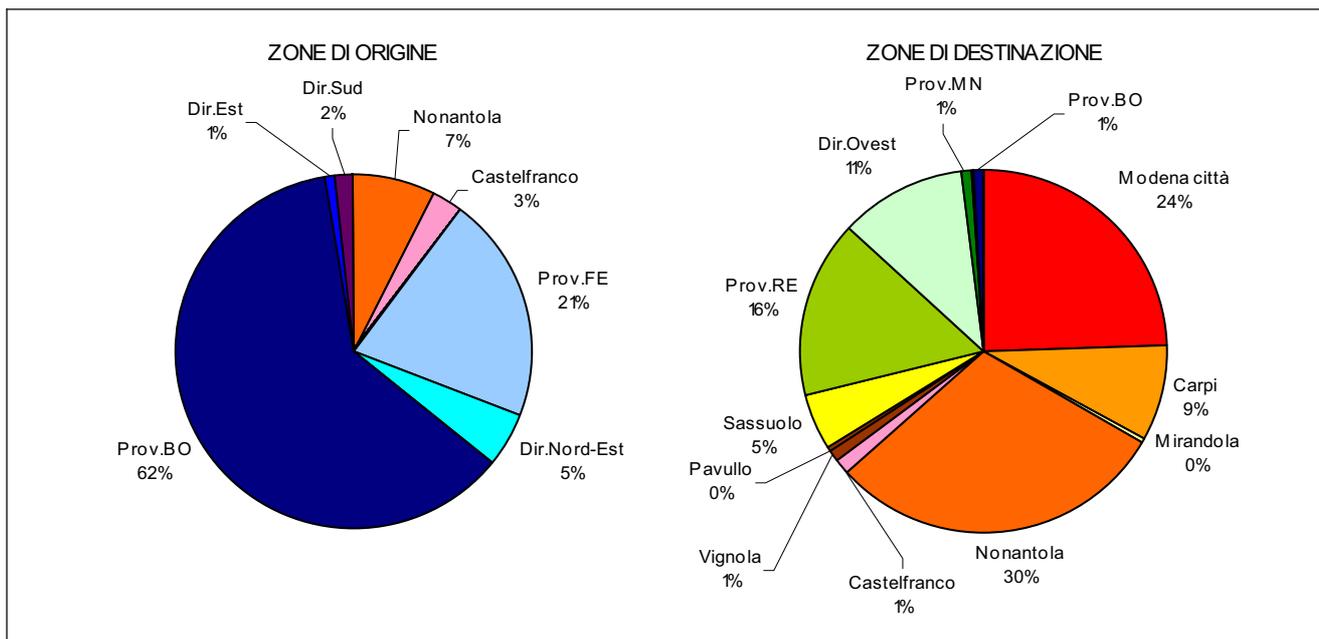
Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 1: SS12 MIRANDOLA																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città																		0
2 Carpi																		0
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE																		0
11 Dir.Ovest			7	12														19
20 Prov.MN	32	32	302	30				11	6						13	10	5	442
21 Dir.Nord			14	48	16										5			82
30 Prov.FE				10						5								15
31 Dir.Nord-Est	12	15	42	13		7			11									101
40 Prov.BO																		0
41 Dir.Est																		0
51 Dir.Sud																		0
TOTALE	44	68	414	59	0	7	0	11	17	5	0	0	0	0	18	10	5	658

SEZIONE 2: SP468 FINALE EMILIA



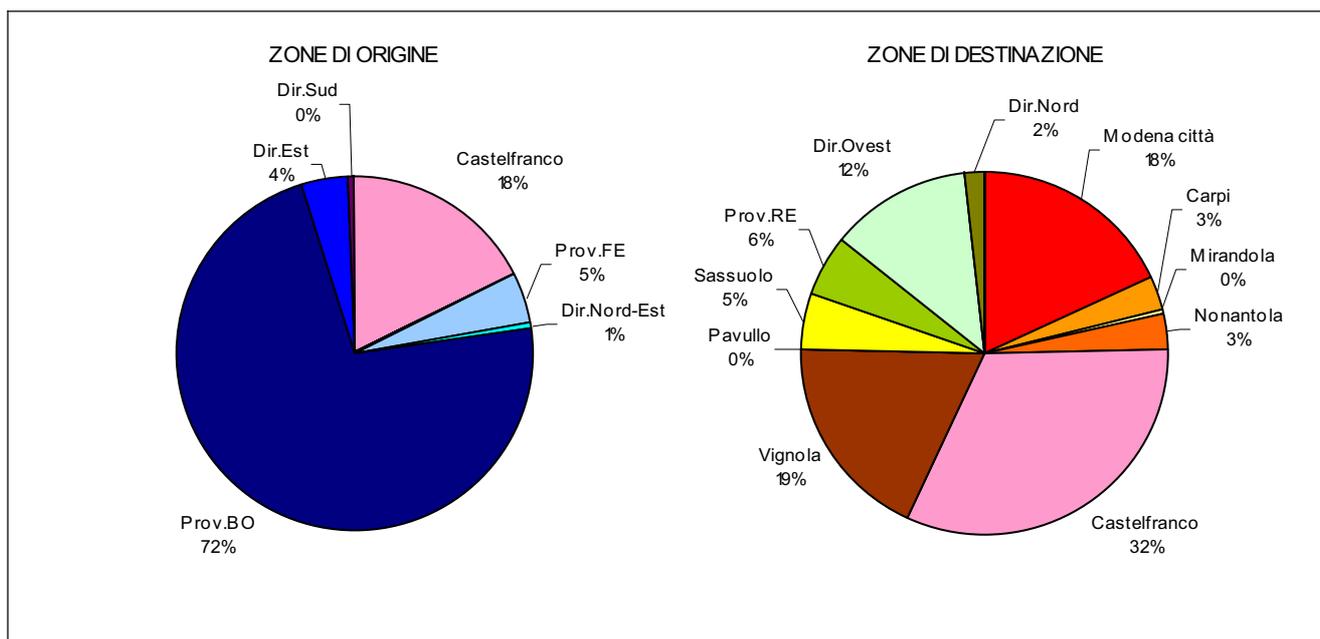
Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																			
SEZIONE 2: SP468 FINALE EMILIA																			
Zona di origine	totale veicoli																		
	zona di destinazione																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT	
1 Modena città																			0
2 Carpi																			0
3 Mirandola	15	5	241	5		8					5	3	7		5			294	
4 Nonantola																			0
5 Castelfranco																			0
6 Vignola																			0
7 Pavullo																			0
8 Sassuolo																			0
10 Prov.RE																			0
11 Dir.Ovest																			0
20 Prov.MN			7																7
21 Dir.Nord			2																2
30 Prov.FE	12	3	90	15				54	5	9	2							190	
31 Dir.Nord-Est	2	7	49	15				2										75	
40 Prov.BO			39						2		3							44	
41 Dir.Est			26															26	
51 Dir.Sud			13															13	
TOTALE	29	15	467	35	0	8	0	56	7	9	10	3	7	0	5	0	0	651	

SEZIONE 4: SP255 NONANTOLA



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 4: SP255 NONANTOLA																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città																		0
2 Carpi																		0
3 Mirandola																		0
4 Nonantola	41				9													49
5 Castelfranco		7			3													18
6 Vignola										7								0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE																		0
11 Dir.Ovest																		0
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord																		0
30 Prov.FE	23			19	4			2	7	59	24							136
31 Dir.Nord-Est	20	9							4									32
40 Prov.BO	77	31	2	167	5	8		23	38	42	7	2			5			406
41 Dir.Est									7									7
51 Dir.Sud			10															10
TOTALE	160	58	2	198	9	8	2	33	104	73	7	2	0	0	5	0	0	659

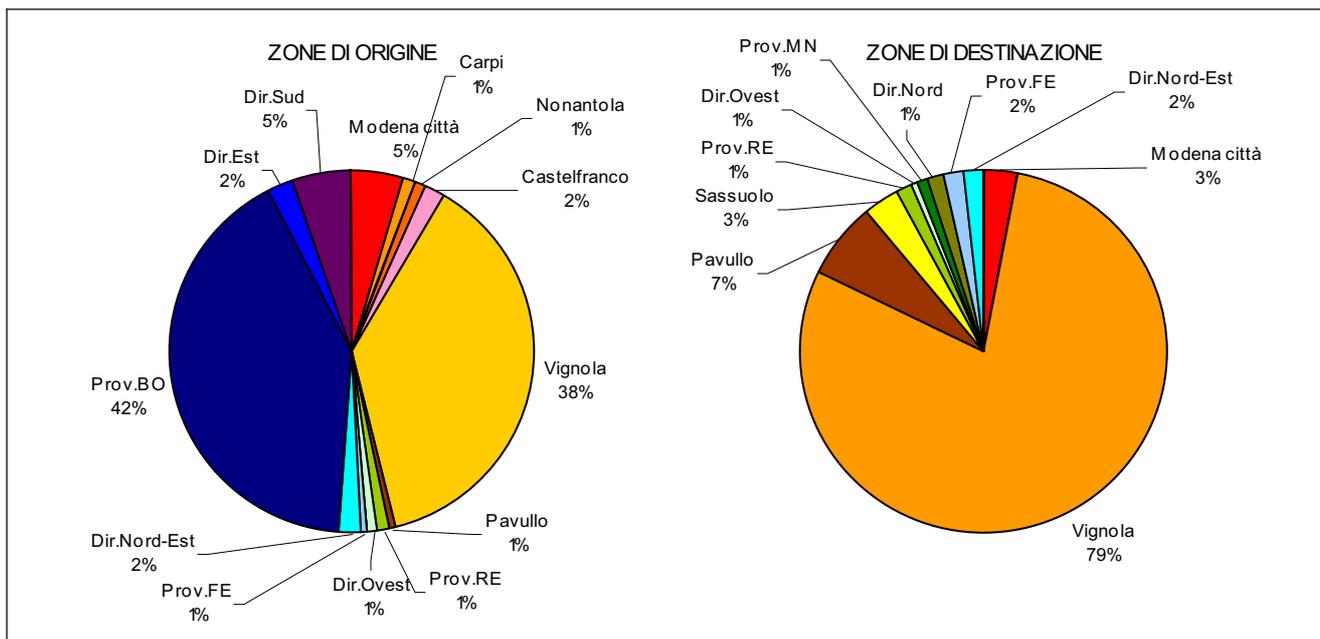
SEZIONE 5: SS9 CASTELFRANCO EMILIA



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE 5: SS9 CASTELFRANCO EMILIA

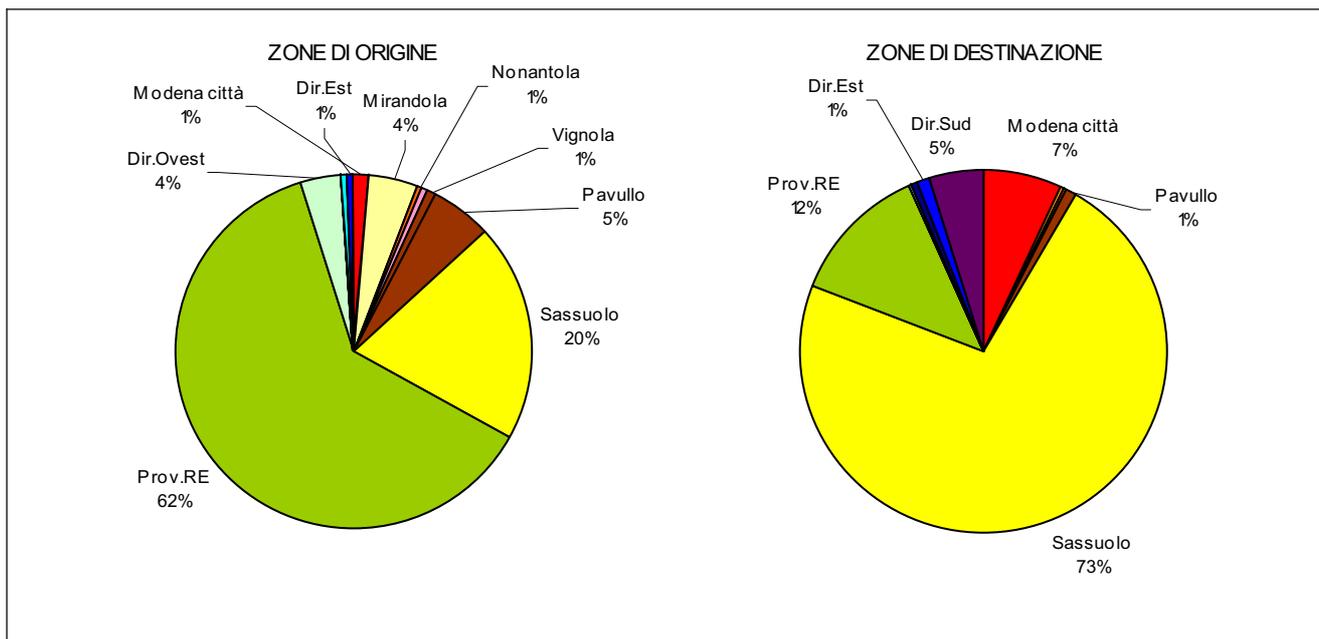
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																TOT	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41		51
1 Modena città																		0
2 Carpi																		0
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco	60				81			45		5								191
6 Vignola																		0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE																		0
11 Dir.Ovest																		0
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord																		0
30 Prov.FE					16	32												49
31 Dir.Nord-Est					6													6
40 Prov.BO	136	31		35	209	168		8	55	120		19						780
41 Dir.Est					34				4	9								47
51 Dir.Sud			5															5
TOTALE	196	31	5	35	346	200	0	53	60	133	0	19	0	0	0	0	0	1.077

SEZIONE 6: SS569 SAVIGNANO SUL PANARO



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 6: SP569 SAVIGNANO																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città						44	5											49
2 Carpi						13												13
3 Mirandola																		0
4 Nonantola						9												9
5 Castelfranco						21												21
6 Vignola	15					316	5	6	6			15	19	19				401
7 Pavullo						6												6
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE						11												11
11 Dir.Ovest						6	4											10
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord																		0
30 Prov.FE						6												6
31 Dir.Nord-Est						19												19
40 Prov.BO	9					328	54	28	8	7	9							443
41 Dir.Est						19	4											23
51 Dir.Sud	10					46												56
TOTALE	33	0	0	0	0	845	72	34	15	7	9	15	19	19	0	0	0	1.068

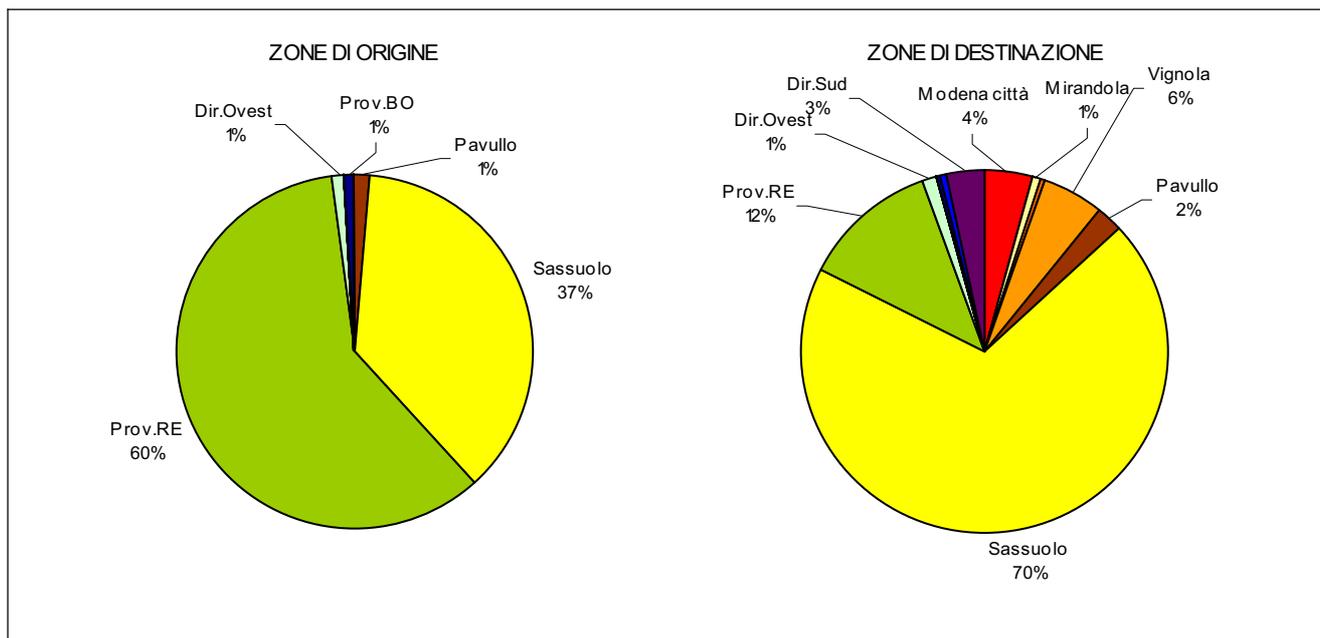
SEZIONE 8A: SP15 MAGRETA



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE 8A: SP15 MAGRETA

Zona di origine	totale veicoli																TOT	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	
1 Modena città								10	13									23
2 Carpi																		0
3 Mirandola									72									72
4 Nonantola								10										10
5 Castelfranco							7											7
6 Vignola								16										16
7 Pavullo	29							14	45									88
8 Sassuolo	32						7	148	58						7		72	324
10 Prov.RE	52	7		3				941	3				7				3	1.017
11 Dir.Ovest								41								20		61
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord																		0
30 Prov.FE																		0
31 Dir.Nord-Est									7									7
40 Prov.BO																		0
41 Dir.Est								7	3									11
51 Dir.Sud																		0
TOTALE	113	7	0	3	0	0	14	1.187	202	0	0	0	7	0	7	20	76	1.636

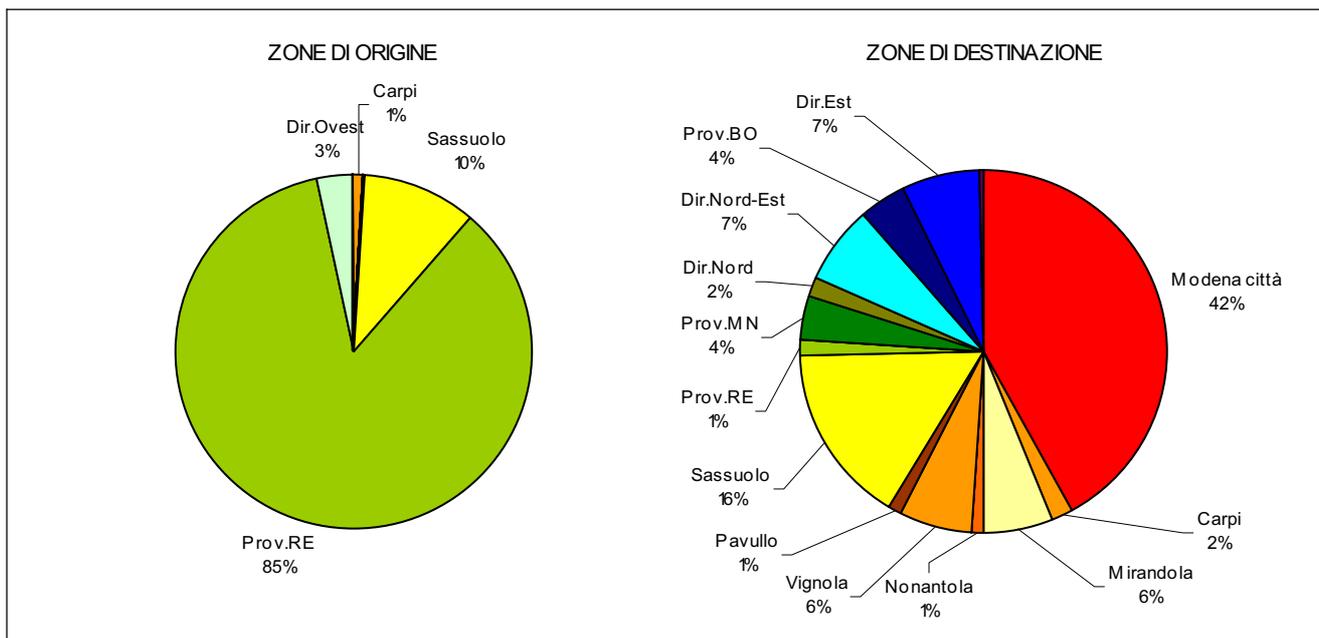
SEZIONE 8B: SP467 SASSUOLO



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE 1: SS12 MIRANDOLA

Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città																		0
2 Carpi																		0
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo	30							14										43
8 Sassuolo	29		21	7		110	27	460	355					14	13	73		1.108
10 Prov.RE	66					55	29	1.574		37							29	1.788
11 Dir.Ovest							14	14										27
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord			7															7
30 Prov.FE																		0
31 Dir.Nord-Est																		0
40 Prov.BO								21										21
41 Dir.Est																		0
51 Dir.Sud																		0
TOTALE	124	0	28	7	0	165	69	2.082	355	37	0	0	0	0	14	13	102	2.994

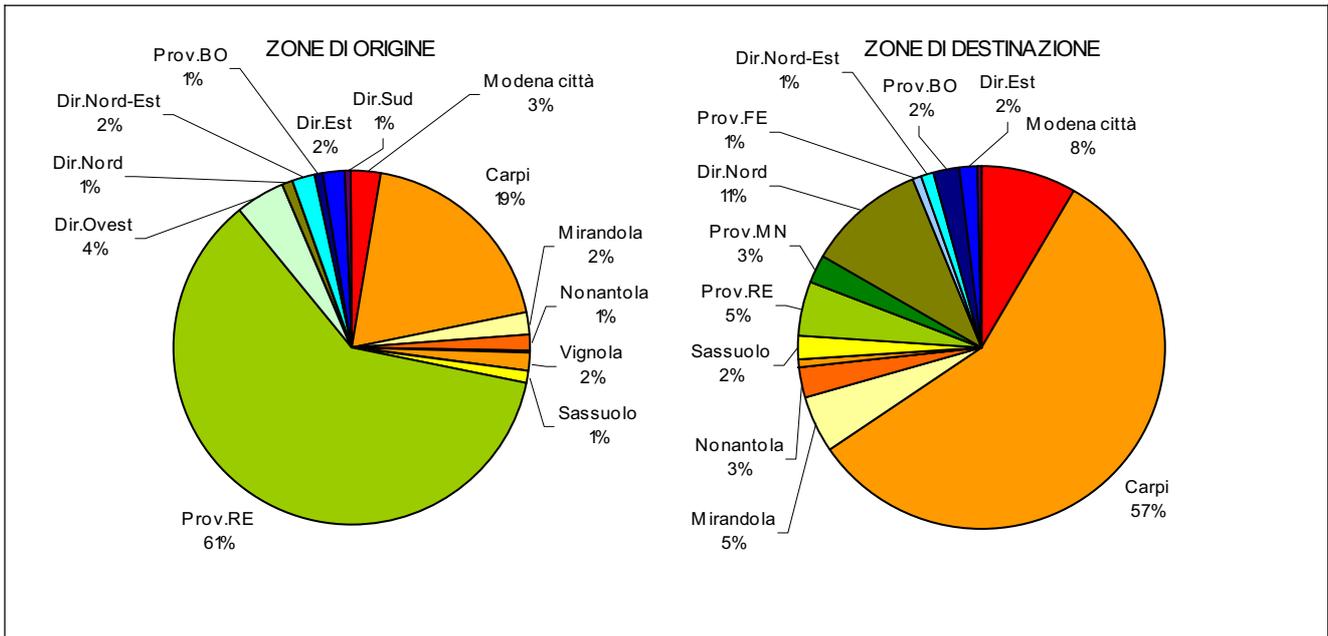
SEZIONE 9: SS9 MODENA



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE 9: SS9 MODENA

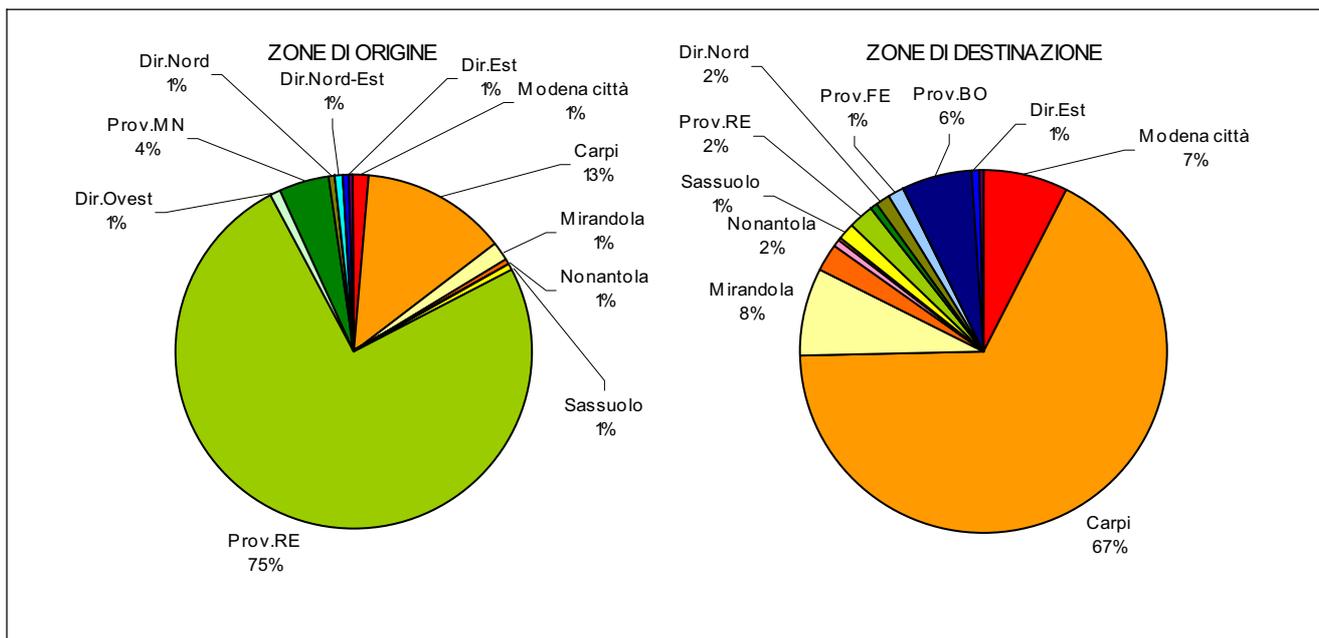
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																TOT	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41		51
1 Modena città																		0
2 Carpi								4							13			17
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo			4															4
8 Sassuolo	18	14									43			4	18	98		193
10 Prov.RE	755	23	105	23		118	8	280	19		31	29		94	64	31		1.580
11 Dir.Ovest	8						14	14	8					14			4	61
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord																		0
30 Prov.FE																		0
31 Dir.Nord-Est																		0
40 Prov.BO																		0
41 Dir.Est																		0
51 Dir.Sud																		0
TOTALE	780	36	109	23	0	118	21	297	27	0	74	29	0	126	81	129	4	1.855

SEZIONE 10A: SP465 CARPI



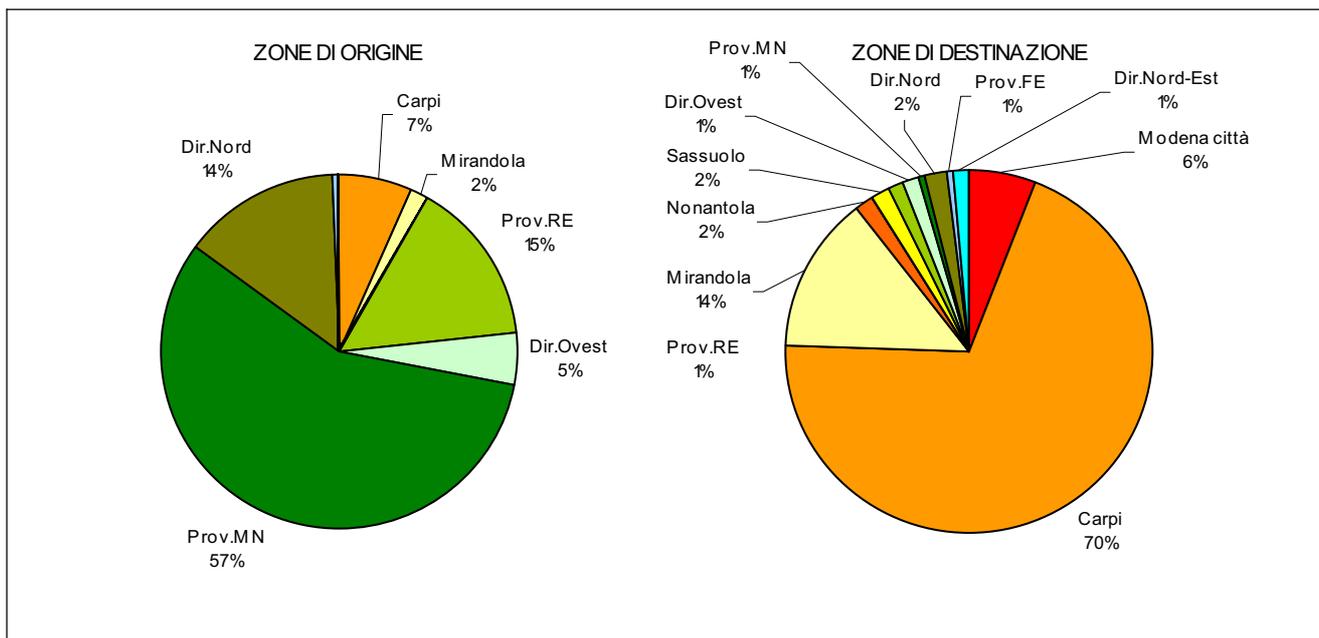
Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 10A: SP465 CARPI																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città			30															30
2 Carpi	34	76	10								4	72						196
3 Mirandola		10							12									22
4 Nonantola		10		3														14
5 Castelfranco									3									3
6 Vignola	4	10							3									17
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo		10																10
10 Prov.RE	45	400	34	20				24	8		22	39		12	7	16	4	630
11 Dir.Ovest	3	26	7	3					3						3			46
20 Prov.MN																		0
21 Dir.Nord		6							4									10
30 Prov.FE																		0
31 Dir.Nord-Est		10							12									22
40 Prov.BO		3							3									7
41 Dir.Est													9		12			20
51 Dir.Sud				3		3												7
TOTALE	86	593	51	30	0	3	0	24	48	0	26	111	9	12	22	16	4	1.035

SEZIONE 10B SP1 CARPI



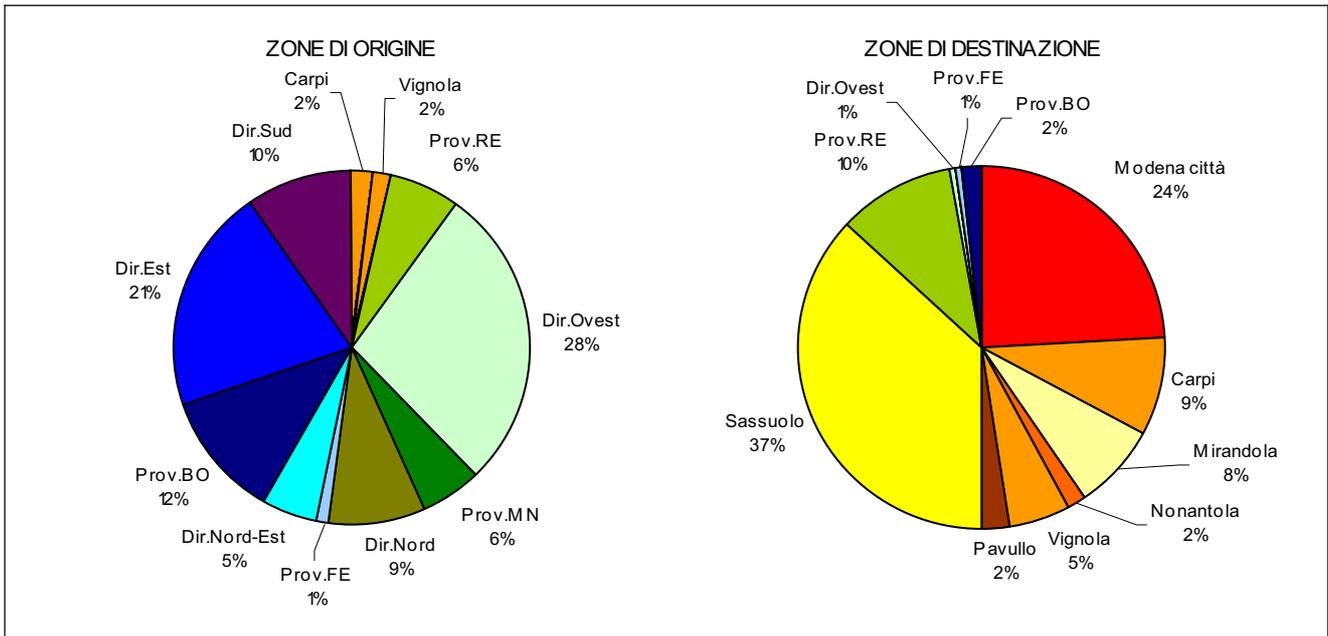
Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 10B: SP1 CARPI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		5	7										4					16
2 Carpi	5	89	5	15				18						12				142
3 Mirandola		10	6															16
4 Nonantola		6																6
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo							6											6
10 Prov.RE	58	557	58	11	4	4	4	5		4	16	10		54	8	4	797	
11 Dir.Ovest		12																12
20 Prov.MN	16	20	4				4	4										47
21 Dir.Nord		6																6
30 Prov.FE																		0
31 Dir.Nord-Est		4	5															9
40 Prov.BO																		0
41 Dir.Est		6																6
51 Dir.Sud		4																4
TOTALE	79	718	84	26	4	4	0	13	26	0	4	16	14	0	66	8	4	1.066

SEZIONE 11: SP413 NOVI DI MODENA



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE 11: SP413 NOVI DI MODENA																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città																		0
2 Carpi	7	6	8					2										22
3 Mirandola		3	3															6
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov. RE	5	38	2											5				49
11 Dir. Ovest		8	8															16
20 Prov. MN	8	135	18	5				5	4	5	2	6	2					190
21 Dir. Nord		40	8															48
30 Prov. FE		2																2
31 Dir. Nord-Est																		0
40 Prov. BO																		0
41 Dir. Est																		0
51 Dir. Sud																		0
TOTALE	19	232	46	5	0	0	0	6	4	5	2	6	2	5	0	0	0	333

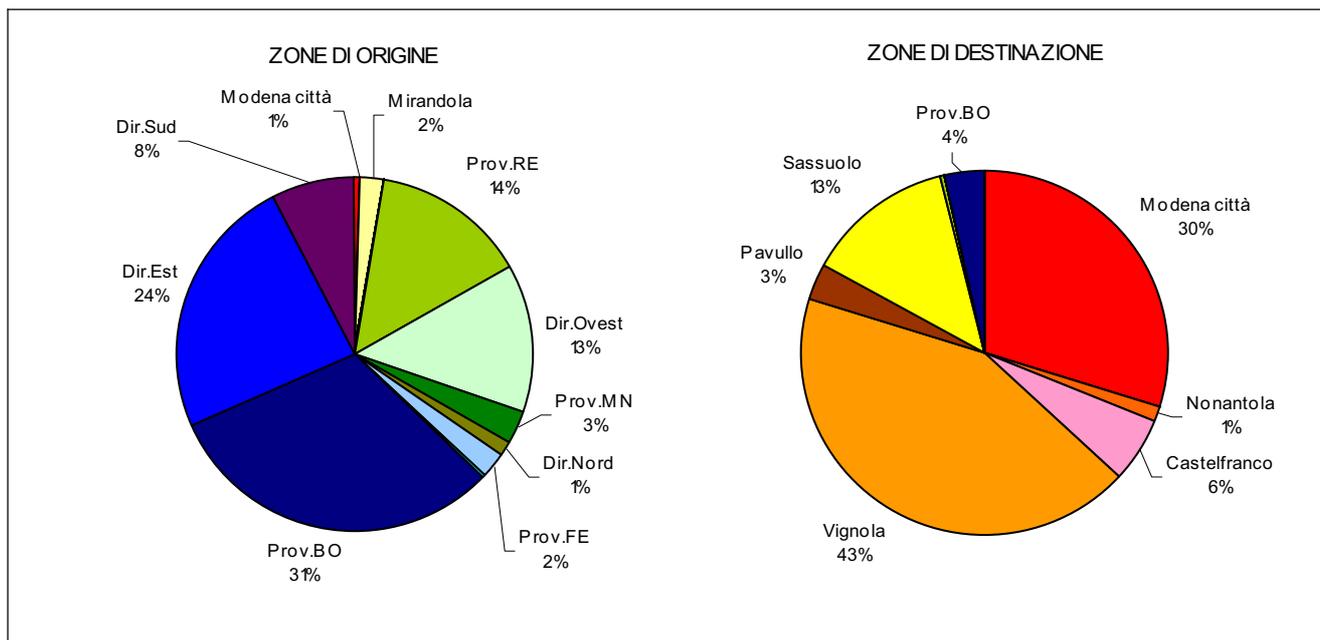
SEZIONE A1: A1 MODENA NORD



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE A1: A1 MODENA NORD

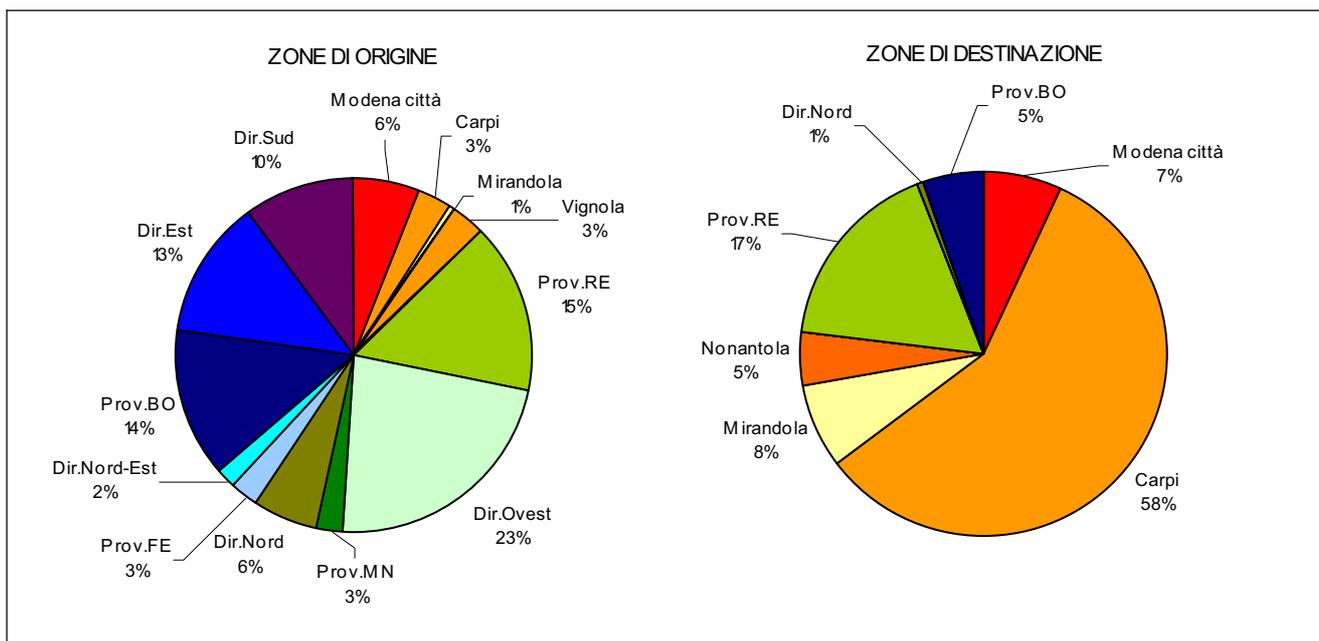
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città																		0
2 Carpi	21					46												67
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola									36	21								57
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE	36		164			18												218
11 Dir.Ovest	237	237		54			65	256	39				18		54			960
20 Prov.MN	39					68		85										191
21 Dir.Nord	93							165	36									294
30 Prov.FE	21							18										39
31 Dir.Nord-Est								169										169
40 Prov.BO	153		18				21	189	18									398
41 Dir.Est	184		65			46		296	122									712
51 Dir.Sud	46	65	18					101	101									331
TOTALE	829	302	265	54	0	178	85	1.278	351	21	0	0	18	0	54	0	0	3.436

SEZIONE A2: A1 MODENA SUD



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE A2: A1 MODENA SUD																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città					9													9
2 Carpi																		0
3 Mirandola															40			40
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola																		0
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE	16			26	40	154	7	7							7			256
11 Dir.Ovest	77				50	106												234
20 Prov.MN					7	49												56
21 Dir.Nord						7									18			25
30 Prov.FE						40												40
31 Dir.Nord-Est						7												7
40 Prov.BO	182					315		50	7									554
41 Dir.Est	179					39	43	172										433
51 Dir.Sud	76					49	9											134
TOTALE	530	0	0	26	106	766	59	229	7	0	0	0	0	0	65	0	0	1.788

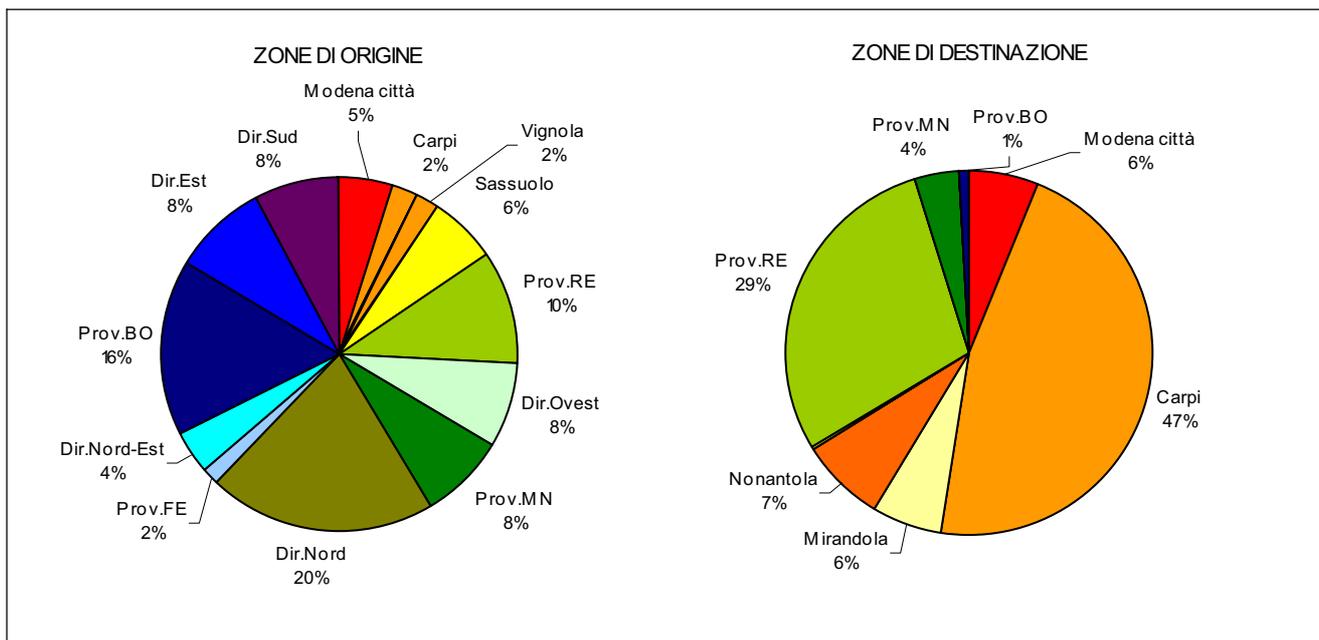
SEZIONE A3: A22 CAMPOGALLIANO



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena
SEZIONE A3: A22 CAMPOGALLIANO

Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione															TOT		
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40		41	51
1 Modena città		28	7						17						19			71
2 Carpi		21													12			33
3 Mirandola		7																7
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola		26							9									35
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo																		0
10 Prov.RE	20	85		47					16						9			177
11 Dir.Ovest	34	138	54	7					17		7				4			260
20 Prov.MN	12								9						9			30
21 Dir.Nord		28	7						21						9			64
30 Prov.FE		31																31
31 Dir.Nord-Est		7	14															21
40 Prov.BO	7	74							75									156
41 Dir.Est		122							24									147
51 Dir.Sud	7	95	4						8									114
TOTALE	80	663	86	54	0	0	0	0	196	0	0	7	0	0	62	0	0	1.147

SEZIONE A4: A22 CARPI



Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
SEZIONE A4: A22 CARPI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		21							30									51
2 Carpi	4	14							2									20
3 Mirandola																		0
4 Nonantola																		0
5 Castelfranco																		0
6 Vignola			17						5									22
7 Pavullo																		0
8 Sassuolo	46	9							7									62
10 Prov.RE		37	9						55									101
11 Dir.Ovest		62	12	3														77
20 Prov.MN	5	35	5	23				3	2						3			77
21 Dir.Nord	4	108	9	25					52						5			203
30 Prov.FE									18									18
31 Dir.Nord-Est		15		22														37
40 Prov.BO		94	18						50									162
41 Dir.Est		30	5						18		31							83
51 Dir.Sud		21	2						46		9							78
TOTALE	60	462	60	73	0	0	0	3	286	0	40	0	0	0	8	0	0	993

5.4 Stima della matrice O/D al cordone

La sommatoria delle O/D parziali riferite alla fascia di otto ore conduce ad un totale di 20.372 movimenti veicolari/giorno, di cui 14.365 in entrata (70,5%), 2.088 in attraversamento (10,3%), ma anche 2.624 interni (12,9%) e 1.295 in uscita (6,4%).

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		83	14		9	44	5	10	60				4		19			250
2 Carpi	71	205	23	15		59		5	20		4	72			37			511
3 Mirandola	15	36	250	5		8			84		5	3	7		44			457
4 Nonantola	41	16		12		9		10										88
5 Castelfranco	60	7		3	81	21	7	45	3	12								240
6 Vignola	18	54				316	5	22	59	21			15		19			529
7 Pavullo	59		4			6		27	45									141
8 Sassuolo	124	33	21	7		110	34	614	419					24	31	244		1.703
10 Prov.RE	1.053	1.146	372	130	44	360	43	2.830	106	37	26	87	47	17	171	88	70	6.626
11 Dir.Ovest	359	490	93	68	50	112	96	324	67			7	18		76	20		1.779
20 Prov.MN	111	222	337	59	7	117		108	24	5	2	6	2		25	10	5	1.040
21 Dir.Nord	97	200	81	41		7		165	113						36			740
30 Prov.FE	55	34	100	33	20	78	2	78	83	38	2							524
31 Dir.Nord-Est	34	70	110	49	6	33		174	29									506
40 Prov.BO	563	234	76	202	214	818	75	298	258	169	18	20			5			2.951
41 Dir.Est	363	158	95		34	105	47	496	178	9	31		9		12			1.535
51 Dir.Sud	138	195	41	3		99	9	101	155			9						751
TOTALE	3.162	3.184	1.617	628	464	2.304	322	5.307	1.704	289	97	253	86	35	450	149	319	20.372

In termini omogeneizzati, il totale è di 56.880 veicoli equivalenti, di cui 39.509 (69,5%) in entrata, 6.898 (12,1%) in attraversamento, 6.541 (11,5%) interni e 3.932 (6,9%) in uscita.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli equivalenti zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		187	43		24	86	7	18	193				5		73			636
2 Carpi	121	367	46	31		148		13	67		18	324			124			1.259
3 Mirandola	31	71	458	8		12			343		10	14	11		71			1.028
4 Nonantola	111	35		37		22		18										224
5 Castelfranco	139	11		5	183	41	10	113	9	39								551
6 Vignola	41	168				657	7	39	237	31			38		39			1.258
7 Pavullo	102		9			15		68	71									266
8 Sassuolo	409	82	94	17		468	86	1.880	775			192			54	112	1.083	5.251
10 Prov.RE	2.044	2.557	780	345	70	1.102	166	7.661	340	69	49	271	135	68	511	266	275	16.707
11 Dir.Ovest	937	1.293	272	234	125	450	378	1.221	163			31	45		254	91		5.493
20 Prov.MN	296	486	840	187	17	387		287	65	21	3	9	6		64	35	21	2.724
21 Dir.Nord	290	561	210	129		17		743	414						77			2.441
30 Prov.FE	117	79	259	95	41	124	4	265	287	144	5							1.419
31 Dir.Nord-Est	103	178	276	160	15	97		707	93									1.629
40 Prov.BO	1.218	565	189	445	434	2.197	156	1.029	740	673	52	41			8			7.747
41 Dir.Est	1.352	499	393		122	353	117	1.996	705	21	138		38		18			5.752
51 Dir.Sud	430	648	113	9		237	24	382	610		40							2.493
TOTALE	7.742	7.788	3.981	1.702	1.030	6.412	954	16.441	5.113	999	315	920	240	106	1.253	504	1.379	56.880

Passando ad esaminare la matrice dell'ora di punta, si ottiene un totale di 2.499 veicoli/ora, di cui di cui 1.750 (70,0%) in entrata, 269 (10,8%) in attraversamento, 387 (15,5%) interni e 93 (3,7%) in uscita.

Si può osservare che il flusso orario (2.499 veicoli) corrisponde quasi esattamente ad 1/8 del flusso totale (20.372 veicoli), evidenziando la sostanziale assenza di concentrazione oraria della matrice dei movimenti commerciali.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		5	2		5	10	3	5	6									36
2 Carpi	11	40	3	4				7	4		1				2			73
3 Mirandola	2	6	38	3		3			20						2			75
4 Nonantola	5	6						5										15
5 Castelfranco		5				2	3			3								13
6 Vignola	7					41	3			6								58
7 Pavullo	19		1					3	5						2			28
8 Sassuolo	21	2	10	3		10		94	17						10		14	181
10 Prov.RE	144	127	27	13		54		181	24	13	6	14	9		15	11	10	648
11 Dir.Ovest	42	34	22	6		43	15	59	14				6					240
20 Prov.MN	20	43	46	21		5		18	2									154
21 Dir.Nord	12		12	11				31	6						9			80
30 Prov.FE	9	7	18	3	9	18		6	27	8								103
31 Dir.Nord-Est	18	5	26	2	3	2		21	3									81
40 Prov.BO	95	68	8	19	27	88	9	68	27	21			3					433
41 Dir.Est	85	8	15				2	27	5						6			149
51 Dir.Sud		48	6			22	5	21	32									133
TOTALE	489	405	234	85	43	298	39	545	191	50	7	17	15	2	45	11	24	2.499

In termini omogeneizzati, si ottengono invece 6.686 veicoli eq./ora, di cui 4.743 (70,9%) in entrata, 758 (11,3%) in attraversamento, 972 (13,9%) interni e 258 (3,9%) in uscita.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli equivalenti zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		13	9		12	16	4	9	9									71
2 Carpi	22	76	8	6				18	6		4				6			145
3 Mirandola	6	12	67	4		4			72						6			172
4 Nonantola	7	11						9										27
5 Castelfranco		7				5	5			8								24
6 Vignola	14					84	4			9								116
7 Pavullo	35		3					9	9						5			56
8 Sassuolo	56	6	45	8		45		290	39						23		63	573
10 Prov.RE	267	261	94	28		108		454	78	22	9	26	14		25	23	39	1.449
11 Dir.Ovest	67	110	98	14		175	70	208	29				14					784
20 Prov.MN	48	143	91	61		12		52	9									415
21 Dir.Nord	23		29	17				139	11						14			232
30 Prov.FE	15	18	47	4	13	26		14	93	26								258
31 Dir.Nord-Est	50	22	74	6	8	5		83	9									257
40 Prov.BO	188	119	20	38	58	277	13	206	67	95			8					1.089
41 Dir.Est	342	20	70				5	82	12						9			539
51 Dir.Sud		179	14			64	12	83	126									478
TOTALE	1.141	996	668	185	91	820	111	1.657	570	159	13	33	28	5	82	23	102	6.686

Da tale matrice risulta necessario sottrarre i doppi conteggi. Ciò vale, in particolare, per le sezioni 10A (SP465 Carpi) e A4 (Svincolo A22 Carpi) che intercettano entrambi i movimenti provenienti dall'Autostrada del Brennero e diretti verso la Provincia di Modena. In relazione a queste due postazioni, si è operato sottraendo dalla matrice della sezione 10 A tutte le interviste contenenti dichiarazioni di provenienza dall'autostrada, o comunque da quadranti orientali (Castelfranco, Vignola, Provincia di Bologna, direttrice Est, direttrice Sud).

La matrice così ottenuta si caratterizza per un totale di 20.289 movimenti veicolari/giorno, di cui 14.345 (70,7%) in entrata, 2.046 (10,1%) in attraversamento, 2.610 (12,9%) interni e 1.288 (6,3%) in uscita.

La principale zona di origine è rappresentata dalla Provincia di Reggio Emilia, seguita da quella di Bologna e quindi della direttrici Ovest-Est e dalla Provincia di Mantova. I principali attrattori sono invece la zona di Sassuolo e Modena città. Seguite dalle zone di Carpi, Vignola e Mirandola. Più modesto appare il ruolo delle zone di Nonantola e Castelfranco, e soprattutto di quella di Pavullo.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		83	14		9	44	5	10	60				4		19			250
2 Carpi	71	205	23	15		59		5	20			4	72		37			511
3 Mirandola	15	36	250	5		8			84		5	3		7	44			457
4 Nonantola	41	16		12		9		10										88
5 Castelfranco	60	7		3	81	21	7	45	0	12								236
6 Vignola	15	43				316	5	22	56	21		15		19				512
7 Pavullo	59		4			6		27	45									141
8 Sassuolo	124	33	21	7		110	34	614	419			43		24	31	244		1.703
10 Prov.RE	1.053	1.140	372	130	44	360	43	2.830	106	37	26	78	47	17	171	88	70	6.611
11 Dir.Ovest	359	490	93	68	50	112	96	324	67			7	18	72	20			1.776
20 Prov.MN	111	222	337	59	7	117		108	24	5	2	6	2	25	10		5	1.040
21 Dir.Nord	97	200	81	41		7		165	109					36				736
30 Prov.FE	55	34	100	33	20	78	2	78	83	38	2							524
31 Dir.Nord-Est	34	66	110	49	6	33		174	26									499
40 Prov.BO	563	231	76	202	214	818	75	298	254	169	18	20		5	29			2.945
41 Dir.Est	363	158	95		34	105	47	496	178	9	31		0	0				1.515
51 Dir.Sud	138	195	41	0		95	9	101	155		9							745
TOTALE	3.159	3.161	1.617	624	464	2.300	322	5.307	1.687	289	97	244	78	35	435	149	319	20.289

In termini omogeneizzati, il totale è di 56.666 veicoli equivalenti, di cui 39.466 (69,6%) in entrata, 6.769 (11,9%) in attraversamento, 6.516 (11,5%) interni e 3.915 (6,9%) in uscita.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli equivalenti zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		187	43		24	86	7	18	193				5		73			636
2 Carpi	121	367	46	31		148		13	67		18	324		124				1.259
3 Mirandola	31	71	458	8		12			343		10	14	11	71				1.028
4 Nonantola	111	35		37		22		18										224
5 Castelfranco	139	11		5	183	41	10	113	0	39								542
6 Vignola	32	153				657	7	39	229	31		38		39				1.225
7 Pavullo	102		9			15		68	71									266
8 Sassuolo	409	82	94	17		468	86	1.880	775			192		54	112	1.083		5.251
10 Prov.RE	2.044	2.547	780	345	70	1.102	166	7.661	340	69	49	233	135	68	511	266	275	16.659
11 Dir.Ovest	937	1.293	272	234	125	450	378	1.221	163			31	45	246	91			5.485
20 Prov.MN	296	486	840	187	17	387		287	65	21	3	9	6	64	35	21		2.724
21 Dir.Nord	290	561	210	129		17		743	405					77				2.432
30 Prov.FE	117	79	259	95	41	124	4	265	287	144	5							1.419
31 Dir.Nord-Est	103	170	276	160	15	97		707	85									1.612
40 Prov.BO	1.218	557	189	445	434	2.197	156	1.029	732	673	52	41		8				7.731
41 Dir.Est	1.352	499	393		122	353	117	1.996	705	21	138		0	0				5.696
51 Dir.Sud	430	648	113	0		228	24	382	610		40							2.476
TOTALE	7.733	7.746	3.981	1.694	1.030	6.404	954	16.441	5.070	999	315	882	202	106	1.227	504	1.379	56.666

Considerando invece la matrice della sola ora di punta, essa presenta un totale di 2.489 veicoli, di cui 1.750 (70,3%) in entrata, 261 (10,5%) in attraversamento, 385 (15,5%) interni e 93 (3,7%) in uscita.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		5	2		5	10	3	5	6									36
2 Carpi	11	40	3	4				7	4		1				2			73
3 Mirandola	2	6	38	3		3			20					2				75
4 Nonantola	5	6						5										15
5 Castelfranco		5				2	3			3								13
6 Vignola	4					41	3			6				2				56
7 Pavullo	19		1					3	5									28
8 Sassuolo	21	2	10	3		10		94	17					10		14		181
10 Prov.RE	144	127	27	13		54		181	24	13	6	14	9	15	11	10		648
11 Dir.Ovest	42	34	22	6		43	15	59	14				6					240
20 Prov.MN	20	43	46	21		5		18	2									154
21 Dir.Nord	12		12	11				31	4					9				78
30 Prov.FE	9	7	18	3	9	18		6	27	8								103
31 Dir.Nord-Est	18	5	26	2	3	2		21	3									81
40 Prov.BO	95	68	8	19	27	88	9	68	27	21			3					433
41 Dir.Est	85	8	15				2	27	5					0				143
51 Dir.Sud		48	6			22	5	21	32									133
TOTALE	486	405	234	85	43	298	39	545	189	50	7	17	15	2	39	11	24	2.489

In termini omogeneizzati, il totale è di 6.666 veicoli equivalenti, di cui 4.743 (71,2%) in entrata, 743 (11,1%) in attraversamento, 9211 (13,8%) interni e 258 (3,9%) in uscita.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI																		
Zona di origine	totale veicoli equivalenti zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		13	9		12	16	4	9	9									71
2 Carpi	22	76	8	6				18	6		4				6			145
3 Mirandola	6	12	67	4		4			72					6				172
4 Nonantola	7	11						9										27
5 Castelfranco		7				5	5			8								24
6 Vignola	9					84	4			9				5				111
7 Pavullo	35		3					9	9									56
8 Sassuolo	56	6	45	8		45		290	39					23		63		573
10 Prov.RE	267	261	94	28		108		454	78	22	9	26	14	25	23	39		1.449
11 Dir.Ovest	67	110	98	14		175	70	208	29				14					784
20 Prov.MN	48	143	91	61		12		52	9									415
21 Dir.Nord	23		29	17				139	5					14				227
30 Prov.FE	15	18	47	4	13	26		14	93	26								258
31 Dir.Nord-Est	50	22	74	6	8	5		83	9									257
40 Prov.BO	188	119	20	38	58	277	13	206	67	95			8					1.089
41 Dir.Est	342	20	70				5	82	12					0				530
51 Dir.Sud		179	14			64	12	83	126									478
TOTALE	1.135	996	668	185	91	820	111	1.657	564	159	13	33	28	5	73	23	102	6.666

6 VALIDAZIONE DEI RISULTATI

Per effettuare la validazione dei risultati, è necessario innanzitutto riportare la matrice rilevata al cordone al totale giornaliero. Ciò è possibile applicando a ciascuna sezione coefficienti di espansione ottenuti confrontando il TGM con i flussi rilevati nelle otto ore.

Nel caso delle sezioni 4, 6, 8B e 10A, per le quali non è disponibile alcuna rilevazione estesa sulle 24 ore, si è operato in base alla media dei coefficienti di espansione ottenuti sulle altre sezioni della rete ordinaria (*vedi tabella seguente*).

Provincia di Modena				
INDAGINE O/D SUL TRASPORTO MERCI				
CALCOLO COEFFICIENTI DI ESPANSIONE - 8-24 ORE				
		Transiti in dir.Modena		
Sez.	Postazione	8 ore	24 ore	K esp
01	SS12 Mirandola	599	987	1,65
02	SP468 Finale Em.	375	694	1,85
04	SP255 Nonantola	=	=	1,75
05	SS9 Castelfranco	509	1.080	2,12
06	SP569 Savignano	=	=	1,75
8A	SP15 Magreta	504	958	1,90
8B	SP467 Sassuolo	=	=	1,75
09	SS9 Modena	408	799	1,96
10A	SP465 Carpi	=	=	1,75
10B	SP1 Carpi	1.569	2.953	1,88
11	SP413 Novi	1.545	3.129	2,03
	Tot.rete ord.	610	1.067	1,75
A1	A1 Modena Nord	3.436	6.897	2,01
A2	A1 Modena Sud	1.788	3.378	1,89
A3	A22 Campogalliano	1.147	2.079	1,81
A4	A22 Carpi	993	2.018	2,03
	Tot.rete autostr.	7.364	14.372	1,95
	TOTALE	7.973	15.439	1,94

Applicando tali coefficienti, si ottiene un totale di circa 38 mila veicoli/giorno.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI (ingresso cordone)																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città		154	27		18	78	8	19	117				7		35			463
2 Carpi	134	378	42	28		115		10	38		7	126			70			947
3 Mirandola	28	66	462	10		15			158		10	6	13		84			849
4 Nonantola	71	30		21		15		19										156
5 Castelfranco	127	13		6	172	36	13	96	0	22								485
6 Vignola	19	82				554	8	41	104	41				33				910
7 Pavullo	108		7			11		50	86									261
8 Sassuolo	239	63	36	12		193	61	1.098	744			84			44	57	458	3.089
10 Prov.RE	2.030	2.045	725	242	83	682	79	5.155	208	64	45	131	90	30	328	168	131	12.234
11 Dir.Ovest	704	948	170	134	94	211	187	641	129			12	36		144	39		3.450
20 Prov.MN	208	435	566	108	13	229		212	44	9	4	12	5		45	17	8	1.914
21 Dir.Nord	196	393	142	76		13		332	210						67			1.429
30 Prov.FE	103	62	184	60	41	155	3	147	150	67	4							974
31 Dir.Nord-Est	59	121	195	92	12	59		349	45									932
40 Prov.BO	1.102	441	147	367	452	1.538	136	580	479	340	32	42			9			5.665
41 Dir.Est	707	293	188		72	201	88	969	352	18	62		0		0			2.950
51 Dir.Sud	265	370	81	0		174	18	203	311		18							1.440
TOTALE	6.097	5.894	2.972	1.155	956	4.278	601	9.920	3.176	562	183	440	151	63	825	280	596	38.149

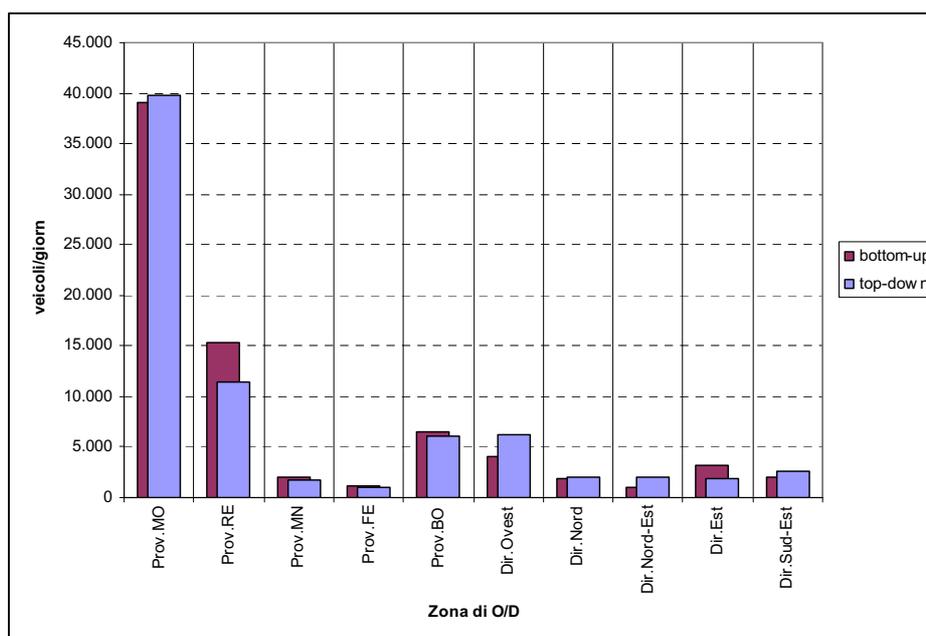
Sommando a questa matrice la sua trasposta, si ottiene la matrice simmetrica dei flussi bidirezionali sulle 24 ore.

Matrice O/D dei flussi veicolari commerciali entranti in Provincia di Modena																		
TUTTE LE SEZIONI (ingresso cordone)																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città	0	288	54	71	144	97	116	258	2.147	704	208	196	110	59	1.137	707	265	6.560
2 Carpi	288	756	108	57	13	198	0	73	2.082	948	442	519	62	121	511	293	370	6.841
3 Mirandola	54	108	924	10	0	15	7	36	883	170	576	148	197	195	231	188	81	3.821
4 Nonantola	71	57	10	42	6	15	0	31	242	134	108	76	60	92	367	0	0	1.311
5 Castelfranco	144	13	0	6	344	36	13	96	83	117	13	0	41	12	452	72	0	1.441
6 Vignola	97	198	15	15	36	1.108	19	234	786	253	229	40	155	92	1.538	201	174	5.188
7 Pavullo	116	0	7	0	13	19	0	111	165	187	0	0	3	0	136	88	18	862
8 Sassuolo	258	73	36	31	96	234	111	2.195	5.900	641	212	415	147	349	624	1.026	661	13.008
10 Prov.RE	2.147	2.082	883	242	83	786	165	5.900	415	193	90	340	240	76	807	520	442	15.410
11 Dir.Ovest	704	948	170	134	117	253	187	641	193	0	9	12	103	0	484	57	0	4.013
20 Prov.MN	208	442	576	108	13	229	0	212	90	9	9	12	9	0	77	79	26	2.097
21 Dir.Nord	196	519	148	76	0	40	0	415	340	12	12	0	0	0	109	0	0	1.869
30 Prov.FE	110	62	197	60	41	155	3	147	240	103	9	0	0	0	0	0	0	1.125
31 Dir.Nord-Est	59	121	195	92	12	92	0	349	76	0	0	0	0	0	0	0	0	995
40 Prov.BO	1.137	511	231	367	452	1.538	136	624	807	484	77	109	0	0	18	0	0	6.490
41 Dir.Est	707	293	188	0	72	201	88	1.026	520	57	79	0	0	0	0	0	0	3.230
51 Dir.Sud	265	370	81	0	0	174	18	661	442	0	26	0	0	0	0	0	0	2.036
TOTALE	6.560	6.841	3.821	1.311	1.441	5.188	862	13.008	15.410	4.013	2.097	1.869	1.125	995	6.490	3.230	2.036	76.298

Tale matrice si presta ad un confronto diretto con i risultati della procedura bottom up, espressi in t/anno e riconducibili a veicoli/giorno mediante l'applicazione di coefficienti medi di carico articolati per categoria NST/R⁸ (vedi tabella seguente).

	Categoria NST/R										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Breve raggio	20,0	20,0	10,0	15,0	15,0	15,0	8,0	15,0	15,0	15,0	
Medio raggio	20,0	20,0	10,0	15,0	15,0	15,0	8,0	15,0	15,0	15,0	
Lungo raggio	32,0	32,0	16,0	24,0	24,0	24,0	12,8	24,0	24,0	24,0	

Assumendo inoltre un totale di 330 giorni operativi/anno, è possibile determinare il numero di veicoli commerciali scambiato giornalmente tra la Provincia di Modena e le macrozone esterne, confrontandolo quindi con il risultato ottenuto al cordone. Come si osserva nel grafico seguente, tale confronto appare soddisfacente, con alcuni problemi di sottostima per gli scambi con la Provincia di Reggio Emilia.



⁸ I coefficienti di carico vengono applicati al valore massimo dei due flussi monodirezionali Provincia-Provincia per ciascuna categoria NST/R, e debbono pertanto ritenersi comprensivi dei ritorni a vuoto.

I coefficienti medi di carico sopra illustrati possono essere utilizzati anche per tradurre la matrice dei flussi interni stimata mediante la procedura top-down, espressa in t/anno, nella corrispondente matrice, espressa in veicoli commerciali/giorno. Il risultato ottenuto è indicato nella tabella che segue.

Stima matrice O/D merci per macrozona									
Zona di origine	veicoli/giorno zona di destinazione								TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Modena città	131	24	25	26	14	41	15	62	338
2 Carpi	24	72	35	18	7	22	6	90	274
3 Mirandola	25	35	187	30	8	22	5	67	378
4 Nonantola	26	18	30	25	8	23	4	77	210
5 Castelfranco	14	7	8	8	18	32	5	56	148
6 Vignola	41	22	22	23	32	248	54	313	755
7 Pavullo	15	6	5	4	5	54	143	192	425
8 Sassuolo	62	90	67	77	56	313	192	854	1.712
TOTALE	338	274	378	210	148	755	425	1.712	4.239

Tale matrice può essere sommata a quella derivante dalla procedura bottom-up, sino a dar luogo alla matrice sintetica complessiva delle 24 ore.

Matrice O/D dei flussi di veicoli commerciali in Provincia di Modena																		
MATRICE TOTALE - STIMA 24 ORE																		
Zona di origine	totale veicoli zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città	131	24	25	26	14	41	15	62	2.147	704	208	196	110	59	1.137	707	265	5.868
2 Carpi	24	72	35	18	7	22	6	90	2.082	948	442	519	62	121	511	293	370	5.623
3 Mirandola	25	35	187	30	8	22	5	67	883	170	576	148	197	195	231	188	81	3.046
4 Nonantola	26	18	30	25	8	23	4	77	242	134	108	76	60	92	367	0	0	1.289
5 Castelfranco	14	7	8	8	18	32	5	56	83	117	13	0	41	12	452	72	0	936
6 Vignola	41	22	22	23	32	248	54	313	786	253	229	40	155	92	1.538	201	174	4.221
7 Pavullo	15	6	5	4	5	54	143	192	165	187	0	0	3	0	136	88	18	1.021
8 Sassuolo	62	90	67	77	56	313	192	854	5.900	641	212	415	147	349	624	1.026	661	11.686
10 Prov.RE	2.147	2.082	883	242	83	786	165	5.900	415	193	90	340	240	76	807	520	442	15.410
11 Dir.Ovest	704	948	170	134	117	253	187	641	193	0	9	12	103	0	484	57	0	4.013
20 Prov.MN	208	442	576	108	13	229	0	212	90	9	9	12	9	0	77	79	26	2.097
21 Dir.Nord	196	519	148	76	0	40	0	415	340	12	12	0	0	0	109	0	0	1.869
30 Prov.FE	110	62	197	60	41	155	3	147	240	103	9	0	0	0	0	0	0	1.125
31 Dir.Nord-Est	59	121	195	92	12	92	0	349	76	0	0	0	0	0	0	0	0	995
40 Prov.BO	1.137	511	231	367	452	1.538	136	624	807	484	77	109	0	0	18	0	0	6.490
41 Dir.Est	707	293	188	0	72	201	88	1.026	520	57	79	0	0	0	0	0	0	3.230
51 Dir.Sud	265	370	81	0	0	174	18	661	442	0	26	0	0	0	0	0	0	2.036
TOTALE	5.868	5.623	3.046	1.289	936	4.221	1.021	11.686	15.410	4.013	2.097	1.869	1.125	995	6.490	3.230	2.036	70.955

Per quanto riguarda invece la matrice dell'ora di punta, si opera in maniera analoga, applicando alla matrice dei flussi interni un coefficiente di concentrazione oraria determinato in base alla distribuzione rilevata al cordone.

Tale coefficiente, identico per tutte le relazioni interne, è posto pari a:

$$Kint = 1/8 \times 1/1,75 = 0,071$$

La matrice oraria così ottenuta è la seguente.

Matrice O/D dei flussi di veicoli commerciali in Provincia di Modena																		
MATRICE TOTALE - STIMA 8 ORE																		
Zona di origine	totale veicoli																	
	zona di destinazione																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	20	21	30	31	40	41	51	TOT
1 Modena città	26	5	5	5	3	8	3	12	6									74
2 Carpi	5	14	7	4	1	4	1	18	4		1				2			62
3 Mirandola	5	7	37	6	2	4	1	13	20						2			98
4 Nonantola	5	4	6	5	2	5	1	15										42
5 Castelfranco	3	1	2	2	4	6	1	11		3								33
6 Vignola	8	4	4	5	6	50	11	63		6			2					159
7 Pavullo	3	1	1	1	1	11	29	38	5									90
8 Sassuolo	12	18	13	15	11	63	38	171	17						10		14	384
10 Prov.RE	144	127	27	13		54		181	24	13	6	14	9		15	11	10	648
11 Dir.Ovest	42	34	22	6		43	15	59	14				6					240
20 Prov.MN	20	43	46	21		5		18	2									154
21 Dir.Nord	12		12	11				31	4						9			78
30 Prov.FE	9	7	18	3	9	18		6	27	8								103
31 Dir.Nord-Est	18	5	26	2	3	2		21	3									81
40 Prov.BO	95	68	8	19	27	88	9	68	27	21		3						433
41 Dir.Est	85	8	15				2	27	5						0			143
51 Dir.Sud		48	6			22	5	21	32									133
TOTALE	491	395	255	117	68	383	116	773	189	50	7	17	15	2	39	11	24	2.952