



PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA "NUOVA LINEA TRANVIARIA PENDOLINA – FIERA (T2)"

BRESCIA MOBILITA' SPA

Responsabile Tecnico:

Responsabile Amministrativo:

Team Tecnico:

arch. Vera SABATTI

avv.to Tiziana SPADARO

ing. Mauro RAINIERI

Dott. Roberto GUERRA

Dott. Daniele GUSSAGO

Ing. Claudio ORLANDI

COMUNE DI BRESCIA

**SETTORE MOBILITA', ELIMINAZIONE BARRIERE
ARCHITETTONICHE E TRASPORTO PUBBLICO
LOCALE**

Dirigente Responsabile:

ing. Stefano SBARDELLA

Team Tecnico:

dott. Alberto SUTERA



IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Ing. Andrea DEBERNARDI

NOTA METODOLOGICA N.1

ANALISI DELLA MOBILITA'

SCALA:



COMMESSA

FASE

SISTEMA

ELABORATO

PROGR.

REV.

B S T R A M

P

R L

R M

0 1

0 0

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
00	Emissione Esecutiva	Debernardi	Dic.2020	D. Gussago	Dic.2020	Sabatti	Dic.2020	

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 2 di 71

1	PREMESSA	3
2	STRUTTURA GENERALE DEL MODELLO DI BRESCIA MOBILITÀ	3
3	MODULO DI TRASPORTO PRIVATO	9
4	MODULO DI TRASPORTO PUBBLICO	18
5	MODULO DI RIPARTIZIONE MODALE	25
6	METODOLOGIA DI STIMA DELLA DOMANDA – STATO DI FATTO.....	34
7	VALIDAZIONE DEL MODELLO	47
8	AGGIORNAMENTO E VALIDAZIONE DEL MODELLO AL 2019	51
9	ANALISI DELLO STATO DI FATTO AL 2019.....	57
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	71

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 71

1 PREMESSA

La presente nota metodologica, redatta secondo le modalità indicate dall'Addendum, illustra sinteticamente gli strumenti statistici disponibili per l'analisi della mobilità nell'area di studio, e in particolare la struttura del modello di simulazione del traffico in uso presso Brescia Mobilità, nonché le modalità di alimentazione e validazione degli scenari inerenti la realizzazione della nuova linea tramviaria T2.

Coerentemente con le indicazioni dell'Addendum, la nota precisa:

- il metodo di stima della domanda, mediante simulazioni modellistiche validate in base a dati di traffico rilevati attraverso la rete di monitoraggio installata sui principali assi viari della Città di Brescia;
- l'anno di riferimento delle indagini di mobilità impiegate a supporto della validazione dei medesimi scenari;
- il perimetro delle aree di studio e di intervento e le corrispondenti zonizzazioni;
- i metodi di campionamento e di indagine;
- i metodi di proiezione dei risultati al 2019 e gli anni di riferimento per la modellizzazione della domanda.

2 STRUTTURA GENERALE DEL MODELLO DI BRESCIA MOBILITÀ

La procedura di stima della domanda di mobilità attratta alla nuova rete tramviaria di Brescia è in larga misura basata sull'impiego del **modello di simulazione a due stadi**, attualmente in uso presso l'**Ufficio Studi di Brescia Mobilità**.

Tale modello, implementato in ambiente Cube Voyager®, è il frutto di oltre vent'anni di sforzi, avviati con i primi studi relativi alla realizzazione della linea metropolitana, e via via affinati mediante lo sviluppo di un **modulo del trasporto privato**, costantemente utilizzato e interfacciato alla rete di monitoraggio del traffico di livello urbano (spire semaforiche), e di un **modulo del trasporto pubblico**, a sua volta collegato al sistema di monitoraggio (conteggio saliti/discesi) della metropolitana stessa.

In considerazione del rilievo assunto dalle politiche di trasferimento modale nelle strategie complessive di governo della mobilità a scala cittadina, in sede di redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS), approvato all'inizio del 2018, si è proceduto a integrare i due

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	4 di 71

moduli esistenti mediante un terzo modulo di calcolo, appositamente orientato alla stima della ripartizione modale dei flussi fra il trasporto pubblico, quello privato, e la mobilità non motorizzata. L'inserimento di tale modulo di calcolo nello schema di simulazione già sviluppato in precedenza ha dato così vita a un **modello a due stadi**, così definiti:

- 1) stadio di **RIPARTIZIONE MODALE**, volto a suddividere la matrice O/D totale, riferita al complesso della domanda di mobilità bresciana, nelle tre matrici O/D modali, riferite rispettivamente al trasporto pubblico (PT), a quello privato (HW), e alla mobilità non motorizzata;
- 2) stadio di **ASSEGNAZIONE**, volto a stimare i carichi di passeggeri e/o di veicoli stradali sui singoli archi del grafo stradale e di quello del trasporto pubblico.

L'architettura tecnica del modulo di ripartizione modale, definita in base a consolidati riferimenti scientifici (cfr. in particolare Ortùzar e Willumsen 1990; Cascetta 2006), affida la scelta del modo di trasporto al confronto tra i rispettivi costi generalizzati di trasporto, come dettagliatamente indicato nel seguito.

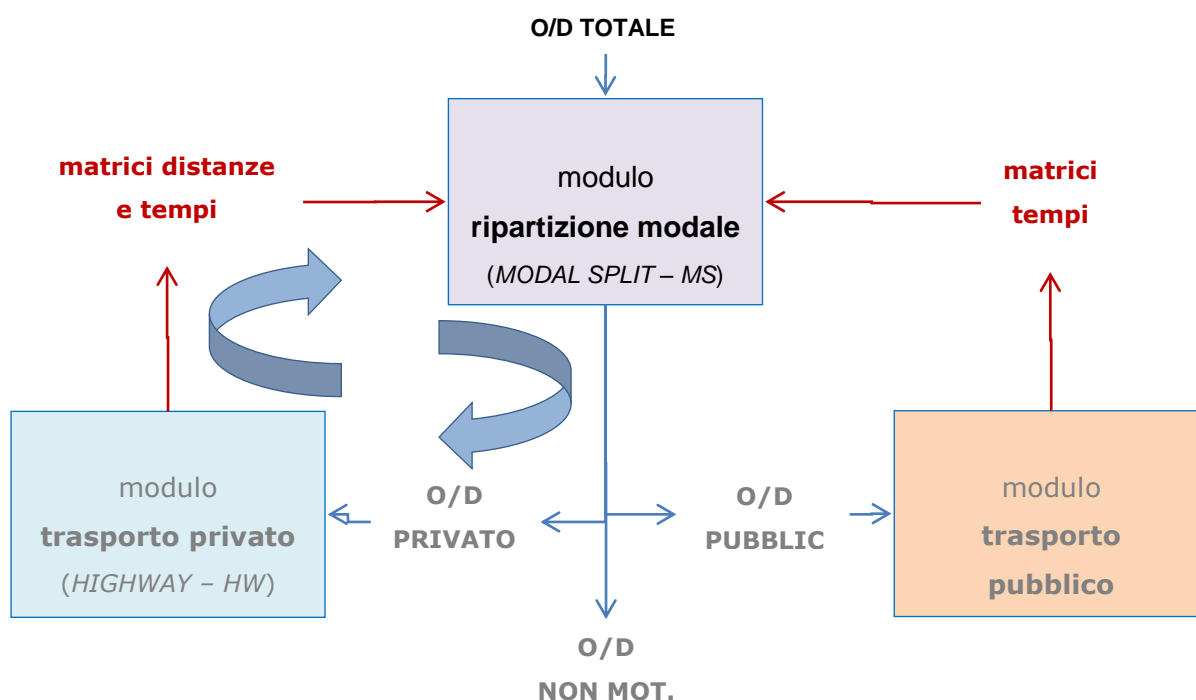


Figura 2-1: Struttura generale del modello a due stadi

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 5 di 71

Poiché la variazione dei carichi veicolari, indotti dalle modifiche dei costi generalizzati di trasporto pubblico o privato, determinano a loro volta variazioni dei tempi di viaggio in auto, la procedura, considerata nel suo complesso, assume una forma iterativa.

Di seguito vengono illustrati gli algoritmi e le procedure di calcolo adottate in ciascun modulo. È da osservare altresì che la nuova architettura di calcolo consente di tenere conto anche degli spostamenti con interscambio tra mezzi privati e mezzi pubblici (schemi *Park&Ride*), come meglio specificato nel seguito del paragrafo.

2.1 ZONIZZAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la definizione dei modelli, a partire dai primi anni '90, è stata stabilita una zonizzazione del Comune di Brescia basata sulle sezioni di Censimento 1991 estesa negli anni successivi a tutta la Provincia e mantenendola coerente con i successivi Censimenti del 2001 e del 2011.

Normalmente i Comuni della Provincia sono rappresentati da un unico centroide corrispondente al loro nucleo principale. Per alcuni Comuni della prima cintura, interessati dallo sviluppo del sistema di trasporto locale urbano e suburbano, a partire dalla rete del 2004, è stato necessario effettuare una suddivisione in due o più parti per poter meglio rappresentare il comportamento della rete di trasporto. I comuni coinvolti sono: Rezzato, Bovezzo, Borgosatollo, Botticino, Concesio, Castelmella, Collebeato, Flero e Nave. La zonizzazione di riferimento è quindi l'associazione con le zone del modulo privato e di quello pubblico è identica per i due sistemi che vengono tuttavia gestiti come entità singole e separate.

Durante lo sviluppo dei modelli sono stati effettuati successivi affinamenti e correzioni. Ad esempio, rispetto alla situazione dei primi anni, sono stati aggiunti centroidi, e quindi zone della matrice O/D, relative a specifici attrattori/generatori di traffico quali parcheggi in struttura, scuole superiori, centri commerciali, ospedali ed entità produttive di particolare rilievo attuale (ad esempio Alfa Acciai, Ori Martin, IVECO, ASM-A2A, Lonati) e potenziale per il futuro (Ex Pietra, Ex Magazzini Generali) oltre ai caselli autostradali. Al momento, infatti, la rete autostradale non è codificata in quanto tale ma come entità che ha i suoi punti di contatto con la rete ordinaria tramite i caselli di Brescia. Con la recente apertura dell'A35 BreBeMi è stata parimenti definita come nuova zona la barriera di Chiari Est.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	6 di 71

Le attuali matrici O/D sono composte da 543 zone. I modelli privato e pubblico differiscono sul fronte dell'offerta che viene rappresentata da due grafi distinti date le diverse necessità di calcolo dei due modelli.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la zonizzazione di Brescia, quella della prima cintura e quella provinciale.

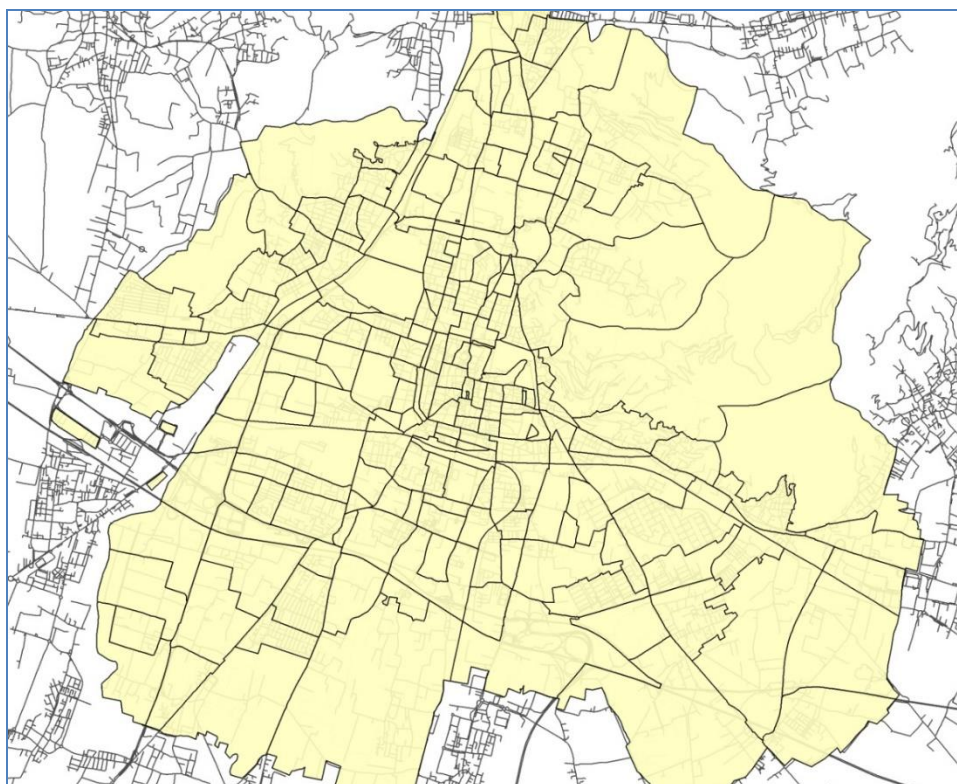


Figura 2-2: Zonizzazione della Città di Brescia

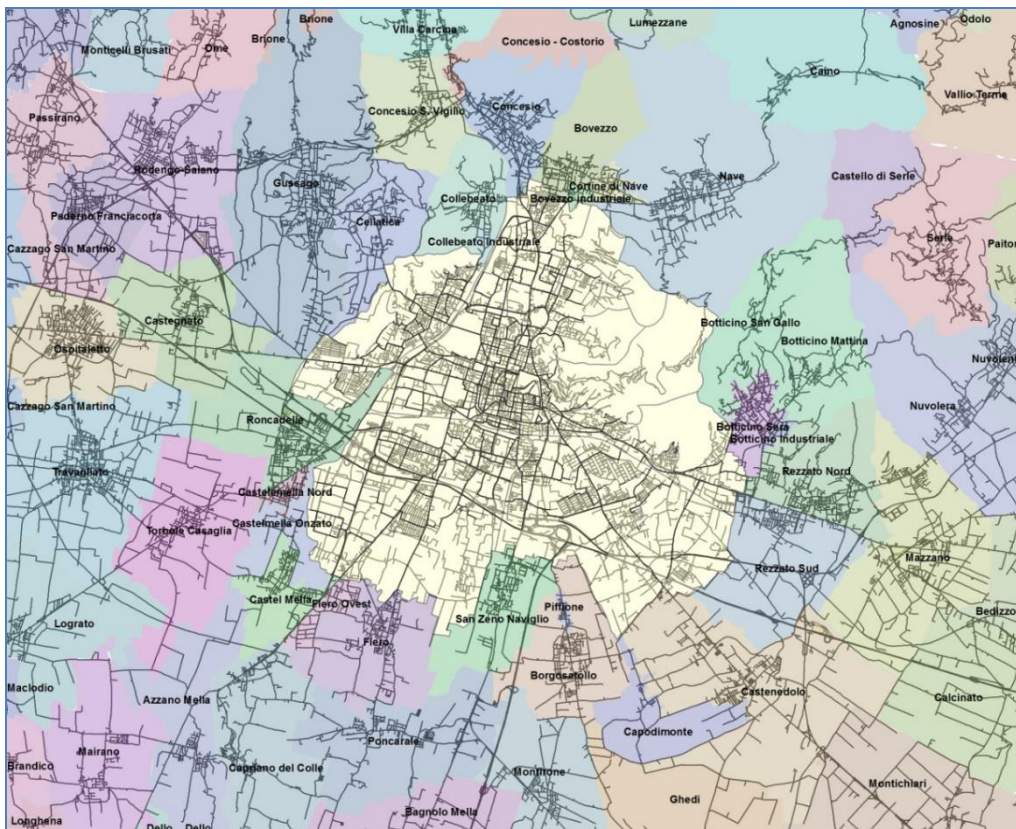


Figura 2-3: Zonizzazione prima cintura con alcuni Comuni divisi in più parti

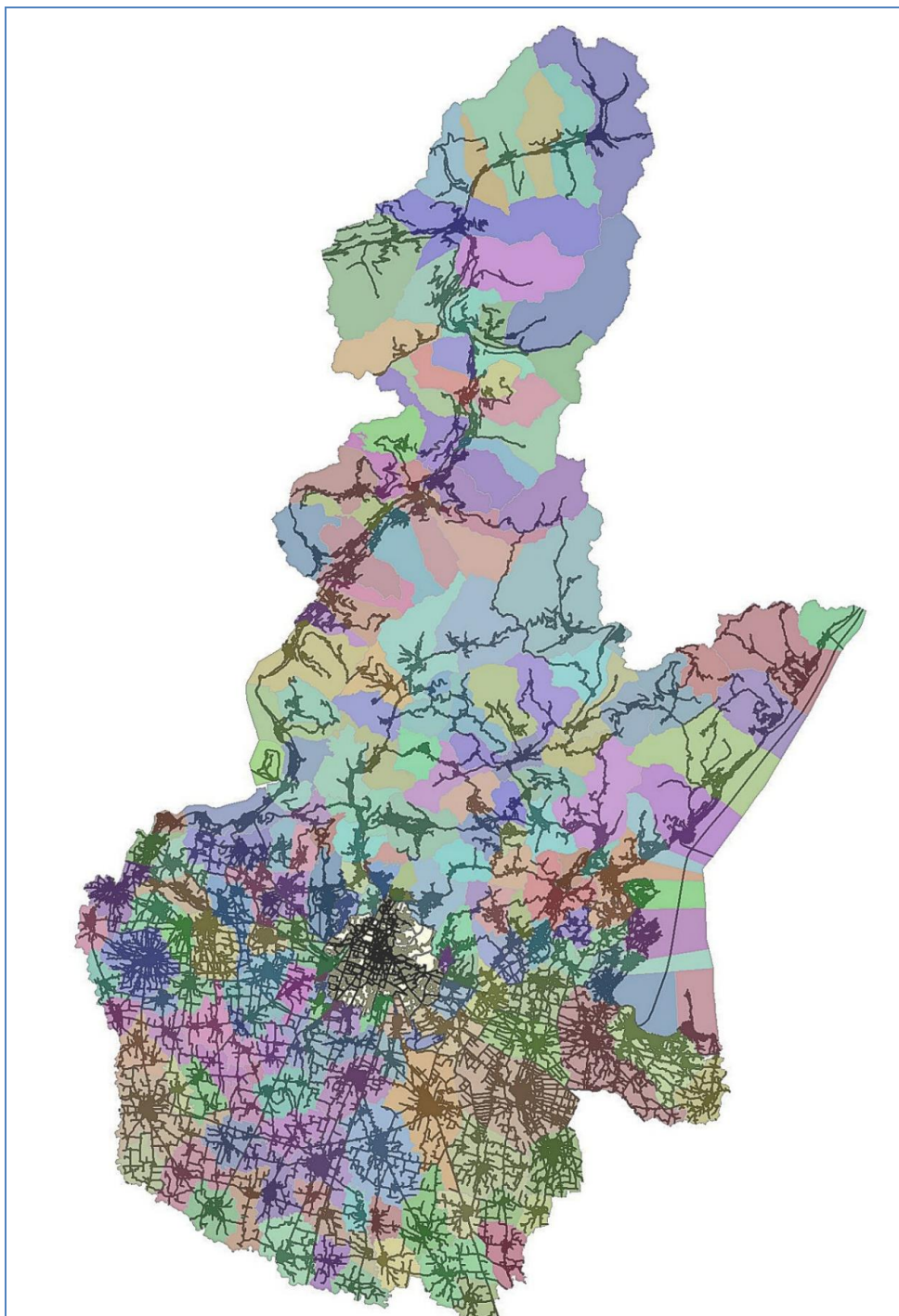


Figura 2-4: Zonizzazione provinciale

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 9 di 71

A questa zonizzazione è stata affiancata una ulteriore suddivisione in 82 macro-zone di traffico¹, di cui 44 interne al Comune di Brescia e 38 esterne a esso, corrispondente a quella utilizzata dal PUMS in sede di analisi della domanda di mobilità. Tale zonizzazione, in particolare, è stata presa a riferimento in fase di calibrazione del modulo MS per tenere conto, da un lato, di alcune limitazioni computazionali connesse all'ambiente di calcolo utilizzato e, dall'altro, alla necessità di limitare l'articolazione della descrizione di alcuni *input* funzionali del modello che, negli scenari di piano, possono non essere dettagliati a livello sufficiente per alimentarne una descrizione al dettaglio delle 535 zone di base utilizzate nel modello per lo studio del PUMS.

3 MODULO DI TRASPORTO PRIVATO

La definizione del grafo del modello privato segue con maggiore precisione la rete stradale del Comune di Brescia e dei comuni contermini mentre, per quanto riguarda la descrizione della rete dell'intera Provincia, si utilizzano gli assi principali trascurando il dettaglio all'interno del singolo comune. Infatti, dato che i comuni extra cintura sono rappresentati con un singolo centroide, non ha senso definire una rete più fitta non disponendo di informazioni con un pari livello di dettaglio.

Per la definizione del grafo stradale, dopo una primissima fase che vedeva assente la parte grafica e cartografica, è stato utilizzato come riferimento il grafo TeleAtlas 2004 e 2009, successivamente integrato con gli sviluppi della rete stradale, costantemente monitorati dall'Ufficio Studi di Brescia Mobilità.

Altre informazioni importanti riguardano la codifica delle intersezioni. Infatti, in ambito urbano sono spesso le intersezioni a causare i maggiori problemi di congestione e una corretta definizione delle manovre di svolta consentite è cruciale per avere una risposta corretta dei flussi di traffico calcolati.

¹Alle 78 macrozone utilizzate in sede analitica, se ne aggiungono 4 corrispondenti ai tre svincoli autostradali di Brescia Ovest, Brescia Centro e Brescia Est, nonché alla stazione ferroviaria, che rappresentano nel modello altrettanti punti di accesso al grafo, modellizzati utilizzando altrettanti connettori di zona. Ulteriori zone, corrispondenti ai parcheggi di interscambio, vengono poi definite al solo scopo di trasporre al modulo di trasporto pubblico la sottomatrice dei flussi stradali assegnata al sistema Park&Ride.

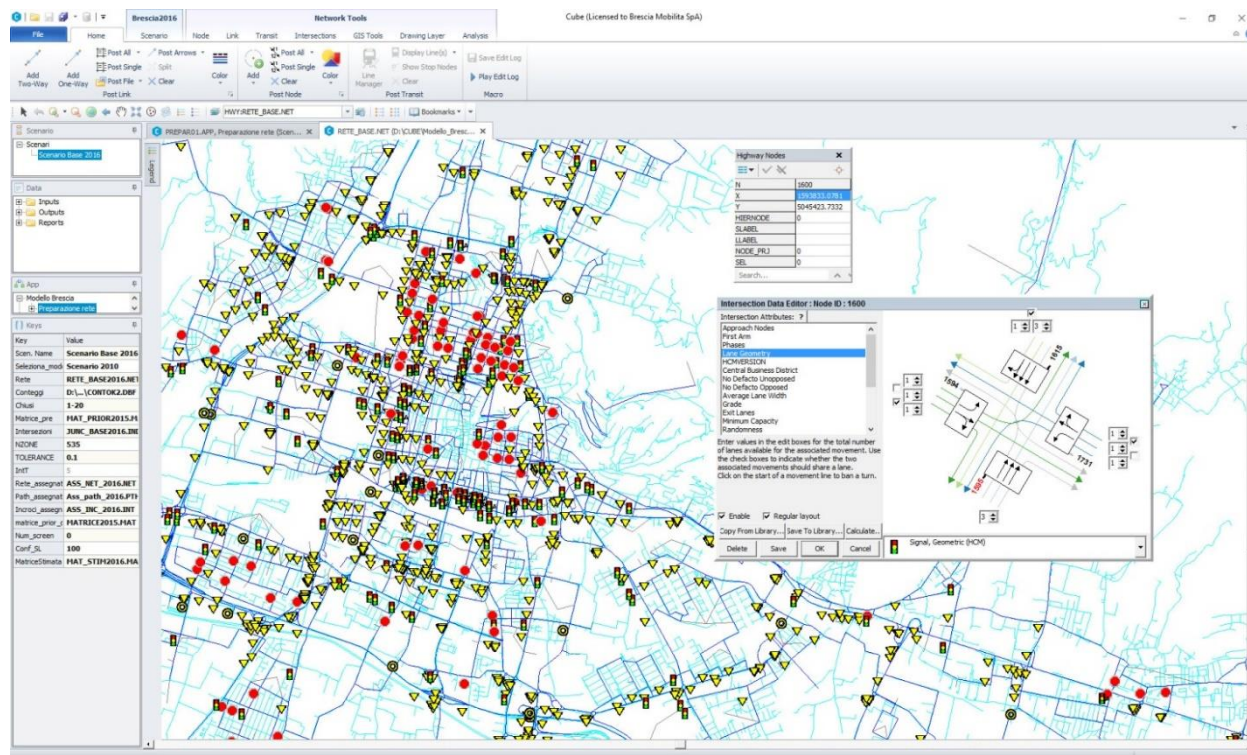


Figura 3-1: Codifica delle intersezioni



Figura 3-2: Grafo del modulo trasporto privato con punti di misura

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 12 di 71

Le modalità di assegnazione della matrice O/D del traffico privato al grafo stradale si basano sull'utilizzo di curve di deflusso ricavate sperimentalmente lungo itinerari omogenei valutando i tempi di percorrenza in diverse fasce orarie con diversi carichi di traffico. L'analisi, svolta nell'arco di vari anni e costantemente aggiornata, ha consentito la definizione di 13 curve di deflusso per tutte le casistiche viarie della città, dal centro storico alle tangenziali esterne.

Ai tempi di percorrenza così definiti si aggiungono poi specifici perditempo ai nodi finali, definiti in rapporto alle singole manovre di svolta di volta in volta interessate dall'assegnazione dei flussi.

Per quanto concerne più specificamente la modalità di assegnazione dei flussi alla rete, essa viene effettuata secondo una procedura incrementale all'equilibrio, con ricalcolo a ogni iterazione dei tempi di percorrenza fra tutte le coppie O/D sino a raggiungere una situazione prossima a quella, teorica, definita dai criteri di equilibrio di Wardrop¹.

3.1 SIMULAZIONE DEI SISTEMI PARK&RIDE

Rispetto alla sua configurazione originale, nell'ambito del PUMS il modulo di assegnazione è stato arricchito mediante una specifica procedura di calcolo, volta a riprodurre i carichi veicolari indirizzati verso i nodi di interscambio, e i successivi proseguimenti a bordo dei servizi di trasporto pubblico.

Tale procedura si basa sull'introduzione di **archi ausiliari**, rappresentativi della rete di forza del trasporto pubblico attestata sui nodi di interscambio, e caratterizzati da condizioni di deflusso costanti, uguali a quelle assicurate dai corrispondenti servizi.

Questi archi sono collegati al grafo stradale da un insieme di **connettori intermodali**, che consentono di accedervi nei soli nodi di interscambio, mentre in tutte le altre fermate è fatta salva, attraverso opportuni connettori di solo egresso, unicamente la possibilità di raggiungere a piedi le zone circostanti. In tal modo, già in sede di assegnazione il modulo di trasporto privato è in grado di identificare le relazioni O/D per le quali l'interscambio tra mezzi pubblici e privati consente un risparmio di costi generalizzati, riproducendo i carichi sui corrispondenti itinerari (Figura 3-3). Una

¹ Secondo i quali, come ben noto, a condizioni date nessun automobilista può trarre vantaggio da un cambiamento dell'itinerario prescelto.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	13 di 71

volta effettuata l'assegnazione del traffico privato, la quota-parte degli spostamenti, afferente al sistema del trasporto pubblico, viene scorporata dal grafo stradale e inserita in forma di precarico, attraverso opportuni connettori d'appoggio, nel grafo che descrive la rete di forza del TPL.

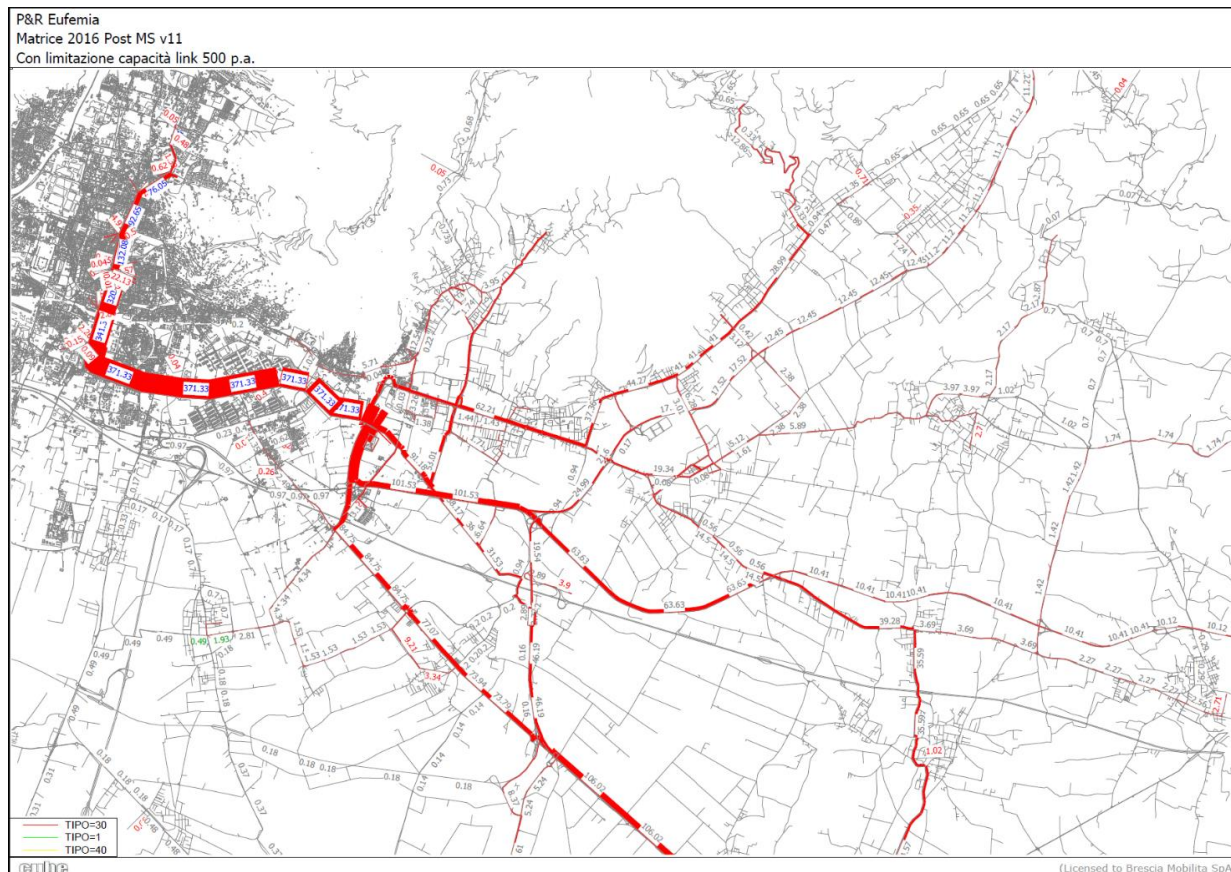


Figura 3-3: Flussogramma relativo alla componente P+R nell'interscambio di S.Eufemia

3.2 CALIBRAZIONE DEL MODULO

Nella precedente Figura 3-2 sono evidenziate in rosso le posizioni dove sono disponibili informazioni di conteggio nell'ora di punta. Queste postazioni corrispondono in massima parte al sistema di rilevazione del traffico utilizzato dal sistema di controllo semaforico, nell'ambito del Comune di Brescia, e della rete di monitoraggio periodico della Provincia per quanto riguarda i punti di misura esterni al territorio comunale. Oltre ai dati di monitoraggio continuo, resi disponibili dai due sistemi, nel modello sono state inserite anche tutte le informazioni provenienti da campagne di rilievo effettuate durante studi specifici. La metodologia di questi rilievi può variare da

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	14 di 71

conteggi manuali a conteggi a mezzo radar e/o video. Tutte queste informazioni vengono utilizzate per la cruciale fase di calibrazione del modello di simulazione con l'obiettivo di avvicinare il più possibile a dati reali il comportamento del calcolo della situazione di riferimento. Una volta raggiunta una convergenza generale accettabile è possibile definire gli scenari di progetto.

Nel caso specifico del modello privato di Brescia il diagramma a dispersione degli oltre 500 punti di misura evidenzia una convergenza più che accettabile indicata da un coefficiente di correlazione statistica (R^2) pari a 0,92.

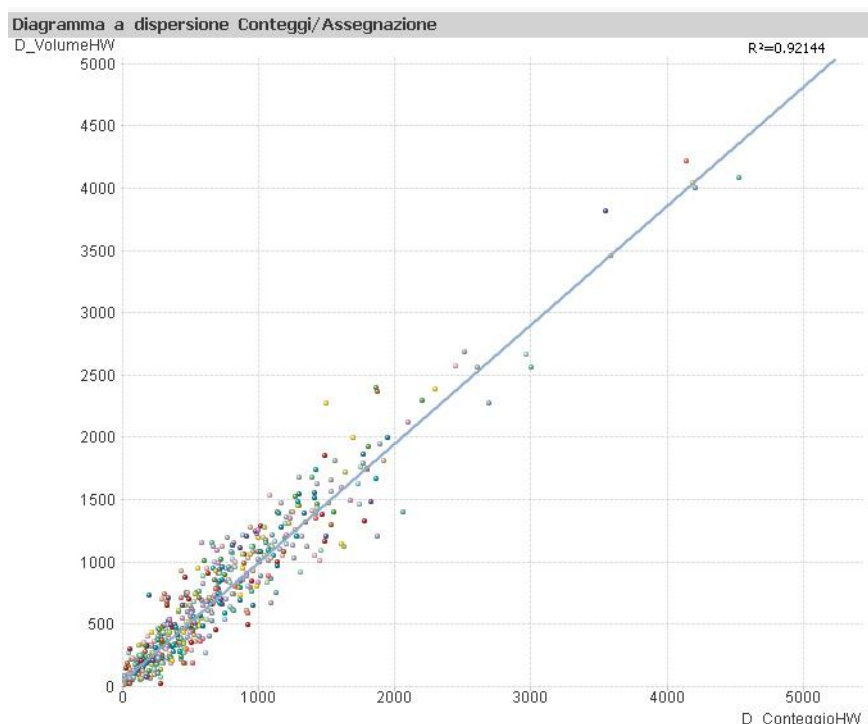


Figura 3-4: Diagramma di confronto Assegnazione – Rilievi

Da un modello calibrato è possibile ottenere molte informazioni:

- assegnazione, con rappresentazione grafica dei flussi orari su ogni arco codificato;
- volumi di svolta alle intersezioni codificate e altri parametri connessi come code, tempi di svolta e livelli di servizio;
- visualizzazione di percorsi tra zone che utilizzano uno o più archi stradali;
- visualizzazione di linee di desiderio dalla matrice O/D;
- matrici di costo in output.

META mobilità economia territorio ambiente ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 71

La Figura3-5 evidenzia il flussogramma dei carichi stradali simulati sulla rete alla scala urbana e suburbana. Emerge con chiarezza il ruolo giocato dalle due Tangenziali (Sud e Ovest), sulle quali si innestano diversi itinerari radiali di accesso, che si riconnettono a loro volta al ring centrale, circostante il centro storico.

La disponibilità di una assegnazione calibrata consente di utilizzare il modello per molte interrogazioni, relativa ad esempio agli istradamenti dei veicoli transitanti in una determinata sezione stradale. Per tale motivo, il modulo di trasporto stradale, impiegato sul piano “strategico” in sede di redazione del PUMS, viene correntemente utilizzato anche per la valutazione “tattica” di singoli interventi di riordino della rete viaria

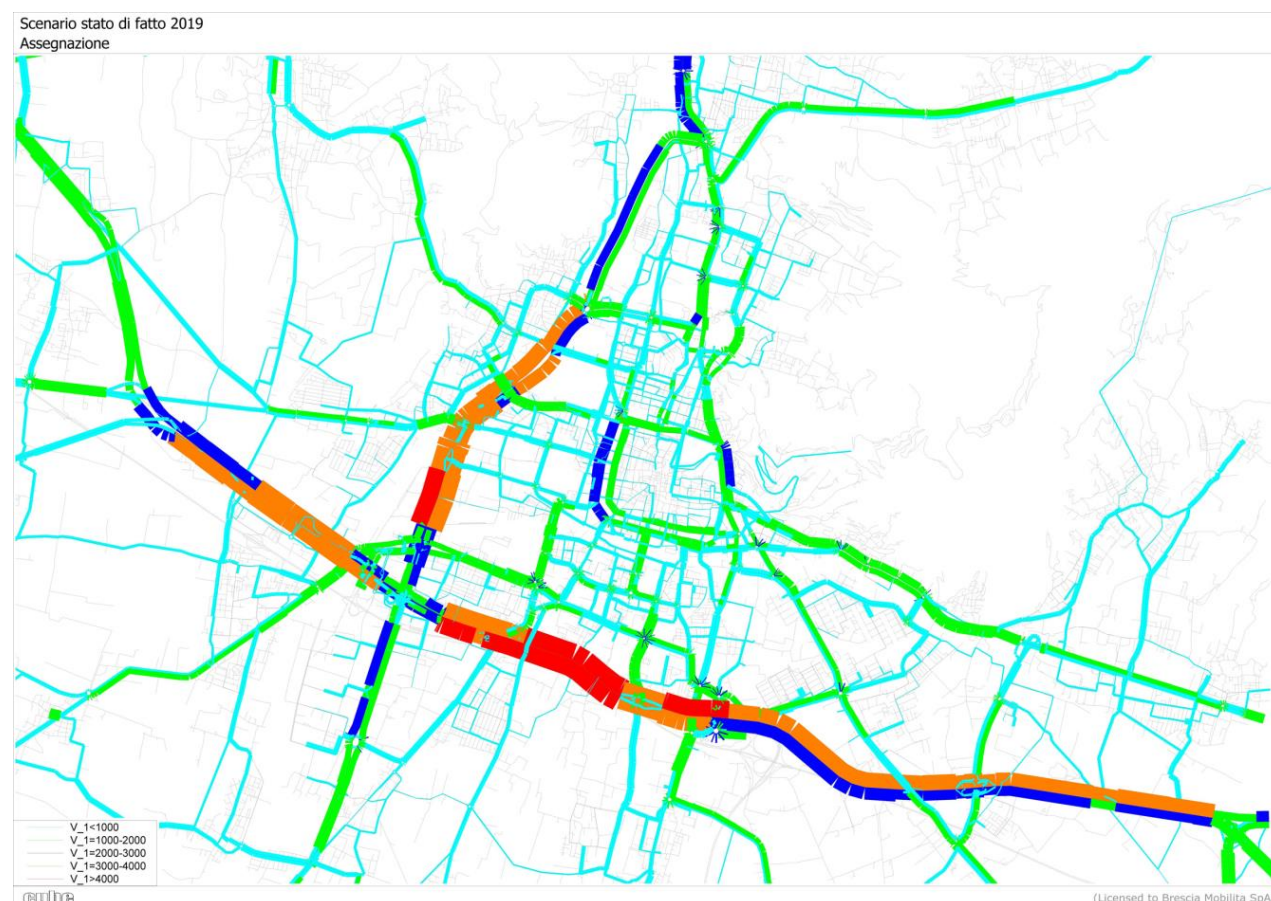


Figura 3-5: Assegnazione Modello Privato

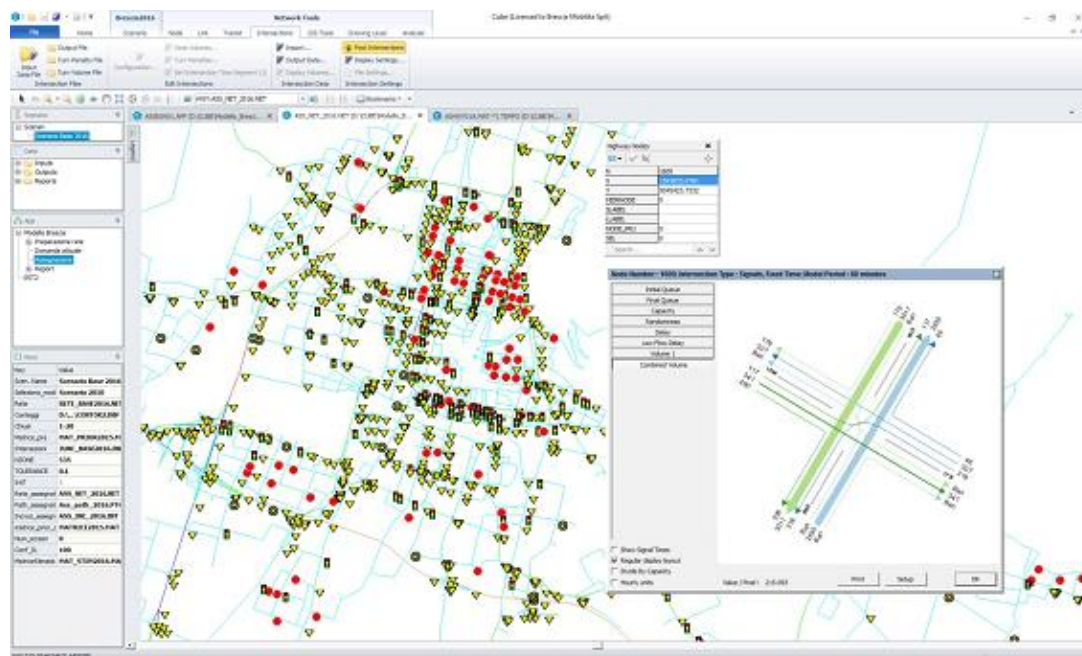


Figura 3-6: Volumi di svolta assegnati

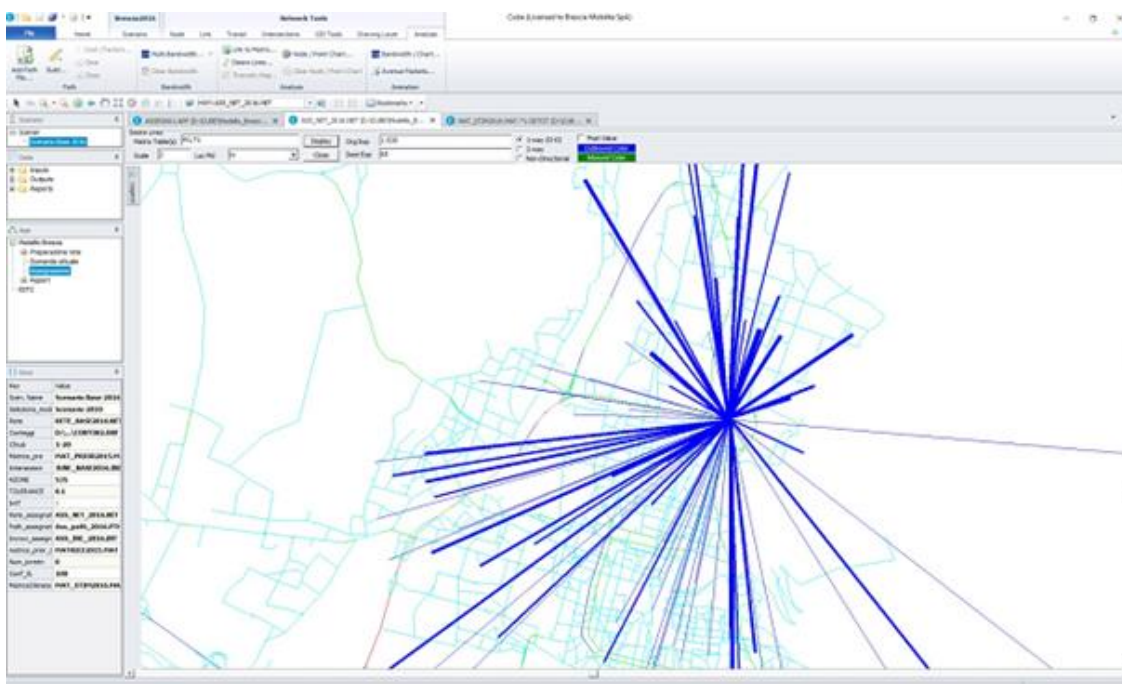


Figura 3-7: Linee di desiderio verso Ospedale Civile

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	17 di 71

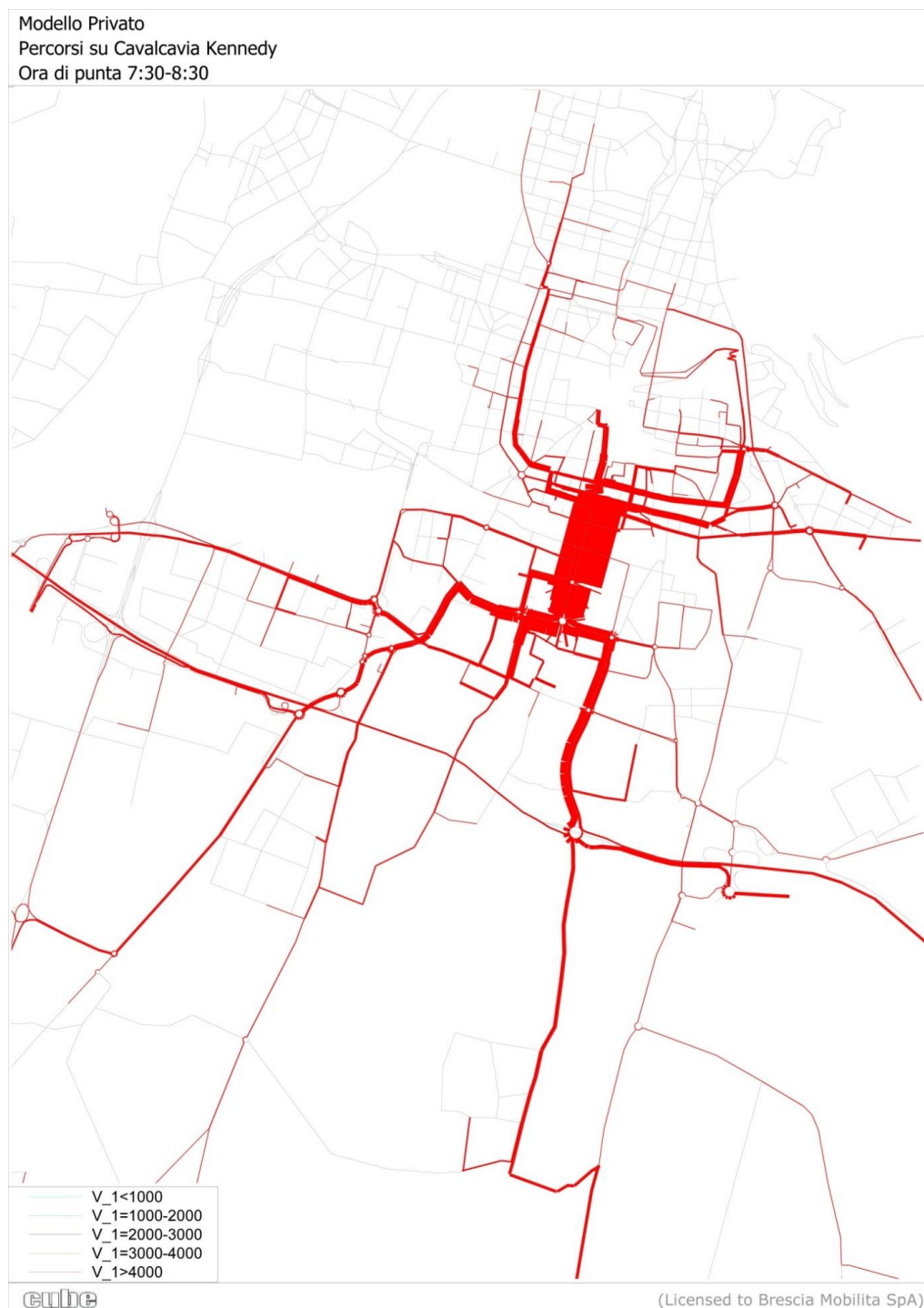


Figura 3-8: Percorsi che utilizzano un arco

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 71

4 MODULO DI TRASPORTO PUBBLICO

La definizione del grafo per il modello di trasporto pubblico è in linea di principio analoga a quella per il grafo privato. La differenza sostanziale è la presenza di archi che rappresentano linee di trasporto pubblico in sede propria, come ferrovie e metropolitana, e archi che rappresentano itinerari pedonali. Nella descrizione dell'arco stradale si codifica normalmente la velocità media delle linee di trasporto su gomma, velocità che viene utilizzata nel calcolo del tempo di viaggio. Nel caso di vie particolarmente congestionate e prive di corsie riservate è da valutare attentamente la velocità da attribuire ai mezzi pubblici. Per il Comune di Brescia è stato possibile inserire la velocità media per tratte attingendo le informazioni sui tempi di viaggio dal sistema di telerilevazione degli autobus di Brescia Trasporti.

Altro elemento chiave è ovviamente la definizione dei percorsi delle linee di trasporto con la posizione delle fermate e dei nodi di transito. Ulteriori informazioni da definire per ogni linea sono:

- frequenza oraria (HEADWAY cadenzamento in minuti);
- posti a sedere e in piedi (SEATCAP e CRUSHCAP);
- operatore;
- modo (MODE Bus, Treno, Tram o Metro).

La codifica del "Modo" riveste un ruolo importante perché è tramite questo parametro che si stabiliscono le relazioni di interazione tra i vari modi di trasporto rendendo possibile stabilire fattori di penalità per il passaggio da un modo all'altro.

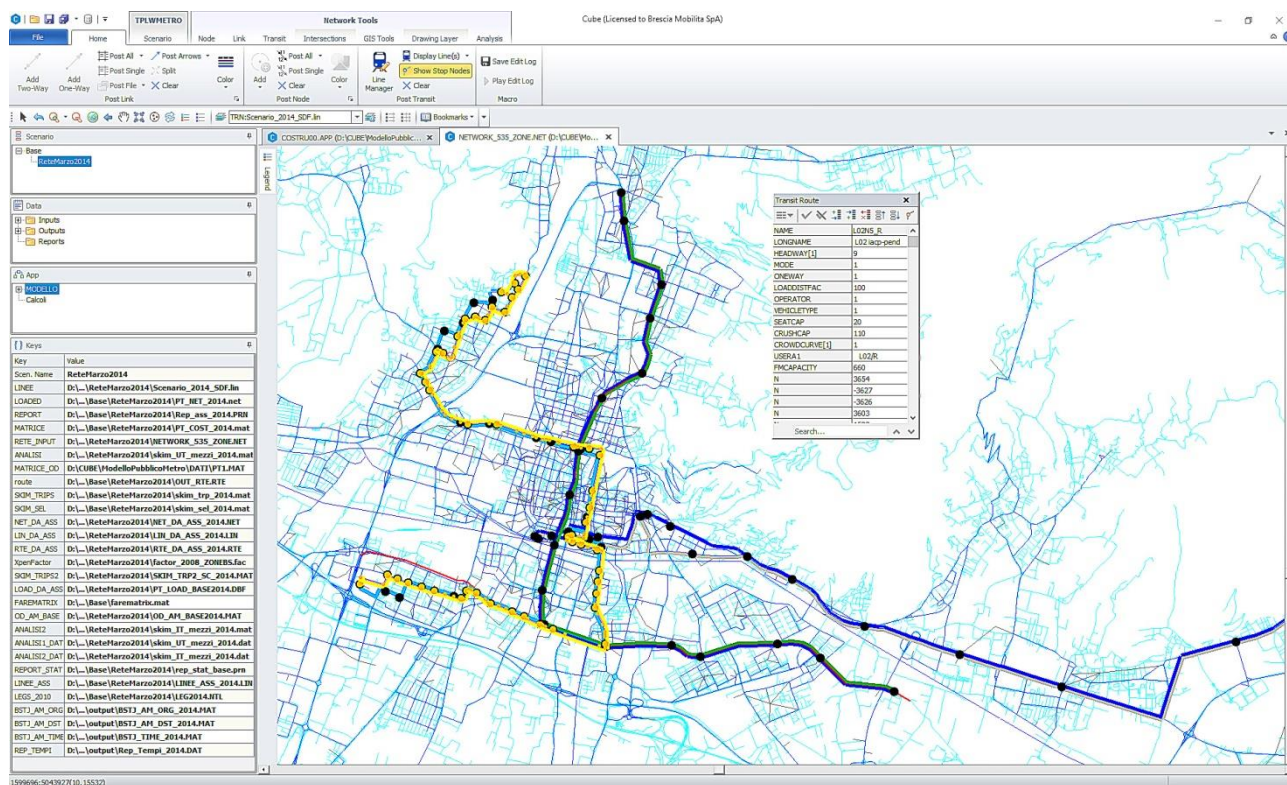


Figura 4-1: Descrizione linee di trasporto pubblico

**Figura 4-2: Grafo rete PT (Trasporto Pubblico) con Metro**

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	21 di 71

L'assegnazione del modello pubblico fornisce i seguenti risultati:

- flussogramma del carico globale della rete in termini di passeggeri totali trasportati dalle linee;
- flussogramma del carico pedonale degli archi della rete;
- diagramma di carico per linea;
- profili di carico di ogni linea;
- report tabellare con i passeggeri trasportati da ogni linea;
- matrice di spostamento dei passeggeri per modo e per operatore;
- matrici di costo suddivise per le componenti di viaggio: tempi di attesa, tempo a bordo, numero di interscambi, costo tariffario, costo generalizzato.

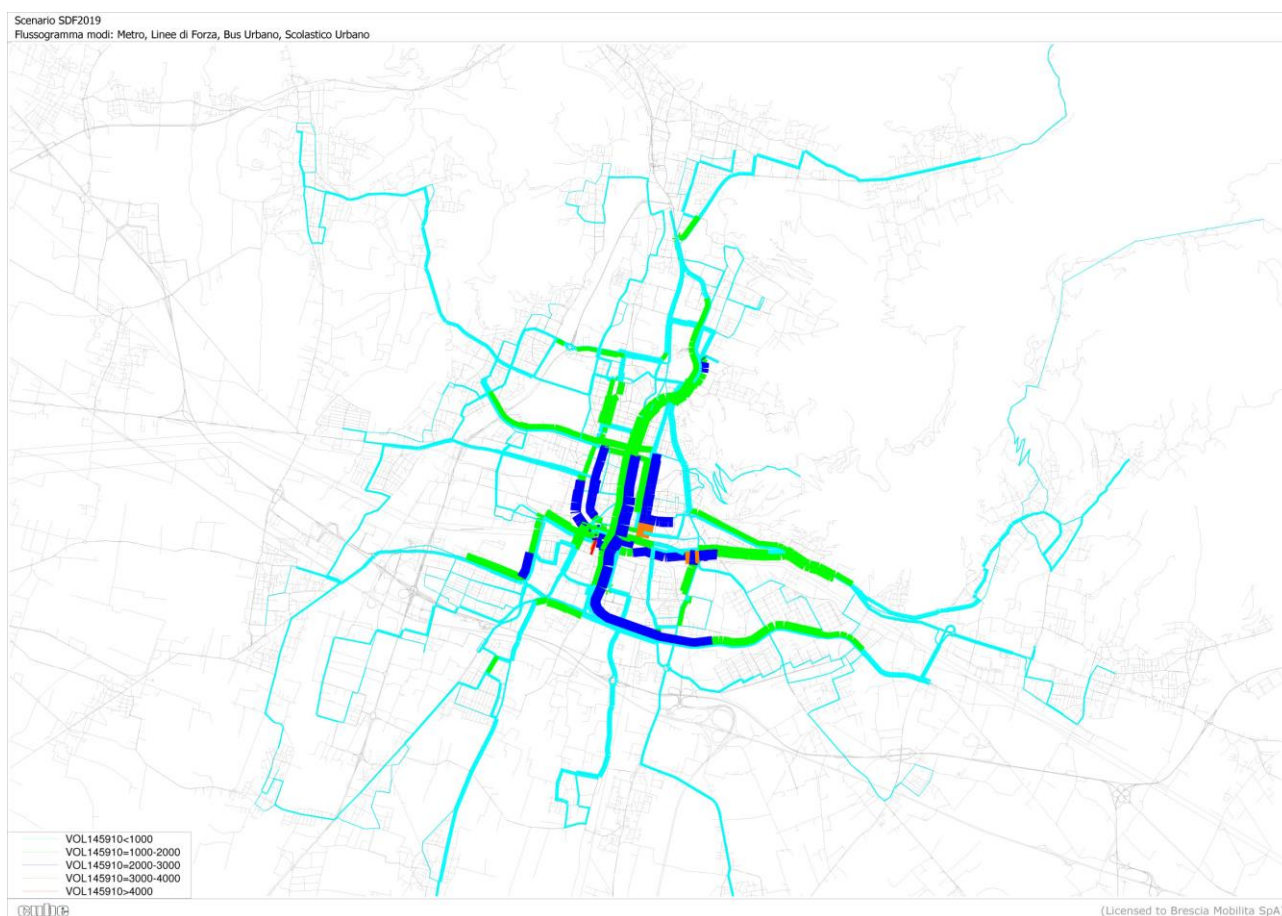


Figura 4-3: Flussogramma passeggeri trasportati dai modi urbani

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	22 di 71

4.1 CALIBRAZIONE DEL MODULO

Il modulo di trasporto pubblico è stato validato, agli anni 2011 e 2016, sulla base dei carichi rilevati sulla rete di forza della rete urbana, comprensiva delle principali linee bus e nel secondo intervallo anche della metropolitana.

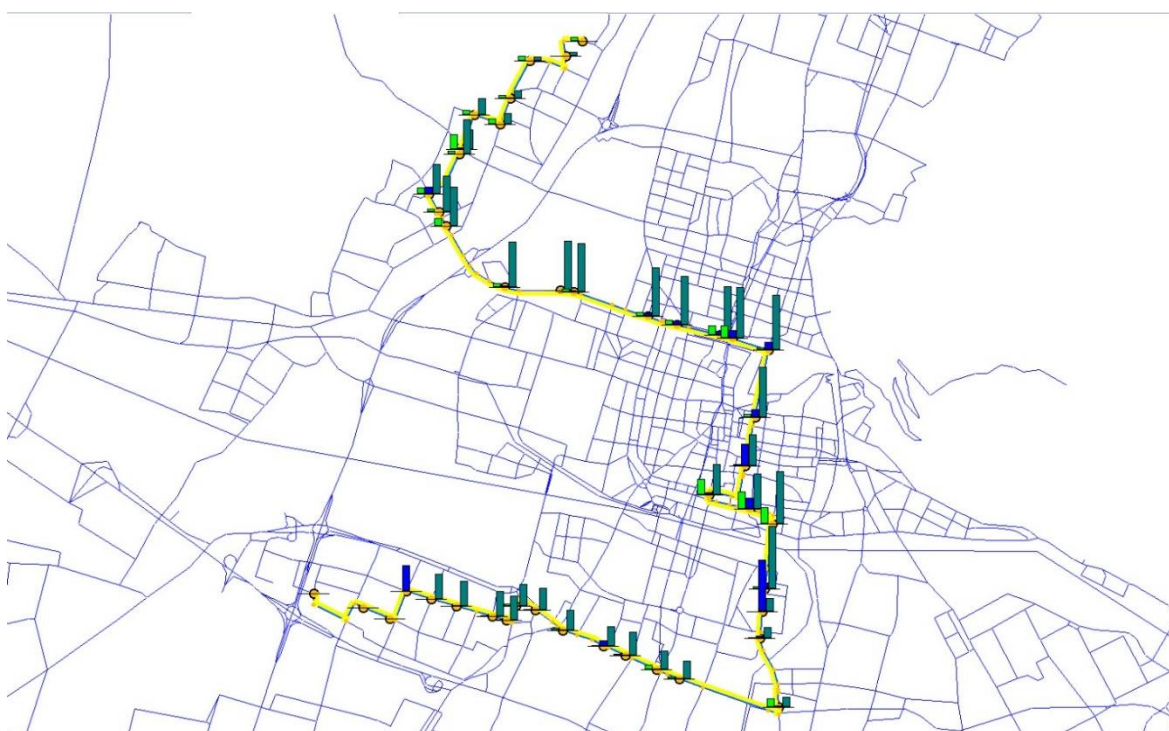


Figura 4-4: Diagramma di carico Linea 2 Andata

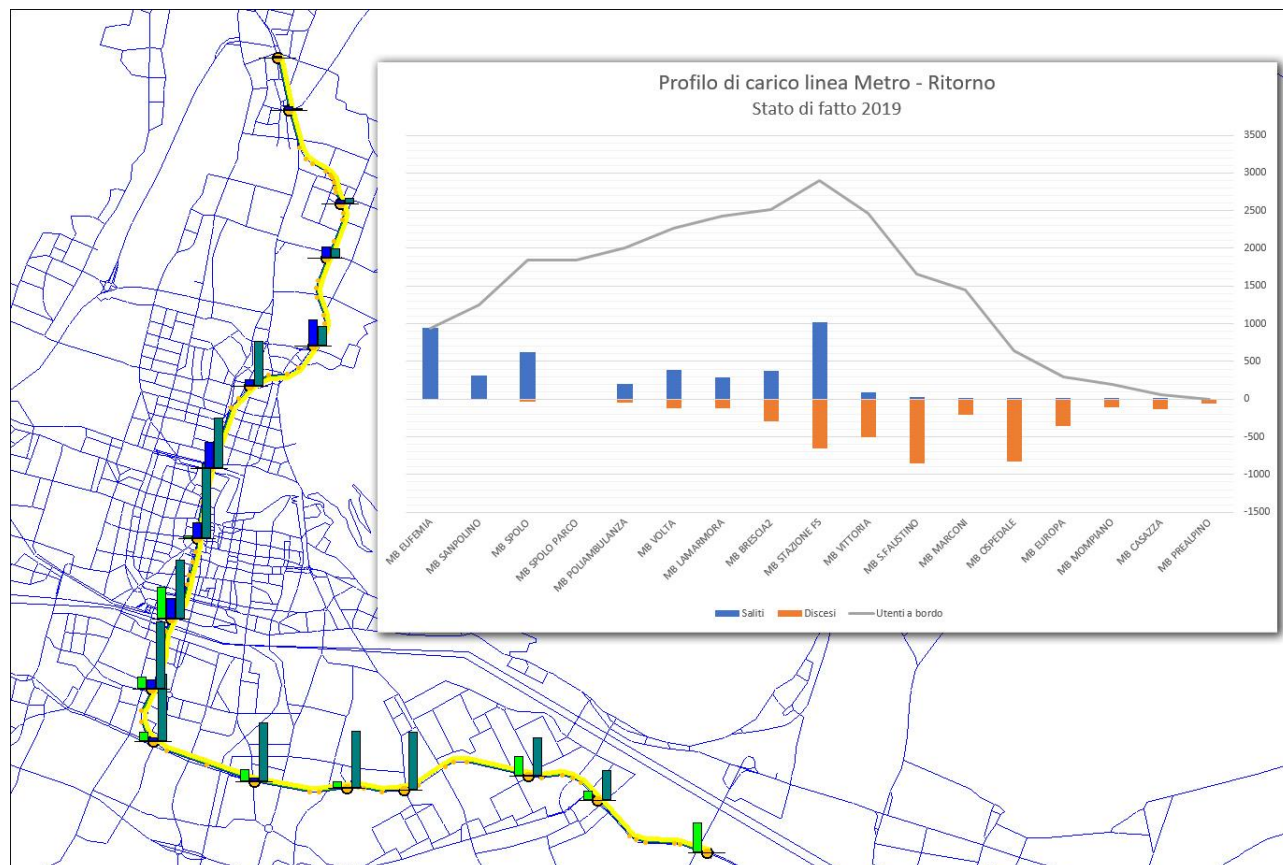


Figura 4-5: Diagramma e profilo di carico linea Metro ritorno

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 24 di 71

Linea	Mezzo	Lunghezza linea	Frequenza	Trasportati	Tempo percorrenza	Velocità media	Sezione di massimo carico
MB_A	Metro	13.70	4	2,657	29.49	28.6	1678.4
MB_R	Metro	13.70	4	4,319	29.49	28.6	2892.53
L02_IACP_Pend	Linee forza BUS	14.50	9	1,941	53.87	16.1	874.17
L02_Pend_IACP	Linee forza BUS	13.58	9	1,597	52.02	15.7	624.1
L03_Mand-MetroEufe	Linee forza BUS	13.20	18	886	47.82	16.6	427.3
L03_Mand-Rezz	Linee forza BUS	19.50	18	1,357	65.62	17.8	504.69
L03_MetroEufe-fMand	Linee forza BUS	13.62	18	536	49.47	16.5	282.16
L03_Rezz-Mand	Linee forza BUS	21.21	18	774	71.47	17.8	301.96
L04_Folz-mbBS2	Bus urbano	6.85	15	801	23.74	17.3	730.15
L04_MbBS2-Folzano	Bus urbano	7.48	15	570	25.7	17.5	395.32
L06_SGott-Saffi	Bus urbano	7.33	60	119	24.44	18.0	116.59
L06_Saffi-SGott	Bus urbano	7.35	60	46	24.65	17.9	39.32
L07_Caino_Ronc	Bus urbano	24.00	24	1,115	59.54	24.2	769.12
L07_Nave-Ronc	Bus urbano	20.12	24	1,077	53.25	22.7	767.68
L07_Ronc-Caino	Bus urbano	24.42	24	567	62.14	23.6	292.08
L07_Ronc-Nave	Bus urbano	20.54	24	563	55.85	22.1	292.52
L08_Botticino_SPolino	Bus urbano	8.74	60	39	26.97	19.4	38.8
L08_Serie_SPolino	Bus urbano	19.28	60	51	44.79	25.8	41.26
L08_SPolino_Botticino	Bus urbano	7.99	60	25	24.16	19.8	22.65
L08_SPolino-Serie	Bus urbano	17.85	60	30	40.02	26.8	27.33
L09_Buffalora-Violino	Bus urbano	18.75	20	441	67.19	16.7	204.83
L09_Violino-Buffalora	Bus urbano	21.94	20	376	73.08	18.0	120.42
L10_Bove_Ponc	Bus urbano	22.30	60	283	66.13	20.2	230.99
L10_Bove_Sere	Bus urbano	16.37	60	163	55.79	17.6	87.69
L10_Conc_Fler	Bus urbano	20.43	60	402	65.05	18.8	299.38
L10_Conc_Ponc	Bus urbano	23.04	30	221	68.54	20.2	99.13
L10_Fler-Bove	Bus urbano	16.88	20	740	54.49	18.6	331.87
L10_Ponc-Conc	Bus urbano	22.27	30	500	66.49	20.1	179.58
L10_Ponc-Prea	Bus urbano	17.88	30	454	53.66	20.0	177.37
L10_Prea_Fler	Bus urbano	15.97	60	144	51.39	18.6	50.56
L10_Prea_Ponc	Bus urbano	18.58	60	198	54.88	20.3	98.21
L10_Conc_Sere	Bus urbano	17.11	60	392	58.2	17.6	316.93
L11_Bott_Colleb	Bus urbano	22.60	20	910	73.95	18.3	398.56
L11_Caio_Colleb	Bus urbano	17.31	60	230	58.46	17.8	118.54
L11_Caio_Stoc	Bus urbano	14.94	30	451	50.64	17.7	234.53
L11_Colleb-Bott	Bus urbano	20.69	20	814	67.55	18.4	386.47
L11_Colleb-Caio	Bus urbano	17.30	60	249	58.38	17.8	125.26
L11_SDon-Mage	Bus urbano	3.72	60	97	14.36	15.5	65.35
L11_Stoc_Caio	Bus urbano	15.05	30	375	50.92	17.7	227.21

Figura 4-6: Report passeggeri trasportati per linea

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 25 di 71

5 MODULO DI RIPARTIZIONE MODALE

In considerazione del rilievo giocato nel quadro della redazione del PUMS dalle politiche di diversione verso il trasporto pubblico e la mobilità dolce, il sistema di modelli in uso presso Brescia Mobilità è stato integrato da un modulo di ripartizione modale, finalizzato a simulare i cambiamenti nella scelta del modo di trasporto, derivanti dalle azioni di piano.

Tale modulo si basa su un algoritmo di tipo *nested logit*, dotato di componenti di domanda obbligata (captive), e applicato alle tre macro-modalità di trasporto che seguono:

- mobilità non motorizzata (piedi, bici, *b*);
- mobilità motorizzata individuale (auto, moto, *a*);
- mobilità motorizzata pubblica (bus, metro, eventuali altri sistemi in sede propria, *p*).

Lo sviluppo del modulo, riferito come i modelli esistenti all'ora di punta del mattino di un tipico giorno feriale lavorativo/scolastico, tiene inoltre conto in maniera separata di tre distinti motivi di viaggio:

- Studio (*S*);
- Lavoro (*L*);
- Occasionale (*O*).

A ciascuno di questi motivi vengono applicati parametri comportamentali, sottesi alla scelta del modo (valore del tempo, costi operativi, ecc.), opportunamente differenziati in base alle caratteristiche socio-economiche dello strato di popolazione che effettua gli spostamenti, e calibrati in rapporto ai rilievi di traffico e di frequentazione disponibili.

La base di riferimento per lo sviluppo del modulo è rappresentata dalle esistenti matrici O/D del trasporto privato (2011 e aggiornamento 2016), nonché dalla matrice O/D del trasporto pubblico, riferita all'anno 2011 e, dunque, alla situazione antecedente all'entrata in esercizio della metropolitana.

Tabella 5-1: Riepilogo delle matrici inizialmente in uso

	MODO DI TRASPORTO	
Anno	PRIVATO	PUBBLICO
2011	●	●
2016	●	

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 26 di 71

In linea di principio, la procedura di costruzione del modulo di ripartizione modale ha assunto le matrici disponibili al 2011 e al 2016 come un input di lavoro, mirando a determinare:

- per l'anno 2011, la quota modale della mobilità non motorizzata, definita come componente integrativa rispetto alla matrice O/D degli spostamenti totali;
- per l'anno 2016, le quote modali relative sia alla mobilità non motorizzata sia al trasporto pubblico, in modo tale da supportare l'aggiornamento della calibrazione del corrispondente modello, con incorporazione degli effetti derivanti dall'apertura al traffico della metropolitana.

In altri termini, il modulo di ripartizione modale viene costruito, con riferimento al 2011, in modo tale da riprodurre le quote relative afferenti ai tre modi di trasporto:

$$F_{TOT}(i,j) = F_n(i,j) + F_i(i,j) + F_p(i,j) = (q_n + q_i + q_p)F_{TOT}(i,j)$$

Dove:

$$q_n + q_i + q_p = 1$$

$$\frac{q_i}{q_p} = \frac{F_i(i,j)}{F_p(i,j)}$$

Di modo che la stessa matrice dei flussi complessivi, $F_{TOT}(i,j)$, possa essere considerata un risultato della procedura di stima.

Algoritmo generale di ripartizione

La ripartizione dei flussi di traffico interzonali $F(i,j)$ viene simulata per mezzo di un modello *logit* con parametri funzionali differenziati per motivo di viaggio (studio, lavoro, altri motivi) e componenti obbligate all'utilizzo di specifici modi.

Al livello più generale, vengono prese in considerazione le tre macro-modalità di trasporto che seguono:

- mezzi motorizzati privati (auto, moto) (a)
- mezzi motorizzati pubblici (ferrovia, metropolitana, tram, bus) (p)
- mezzi non motorizzati (piedi, bici) (b)

Come noto, il modello *logit* si basa sul confronto tra i costi generalizzati di viaggio stimati, su ciascuna coppia O/D, per le singole scelte modali. Assumendo ad esempio la mobilità ciclopedonale, la funzione utilizzata è del tipo:

$$F_b(i,j) = F(i,j) \cdot \alpha' + \frac{\exp(-\beta \cdot g_b)}{\exp(-\beta \cdot g_p) + \exp(-\beta \cdot g_b) + \exp(-\beta \cdot g_a)} \cdot F(i,j) \cdot (1 - \alpha)$$

Dove:

$F_b(i,j)$ = flusso non motorizzato sulla relazione (i,j)

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 27 di 71

α, α' = componenti obbligate all'uso dell'auto e della bici (esprese come % del flusso totale)

g_a, g_p, g_b = costi generalizzati degli spostamenti effettuati in auto, con trasporto pubblico o in bici/a piedi

β = parametro di dispersione, il cui valore è definito in fase di calibrazione del modello

Costi generalizzati di spostamento

I costi generalizzati sono definiti secondo algoritmi che tengono conto delle specificità dei differenti modi. Per l'auto privata si ha:

$$g_a(i, j) = c_a \cdot d_a(i, j) + \gamma \cdot [t_{0a} + t_a(i, j)] + p_a(j) \cdot T$$

Dove:

$d_a(i, j)$ = distanza stradale (automobilistica) da i a j

c_a = costo operativo unitario dell'uso dell'auto (€/km)

γ = valore del tempo (variabile per motivo)

t_{0a} = tempo di accesso al veicolo (sosta, spostamento a piedi)

$t_a(i, j)$ = tempo di percorrenza stradale da i a j

$p_a(j)$ = tariffa di sosta a destino

T = tempo di permanenza a destino (variabile per motivo)

Per il trasporto pubblico si ha:

$$g_b(i, j) = \gamma \cdot t_b(i, j) + p_b(i, j)$$

Dove:

γ = valore del tempo (variabile per motivo)

$t_b(i, j)$ = tempo di percorrenza stradale da i a j (incluso accesso/attesa/egresso)

$p_b(i, j)$ = tariffa (c.s./abbonati)

Mentre per i modi non motorizzati si può scrivere:

$$g_p(i, j) = \gamma \cdot [t_{0p} + t_p(i, j)] + k \cdot [t_p(i, j)]^n = \gamma \cdot [t_{0p} + d_p(i, j)/v_p] + k \cdot [d_p(i, j)/v_p]^n$$

$$g_b(i, j) = \gamma \cdot [t_{0b} + t_b(i, j)] + k \cdot [t_b(i, j)]^n = \gamma \cdot [t_{0b} + d_b(i, j)/v_b] + k \cdot [d_b(i, j)/v_b]^n$$

Dove:

$d_p(i, j)$ = distanza pedonale/ciclistica da i a j

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 28 di 71

γ = valore del tempo

t_{op} = tempo di accesso

$v_p(i,j)$, $v_b(i,j)$ = velocità media pedonale/ciclabile

k , n = coefficienti di affaticamento (finalizzati a limitare l'uso della bici su relazioni medio-lunghe)¹

Componenti obbligate

Per tener conto, all'interno dell'universo degli spostamenti, di componenti escluse dalla scelta di determinate modalità di trasporto (ad es. persone senza patente), gli algoritmi di ripartizione della domanda sono stati applicati alla sola quota di domanda ottenuta escludendo le porzioni:

- **obbligate all'uso dell'auto;**
- **escluse dall'uso dell'auto**, e dunque obbligate a scegliere uno dei modi di trasporto residui (trasporto pubblico o mezzi non motorizzati).

L'incidenza di queste quote, variabile a seconda del motivo di viaggio, è stata definita in fase di calibrazione del modello all'anno 2011, e non è più stata oggetto di modifica. I valori adottati sono indicati nella tabella riportata di seguito.

	Motivo di viaggio	Componenti obbligate		
		auto	non auto	contendibile
S	Studio	0,0%	97,0%	3,0%
L	Lavoro	30,0%	5,5%	64,5%
A	Altri motivi	30,0%	5,5%	64,5%

Operativamente, la stima delle quote modali afferenti ai diversi modi, avviene, per ciascun motivo, secondo l'ordine che segue:

- componente obbligata all'uso dell'auto → completamente attribuita al modo PRIVATO;
- componente esclusa dall'uso dell'auto → ripartita fra NON MOTORIZZATO e PUBBLICO;

¹ Per quanto riguarda la stima dei coefficienti di scelta del modo ciclistico, cfr. Drufuca [2007], Ricci [2012].

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 29 di 71

- componente residua, contendibile fra i tre modi → ripartita fra NON MOTORIZZATO, PUBBLICO E PRIVATO.

Costanti modali

L'evidenza delle modifiche nella scelta del mezzo di trasporto, indotte dall'entrata in esercizio della metropolitana di Brescia, rende chiaro che tale scelta è motivata da una pluralità di fattori non direttamente riconducibili ai tempi e ai costi di viaggio. Infatti, in diversi casi, il nuovo sistema è risultato in grado di sottrarre traffico al trasporto privato pure in presenza di risparmi di tempo, rispetto al precedente servizio automobilistico, molto ridotti se non addirittura nulli.

Nella costruzione del modello è risultato pertanto necessario introdurre ulteriori variabili di costo percepito, cioè opportune **costanti modali** genericamente riconducibili al comfort di viaggio, e determinate come penalità temporale attribuita ai tempi di attesa o a quelli trascorsi a bordo dei mezzi di trasporto utilizzati per ogni spostamento Origine-Destinazione.

I valori assegnati alle diverse modalità, verificati in sede di validazione del modello (in particolare per quanto concerne la capacità di riprodurre gli effetti indotti dalla metropolitana tra il 2011 e il 2016), sono i seguenti:

- tempo di attesa: +10% del tempo effettivo;
- tempo a bordo bus: +40% del tempo di viaggio effettivo;
- tempo a bordo metrò: 0% del tempo di viaggio effettivo.

Procedendo per analogia, per le penalità dei modi oggi non presenti sono stati adottati invece i valori di seguito indicati:

- tempo a bordo busvia veloce: +30% del tempo di viaggio effettivo;
- tempo a bordo tram: 0% del tempo di viaggio effettivo.

L'attribuzione delle penalità al tempo di viaggio effettivo deve tener conto del fatto che, nel corso dell'assegnazione, il modulo di simulazione del trasporto pubblico riproduce spesso più itinerari fra loro concorrenti, per ciascuno dei quali restituisce un tempo di viaggio specifico. In altri termini, per ciascuna relazione O/D il modello restituisce un insieme di tempi che possono corrispondere a spostamenti contemporanei di diverse porzioni di domanda su mezzi diversi, e che dunque non possono essere sommati tra loro a dar luogo al tempo complessivo di viaggio tra le due zone. In queste condizioni, attribuire le penalità indicate a tutti i tempi di viaggio simulati determinerebbe una chiara sottostima del comfort medio offerto dal sistema.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 30 di 71

Per ovviare a questo problema, a ciascuna relazione O/D è stata attribuita la media ponderata delle penalità attribuibili ai tempi di viaggio dei mezzi più rappresentativi in esercizio sulla relazione stessa, determinati attribuendo a ciascuna zona di origine e di destinazione un mezzo di riferimento per il calcolo della costante modale.

LUNGHEZZE MEDIE E TEMPI DI VIAGGIO

La lunghezza media degli spostamenti ed i tempi di viaggio, afferenti a ciascuna macromodalità di trasporto, viene determinata calcolando la media delle distanze percorse e dei tempi di percorrenza su ciascuna relazione O/D, ponderata secondo il numero degli spostamenti effettuati

5.1 CRUSCOTTO DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Al fine di garantire leggibilità e ampia diffusione ai risultati delle simulazioni di traffico, nell'ambito della costruzione del modello multimodale è stato anche definito uno specifico "cruscotto" illustrativo dei principali parametri e indicatori, relativi a ciascuno scenario preso in esame.

Tale cruscotto, di cui si riporta un esempio nelle due pagine seguenti, si compone di cinque **tabelle riepilogative**, inerenti rispettivamente:

- all'identificazione dello scenario (offerta di trasporto e anno di simulazione);
- alla ripartizione per modo di trasporto (privato, pubblico, non motorizzato) della domanda di mobilità afferente ai tre motivi di viaggio presi in considerazione (studio, lavoro, altro);
- alla funzionalità della rete stradale, descritta attraverso i volumi di traffico (veicoli-km), i tempi di percorrenza (veicoli-h) e le velocità medie (km/h) per ciascuna categoria stradale (rete primaria, secondaria, locale);
- alla funzionalità della rete di trasporto pubblico, con dettaglio delle singole linee di forza urbane (metropolitana, bus, eventuali altri modi contenuti negli scenari simulati);
- all'utilizzo del sistema di parcheggi P&R attivi nello specifico scenario.

Le tabelle sono accompagnate, dai due flussogrammi del trasporto pubblico e privato in area urbana.

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 31 di 71

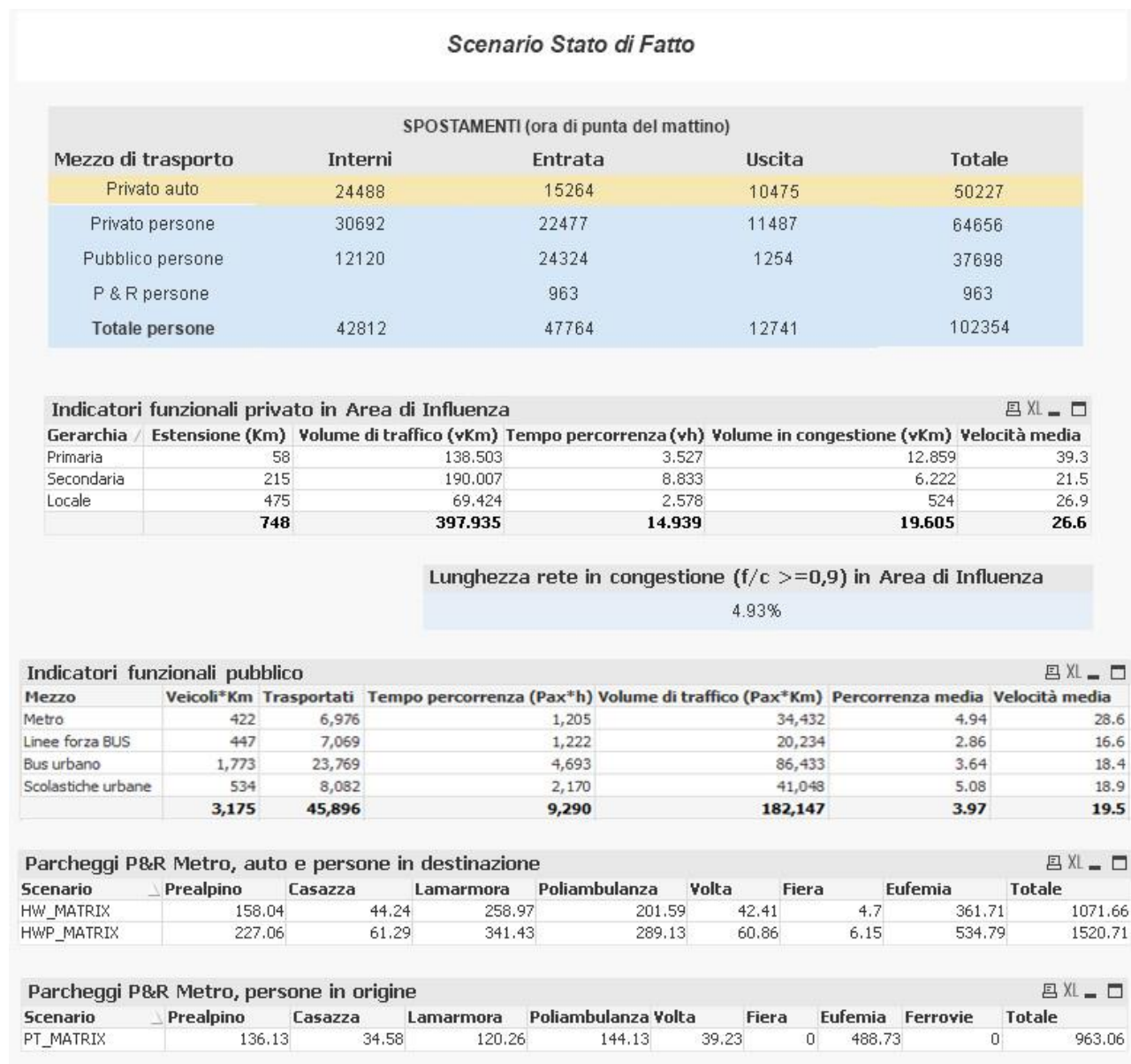


Figura 5-1: Esempio di “cruscotto” per la lettura di sintesi dei risultati delle simulazioni

Scenario stato di fatto 2019
Assegnazione

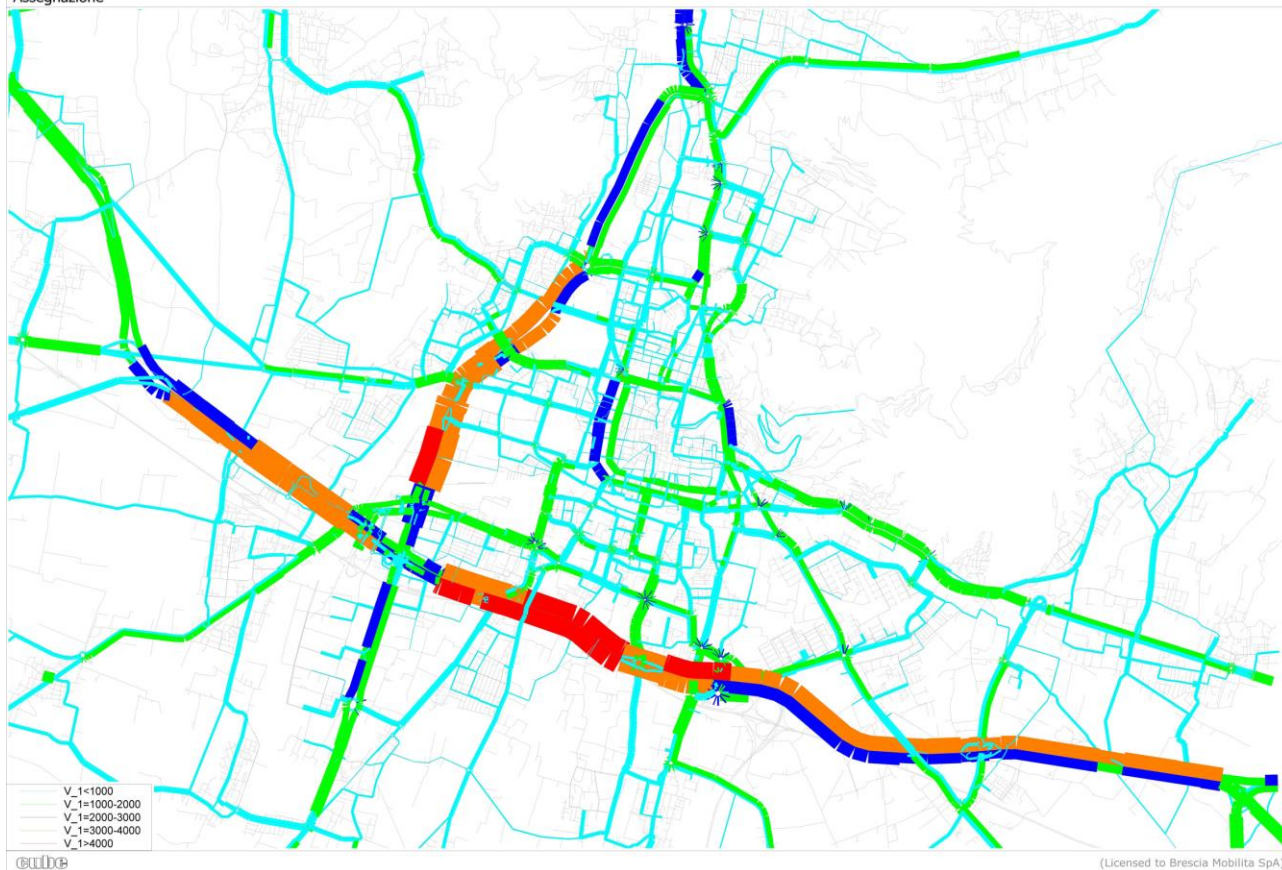


Figura 5-2: Flussogramma traffico privato

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	33 di 71

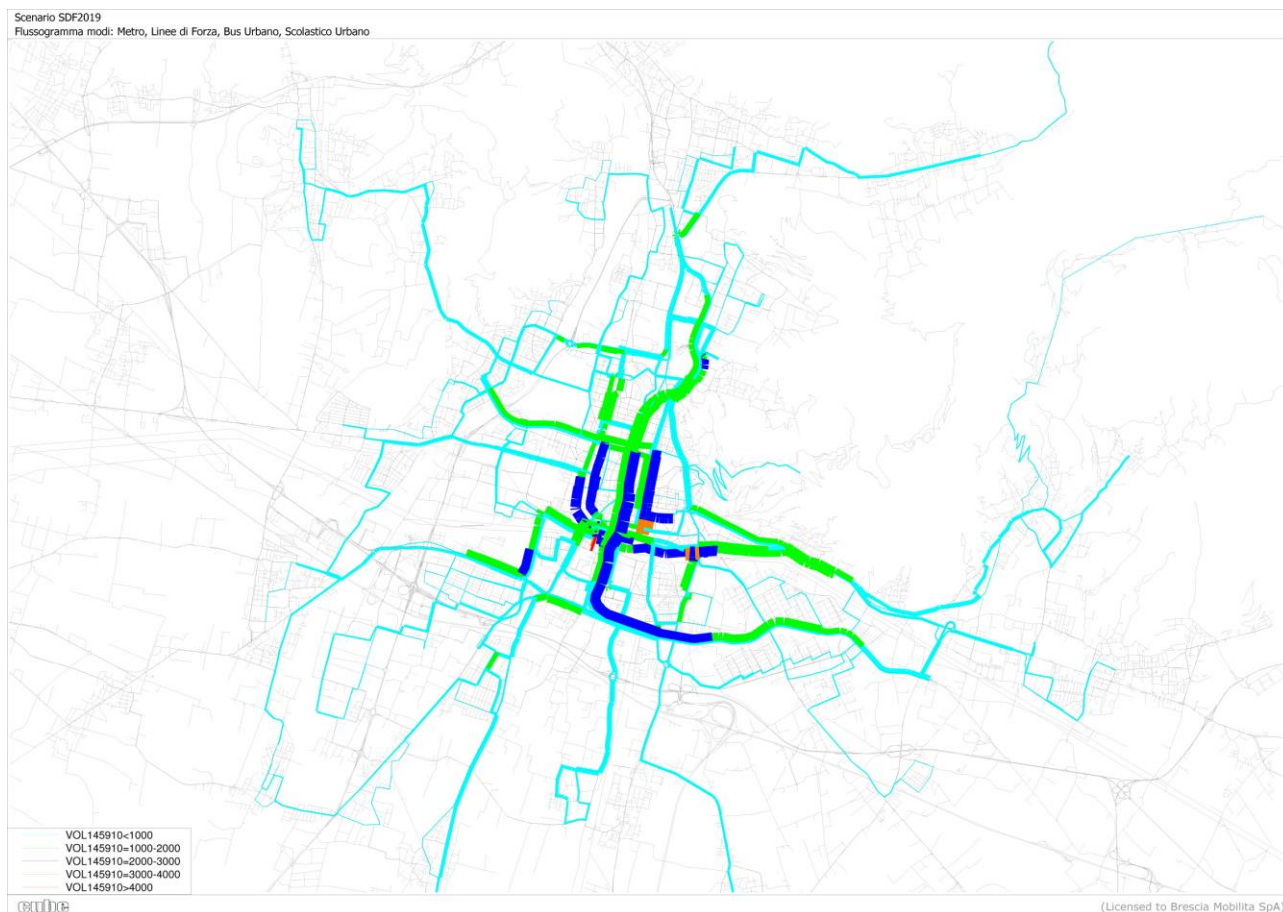


Figura 5-3: Flussogramma trasporto pubblico, Modi urbani

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 71

6 METODOLOGIA DI STIMA DELLA DOMANDA – STATO DI FATTO

In sede di redazione del PUMS, il modello a due stadi descritto nelle pagine precedenti è stato utilizzato innanzi tutto per simulare lo **stato di fatto al 2016**, cioè nello scenario successivo all'entrata in esercizio della metropolitana.

Ciò ha significato, in pratica, riprodurre la matrice O/D del trasporto pubblico 2016 a partire dalle tre matrici già disponibili, ovvero:

- le **matrici O/D del trasporto privato**, riferite agli anni 2011 e 2016, ottenute in base ai dati censuari e già validate in relazione alle indagini al cordone del 2010 e al monitoraggio in continuo, effettuato mediante le spire semaforiche,
- la **matrice O/D del trasporto pubblico**, riferita al solo anno 2011, ottenuta in base ai dati censuari e già validata in relazione al monitoraggio delle frequentazioni della rete TPL urbano.

Il dato di validazione della procedura era rappresentato dal monitoraggio delle frequentazioni della rete TPL urbano, nella condizione successiva all'entrata in esercizio della linea metropolitana.

In altri termini, **la stima della domanda nello stato di fatto 2016 è stata validata in base alla capacità del modulo di riparto modale di riprodurre i trasferimenti da modo privato a modo pubblico, indotti dalla realizzazione della metropolitana.**

Operativamente, la metodologia di stima si è articolata nei passi seguenti:

- 1) ricostruzione delle matrici O/D di riferimento, suddivisa per motivo (studio, lavoro, altro motivo) all'anno 2011;
- 2) confronto con la matrice assegnata dal modulo di trasporto privato (HW) all'anno 2011;
- 3) confronto con la matrice O/D ISTAT della mobilità occasionale all'anno 2011;
- 4) confronto con la matrice O/D della Regione Lombardia all'anno 2014;
- 5) confronto con i risultati dell'indagine al cordone stradale del 2010;
- 6) validazione all'anno 2011;
- 7) stima della domanda all'anno 2016.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 35 di 71

6.1 RICOSTRUZIONE DELLE MATRICI O/D DI RIFERIMENTO

Attesa l'importanza del motivo di viaggio nel determinare la scelta del modo di trasporto, il modulo si applica separatamente alle matrici relative agli spostamenti per studio, lavoro o altri motivi.

Pertanto risulta necessario ripartire le due matrici in uso nelle corrispondenti componenti modali, così determinate:

$$F_i(i, j) = F_i^S(i, j) + F_i^L(i, j) + F_i^O(i, j)$$

$$F_p(i, j) = F_p^S(i, j) + F_p^L(i, j) + F_p^O(i, j)$$

Tale operazione comporta alcune difficoltà, in quanto la matrice O/D Istat 2011, che costituisce la base fondamentale per la stima delle matrici dei flussi per motivi di studio e di lavoro, non è codificata in destinazione per le sezioni censuarie interne al Comune di Brescia.

È risultato dunque necessario procedere utilizzando le informazioni desumibili dalla matrice O/D Istat 2001, secondo i passaggi di seguito descritti:

- Analisi separata delle matrici O/D 2011 per motivi di studio e di lavoro, con determinazione del totale degli spostamenti generati per zona di origine e della sua distribuzione per zone di destinazione interne alla città di Brescia;
- Correzione del risultato così ottenuto in funzione delle variazioni demografiche intercorse nelle zone di origine nel periodo 2001-2011;
- Verifica della distribuzione degli spostamenti in destinazione (somma di tutti i motivi) in rapporto alle matrici attualmente utilizzate dal modello;
- Proiezione all'anno 2011 della distribuzione ottenuta.

Il procedimento adottato, e dettagliatamente descritto nei paragrafi che seguono, ha assunto come vincolo le due matrici O/D utilizzate dei moduli HW e PT all'anno 2011, in modo da poter mantenere valida la calibrazione effettuata nella situazione pre-metrò. Ciò ha determinato la necessità di modificare invece le matrici assegnate all'anno 2016 (situazione post-metrò) quanto meno per le parti non coerenti con le variazioni di domanda intervenute nel quinquennio 2011-2016.

Lo sviluppo delle singole attività elencate è avvenuto, in via preliminare, facendo riferimento alla suddivisione della città di Brescia in 9 zone di traffico, corrispondenti ai vecchi quartieri nonché alle sub-zone comunali utilizzate dalla matrice O/D della Regione Lombardia. I risultati sono stati quindi trasposti alla zonizzazione utilizzata dal modello (535 x 535 zone).

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	36 di 71

Matrice O/D assegnata dal modulo HW al 2011

La matrice O/D utilizzata dal modulo HW, riferito al 2011, rappresentativa della totalità degli spostamenti motorizzati privati, include un totale di circa 200 mila movimenti veicolari, di cui quasi 37 mila interni al territorio comunale, 17.500 in entrata, circa 9.000 in uscita e poco più di 137 mila in attraversamento.

Tabella 6-1: Matrice O/D 2011HW, espressa in movimenti veicolari/ora

	interno	esterno	Totale
interno	36.865	8.899	45.764
esterno	17.505	137.103	154.608
Totale	54.370	146.002	200.372

Applicando a tali valori opportuni coefficienti medi di occupazione veicolare¹, e trascurando la componente di transito, è possibile stimare la corrispondente quota di domanda specifica in circa 69 mila spostamenti/ora, di cui 40 mila interni, 19 mila in ingresso e 10 mila in uscita.

Tabella 6-2: Matrice O/D 2011HW, espressa in passeggeri/ora

	interno	esterno	Totale
interno	40.552	9.789	50.340
esterno	19.256		19.256
Totale	59.807	9.789	69.596

Per contro, la matrice O/D assegnata alla rete del trasporto pubblico (modulo PT) include circa 69 mila spostamenti/ora, di cui 5 mila interni alla città, 21 mila in entrata, poco meno di 1.000 in uscita e oltre 40 mila in attraversamento.

¹ La matrice assegnata al modulo HW, espressa in veicoli/ora, viene qui riportata ad un'espressione in passeggeri/ora utilizzando un coefficiente medio di occupazione veicolare variabile tra 1,07 e 1,60, a seconda del motivo e della componente di domanda (spostamenti interni, entranti, uscenti, di transito).

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 37 di 71

Tabella 6-3: Matrice O/D 2011PT, espressa in passeggeri/ora

	interno	esterno	Totale
interno	5.031	973	6.004
esterno	21.263	42.178	63.441
Totale	26.294	43.151	69.445

Sommando la matrice privata e quella pubblica si ottiene una matrice complessiva, riferita alla sola mobilità motorizzata (escludendo cioè gli spostamenti ciclopedonali), che presenta un totale di circa 97 mila spostamenti/ora, di cui 46 mila interni alla città, 40 mila in entrata e 11 mila in uscita.

Tabella 6-4: Stima matrice O/D 2011 HW+PT, espressa in passeggeri/ora

	interno	esterno	Totale
interno	45.583	10.762	56.344
esterno	40.519		40.519
Totale	86.101	10.762	96.863

Questi valori costituiscono i punti di riferimento essenziali per il confronto con le matrici O/D disponibili, finalizzato alla ripartizione della domanda di mobilità per motivo di spostamento.

Confronto con matrice O/D ISTAT

Dall'esame dell'intera matrice O/D ISTAT 2001 (totale spostamenti sistematici per studio o per lavoro) è possibile desumere che il Comune di Brescia è interessato, in un tipico giorno feriale, da 163 mila spostamenti di andata, di cui:

- circa 110 mila per motivi di lavoro e 53 mila per motivi di studio;
- circa 76 mila interni alla città, 70 mila in entrata e 18 mila in uscita;
- circa 112 mila in auto, 34 mila con trasporto pubblico (ferrovia + autobus) e 18 mila con mezzi non motorizzati.

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecce (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 38 di 71

Tabella 6-5: Riepilogo della matrice O/D ISTAT 2001

STUDIO					LAVORO					TOTALE				
TUTTI I MODI					TUTTI I MODI					TUTTI I MODI				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		26.875	1.690	28.565	Brescia		48.709	16.237	64.946	Brescia		75.584	17.927	93.511
	esterno	24.724		24.724		esterno	45.099		45.099		esterno	69.823		69.823
TOTALE		51.599	1.690	53.289	TOTALE		93.808	16.237	110.045	TOTALE		145.407	17.927	163.334
NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		7.867	21	7.888	Brescia		9.179	196	9.375	Brescia		17.046	217	17.263
	esterno	78		78		esterno	400		400		esterno	478		478
TOTALE		7.945	21	7.966	TOTALE		9.579	196	9.775	TOTALE		17.524	217	17.741
MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		13.053	914	13.967	Brescia		34.799	14.420	49.219	Brescia		47.852	15.334	63.186
	esterno	8.849		8.849		esterno	39.723		39.723		esterno	48.572		48.572
TOTALE		21.902	914	22.816	TOTALE		74.522	14.420	88.942	TOTALE		96.424	15.334	111.758
MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		5.955	755	6.710	Brescia		4.731	1.621	6.352	Brescia		10.686	2.376	13.062
	esterno	15.797		15.797		esterno	4.976		4.976		esterno	20.773		20.773
TOTALE		21.752	755	22.507	TOTALE		9.707	1.621	11.328	TOTALE		31.459	2.376	33.835

Questi valori possono essere opportunamente confrontati con quelli rilevati dieci anni dopo, in occasione del censimento 2011, dal quale è possibile desumere che, nel primo decennio del nuovo millennio, la domanda di mobilità sistematica ha subito un incremento da circa 162 mila a 183 mila spostamenti di andata/giorno, di cui:

- circa 124 mila per motivi di lavoro e 59 mila per motivi di studio;
- circa 77 mila interni alla città, 86 mila in entrata e 21 mila in uscita;
- circa 120 mila in auto, 41 mila con trasporto pubblico (ferrovia + autobus) e 23 mila con mezzi non motorizzati.

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecce (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 39 di 71

Tabella 6-6: Riepilogo della matrice O/D ISTAT 2011

STUDIO					LAVORO					TOTALE				
TUTTI I MODI					TUTTI I MODI					TUTTI I MODI				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		28.705	1.149	29.854	Brescia		48.262	19.465	67.727	Brescia		76.967	20.614	97.581
	esterno	28.864		28.864		esterno	56.702		56.702		esterno	85.566		85.566
TOTALE		57.569	1.149	58.718	TOTALE		104.964	19.465	124.429	TOTALE		162.533	20.614	183.147
NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		10.321	5	10.326	Brescia		11.358	381	11.739	Brescia		21.679	386	22.065
	esterno	292		292		esterno	1.025		1.025		esterno	1.317		1.317
TOTALE		10.613	5	10.618	TOTALE		12.383	381	12.764	TOTALE		22.996	386	23.382
MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		10.857	336	11.193	Brescia		31.529	16.698	48.227	Brescia		42.386	17.034	59.420
	esterno	9.240		9.240		esterno	50.371		50.371		esterno	59.611		59.611
TOTALE		20.097	336	20.433	TOTALE		81.900	16.698	98.598	TOTALE		101.997	17.034	119.031
MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		7.527	808	8.335	Brescia		5.374	2.386	7.760	Brescia		12.901	3.194	16.095
	esterno	19.332		19.332		esterno	5.307		5.307		esterno	24.639		24.639
TOTALE		26.859	808	27.667	TOTALE		10.681	2.386	13.067	TOTALE		37.540	3.194	40.734

I dati desunti dalla fonte censuaria rappresentano un riferimento essenziale per ogni analisi della domanda di mobilità a scala locale, bresciana e non. Tuttavia, essi non si prestano, di fatto, quanto meno per l'anno 2011, ad alcuna affidabile modalità di disaggregazione interna al territorio della città¹. È pertanto necessario fare riferimento anche alla matrice O/D resa disponibile dalla Regione Lombardia, come illustrato nel paragrafo che segue.

¹ Infatti, come noto, a differenza dei precedenti, il censimento del 2011 ha proceduto a rilevare la mobilità sistematica su base campionaria, senza diretto riferimento all'universo della popolazione. Conseguentemente, i record relativi alle singole sezioni censuarie, che nei casi precedenti potevano prestarsi alla ricostruzione di matrici O/D anche alla scala subcomunale, si presentano lacunosi e non tali da consentire una affidabile riaggregazione del dato a questo livello.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 40 di 71

Confronto con matrice O/D Lombardia (2014)

Analizzando la matrice O/D della Regione Lombardia riferita all'anno 2014, elaborata secondo un approccio in parte difforme da quello censuario¹, è possibile quantificare la domanda di mobilità che interessa la Città di Brescia nel corso di un normale giorno feriale lavorativo/scolastico in circa 559 mila spostamenti, di cui 246 mila ritorni a casa. Più specificamente, la domanda stimata da questa matrice si articola in:

- circa 44 mila spostamenti/giorno per motivi di studio, 121 mila per motivi di lavoro, 19 mila per motivi d'affari, 128 mila per altri motivi occasionali, e la restante quota per ritorni a casa;
- circa 140 mila spostamenti/giorno interni alla città, 34 mila in entrata e 38 mila in uscita (valori riferiti ai soli spostamenti di andata);
- circa 195 mila spostamenti/giorno con mezzo motorizzato individuale, 38 mila con mezzo motorizzato collettivo, 44 mila con mezzo non motorizzato.

¹ Tale matrice in particolare include gli spostamenti effettuati anche per motivi occasionali, escludendo però dal campo di osservazione la domanda di mobilità espressa dai minori di 14 anni e gli spostamenti a piedi di durata non superiore ai 20 minuti.

<div>META</div> <div>mobilità economia territorio ambiente</div>	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA					
		NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”					
		Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	41 di 71	

Tabella 6-7: Riepilogo della matrice O/D Regione Lombardia (2014) – intera giornata

STUDIO					LAVORO					AFFARI				
TUTTI I MODI					TUTTI I MODI					TUTTI I MODI				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		10.117	1.486	11.603	Brescia		46.429	19.769	66.198	Brescia		5.794	5.605	11.399
	esterno	32.529		32.529		esterno	55.199		55.199		esterno	7.351		7.351
TOTALE		42.646	1.486	44.132	TOTALE		101.628	19.769	121.397	TOTALE		13.145	5.605	18.750
NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		3.695	5	3.700	Brescia		9.926	660	10.586	Brescia		454	206	660
	esterno	241		241		esterno	1.000		1.000		esterno	194		194
TOTALE		3.936	5	3.941	TOTALE		10.926	660	11.586	TOTALE		648	206	854
MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		3.432	580	4.012	Brescia		31.185	16.671	47.856	Brescia		4.201	3.512	7.713
	esterno	12.552		12.552		esterno	46.863		46.863		esterno	5.493		5.493
TOTALE		15.984	580	16.564	TOTALE		78.048	16.671	94.719	TOTALE		9.694	3.512	13.206
MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		2.970	889	3.859	Brescia		5.214	2.269	7.483	Brescia		832	498	1.330
	esterno	19.712		19.712		esterno	7.061		7.061		esterno	551		551
TOTALE		22.682	889	23.571	TOTALE		12.275	2.269	14.544	TOTALE		1.383	498	1.881

OCCASIONALI					TOTALE (senza rit.a casa)					RITORNI A CASA				
TUTTI I MODI					TUTTI I MODI					TUTTI I MODI				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		78.214	11.564	89.778	Brescia		140.554	38.424	178.978	Brescia		109.710	109.871	219.581
	esterno	38.623		38.623		esterno	133.702		133.702		esterno	27.280		27.280
TOTALE		116.837	11.564	128.401	TOTALE		274.256	38.424	312.680	TOTALE		136.990	109.871	246.861
NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO					NON MOTORIZZATO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		25.473	877	26.350	Brescia		39.548	1.748	41.296	Brescia		31.582	1.756	33.338
	esterno	845		845		esterno	2.280		2.280		esterno	1.235		1.235
TOTALE		26.318	877	27.195	TOTALE		41.828	1.748	43.576	TOTALE		32.817	1.756	34.573
MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE					MOTORIZZATO INDIVIDUALE				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		40.279	8.054	48.333	Brescia		79.097	28.817	107.914	Brescia		61.085	69.839	130.924
	esterno	21.782		21.782		esterno	86.690		86.690		esterno	21.166		21.166
TOTALE		62.061	8.054	70.115	TOTALE		165.787	28.817	194.604	TOTALE		82.251	69.839	152.090
MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO					MOTORIZZATO COLLETTIVO				
O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE	O	D	Brescia	esterno	TOTALE
Brescia		1.163	2.518	3.681	Brescia		8.184	3.158	11.342	Brescia		15.950	37.881	53.831
	esterno	15.905		15.905		esterno	26.773		26.773		esterno	4.768		4.768
TOTALE		17.068	2.518	19.586	TOTALE		34.957	3.158	38.115	TOTALE		20.718	37.881	58.599

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	42 di 71

In considerazione della diversa base territoriale della matrice regionale rispetto a quella censuaria, i valori relativi agli spostamenti dell'ora di punta possono essere articolati anche a livello subcomunale, come indicato nella tabella che segue: nel complesso la domanda su mezzo motorizzato privato si traduce in quasi 47 mila movimenti veicolari/ora, di cui 14.600 interni ai confini comunali, 19.200 in ingresso, 8.400 in uscita, e 4.600 in attraversamento¹.

Tabella 6-8: Riepilogo della matrice O/D Regione Lombardia (2014) – ora di punta del mattino

Matrice O/D Lombardia 2014														
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)														
TUTTI I MOTIVI - AUTO (CONDUCENTE)														
Macrozona di destinazione														
Macrozona di origine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	TOT
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	355	251	103	101	167	124	95	67	491	147	372	283	232	2.790
2 Brescia 2 (Mompiano)	221	386	54	119	107	138	100	55	558	164	325	279	251	2.757
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	214	156	276	181	217	95	100	46	540	123	250	204	193	2.596
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiumicello)	148	104	68	154	69	91	69	36	329	94	183	155	144	1.644
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	114	146	46	85	254	90	85	17	296	128	248	212	196	1.916
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	87	91	64	83	88	164	128	40	427	107	209	185	165	1.839
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	237	264	103	124	178	150	475	166	725	165	320	278	256	3.444
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	80	119	42	32	63	102	136	171	401	92	175	152	147	1.710
9 Brescia 9 (Centro storico)	261	292	108	120	147	254	188	156	826	310	634	520	479	4.295
10 Quadrante Nord	297	337	246	196	253	216	321	175	687		1.314	326	768	5.137
20 Quadrante Ovest	845	745	535	433	547	484	703	380	1.526	973				7.171
30 Quadrante Sud	648	661	478	384	494	427	630	347	1.363	257				5.688
40 Quadrante Est	546	596	434	343	445	379	565	309	1.209	957				5.781
Totale	4.053	4.149	2.558	2.354	3.029	2.715	3.595	1.964	9.380	3.515	4.030	2.597	2.831	46.770

Confronto con le rilevazioni al cordone del 2010

Il dato relativo ai movimenti veicolari dell'ora di punta del mattino risulta di particolare interesse, perché può essere messo in diretta relazione con i risultati dell'indagine al cordone del 2010, unica altra fonte disponibile relativamente all'insieme della mobilità di scambio tra Brescia e l'esterno su mezzo privato, nella situazione pre-metrò.

Come si può osservare nella tabella riportata nella pagina che segue, il cordone urbano esterno, considerato escludendo i caselli autostradali, intercettava un flusso pari a circa 18.700 veicoli in ingresso e 14 mila in uscita, a loro volta ripartiti in 3.500 interni, 14.900 entranti, 6.800 uscenti e 1.500 in transito.

¹ Tale componente comprende qui gli scambi da e per la Val Trompia, che restano il più delle volte vincolati all'attraversamento dell'area urbana di Brescia. Vengono invece esclusi gli scambi tra gli altri quadranti, che possono interessare sia la A4 che la tangenziale Sud, ma che risultano più difficilmente selezionabili a priori rispetto ai confini cittadini (ad esempio, un movimento veicolare tra Manerbio e Lonato può avvenire in autostrada, interessando il territorio urbano, od anche per via ordinaria, aggirandolo dall'esterno).

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
<div>Nota metodologica n.1</div> <div>Analisi della mobilità</div>	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 43 di 71

Tabella 6-9: Flussi veicolari in transito al cordone stradale – ora di punta

CORDONE ESTERNO		IN_m	IN_s	OUT_m	OUT_s
1	34 via Conicchio	1.580	750	679	1.036
2	35 via Triumplina (N)	1.860	1.386	1.089	1.605
3	40 via Stretta	719	438	299	450
4	1 via Collebeato	541	452	410	548
5	3 via Torricella di Sopra	1.140	856	593	850
6	207 via del Santellone	258	316	301	221
7	7 via Valcamonica	1.036	920	865	1.023
8	9 via Violino di Sotto	379	482	323	421
9	151 via Orzinuovi	1.598	1.152	1.072	2.031
10	12 Tangenziale Ovest	2.579	1.998	1.563	1.897
11	13 via Fornaci	292	316	232	364
12	16 via Flero	1.042	619	406	998
13	19 via Industriale	636	302	303	500
14	20 via della Volta	1.416	1.202	545	774
15	21 via Borgosatollo	1.100	1.021	811	1.244
16	23 via Bettole	345	259	346	372
17	27 via Agostino Chiappa	159	59	44	108
18	29 v.le S.Eufemia	1.395	1.323	983	1.148
19	30 via S.Orsola	634	270	288	550
TOTALE (senza tang.)		18.709	14.121	11.152	16.140



Tabella 6-10: Riepilogo della matrice O/D al cordone (2010) – ora di punta del mattino, senza autostrade

Matrice O/D cordone (solo sezioni esterne, esclusa autostrada)														
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8) - 2016														
TUTTI I MOTIVI - TRASPORTO PRIVATO														
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	TOT
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	33	0	41	6	71	11	0	24	64	457	168	135	68	1.078
2 Brescia 2 (Mompiano)	0	247	33	23	36	14	14	21	0	408	112	196	95	1.199
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	38	26	74	22	98	56	57	50	44	204	682	195	64	1.611
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiumicello)	0	0	0	22	61	0	12	8	10	66	99	99	73	450
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	94	41	93	99	104	16	49	16	41	23	135	330	72	1.114
6 Brescia 6 (Folzano-Lamamora)	86	16	19	0	8	15	98	1	25	28	131	238	8	673
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	29	65	81	44	94	193	296	38	205	54	142	501	291	2.033
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	0	22	0	0	5	40	35	88	18	61	146	164	147	726
9 Brescia 9 (Centro storico)	6	0	39	0	0	32	48	0	49	461	302	311	128	1.376
10 Quadrante Nord	617	976	160	266	239	205	128	238	1.111		356	315	121	4.733
20 Quadrante Ovest	447	303	565	320	390	224	261	68	593	292				3.463
30 Quadrante Sud	289	481	206	144	1.165	1.018	577	199	1.192	322				5.593
40 Quadrante Est	68	376	60	22	46	157	509	705	552	109				2.604
Totale	1.708	2.554	1.371	968	2.317	1.981	2.083	1.457	3.903	2.486	2.273	2.484	1.067	26.651

I valori risultanti dall'indagine al cordone debbono ovviamente essere integrati con quelli relativi ai flussi transitanti dai caselli autostradali che, secondo i dati resi disponibili dalle Società Concessionarie, sono risultati nel 2014 pari a circa 25.500 veicoli leggeri/giorno (bidirezionali) a Brescia Ovest, quasi 22.000 a Brescia Centro, circa 13.500 a Brescia Est, altrettanti a Ospitaletto, e meno di 4.000 a Brescia Sud, per un totale di circa 65.000 unità.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecce (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 44 di 71

Tabella 6-11: Flussi giornalieri rilevati agli svincoli autostradali (2001-2014)

Stazione	TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO				Variazione percentuale			
	2001	2008	2011	2014	2001-08	2008-11	2011-14	2001-14
Ospitaletto	8.905	15.584	14.733	13.556	+75,0%	-5,5%	-8,0%	+52,2%
Brescia Ovest	24.547	20.954	29.017	25.575	-14,6%	+38,5%	-11,9%	+4,2%
Brescia Centro	19.393	22.259	22.779	21.913	+14,8%	+2,3%	-3,8%	+13,0%
Brescia Sud	0	670	3.196	3.869	=	=	+21,1%	=
Brescia Est	10.605	15.503	14.679	13.389	+46,2%	-5,3%	-8,8%	+26,3%
TOTALE	54.544	59.386	69.671	64.747	+8,9%	+17,3%	-7,1%	+18,7%
senza ASPI	29.998	38.432	40.654	39.172	+28,1%	+5,8%	-3,6%	+30,6%

Limitandosi ai soli impianti collocati entro il territorio comunale (Brescia Ovest e Brescia Centro), e assumendo un fattore dell'ora di punta pari a 0,08, si ottengono valori pari rispettivamente a:

$25.000 \times 0,08 = \text{ca. } 2.000$ veicoli/ora bidirezionali a Brescia Ovest

$22.000 \times 0,08 = \text{ca. } 1.800$ veicoli/ora bidirezionali a Brescia Centro

per un totale di 3.800 veicoli/ora, pari a un migliaio di veicoli entranti e altrettanti uscenti dal cordone urbano, riferito all'ora di punta del mattino.

Ipotizzando poi che questi flussi si ripartiscano equamente nei due sensi di marcia, è possibile stimare che il flusso automobilistico entrante/uscente in città nella fascia oraria in esame sia pari approssimativamente:

- in entrata, a $14.900 + 1.900 = 16.800$ veicoli leggeri/ora
- in uscita, a $6.800 + 1.900 = 8.700$ veicoli leggeri/ora

in buon accordo con i valori risultanti dalla matrice O/D 2014 della Regione Lombardia (rispettivamente, 19.200 e 8.400 veicoli/ora).

Se ne deduce la ragionevole possibilità di utilizzare quest'ultima matrice come base di riferimento per stimare l'articolazione per motivo degli spostamenti di scambio fra l'esterno e l'area urbana.

Ripartizione della matrice O/D 2011 per motivo di viaggio

Sulla base delle valutazioni descritte nei precedenti paragrafi, è risultato possibile impostare una specifica procedura di calcolo, volta a ripartire la matrice O/D 2011 nei tre motivi di viaggio (studio, lavoro, altro).

Questa procedura opera separatamente per il modo privato (HW) e per quello pubblico (PT), scorporando gli spostamenti destinati verso zone corrispondenti a istituti scolastici, e dunque attribuibili al motivo "studio". I successivi passaggi di calcolo sono implementati nella base dati Rip.Mod.mdb secondo i passi descritti di seguito.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div>	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA					
		NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”					
Nota metodologica n.1		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità		IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	45 di 71

100_Calcola_OD2011_Priv: ripartisce la matrice HW2011 in tre quote, una corrispondente a HW2011_S (per zone) e l'altra ottenuta ripartendo la quota residua in funzione del coefficiente *IncANS_HW* (rappresentativo dell'incidenza degli altri motivi rispetto al lavoro) stimata sulla base della matrice O/D Lombardia 2014 (15x15 zone).

Tabella 6-12: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto privato – tutti i motivi

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
TUTTI I MOTIVI - AUTO (MODELLO 2011)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50		
1 Brescia 1 (S. Bartolomeo-Casazza)	654	442	208	375	347	587	238	189	795	480	550	374	317	160	5.716	
2 Brescia 2 (Mompiano)	446	664	228	265	207	386	182	175	670	558	470	383	250	109	4.992	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	422	335	481	418	111	92	101	30	304	360	594	193	103	45	3.587	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	219	193	96	327	217	298	171	101	369	145	155	189	158	101	2.737	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	191	160	60	241	713	476	311	90	296	91	165	385	334	588	4.101	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	160	141	47	139	255	317	346	76	268	109	137	403	135	559	3.090	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	406	603	198	285	403	495	951	378	762	276	328	617	713	732	7.148	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	184	229	48	128	131	236	224	298	437	130	179	229	607	175	3.234	
9 Brescia 9 (Centro storico)	190	279	56	213	203	253	270	194	412	198	231	386	253	387	3.525	
10 Quadrante Nord	766	1.012	317	177	163	289	254	129	575		1.610	594	973	133	6.991	
20 Quadrante Ovest	458	358	417	264	412	435	364	168	475	1.081				576	5.008	
30 Quadrante Sud	321	287	143	308	585	738	599	201	702	334				566	4.783	
40 Quadrante Est	406	820	163	244	562	465	914	869	1.169	1.034				132	6.777	
50 Esterno Prov.	296	198	141	188	630	262	521	192	398	53	153	647	446	11	4.136	
Totale	5.120	5.721	2.602	3.570	4.938	5.328	5.447	3.087	7.632	4.848	4.572	4.399	4.291	4.273	65.826	

Tabella 6-13: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto privato – motivo studio

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
STUDIO - AUTO (MODELLO 2011)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50		
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	35	25	12	3	7	23	24	10	30	0	2	0	1	1	174	
2 Brescia 2 (Mompiano)	37	49	8	1	6	11	15	8	37	1	2	0	1	1	178	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	38	32	4	4	1	0	2	1	20	0	1	0	3	2	108	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	5	9	2	2	1	6	6	3	12	0	0	0	1	0	48	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	14	22	3	0	4	7	38	4	19	0	2	0	4	3	121	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	10	9	2	0	2	3	42	2	12	0	1	0	4	2	89	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	56	111	25	7	10	10	32	13	65	0	2	0	5	5	341	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	28	27	5	2	2	3	12	5	23	0	1	0	2	2	115	
9 Brescia 9 (Centro storico)	7	9	5	2	7	3	15	2	10	4	6	3	9	10	92	
10 Quadrante Nord	16	17	3	0	0	1	1	1	18	0	0	0	0	0	57	
20 Quadrante Ovest	20	16	7	0	2	5	4	1	18	0	0	0	0	0	75	
30 Quadrante Sud	10	14	2	0	1	2	18	0	15	0	0	0	0	0	62	
40 Quadrante Est	5	35	0	2	0	3	3	8	59	0	0	0	0	0	115	
50 Esterno Prov.	2	2	2	0	3	2	3	2	11	0	0	0	0	0	26	
Totale	285	377	82	23	46	79	216	60	348	6	16	3	30	27	1.599	

Tabella 6-14: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto privato – componenti residue (lavoro+altri motivi)

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
ALTRI MOTIVI - AUTO (MODELLO 2011)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50		
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	78	41	40	44	27	93	25	97	33	130	99	50	104	136	1.000	
2 Brescia 2 (Mompiano)	131	39	78	33	24	63	27	116	28	152	85	51	41	100	968	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	34	109	42	20	4	13	7	17	9	99	109	26	17	39	546	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	24	37	45	24	29	38	13	57	15	40	28	26	27	94	497	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	24	15	13	67	34	79	21	69	17	25	30	52	51	533	1.032	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	29	16	7	17	75	37	22	50	10	30	25	54	23	518	913	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S. Polo)	37	32	19	26	30	202	57	136	22	75	59	83	118	678	1.574	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	25	12	6	16	10	49	50	76	13	36	33	31	87	159	603	
9 Brescia 9 (Centro storico)	50	55	26	67	60	67	76	116	24	53	41	52	42	345	1.075	
10 Quadrante Nord	35	30	11	9	6	17	6	18	0	0	39	181	63	111	527	
20 Quadrante Ovest	20	10	13	14	14	25	8	23	45	0	0	0	0	288	461	
30 Quadrante Sud	11	7	4	13	16	35	10	23	14	0	0	0	0	283	416	
40 Quadrante Est	15	20	5	11	16	23	17	103	122	0	0	0	0	66	397	
50 Esterno Prov.	66	56	47	78	221	113	116	127	42	0	77	323	223	6	1.493	
Totale	579	478	355	439	566	856	456	1.029	394	639	626	930	797	3.356	11.501	

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div>	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA					
		NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”					
		Nota metodologica n.1	COMMESSA INO0	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A
Analisi della mobilità							

Analogamente si procede per il modo pubblico, mediante l'analoga procedura indicata di seguito.

100_Calcola_OD2011_Pubb: ripartisce la matrice PT2011 in tre quote, una corrispondente ad PT2011_S (per zone) e l'altra ottenuta ripartendo la quota residua in funzione del coefficiente *IncANS_PUBB* (rappresentativo dell'incidenza degli altri motivi rispetto al lavoro) stimata sulla base della matrice O/D Lombardia 2014 (15x15zone).

Tabella 6-15: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto pubblico – tutti i motivi

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	TOT	
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	132	129	51	55	105	93	147	77	165	11	65	17	29	29	1.105	
2 Brescia 2 (Mompiano)	147	143	60	68	126	114	158	86	195	10	59	16	26	26	1.234	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	155	161	57	57	107	94	160	88	176	10	63	17	30	30	1.207	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	84	91	33	34	66	57	93	50	101	7	40	11	18	18	700	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	77	87	30	32	57	56	83	44	95	6	35	9	16	16	644	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	109	136	44	45	85	77	125	68	140	9	51	13	23	23	950	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	240	262	94	98	201	177	241	131	279	14	86	22	42	42	1.929	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	93	99	34	35	70	59	92	53	104	6	39	10	17	17	728	
9 Brescia 9 (Centro storico)	120	138	49	55	128	105	138	71	158	13	68	19	29	29	1.120	
10 Quadrante Nord	544	568	183	172	248	255	523	324	554		240	49	251	251	4.161	
20 Quadrante Ovest	1.083	1.154	381	371	545	594	1.029	637	1.145	86					7.025	
30 Quadrante Sud	949	1.029	323	307	435	460	904	560	969	27					5.964	
40 Quadrante Est	785	858	272	263	384	413	749	462	825	73					5.083	
50 Esterno Prov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	
Totale	4.520	4.854	1.611	1.590	2.555	2.555	4.441	2.651	4.907	272	746	183	482	482	31.849	

Tabella 6-16: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto pubblico – motivo studio

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	TOT	
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	85	94	28	24	36	34	86	52	86	0	2	1	1	1	529	
2 Brescia 2 (Mompiano)	85	99	28	24	37	36	86	52	87	1	3	1	1	1	540	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	111	127	35	29	45	41	108	65	108	0	0	0	0	0	669	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	55	64	18	15	24	22	58	35	58	0	0	0	0	0	349	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	48	60	16	14	22	21	48	29	48	0	2	0	0	0	310	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	71	94	25	21	32	30	78	47	77	0	0	0	0	0	475	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	157	189	51	43	68	68	158	96	159	0	2	0	0	0	993	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	66	74	21	17	27	25	64	39	63	0	1	0	0	0	397	
9 Brescia 9 (Centro storico)	64	80	21	18	29	27	69	41	68	0	1	0	0	0	421	
10 Quadrante Nord	482	533	154	128	194	186	476	291	467	0	0	0	0	0	2.911	
20 Quadrante Ovest	872	1.027	278	230	354	340	863	528	841	0	0	0	0	0	5.332	
30 Quadrante Sud	815	951	260	215	319	307	802	491	781	0	0	0	0	0	4.942	
40 Quadrante Est	648	775	207	171	263	251	642	392	627	0	0	0	0	0	3.978	
50 Esterno Prov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totale	3.559	4.166	1.142	948	1.452	1.388	3.538	2.159	3.471	2	10	3	3	3	21.845	

Tabella 6-17: Matrice O/D assegnata (2011) – trasporto pubblico – componenti residue
(lavoro+altri motivi)

Matrice ASSEGNATA 2011 - stima																
Flussi interessanti il territorio comunale di Brescia nell'ora di punta del mattino (7-8)																
Macrozona di origine	Macrozona di destinazione															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	TOT	
1 Brescia 1 (S.Bartolomeo-Casazza)	13	8	9	8	12	20	16	19	15	9	43	12	25	24	232	
2 Brescia 2 (Mompiano)	36	6	20	12	24	28	25	29	25	8	38	10	20	24	306	
3 Brescia 3 (Chiusure-Urago)	9	21	4	3	6	16	8	18	9	9	44	12	22	27	208	
4 Brescia 4 (P.ta Milano-Fiomicello)	6	10	10	3	11	8	5	12	6	6	28	7	13	16	142	
5 Brescia 5 (Fornaci-Chiesanuova)	8	5	6	9	4	11	6	13	12	5	23	6	12	15	134	
6 Brescia 6 (Folzano-Lamarmora)	13	11	6	6	27	12	7	17	10	7	34	9	19	21	199	
7 Brescia 7 (P.ta Cremona-S.Polo)	19	11	11	11	23	71	12	22	17	11	59	15	33	39	355	
8 Brescia 8 (P.ta Venezia-Caionvico-S.Eufemia)	9	3	4	5	9	14	13	7	6	5	27	7	13	16	138	
9 Brescia 9 (Centro storico)	27	22	20	19	50	37	35	23	19	10	46	13	24	26	371	
10 Quadrante Nord	22	5	6	21	10	24	9	16	0		32	33	54	222	455	
20 Quadrante Ovest	80	22	24	75	37	96	39	59	21	0				0	452	
30 Quadrante Sud	57	18	16	50	25	70	28	36	7	0				0	307	
40 Quadrante Est	46	14	13	40	19	58	22	30	42	0				0	282	
50 Esterno Prov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totale	345	156	148	264	255	465	226	301	189	69	374	125	236	430	3.583	

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 47 di 71

Successivamente, si procede a determinare la componente non motorizzata, secondo la procedura seguente.

120_Calcola_OD2011_NonM: calcola la componente NM per ciascun motivo (studio, lavoro, altro) come prodotto della somma del flusso assegnato (pubblico+privato) per il coefficiente IncrNM, rappresentativo dell'incidenza della mobilità ciclopeditone, stimata in base alla matrice O/D Lombardia 2014 (15x15zone).

La somma delle nove matrici, riferite all'ora di punta del mattino e articolate per motivo (studio, lavoro, altro) per modo (motorizzato pubblico, motorizzato privato, non motorizzato), ha costituito la base essenziale per la validazione del modello all'anno 2011.

7 VALIDAZIONE DEL MODELLO

Come anticipato nei precedenti paragrafi, la validazione del modello multimodale a due stadi è avvenuta assumendo che esso sia in grado di riprodurre l'effetto di trasferimento modale indotto dall'entrata in esercizio della linea metropolitana, avvenuta il 2 marzo 2013.

Ciò corrisponde, di fatto, alla verifica che il modello sia in grado, sotto opportune ipotesi circa l'evoluzione della domanda di mobilità e dell'offerta di trasporto intercorse nel periodo, di simulare correttamente due situazioni così definite:

- lo **scenario "storico" di validazione pre-metrò**, riferito all'anno 2011 ed interfacciato con i dati censuari, nonché con i risultati dell'indagine al cordone stradale, per il quale si assume l'obiettivo di una piena coerenza con le assegnazioni condotte separatamente con i moduli HW e PT relativamente al periodo considerato;
- lo **scenario post metrò**, riferito all'anno 2016 e validato, da un lato, sulla base dei dati di frequentazione del trasporto pubblico e, dall'altro, sui risultati delle rilevazioni continue di traffico condotte sulla rete viaria.

Lo schema generale della procedura di validazione è riassunto nel box seguente.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 48 di 71

PASSO 1

Utilizzando la matrice O/D 2011 (tutti i modi) stimata come illustrato nel cap.6, nonché i tempi di percorrenza derivanti dalle due simulazioni "storiche", si esegue il modulo MS ottenendo le due matrici HW 2011 e PT 2011, che vengono riassegnate alla rete. La coerenza con il quadro precedente è verificata attraverso un test di verosimiglianza fra le due matrici e quelle utilizzate dai preesistenti moduli HW e PT.

PASSO 2

Prendendo a riferimento l'andamento demografico delle zone sia interne sia esterne al Comune tra il 2011 e il 2016, si procede a stimare, per semplice incremento dei flussi generati a parità di distribuzione a destino, la nuova matrice O/D 2016 (tutti i modi).

PASSO 3

A questo punto, la matrice 2016 (tutti i modi) viene utilizzata, insieme ai tempi derivati dall'assegnazione delle matrici 2011 al grafo 2016, come elemento di input per il modulo MS, con stima delle due matrici HW 2016 e PT 2016, che vengono assegnate alla rete. Sui risultati viene effettuato un test di verosimiglianza riferito ai conteggi stradali (HW) e ai carichi rilevati sulla rete di trasporto pubblico (linee di forza e intera rete).

PASSO 4

Stima delle matrici future (2021-2026-2036) costruite in relazione ai trend demografici in atto, nonché al quadro delle trasformazioni urbanistiche e delle variazioni d'offerta contenute nello scenario di riferimento.

PASSO 5

Utilizzo delle matrici future per simulare gli scenari di piano.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	49 di 71

Scenario di calibrazione al 2011

La validazione del modello al 2011 è stata ottenuta utilizzando la matrice 2011 come input del modello di ripartizione modale, e ricercando un insieme di parametri di calibrazione tali da riprodurre in modo soddisfacente le due matrici 2011 HW e 2011 PT, già utilizzate dal modello in uso presso l'Ufficio studi di Brescia mobilità.

L'insieme di parametri che, a seguito di successive correzioni, è risultato migliore, è indicato nella tabella seguente. La riproduzione delle quote modali rilevate ha comportato l'introduzione:

- di una componente obbligata all'uso dell'auto pari al 30% della domanda per motivi diversi dallo studio;
- di un sovracosto generalizzato di trasporto pubblico pari al 105% del valore del tempo di attesa e all'84% del valore del tempo a bordo bus. Tali parametri, definiti in modo euristico, possono essere interpretati come stima del discomfort percepito per l'utilizzo della rete TPL nello scenario pre-metrò.

Il confronto con le matrici così ottenute evidenzia una correlazione più che buona nel caso del trasporto privato (Figura 7-1) ed ancora soddisfacente nel caso del trasporto pubblico (Figura 7-2).

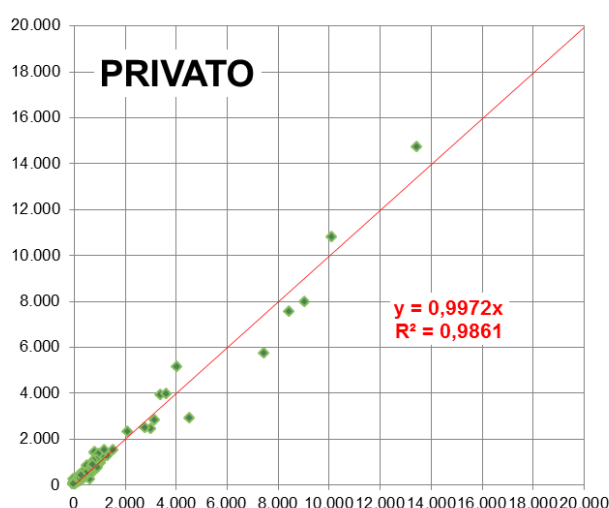


Figura 7-1: Modello HW: confronto fra matrice stimata e matrice assegnata

META mobilità economia territorio ambiente ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 50 di 71

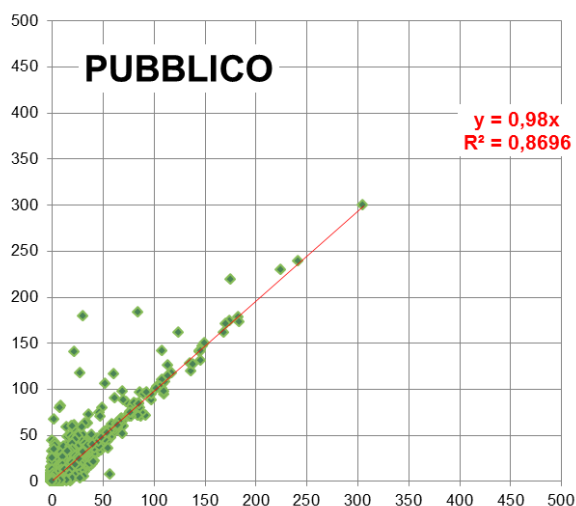


Figura 7-2: Modello PT: confronto fra matrice stimata e matrice assegnata

Stima della matrice O/D al 2016

Passando allo scenario attuale (2016), esso è stato ottenuto utilizzando una matrice direttamente derivata da quella relativa all'anno 2011, semplicemente applicando tassi di crescita in origine coerenti con l'andamento demografico riscontrato nel quinquennio 2011-2016 nelle singole zone di traffico.

Pertanto, non si è tenuto conto di eventuali variazioni della distribuzione degli spostamenti in destinazione, che dovessero essersi verificati in questo periodo.

Validazione del modello al 2016

La stima delle matrici HW e PT, relative allo scenario post-metrò (2016), è avvenuta applicando alla matrice totale 2016 la medesima procedura e gli stessi parametri di ripartizione modale utilizzati nello scenario di validazione al 2011, con l'unica eccezione dei parametri relativi al costo dello stazionamento veicolare nelle zone di destinazione centrali e subcentrali, che sono stati incrementati per tener conto delle variazioni intercorse nelle politiche della sosta nel corso del periodo.

Si evidenzia, peraltro, che in questo scenario l'impiego della metropolitana non comporta da parte degli utenti la percezione di alcun sovracosto rispetto all'auto.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 51 di 71

I risultati ottenuti sono in linea con i carichi rilevati sul trasporto pubblico, e in particolare sulla linea metropolitana, il che evidenzia la capacità della procedura di ripartizione modale di simulare in modo soddisfacente gli impatti indotti da variazioni strutturali dell'offerta di trasporto pubblico.

8 AGGIORNAMENTO E VALIDAZIONE DEL MODELLO AL 2019

Nell'ambito della progettazione della linea tramviaria T2, è sorta la necessità di aggiornare al 2019 lo scenario "attuale" del PUMS, riferito come si è visto al 2016.

A tale proposito, si è operato separatamente sul modello di trasporto pubblico e su quello privato, utilizzando le informazioni riguardanti l'andamento dei flussi rilevati sulla rete stradale mediante spire e conteggi, i flussi in entrata e uscita dai parcheggi in struttura, la stima dei passeggeri trasportati dalla metropolitana mediante il sistema *counting people*, nonché la lunghezza e la velocità per tratta della rete di trasporto urbana e la stima dei passeggeri trasportati all'anno.

8.1 CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI TRAFFICO PRIVATO

Per l'aggiornamento della matrice O/D del modello di traffico privato, gli spostamenti simulati sono stati aggiornati esplicitamente su tutte le zone note (come ad esempio i parcheggi in struttura), utilizzando il modulo statistico Voyager Analyst Drive in base a un insieme selezionato di conteggi di traffico sulla rete stradale. Dal canto suo, la rete viaria è stata integrata sulla base delle modifiche registrate dal 2016 al 2019 con l'introduzione del nuovo svincolo di Rezzato sulla Tangenziale Sud. Per quanto concerne invece l'attivazione della connessione BreBeMi-A4 essa, essendo di natura autostradale, non viene descritta dal modello di simulazione che assume i caselli come punti di contatto con la corrispondente rete.

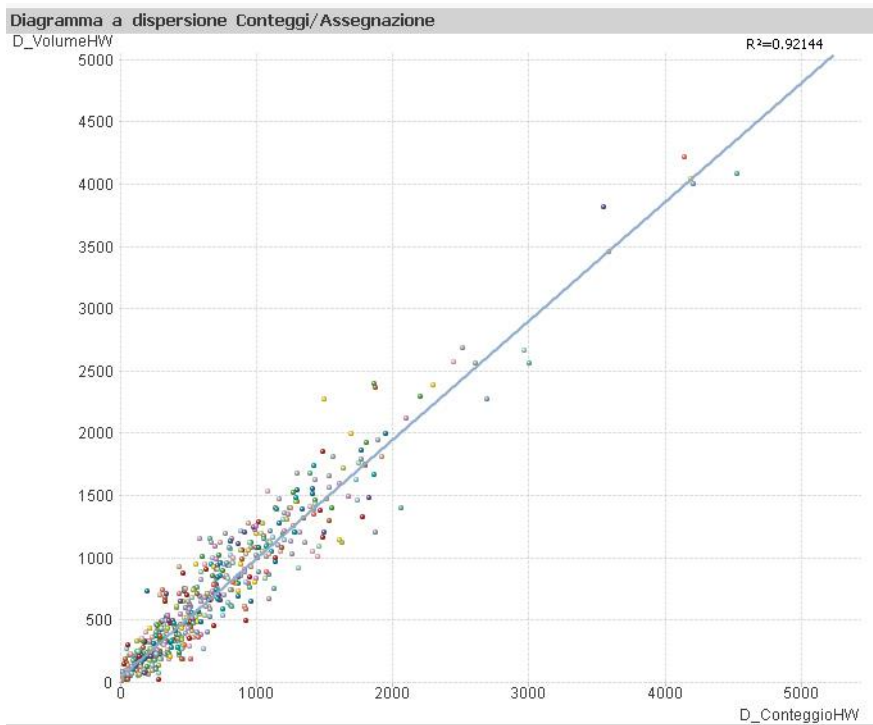


Figura 8-1: Validazione del modello di traffico privato al 2019

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	53 di 71

8.2 CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI TRASPORTO PUBBLICO

Non esistendo un sistema di monitoraggio analogo alla vasta rete di conteggi del traffico stradale, per la calibrazione del modello di trasporto pubblico sono stati utilizzati sistemi indiretti per la verifica dell'affidabilità delle corrispondenti simulazioni. Relativamente alla metropolitana è stato ricavato il profilo medio dei passeggeri entrati nelle stazioni nel corso dell'ora di punta 7:30-8:30 in tutti i giorni feriali del 2019.

Il confronto tra flussi simulati e conteggiati dal sistema *counting people* evidenzia un'ottima aderenza del modello al comportamento reale della linea.

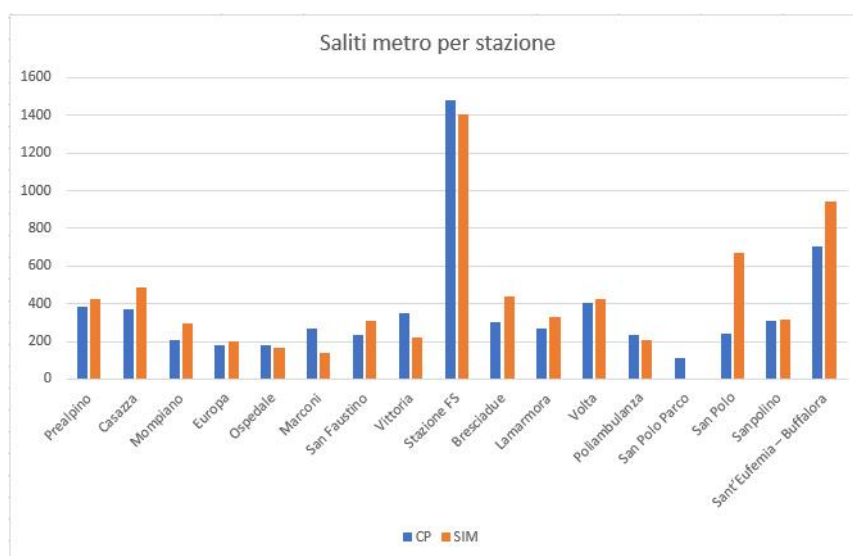


Figura 8-2: Confronto flussi entranti conteggiati/simulati alle stazioni della metropolitana

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	54 di 71

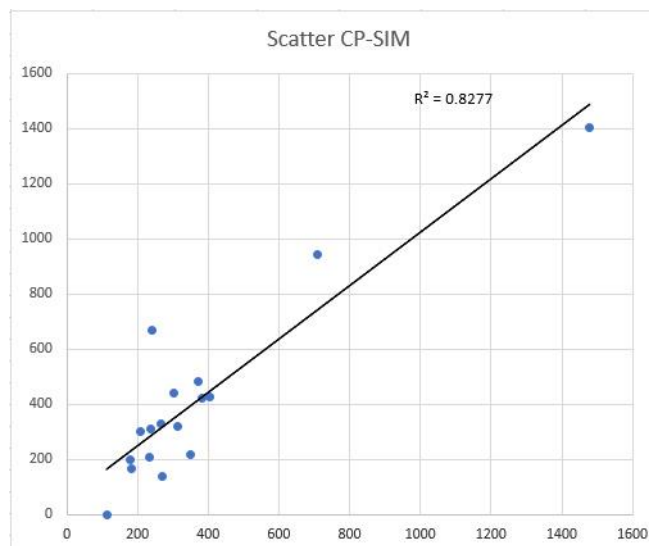


Figura 8-3: Diagramma a dispersione ingressi alle stazioni Metro Conteggiati/Simulati

Il dato complessivo utilizzato per il confronto è pari a 6.780 passeggeri/ora di punta media feriale a fronte di un valore simulato di 6.976.

Per la validazione della rete bus sono state calcolate la lunghezza media delle linee e la velocità media tratta per tratta, confrontate con quelle del modello, come indicato nella tabella che segue.

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 55 di 71

Linea	SDF CUBE 2019		SDF 2019 BT	
	Lunghezza linea	Velocità media	Lunghezza linea	Velocità media
L02_IACP_Pend	14.49	16.1	14.53	16.73
L02_Pend_IACP	13.57	15.6	13.71	14.76
L03_Mand-Rezz	18.56	17.72	19.40	17.00
L03_Rezz-Mand	21.21	17.8	22.50	19.92
L04_Folz-mbBS2	6.85	17.3	6.58	17.2
L04_MbBS2-Folzano	7.48	17.5	7.57	18.90
L06_SGott-Saffi	7.33	18.0	7.2	18.9
L06_Saffi-SGott	7.35	17.9	7.20	19.00
L07_Caino_Ronc	24.02	24.3	24.3	21
L07_Nave-Ronc	20.14	22.8	20.40	24.20
L07_Ronc-Caino	24.42	23.6	27.1	24.23
L07_Ronc-Nave	20.54	22.1	22.60	21.80
L09_Buffalora-Violino	18.75	16.7	18.62	17.75
L09_Violino-Buffalora	21.94	18.0	22	19.32
L10_Conc_Fler	20.43	18.8	21.69	20
L10_Conc_Sere	17.11	17.6	17.66	18
L10_Fler-Bove	16.88	18.5	17.36	18.28
L10_Ponc-Conc	22.27	20.0	25.23	19.66
L11_Bott_Colleb	22.60	18.3	21.39	18.08
L11_Caio_Colleb	17.31	17.8	16.8	17.69
L11_Colleb-Bott	20.69	18.4	21.1	19.49
L11_Colleb-Caio	17.30	17.8	17.9	18.92
L11_Stoc_Caio	15.1	17.7	15.46	18.93
L12_Fium_Verroc	11.5	17.4	11.5	17.16
L12_Verrocc-Fiumicello	8.6	17.4	8.7	14.91
L13_Guss-Poli	17.3	18.7	16.4	16.86
L13_Poli-Guss	18.8	18.9	17.5	19.96
L14_cdm-MVolta	9.2	18.9	11.39	20
L14_MVolta-cdm	8.0	19.6	8.54	20.11
L15-Mont-Gire	16.8	19.0	16.71	19.66
L16_onza-spolino	26.3	19.3	27.14	20.52
L16_spolino-onza	25.3	19.3	25.8	19.11
L16_spolino-viol	20.2	18.0	20.37	18.08
L16_viol-spolino	21.2	18.0	21.34	16.85

Tabella 8-1: Confronto dati Brescia Trasporti-simulazione di lunghezza e velocità media linee urbane (fascia di punta della mattina)

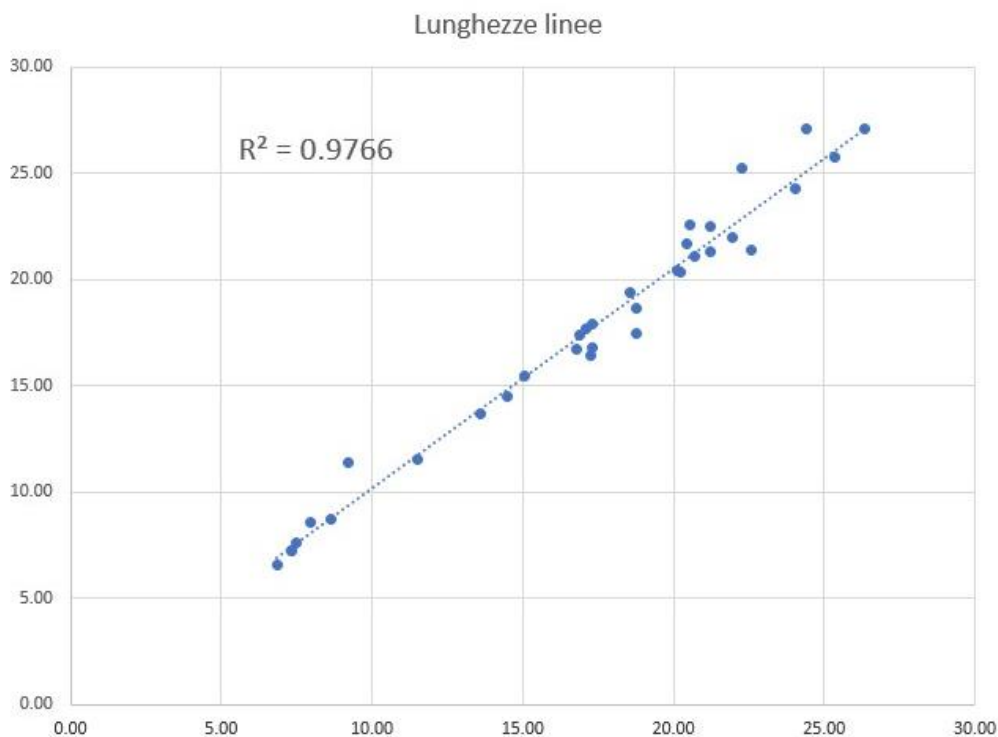


Figura 8-3: Lunghezze linee urbane reali e simulate

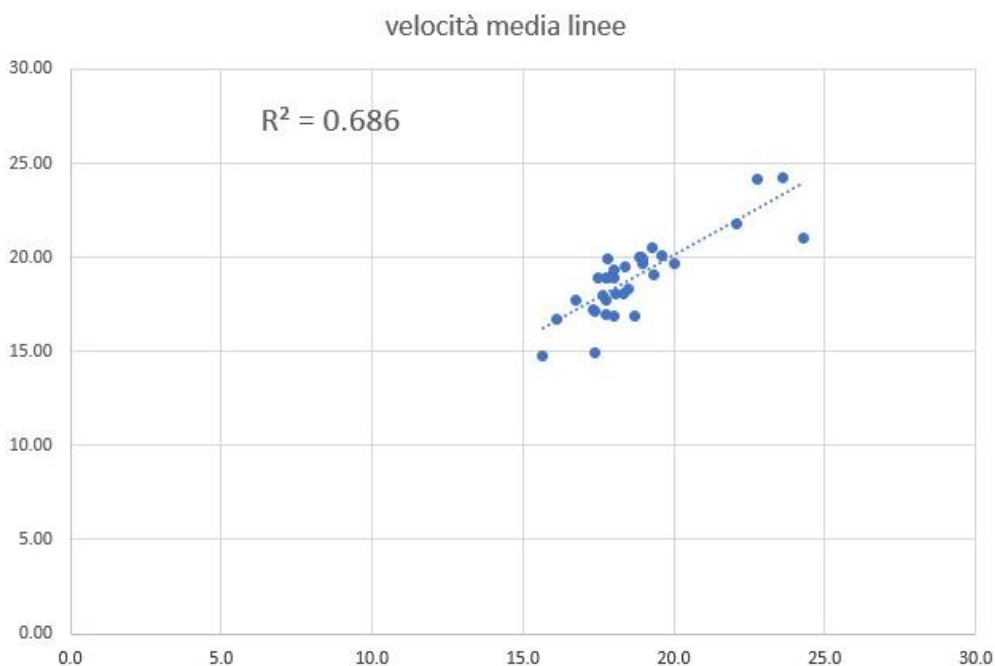


Figura 8-4: Velocità medie linee urbane reali e simulate

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 57 di 71

Dall'analisi delle velocità medie per tratta si è potuta osservare una differenza tra le velocità di andata e di ritorno di una linea sul medesimo tratto stradale. Tale differenza è imputabile verosimilmente ai diversi livelli di traffico e di struttura della sede viaria nei due sensi di percorrenza. La necessità di mediare una velocità comune nei due versi sugli archi del modello comporta una maggiore approssimazione nella definizione della velocità media per tratta nelle due direzioni.

9 ANALISI DELLO STATO DI FATTO AL 2019

9.1 OFFERTA DI TRASPORTO

Il quadro complessivo dell'offerta di trasporto pubblico, attiva in area bresciana nello scenario attuale (2019), è ottenuto in base ai dati di monitoraggio disponibili presso Brescia Mobilità, che consentono di monitorare costantemente l'estensione della rete infrastrutturale e di servizio, così come l'offerta annua espressa in termini di veicoli-km e posti-km.

A tale proposito, si precisa comunque che:

- i livelli di offerta della rete ferroviaria suburbana sono stati calcolati assumendo una media di posti/veicolo pari a 300 (valore coerente con i materiali attualmente utilizzati sulle linee secondarie afferenti al nodo bresciano);
- i livelli di offerta della rete TPL urbano ed extraurbano sono stati desunti dai vigenti Contratti di Servizio, ovvero dal Programma di Bacino, assumendo una media di posti/veicolo pari a 312 per la metropolitana ed a 107 per le linee automobilistiche (valori coerenti con indice di affollamento di 4 passeggeri/mq)

I corrispondenti valori degli scenari di riferimento e di progetto sono ottenuti secondo le ipotesi di intervento sulla rete urbana di forza, meglio dettagliati nella nota metodologica 2.

9.2 DOMANDA SODDISFATTA DAL SISTEMA

I risultati ottenuti con riferimento al nuovo stato di fatto 2019 sono riassunti nel "cruscotto" riportato nella pagina seguente.

Come si può osservare, secondo le simulazioni condotte e validate in rapporto al sistema di monitoraggio in uso, nell'ora di punta 7:30-8:30 di una tipica giornata feriale, il sistema di trasporto bresciano è interessato da un totale di circa 101 mila spostamenti motorizzati, di cui:

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 58 di 71

- 42 mila interni, 47 mila in entrata e 12 mila in uscita;
- 64 mila su autovettura privata e 37 mila su trasporto pubblico (oltre a questi ultimi, un migliaio viene alimentato dal sistema di parcheggi d'interscambio).

Nel complesso, il volume di **traffico automobilistico** sviluppato sulla rete stradale dell'area di Influenza, corrispondente al Comune di Brescia, è pari a circa 400 mila veicoli-km/h, di cui circa 20 mila in congestione (con definizione di congestione stabilita come rapporto Flusso/Capacità superiore a 0.9) per una percentuale della rete in congestione pari al 4.93%.

Questo indicatore non tiene tuttavia conto dei perditempo alle intersezioni. Un approccio basato sulla differenza dei tempi di viaggio all'interno di Brescia tra la rete scarica (tempo di viaggio a flusso libero utilizzando la velocità standard da codice della strada) e la rete assegnata nell'ora di punta, restituisce un aumento medio del tempo di viaggio pari a 7,52 minuti. Per un raffronto è possibile utilizzare il TomTom "Time Lost Per Trip in Rush Hour" ¹ che per l'ora di punta del mattino medio dei giorni feriali del 2019 restituisce un ritardo medio di 8 minuti, un valore molto simile a quello stimato dal modello.

Rapportando il primo valore al tempo totale di percorrenza stimato sulla rete, pari a circa 15.000 veicoli-h/h, si ottiene una velocità media pari a 26,6 km/h, valore che rappresenta la media ponderata tra la rete primaria (39.3 km/h) e il resto della rete (21.5 e 26.9 km/h).

Per quanto riguarda invece il trasporto pubblico, la rete urbana serve una domanda pari a circa 46.000 passeggeri/h, di cui quasi 7000 sulla metropolitana e oltre 47 mila sulla rete bus. A tali valori si devono aggiungere i circa 37 mila passeggeri trasportati dalle linee extraurbane e i 18 mila viaggiatori che usufruiscono dei servizi ferroviari (regionali ed AV).

Il modello di traffico consente inoltre di stimare i carichi attratti da ciascun parcheggio di interscambio.

¹ Rif: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/brescia-traffic/

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div>	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA					
		NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”					
		Nota metodologica n.1	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A
Analisi della mobilità							

Scenario Stato di Fatto

SPOSTAMENTI (ora di punta del mattino)				
Mezzo di trasporto	Interni	Entrata	Uscita	Totale
Privato auto	24488	15264	10475	50227
Privato persone	30692	22477	11487	64656
Pubblico persone	12120	24324	1254	37698
P & R persone		963		963
Totale persone	42812	47764	12741	102354

Indicatori funzionali privato

Gerarchia	Estensione (Km)	Volume di traffico (vKm)	Tempo percorrenza (vh)	Volume in congestione (vKm)	Velocità media
Primaria	58	138.503	3.527	12.859	39.3
Secondaria	215	190.007	8.833	6.222	21.5
Locale	475	69.424	2.578	524	26.9
	748	397.935	14.939	19.605	26.6

Lunghezza rete in congestione (f/c >=0,9) in Area di Influenza

4.93%

Indicatori funzionali pubblico

Mezzo	Veicoli*Km	Trasportati	Tempo percorrenza (Pax*h)	Volume di traffico (Pax*Km)	Percorrenza media	Velocità media
Metro	421	6.976	1.205	34.432	4.94	28.6
Linee forza BUS	447	9.074	1.569	25.973	2.86	16.6
Bus urbano	1.773	23.769	4.693	86.433	3.64	18.4
Scolastiche urbane	534	6.100	1.638	30.981	5.08	18.9
	3.175	45.919	9.104	177.819	3.87	19.5

Parcheggi P&R Metro, auto e persone in destinazione

Scenario	Prealpino	Casazza	Lamarmora	Poliambulanza	Volta	Fiera	Eufemia	Totale
HW_MATRIX	158.04	44.24	258.97	201.59	42.41	4.7	361.71	1071.66
HWP_MATRIX	227.06	61.29	341.43	289.13	60.86	6.15	534.79	1520.71

Parcheggi P&R Metro, persone in origine

Scenario	Prealpino	Casazza	Lamarmora	Poliambulanza	Volta	Fiera	Eufemia	Ferrovie	Totale
PT_MATRIX	136.13	34.58	120.26	144.13	39.23	0	488.73	0	963.06

Tabella 8-2: Cruscotto dello stato di Fatto 2019

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 60 di 71	

9.3 STIMA DEI COEFFICIENTI PUNTA-GIORNO-ANNO DEL TPL

La trasformazione dei valori simulati con riferimento all'ora di punta del giorno feriale nei valori annui richiesti dalle tabelle dell'addendum è stata ottenuta secondo le modalità indicate nei seguenti paragrafi.

METROPOLITANA

Per il calcolo dei due coefficienti si è utilizzato il database del *counting people* mediando i giorni feriali rispetto al totale annuale. Nel modello sono stati usati i valori 10 (punta/giorno) e 333 (giorno/anno) sulla base dei rilievi del 2019.

Calcolo coefficienti per linea metro basati sul sistema di Counting People			
		2019	
	media feriali hdp	6,780	
	media feriali giorno	69,594	
	totale anno	23,183,706	
	punta/giorno	10	
	giorno/anno	333	

Tabella 9-1: Calcolo coefficienti Metropolitana

RETE DI FORZA BUS URBANA

Per la rete bus urbana non esiste al momento un sistema di *counting people* a bordo degli autobus che possa fornire informazioni analitiche come nel caso della metropolitana.

Per la stima dei giorni/anno è stata utilizzata la base dati delle timbrature del 2017. Nella tabella seguente sono riportate le prime timbrature (escludendo quindi le timbrature di corrispondenza) medie giornaliere dei mesi di riferimento con orario invernale feriale scolastico rapportato al numero totale annuale di prime timbrature.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	61 di 71

Feriali lun-ven, periodo scolastico di riferimento. Anno 2017.			
	1st boarding	numero giorni	media giorno
Febbraio	382556	20	19128
Marzo	457731	23	19901
Aprile	335334	20	16767
Maggio	421364	23	18320
Ottobre	431446	22	19611
	2028431	108	18782
Totale 1st boardings gen-dic 2017 ->			5,066,262
giorni equivalenti ->			270

Tabella 9-2: Calcolo coefficiente Giorno - Anno linee urbane

Per il calcolo del coefficiente Punta – Giorno delle due linee di forza attuali (linee 2 e 3) sono state analizzate le prime timbrature dei giorni medi feriali dell'esercizio invernale scolastico del 2017.

LINEE DI FORZA BUS 2 e 3						
	feb	mar	apr	mag	ott	TOT
giorni feriali	20	23	20	23	22	108
totale timbrature	91893	106426	72204	91113	92661	454297
totale timbrature hdp	12235	14598	10571	13635	13742	64780
timbrature medie al giorno	4595	4627	3610	3961	4212	4206
timbrature medie hdp	611.7	634.7	528.5	592.8	624.6	599.8
punta/giorno	7.5	7.3	6.8	6.7	6.7	7.0

Tabella 9-3: Calcolo coefficiente Punta – Giorno linee di forza bus

Un simile database di timbrature non è stato più ottenuto negli anni successivi al 2017 ma è ragionevole supporre che i coefficienti siano rimasti sostanzialmente invariati nel corso degli ultimi due anni.

Per quanto riguarda il resto della rete bus urbana, oltre alle linee normali, sono state esplicitate le linee che effettuano il servizio dedicato agli istituti scolastici. Il modello infatti viene calcolato sull'ora di punta del mattino che comprende l'inizio dell'orario delle lezioni. Dato che la mobilità studentesca ricopre un ruolo importante nella mobilità dell'ora di punta del mattino non sarebbe corretto non tenere conto delle numerose corse dedicate alle scuole superiori. Molte di queste

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 62 di 71

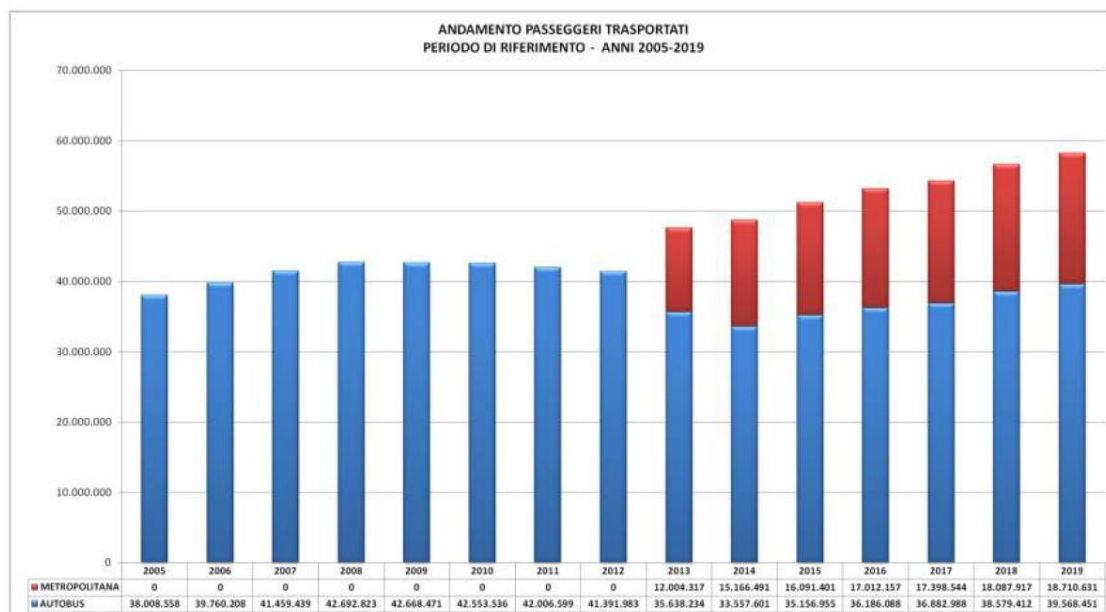
corse hanno come punto di partenza la stazione ferroviaria e si configurano come rinforzi di altre linee in transito nei pressi della stazione e con percorsi spesso più diretti verso i plessi scolastici rispetto ai percorsi normali della rete bus. Questa tipologia di linee è stata classificata nel modello come "Dedicate Scolastiche Urbane".

I coefficienti di espansione Punta-Giorno-Anno sono stati stabiliti sulla base della natura specifica del servizio:

- Coefficiente Giorno-Anno = 214: numero di giorni del servizio scolastico
- Coefficiente Punta-Giorno = 2: il numero di corse effettuate durante la fascia mattutina viene replicato nell'intervallo di fine lezioni tra le 13 e le 14.30 riportando di fatto in stazione gli stessi studenti del mattino

La base dati per la stima dei passeggeri trasportati all'anno è il rapporto annuale sul monitoraggio del trasporto pubblico¹ che viene pubblicato dal comune di Brescia raccogliendo tutti i dati relativi al TPL.

¹ Fonte Comune di Brescia: Monitoraggio Trasporto Pubblico Locale. Anno 2019.



TOTALE	38.008.558	39.760.208	41.459.439	42.692.823	42.668.471	42.553.536	42.006.599	41.391.983	47.642.551	48.724.092	51.248.356	53.188.245	54.281.532	56.667.329	58.279.082
--------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Figura 9-1: Passeggeri trasportati dalla rete bus e dalla metropolitana

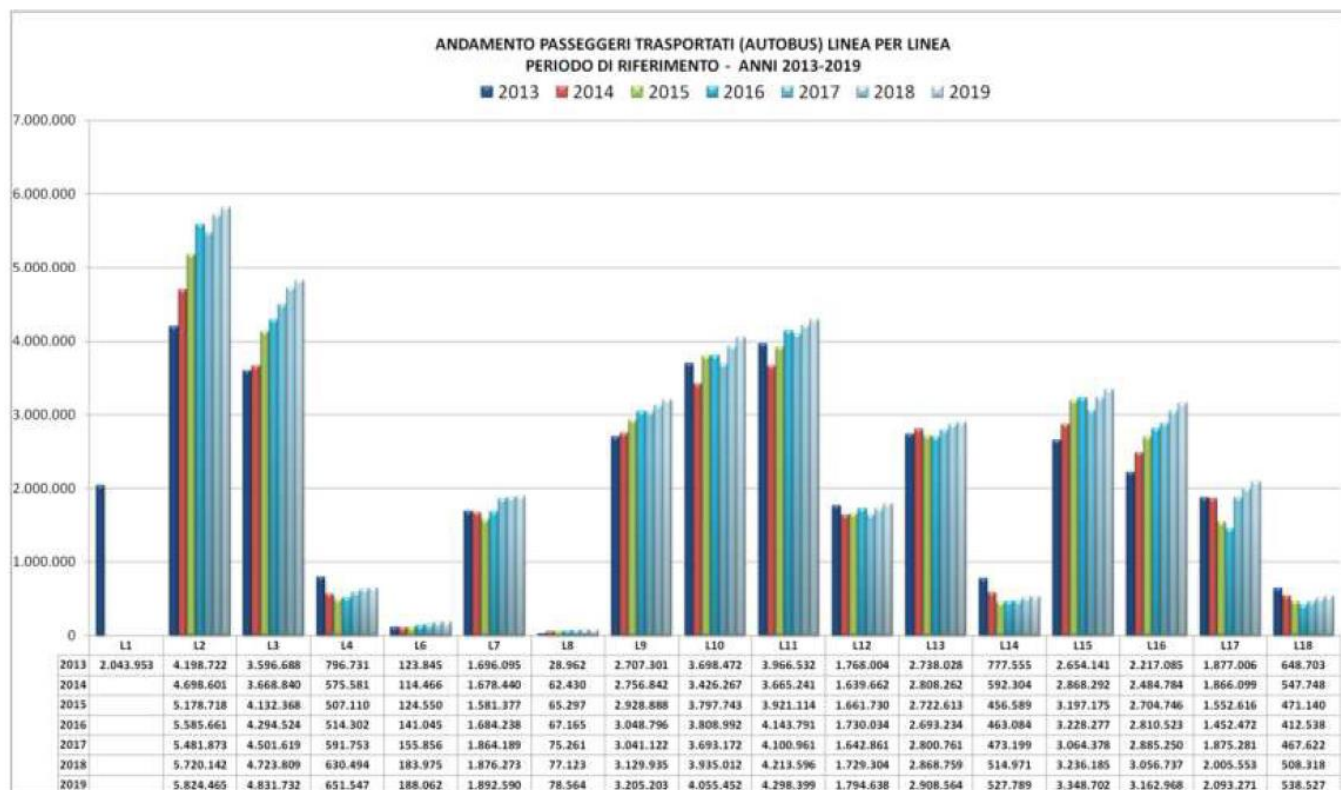


Figura 9-2: passeggeri trasportati per linea

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	64 di 71

Nella tabella seguente vengono confrontati i dati pubblicati con i valori ricavati dal modello di simulazione per lo stato di fatto 2019.

Mezzo	Coefficienti		Saliti a bordo dei mezzi			Trasportati Anno	
	Punta Giorno	Giorno Anno	Ora di punta	Giorno	Anno	Modello 2019	Pubblicati 2019
			45,896	260,194	73,741,958	58,247,706	58,279,082
Metro	10	333	6,976	69,760	23,230,080	18,349,104	18,710,631
Linee forza BUS 2 e 3	7	270	7,069	49,483	13,360,410	10,553,195	10,656,197
Bus urbano	5.25	270	23,769	124,786	33,692,274	26,613,040	
Scolastiche urbane	2	214	8,082	16,164	3,459,194	2,732,368	28,912,254
Trasportati su modi urbani		45,896					
Spostamenti su modi urbani da matrice OD		36,253					
Coefficiente di interscambio		1.27					

Tabella 9-4: confronto passeggeri anno tra modello e dati pubblicati (2019)

Il sistema di calcolo adottato nel monitoraggio, basato sulla vendita di titoli di viaggio, prevede già la normalizzazione dei passeggeri che effettuano il loro viaggio utilizzando più di un mezzo di trasporto.

Per un corretto confronto tra modello e dati pubblicati è stato quindi calcolato un coefficiente di interscambio dato dal rapporto tra il numero di passeggeri saliti a bordo delle linee del sistema urbano e la frazione della mobilità pubblica che utilizza i mezzi del sistema urbano. Il valore risultante, pari a circa 1.27, viene utilizzato per neutralizzare nella simulazione la componente di viaggi che utilizzano due o più mezzi di trasporto urbano. Utilizzando i coefficienti Punta-Giorno-Anno ricavati dai data base del Counting People (per la linea Metro) e della bigliettazione (per le linee di forza 2 e 3) si ottengono valori simulati pressoché identici a quelli pubblicati. Questo comportamento, abbinato ai risultati degli accessi alla linea metro ricavati dal sistema di Counting People che corrispondono a quanto simulato, fa ritenere che la calibrazione del modello pubblico sia più che accettabile. I coefficienti rimanenti per la rete bus normale sono stati stabiliti secondo i seguenti criteri: il Giorno-Anno è stato posto uguale a quello ricavato per le linee di Forza in quanto lo schema del servizio è analogo; il Punta-Giorno viene quindi ricavato per calcolo. Il suo basso valore, pari a 5.25, esprime l'estrema variabilità ed eterogeneità della restante rete bus. Nella rete sono infatti presenti linee periferiche che servono quartieri e zone della città caratterizzati da un bassissimo flusso nella fascia di morbida, come desumibile dalla figura 9-2 in particolare per le linee 4,6,7,8,14,18.

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
<div>Nota metodologica n.1</div> <div>Analisi della mobilità</div>	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 65 di 71

Con riferimento al range dei valori dei coefficienti suggeriti dal ministero (250-300 Giorni-Anno e 7-12 Ore-Giorno) si possono fare le seguenti considerazioni per tipologia di linea:

- Metropolitana: Punta-Giorno = 10 coerente, Giorno-Anno = 333 superiore, a indicare che la linea viene molto utilizzata anche nei giorni di sabato, domenica e festivi
- Linee di Forza Bus: Punta-Giorno = 7 coerente, Giorno-Anno = 270 coerente
- Linee Urbane Normali: Punta-Giorno = 5,25 inferiore, Giorno-Anno = 270 coerente. Come detto il basso valore dell'ora di punta-giorno indica un basso utilizzo di alcune linee durante la morbida
- Linee Scolastiche Dedicare: Punta-Giorno = 2 inferiore, Giorno-Anno = 214 inferiore. Questi valori rispecchiano la particolare struttura di questo servizio concentrato nell'ora di punta del mattino con un analogo simmetrico negli orari di uscita delle scuole e solo per i giorni del calendario scolastico.

Per il valore del coefficiente Punta-Giorno del Tram è stato ipotizzato un valore pari a 8, compreso tra le linee di Forza Bus e la Metro, mentre per il Giorno/Anno si è ipotizzato il valore 300, compreso tra la rete bus e la metro, e pari al valore limite suggerito dal MIT. Per la linea Tram è stata ipotizzata, come obiettivo di progetto, una generazione pari al 5% nel passaggio dall'ora di punta al giorno. Prudenzialmente non si ipotizza infatti una quota di utenza generata nell'ora di punta del mattino mentre è ipotizzabile una quota di generazione nelle ore di morbida.

Riassumendo, i valori dei coefficienti di trasformazione Punta-Giorno-Anno del TPL sono riportati nella tabella seguente.

Mezzo	Punta Giorno	Giorno Anno	% Generato Giorno
Metro	10	333	0
Linea Forza TRAM	8	300	5%
Linee Forza BUS	7	270	0
Bus Urbano	5.25	270	0
Scolastiche Urbane	2	214	0

Tabella 9-4: Coefficienti di espansione del TPL

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	66 di 71

9.4 STIMA DEI COEFFICIENTI PUNTA-GIORNO-ANNO DEL TRASPORTO PRIVATO

Per la stima dei due coefficienti si è fatto ricorso alla estesa rete di rilevamento continuo del traffico funzionale al sistema di regolazione semaforica intelligente.

I punti utilizzati per il calcolo sono oltre 130, sparsi su tutta la città come da tavola seguente.

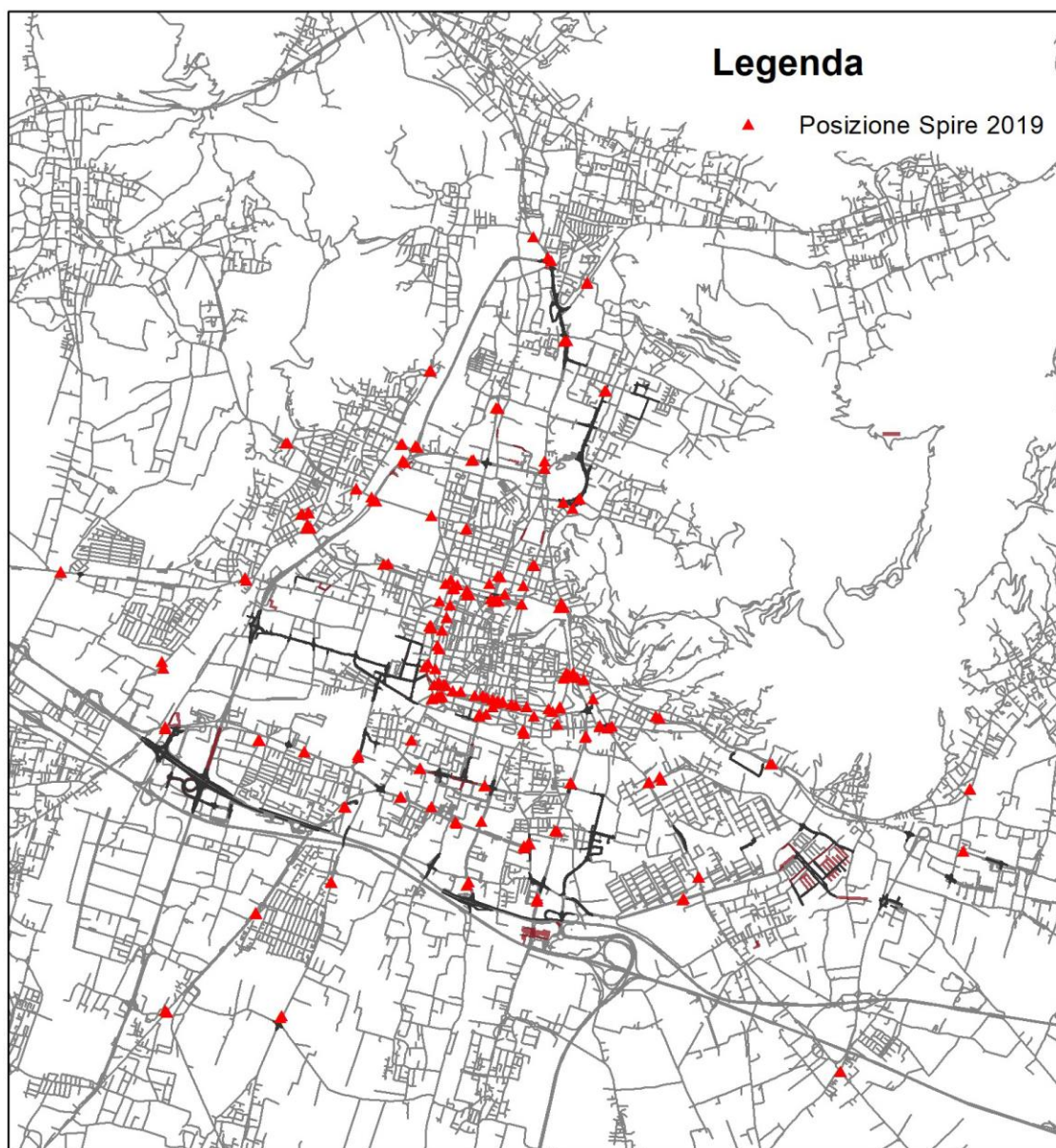


Figura 9-3: Posizione dei punti di misura del sistema di controllo semaforico

<div><div>META</div><div>mobilità economia territorio ambiente</div></div> <div>ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)</div>	<div>PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA</div> <div>NUOVA LINEA TRANVIARIA “T2 – PENDOLINA – FIERA”</div>					
Nota metodologica n.1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Analisi della mobilità	IN00	01	R XX XX	XX 00 00 001	A	67 di 71

Utilizzando i dati dei rilievi aggregati ogni 15 minuti è possibile ricostruire l'andamento tipico del flusso sulla rete stradale cittadina. A titolo di esempio nelle figure seguenti vengono riportati i grafici giornalieri medi dei giorni feriali di ottobre 2019 per alcune localizzazioni dei punti di misura.

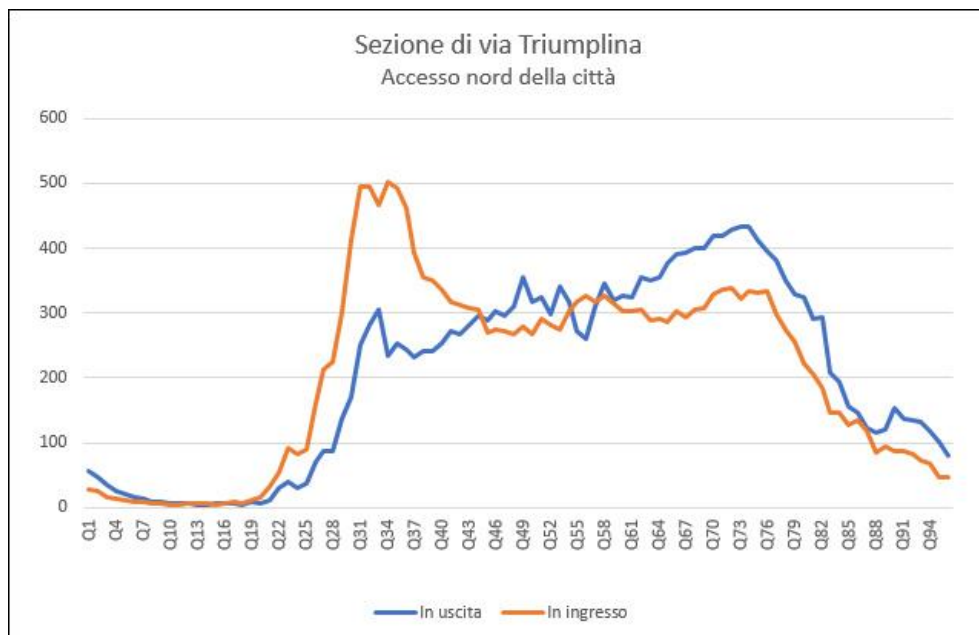


Figura 9-4: andamento medio giornaliero dei flussi in ingresso/uscita da nord

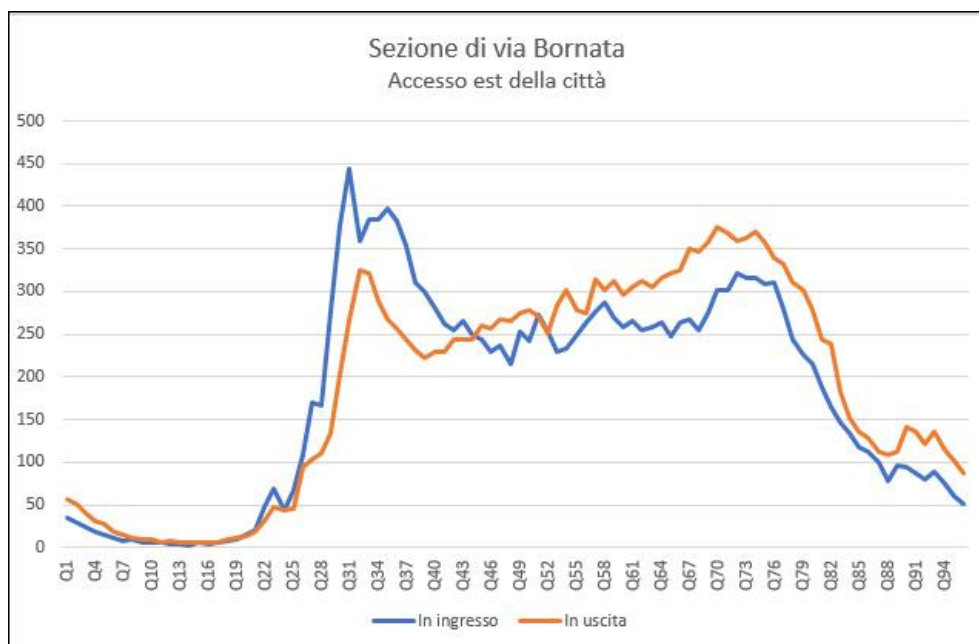


Figura 9-5: andamento medio giornaliero dei flussi in ingresso/uscita da est

META mobilità economia territorio ambiente	ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità		COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 68 di 71

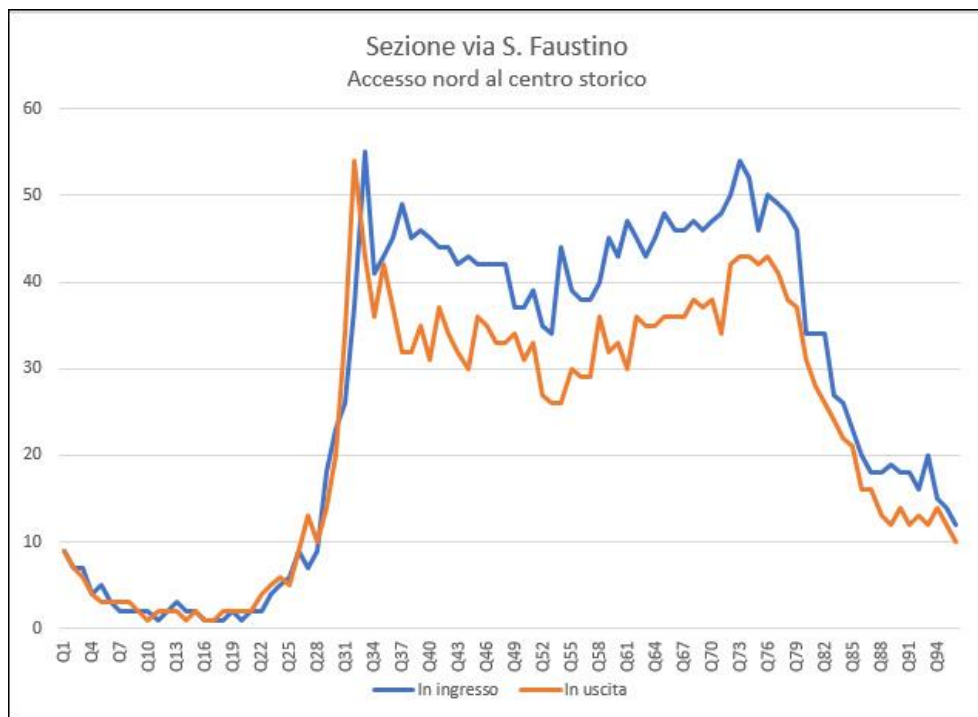


Figura 9-6: andamento medio giornaliero dei flussi in ingresso/uscita dal centro storico nord

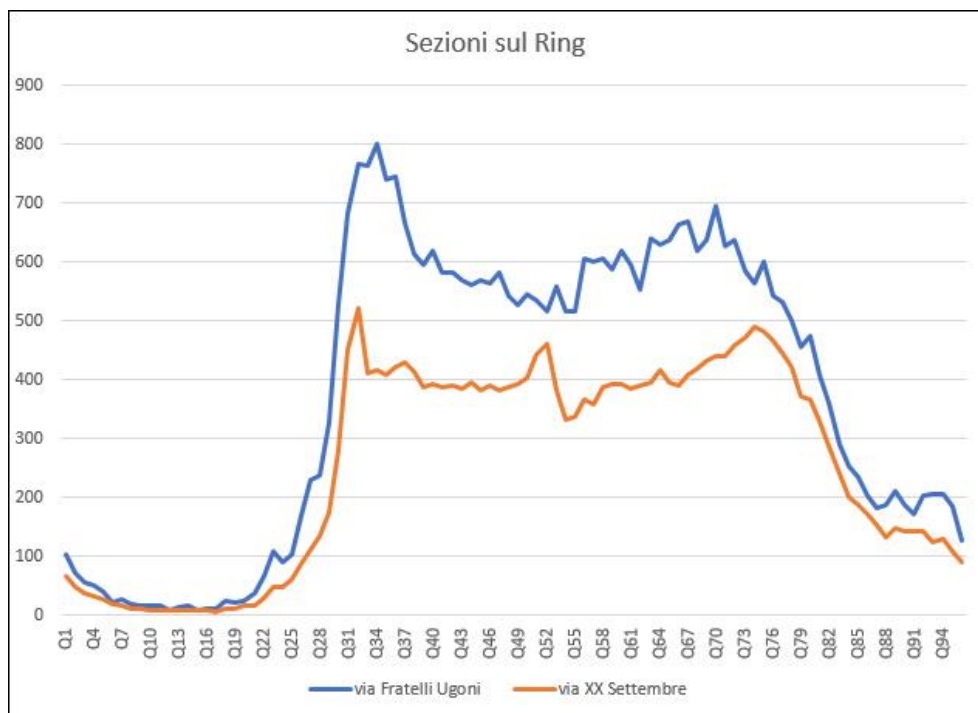


Figura 9-7: andamento medio giornaliero dei flussi su due sezioni del ring

<div> <div> META mobilità economia territorio ambiente </div> <div> ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecce (n°571) </div> </div>	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 69 di 71

Spira	Posizione	gen	feb	mar	apr	mag	ott	nov
1	Via MILANO (P.le Garibaldi) Ovest->Est	6%	6%	9%	7%	8%	7%	7%
2	Via PASTRENGO (Via Volturmo) Nord->Sud	10%	10%	10%	9%	10%	10%	10%
4	Via TRENTO (Via Bredina) Nord->Sud	8%	9%	9%	8%	9%	9%	8%
5	Via CROCIFISSA DI ROSA Nord -> Sud	7%	7%	7%	7%	7%	8%	8%
6	Via S. ROCCHINO (Via Pusterla) Nord->Sud	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
9	Viale VENEZIA (P.le Arnaldo) Est->Ovest	8%	9%	9%	8%	9%	9%	10%
11	Viale DUCA D'AOSTA (v.Mantova) Ovest->Est	6%	7%	7%	6%	6%	7%	7%
12	Via CADORNA (Viale Piave) Sud->Est	7%	8%	8%	7%	7%	8%	8%
14	Via VITT. EMANUELE II (Via S. Martino D. B.) Est->Ovest	8%	8%	8%	7%	8%	8%	8%
15	Cavalc. KENNEDY (Via Solferino) Discesa	8%	9%	9%	8%	8%	8%	8%
16	Via UGONI (P.le Repubblica)	7%	8%	7%	7%	7%	7%	7%
18	Via VITT. EMANUELE II (P.le Repubblica) Est->Ovest	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
19	Via CORSICA (verso P.le Repubblica) Ingresso	8%	9%	9%	8%	8%	9%	9%
20	Via DEI MILLE (Via Cairoli) Sud->Nord	6%	7%	7%	6%	6%	7%	7%
21	Via PUSTERLA (P.le C. Battisti) Est->Ovest	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
22	Via SPALTO S. MARCO (verso P.le Arnaldo)	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
24	Via SCHIVARDI (P.le Ospedale) Nord->Sud	7%	8%	7%	7%	7%	7%	7%
25	Via SCHIVARDI (P.le Ospedale) Sud->Nord	7%	8%	8%	7%	7%	8%	8%
27	Via LUPI DI TOSCANA (corsie Dritto-Sinistra)	6%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
28	Via LUPI DI TOSCANA (corsia di Svolta a destra)	7%	7%	8%	7%	7%	8%	8%
30	Via XX SETTEMBRE (Via Ferramola) Ovest->Est	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
210	Via PILE (Marsala) Uscita	8%	7%	8%	6%	7%	7%	7%
212	Via MANTOVA (Castellini) Sud->Nord	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
213	Via S. ZENO (Via Lamarmora) Sud->Nord	8%	9%	9%	8%	8%	8%	8%
214	Lonati Est->Ovest	13%	14%	14%	12%	13%	13%	13%
215	Lonati Ovest -> Est	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
218	Via Cremona (Volta)Nord->Sud	6%	6%	6%	5%	6%	6%	6%
219	Via Cremona (Volta)Sud -> Nord	8%	9%	9%	8%	8%	9%	9%
220	Via Lamarmora (Volta) Est -> Ovest	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
222	Controstrada Via Triumplina (Rotatoria Montelungo) Sud->Nord	8%	8%	7%	7%	7%	8%	8%
223	Via Labirinto Nord > Sud	7%	8%	9%	8%	9%	10%	10%
224	Via Labirinto Sud > Nord	10%	10%	10%	9%	9%	10%	10%
225	Viale Duca Abruzzi (fronte Copernico) Ingresso Sud -> Nord	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
226	Viale Duca Abruzzi (fronte Copernico) Uscita Nord -> Sud	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
227	Via dei Mille (Contrada della Mansione) semaforo pedonale	6%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
228	Bretella in ingresso da Via Corsica verso V.le Stazione	6%	6%	6%	5%	5%	6%	6%
230	Via Corsica (Via Nisida) Nord -> Sud	5%	6%	4%	5%	5%	6%	6%
	Rapporto punta giorno	8%	8%	8%	7%	8%	8%	8%
	Coefficiente Punta-Giorno	12.5	12.5	12.5	14.3	12.5	12.5	12.5
	Coefficiente Punta-Giorno Medio utilizzato nel modello	12.5						

Tabella 9-10: Estrazione dal file excel per il calcolo del coefficiente Punta-Giorno

Per il calcolo del coefficiente Punta-Giorno sono stati utilizzati i dati dei mesi del periodo scolastico del 2019. Complessivamente il peso dell'ora di punta rispetto alla giornata risulta essere dell'8% corrispondente a un coefficiente di espansione pari a 12,5. Valore che si colloca oltre il limite massimo indicato dal MIT. Questo indica un peso piuttosto basso dell'ora di punta rispetto alla giornata. In altre parole ciò significa che il livello del traffico privato si mantiene elevato durante tutta la giornata.

<div> <div> META mobilità economia territorio ambiente </div> <div> ing.Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc.DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov.Lecce (n°571) </div> </div>	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 70 di 71

Spira	Posizione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
1	Via MILANO (P.le Garibaldi) Ovest->Est	336	322	418	405	475	367	336	432	369	348	331	249
2	Via PASTRENGO (Via Volturno) Nord->Sud	341	308	310	321	313	326	366	496	319	304	297	338
4	Via TRENTO (Via Bredina) Nord->Sud	368	322	327	335	333	341	378	441	308	307	298	331
5	Via CROCIFISSA DI ROSA Nord -> Sud	339	314	311	321	323	332	364	468	332	311	303	331
6	Via S. ROCCHINO (Via Pusterla) Nord->Sud	343	314	314	329	331	328	357	442	325	311	315	345
9	Viale VENEZIA (P.le Arnaldo) Est->Ovest	398	355	354	366	375	312	318	394	330	342	352	378
11	Viale DUCA D'AOSTA (v.Mantova) Ovest->Est	359	325	325	337	336	336	360	444	335	321	321	353
12	Via CADORNA (Viale Piave) Sud->Est	362	322	323	336	330	335	363	447	315	320	321	357
14	Via VITT. EMANUELE II (Via S. Martino D. B.) Est->Ovest	361	322	327	338	329	340	372	507	327	306	308	338
15	Cavalc. KENNEDY (Via Solferino) Discesa	345	308	308	324	321	329	344	465	321	306	305	339
16	Via UGONI (P.le Repubblica)	353	322	324	330	337	345	366	468	333	322	320	345
18	Via VITT. EMANUELE II (P.le Repubblica) Est->Ovest	348	316	319	328	318	341	371	493	328	317	311	333
19	Via CORSICA (verso P.le Repubblica) Ingresso	353	320	316	328	317	319	356	468	317	305	302	334
20	Via DEI MILLE (Via Cairoli) Sud->Nord	350	319	317	330	325	341	373	494	328	312	309	339
21	Via PUSTERLA (P.le C. Battisti) Est->Ovest	349	316	318	329	326	329	360	462	339	317	311	343
22	Via SPALTO S. MARCO (verso P.le Arnaldo)	368	323	329	341	343	349	385	487	333	321	323	345
24	Via SCHIVARDI (P.le Ospedale) Nord->Sud	328	304	303	321	319	323	365	456	316	300	302	338
25	Via SCHIVARDI (P.le Ospedale) Sud->Nord	342	311	307	326	322	330	362	456	319	306	301	339
27	Via LUPI DI TOSCANA (corsie Dritto-Sinistra)	351	318	318	332	325	341	376	497	346	317	316	345
28	Via LUPI DI TOSCANA (corsia di Svolta a destra)	357	319	317	328	323	341	375	491	328	309	311	340
30	Via XX SETTEMBRE (Via Ferramola) Ovest->Est	351	318	323	331	321	340	370	501	329	317	311	341
210	Via PILE (Marsala) Uscita	369	316	333	336	332	369	406	486	401	333	327	323
212	Via MANTOVA (Castellini) Sud->Nord	353	321	323	339	342	339	357	454	335	324	326	358
213	Via S. ZENO (Via Lamarmora) Sud->Nord	342	307	307	323	320	320	335	458	325	313	302	341
214	Lonati Est->Ovest	346	310	308	327	309	319	374	497	322	304	309	354
215	Lonati Ovest -> Est	341	306	306	327	318	339	388	522	330	298	301	343
218	Via Cremona (Volta)Nord->Sud	356	327	326	335	324	339	367	525	319	322	325	350
219	Via Cremona (Volta)Sud -> Nord	348	318	318	332	330	342	365	542	332	316	318	351
220	Via Lamarmora (Volta) Est -> Ovest	355	330	329	338	338	340	357	445	338	325	326	361
222	Controstrada Via Triumplina (Rotatoria Montelungo) Sud->Nord	322	288	286	288	281	302	341	604	303	284	282	341
223	Via Labirinto Nord > Sud	425	391	333	343	319	311	323	419	307	307	297	347
224	Via Labirinto Sud > Nord	437	396	326	329	309	313	341	448	291	277	270	343
225	Viale Duca Abruzzi (fronte Copernico) Ingresso Sud -> Nord	357	323	321	336	332	337	359	449	330	318	319	356
226	Viale Duca Abruzzi (fronte Copernico) Uscita Nord -> Sud	363	329	326	336	323	326	360	452	323	321	324	358
227	Via dei Mille (Contrada della Mansione) semaforo pedonale	352	319	316	327	320	339	371	496	322	313	311	341
228	Bretella in ingresso da Via Corsica verso V.le Stazione	366	350	335	333	326	354	375	462	335	321	334	369
230	Via Corsica (Via Nisida) Nord -> Sud	388	347	341	354	348	315	306	390	326	325	321	358
Coefficiente giorno anno per mese		353	320	319	333	328	334	364	474	329	313	312	343
Coefficiente Giorno-Anno utilizzato nel modello		313											

Tabella 9-11: Estrazione dal file excel per il calcolo del coefficiente Giorno-Anno

In modo analogo, attingendo alla medesima base dati, e utilizzando tutti i mesi del 2019, si possono riscontrare valori di passaggio Giorno-Anno oscillanti tra il 474 e il 312. Considerando che il valore massimo suggerito dal MIT corrisponde a 300 e che il valore di trasformazione Punta-Giorno risulta già molto elevato, la scelta del valore utilizzato per il modello ricade sul secondo valore più basso rilevato, corrispondente al valore di 313. Questo valore corrisponde al mese di ottobre, tipicamente un ottimo mese per la scelta dei valori statistici usati nei modelli di simulazione.

 ing. Andrea Debernardi via Roma, 30 23875 OSNAGO cod.fisc. DBR NDR 66L11 L219N p.IVA 02478940139 ord.ingegneri Prov. Lecco (n°571)	PROGETTO DI FATTIBILITA' DI UN SISTEMA DI TRASPORTO RAPIDO DI MASSA DI SUPERFICIE NEL COMUNE DI BRESCIA NUOVA LINEA TRANVIARIA "T2 – PENDOLINA – FIERA"					
Nota metodologica n.1 Analisi della mobilità	COMMESSA IN00	LOTTO 01	CODIFICA R XX XX	DOCUMENTO XX 00 00 001	REV. A	FOGLIO 71 di 71

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ben Akiva M., Lerman S. [1985]; *Discrete choice analysis*; MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Cantarella G.E. (a cura di) [2001] *Introduzione alla tecnica dei trasporti e del traffico con elementi di economia dei trasporti*; UTET, Torino.
- Cascetta E. [1990] *Metodi quantitativi per la pianificazione dei sistemi di trasporto*; UTET, Torino.
- Cascetta E. [2006] *Modelli per i sistemi di trasporto: teoria e applicazioni*; UTET, Torino.
- Druifuca A. [2007]; "MiBici: I costi ed i benefici della rete", Milano.
- Ortúzar, J.de D., Willumsen, L.G. [1990]; *Modelling Transport*; Wiley, Chichester.
- Ricci A. [2012]; "Studio della scelta del percorso da parte dei ciclisti"; tesi di laurea, facoltà di ingegneria, Università di Bologna.
- Vuchic V.R. [2005] *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*; Wiley, Chichester.