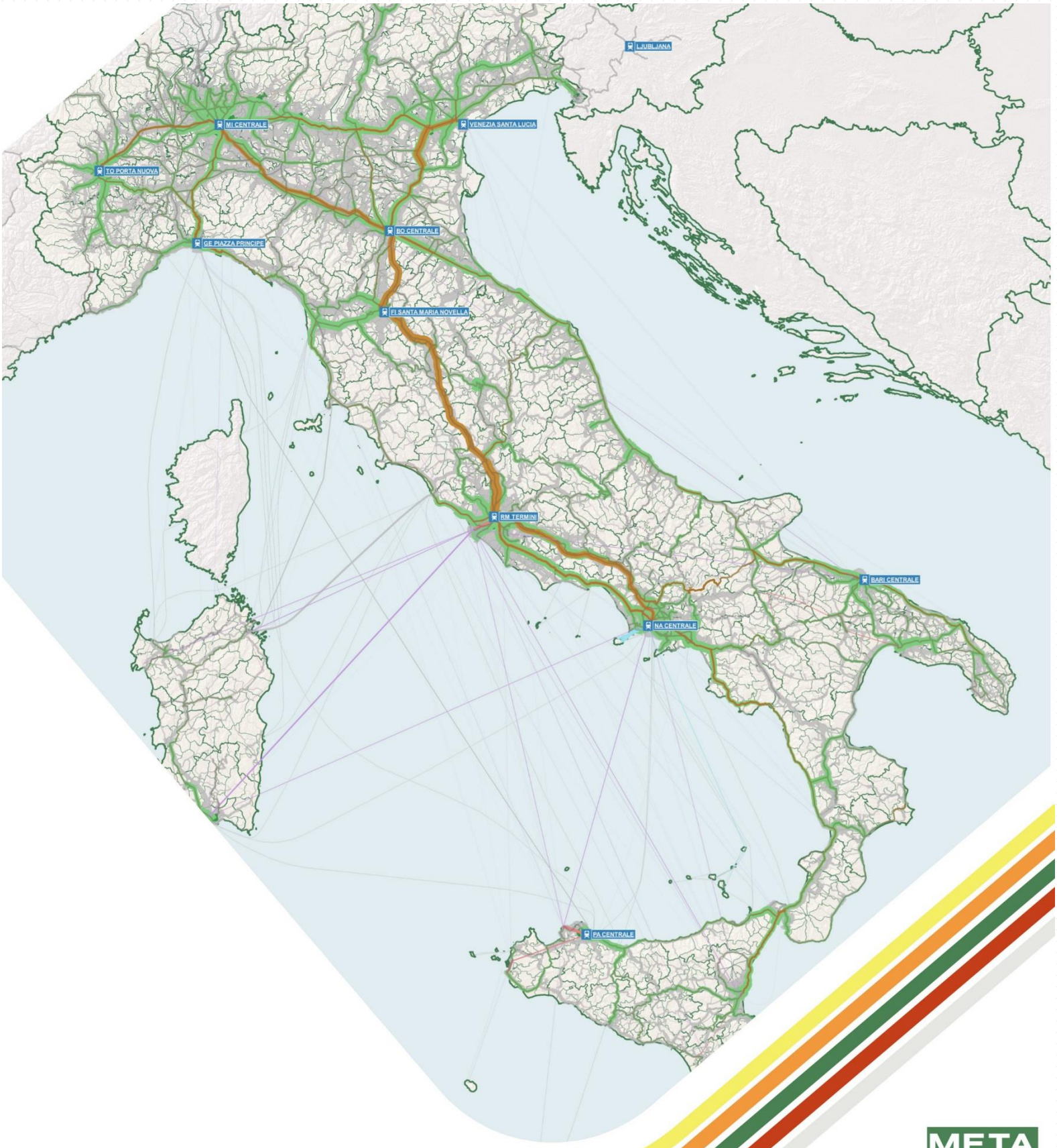


META
mobilità
economia
territorio
ambiente

iTraM
ITALIAN TRANSPORT MODEL

LABORATORIO DI POLITICA DEI TRASPORTI
TRASPOL
RESEARCH CENTRE ON TRANSPORT POLICY

POLITECNICO
MILANO 1863
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
E STUDI URBANI

i-TraM È UN MODELLO DI SIMULAZIONE MULTIMODALE E MULTISCALARE DEL SISTEMA DI TRASPORTO ITALIANO

Messo a punto congiuntamente da:

Laboratorio di Politica dei Trasporti (TRASPOL)
del **Politecnico di Milano**

META (Mobilità - Economia - Territorio - Ambiente) srl
Start-up innovativa con sede a Monza,
attiva nel campo della pianificazione del traffico
e della mobilità

È UNO STRUMENTO UNICO NATO DAL LEGAME TRA PROFESSIONE E RICERCA

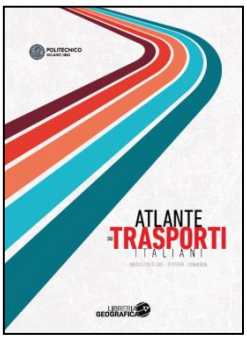
QUANTITATIVE ANALYSIS ITALIAN NATIONAL TRANSPORT

QUAINT
(2015-2019)

è un progetto di ricerca, condotto da TRASPOL su finanziamento di eccellenza MIUR, che ha contribuito a creare le basi per i-TraM e ad utilizzarlo per la simulazione di un ampio set di politiche.

i-TraM

è lo strumento centrale, utilizzato sia per la ricerca che nel campo professionale, come supporto per la simulazione di progetti e politiche di trasporto complesse.



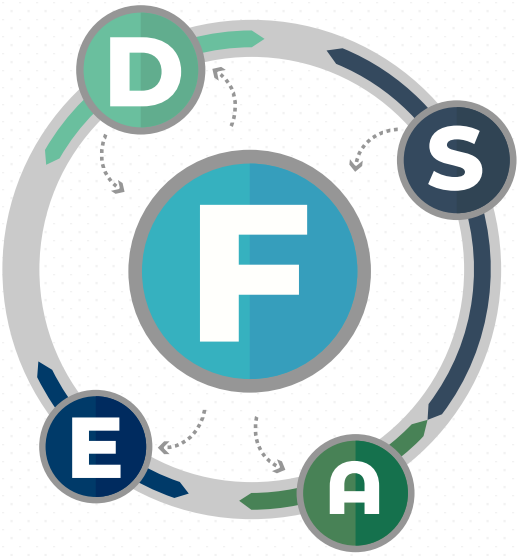
L'Atlante dei trasporti italiani
(Libreria Geografica, 2018)

è un volume unico nel suo genere: un ricchissimo atlante tematico con 130 tavole e saggi che descrivono il sistema dei trasporti italiano. L'Atlante è basato sulla base dati di QUAINT e i-TraM

LA FILOSOFIA:
UN'ARCHITETTURA MULTISCALARE DATA-DRIVEN IN CINQUE MODULI

MODULO DI DOMANDA

stima gli **spostamenti** di **passeggeri** e di **merci** effettuati, per qualsiasi motivo, all'interno del territorio italiano.



MODULO DI OFFERTA

descrive l'insieme delle **reti infrastrutturali** e dei **servizi di trasporto** (ferrovia, strada, navigazione marittima ed aerea) esistenti a livello nazionale.

MODULO DI ASSEGNAZIONE

mette a confronto la domanda con l'offerta, stimando **i flussi di traffico**, sia pubblici che privati, soddisfatti da tutti i modi di trasporto inseriti nel modello.

MODULO SOCIO-ECONOMICO

trasforma i risultati del modello in **valori monetari**, utili a valutare le performances finanziarie dei diversi sistemi e per alimentare analisi costi benefici.

MODULO AMBIENTALE

stima i **fattori d'impatto** generati dal traffico, quali ad esempio i consumi energetici, le emissioni di CO_2 ed altri inquinanti atmosferici (CO, COV, NOx, PM), il rumore, etc...

La filosofia di base consiste nell'organizzare il modello di simulazione intorno ai **dati effettivamente disponibili**, anziché sviluppare strumenti più sofisticati ma alla fine non operativi per mancanza di dati.
Particolare cura è posta nel garantire l'interfacciamento continuo con le informazioni rese disponibili dal **Sistema Statistico Nazionale** e dalle diverse piattaforme **Open Data** esistenti nel settore, per un efficace e rapido aggiornamento dei dati.

Dal punto di vista informatico, lo strumento ha le caratteristiche di un normale **modello a quattro stadi**, e presenta un'**architettura** fondamentalmente **aperta**, che gli consente di essere adattato alle **principali piattaforme software** disponibili nel campo della pianificazione dei trasporti.

Le assegnazioni sono al momento effettuate in ambiente CUBE 6.4 ©, utilizzando la licenza rilasciata da Citilabs a META srl.

MODULO DI DOMANDA

La **domanda di mobilità passeggeri** viene stimata da i-TraM mediante le più consolidate **procedure di simulazione a tre stadi:**

Generazione: stima il numero di spostamenti effettuati per ogni motivo dai residenti in ciascuna zona di traffico, articolati per categoria socio-economica (età, sesso, professione)

Distribuzione: calcola le matrici O/D (origine/destinazione) per motivo, in funzione di specifici indicatori dell'attrattività delle zone di arrivo

Ripartizione modale: ripartisce le matrici O/D nelle tre macro-modalità di trasporto utilizzate dal modello *(mobilità ciclopedonale, mobilità motorizzata individuale, trasporto pubblico).*

Le modalità di stima variano a seconda del **macro-motivo** di viaggio:

Gli **spostamenti sistematici** (casa-scuola e casa-lavoro) vengono analizzati soprattutto in base alle matrici O/D ISTAT.

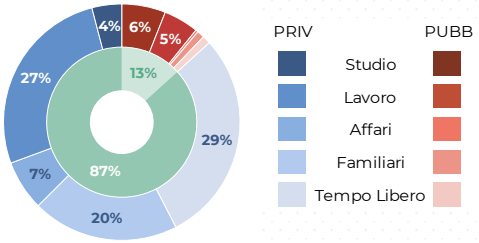
Gli **spostamenti occasionali** effettuati in giornata sono ottenuti come somma di oltre 30 sottomodelli entropici caratterizzati da differenti strutture di attrazione.

I **viaggi** (spostamenti con pernottamento) sono invece desunti dalle diverse fonti statistiche relative alla mobilità turistica.

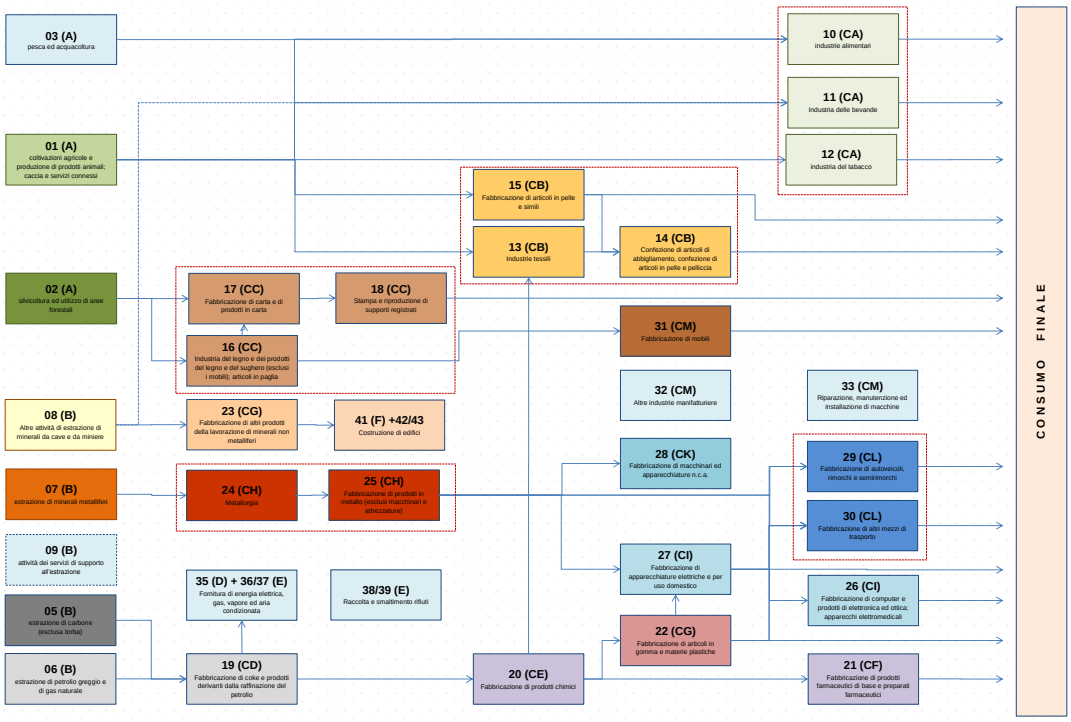
DOMANDA INTERZONALE GENERATA PER MODO E MOTIVO

	Pubblico	Privato	TOT	PUBB	PRIV
	mln spostamenti / giorno			*Ripartizione %*	
Studio	3,56	2,41	**5,97**	*60%*	*40%*
Lavoro	2,84	15,74	**18,58**	*15%*	*85%*
Affari	0,20	4,08	**4,28**	*5%*	*95%*
Familiari	0,60	11,90	**12,50**	*5%*	*95%*
Tempo libero	0,67	17,28	**17,95**	*4%*	*96%*
TOT	**7,87**	**51,41**	**59,28**	***13,3%***	***87%***

Generazione di dati provvisoria



La **domanda di mobilità merci** viene invece stimata affinando la **matrice ETIS-TRANSTOOLS** (DG Trasporti dell'Unione Europea) sulla base di un ampio insieme di correlazioni tra le merceologie dei beni trasportati e la localizzazione dei luoghi di produzione e consumo.



L'operatività dei luoghi di produzione è simulata in base al numero degli addetti ed ai consumi di energia elettrica in ciascuna zona.

Nella sua versione-base, i-TraM è riferito ad una tipica giornata feriale (lavorativa e scolastica) del periodo autunnale, ma può essere rapportato anche ad altri intervalli temporali.

L'ARCHITETTURA TRANSCALARE CONSENTE ADATTAMENTO E PRECISIONE

Una delle caratteristiche fondamentali di i-TraM è rappresentata dalla sua architettura transcalare: il **livello di dettaglio** delle simulazioni effettuate può essere **mutato a seconda delle necessità**, adottando una zonizzazione più fitta nelle aree oggetto di maggiore attenzione.

Nella sua versione base, il modello nazionale fa riferimento a 1.765 zone di traffico di livello T5.
Insieme alla ricchezza delle basi statistiche utilizzate, **l'elevato numero di zone** rappresenta uno dei **punti di forza** di i-TraM, rendendolo adatto anche all'analisi dei flussi di traffico di livello regionale/metropolitano, che rappresentano la quota preponderante della domanda di mobilità a livello nazionale.

Grazie alla sua configurazione molto dettagliata, i-TraM riesce a simulare tutta la domanda di mobilità generata a livello nazionale.

Livello		Zone
T1	Nazionale	1
T2	Regionale	21
T3	Provinciale	103
T4	Subprovinciale *(a)*	371
T5		1.765
T6	Comunale *(a) (b)*	ca.10.000
T7	Subcomunale *(b)*	=
T8		=

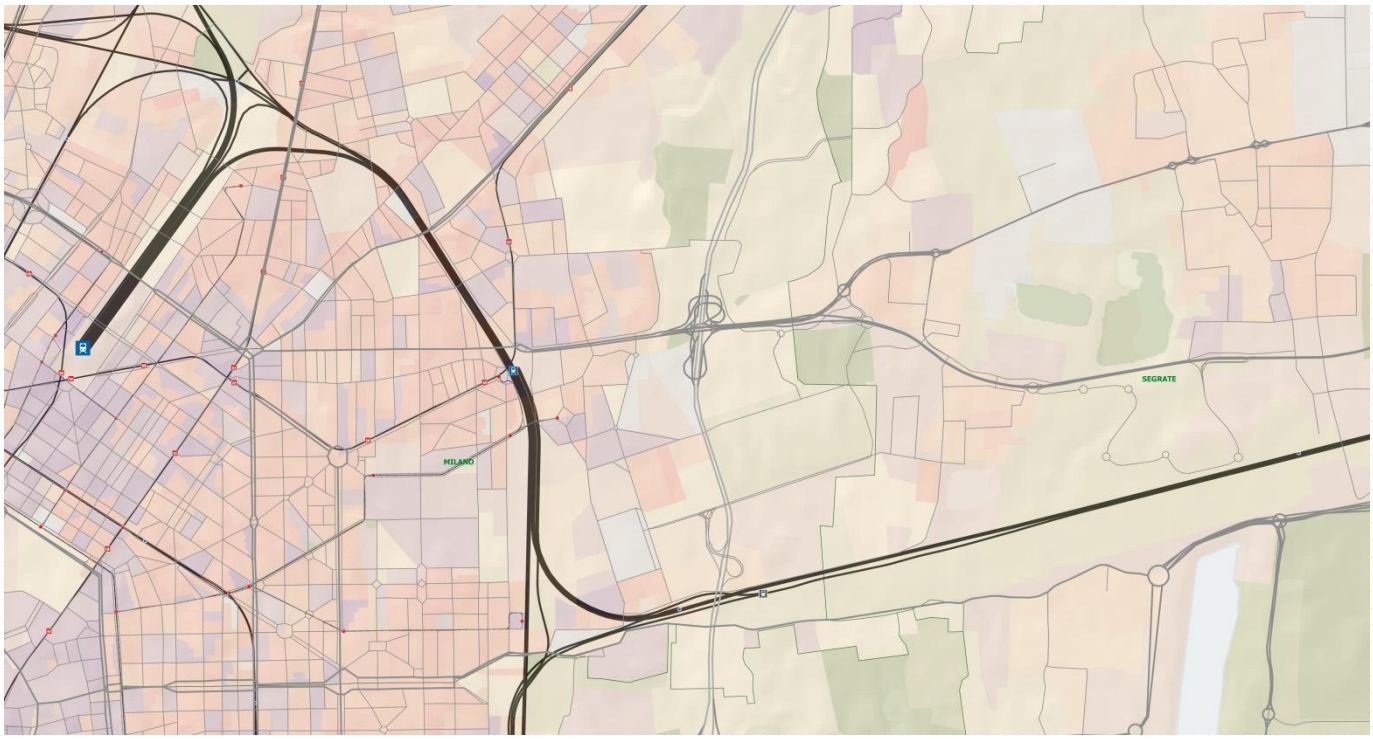
(a) Le città sono suddivise in più zone
(b) I livelli T6, T7 e T8 sono utilizzati solo per applicazioni locali

MODULO DI OFFERTA

Il modulo di offerta descrive in modo dettagliato l'insieme delle infrastrutture di trasporto a livello nazionale, ovvero:

- l'intera **rete ferroviaria** (incluse ferrovie concesse) e gli altri principali impianti fissi (metropolitane, tramvie, funicolari, funivie);
- la **rete stradale**, comprensiva di tutte le autostrade e strade statali, delle principali strade provinciali e delle maglie fondamentali della viabilità urbana;
- Le linee di forza del **Trasporto Pubblico Locale urbano**
- i porti e le rotte di **navigazione marittima** od interna;
- gli aeroporti e le rotte di **navigazione aerea**.

Un insieme di connettori intermodali descrive in modo dettagliato tutti i principali **nodi di interscambio**, tenendo conto dei tempi di accesso e di transito al loro interno.



Gli orari di questi servizi di trasporti sono raccolti ed armonizzati nella **base-dati orario (BDO)**, che consente di generare l'**ipergrafo** dei servizi di trasporto pubblico attivi a livello nazionale.

Da questa base dati è possibile estrarre una descrizione della **rete dei servizi a frequenza** (oltre 800 linee), integrata dalle principali linee di Trasporto Pubblico Locale urbano e da una descrizione generica delle linee extraurbane, utilizzabile in ambiente CUBE ©.

A ciascuna linea simulata è associato un insieme di **profili tariffari**, volti a riprodurre il costo monetario sostenuto dalle singole categorie di utenza (commuter, business, economy, family) per muoversi tra due nodi qualunque della rete.

La ricostruzione dell'offerta include tutti i principali **servizi di trasporto attivi a livello nazionale** ovvero:

Tutti i **voli aerei**

Tutti i **servizi ferroviari** nazionali, regionali e suburbani

Le **autolinee a lunga percorrenza** e di collegamento con gli aeroporti

I **traghetti** e le principali **linee di navigazione**

MODULO DI ASSEGNAZIONE

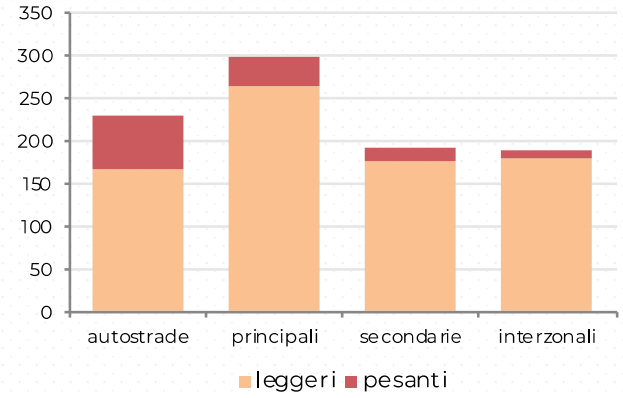
La domanda di mobilità viene assegnata alle reti infrastrutturali distinguendo fra:

TRASPORTO PRIVATO

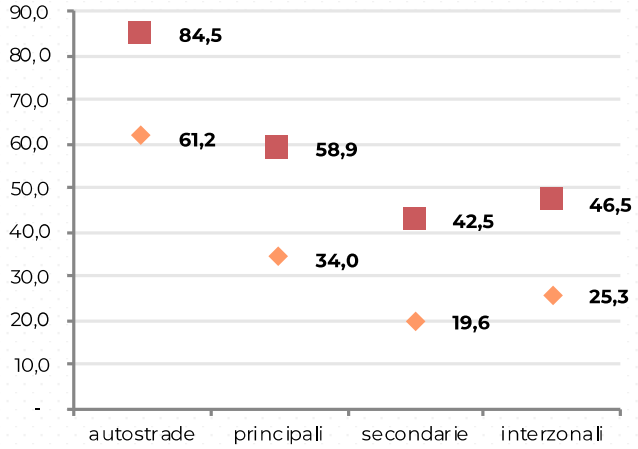
L'assegnazione della domanda di mobilità motorizzata individuale alla rete stradale è effettuata in ambiente CUBE © mediante procedura incrementale.
I tempi di percorrenza sono calcolati mediante apposite funzioni BPR, con velocità di base, capacità e parametri di deflusso (α, β) determinati analiticamente per ogni arco in base alla tipologia stradale (35 categorie), al numero di corsie, al livello di disturbo locale (tratte urbane/extraurbane), ecc...

Il risultato consente di ottenere una **stima dettagliata delle percorrenze e delle velocità** medie sulle singole categorie di strada, articolate per traffico leggero e pesante, e dettagliate a livello regionale, provinciale e subprovinciale.

RIEPILOGO PERCORRENZE
milioni vkm/giorno



VELOCITA' MEDIE *km/h*

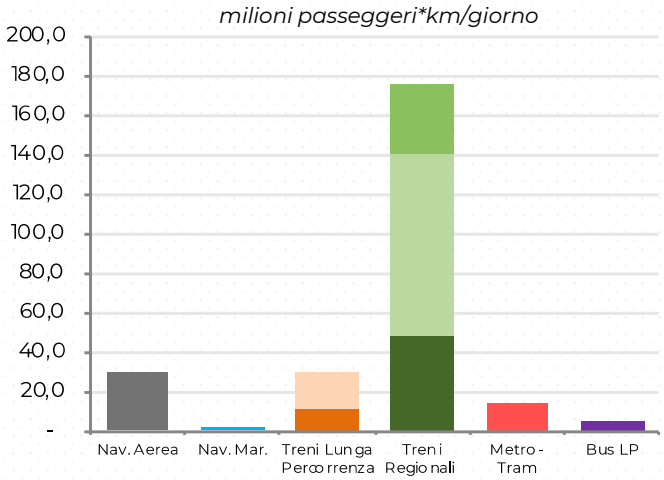


TRASPORTO PUBBLICO

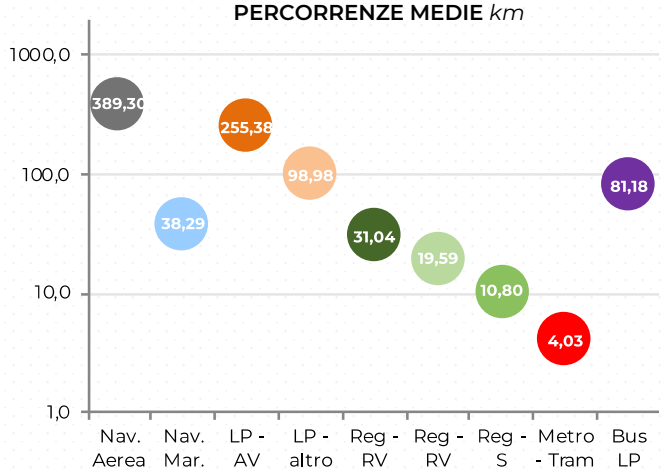
L'assegnazione della domanda afferente alla rete del trasporto pubblico, considerata come un sistema multimodale unitario, è effettuata in ambiente CUBE ©.
Il calcolo del costo generalizzato considera: i perditempi di accesso/egresso, i tempi di attesa iniziale e di interscambio (in funzione della frequenza delle linee), il tempo di permanenza a bordo e l'esborso monetario per l'acquisto dei titoli di viaggio. L'architettura consente di gestire i parametri di percezione del tempo e della tariffa per ciascuna classe di utenza.

Sono così stimabili **le percorrenze e i ricavi da tariffa** per ciascuna classe di utenza e per ciascun modo, a sua volta articolato in categorie (ad esempio: voli legacy e low cost; treni AV, lunga percorrenza convenzionale, regionali, suburbani).

RIEPILOGO PERCORRENZE
*milioni passeggeri*km/giorno*



PERCORRENZE MEDIE *km*



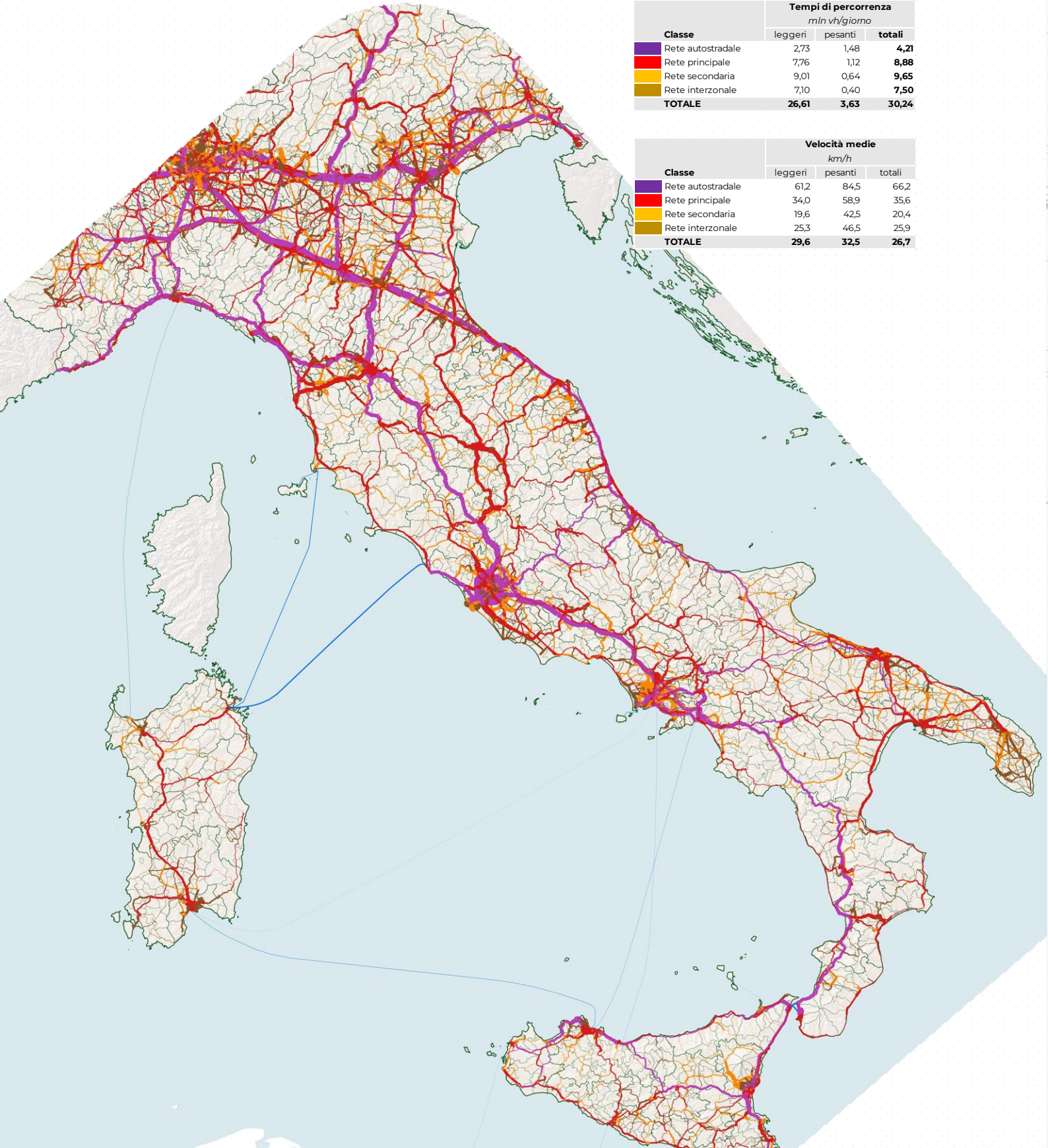
I FLUSSI DEL TRASPORTO PRIVATO

Oltre alle grandi direttrici di traffico nazionale il dettaglio della zonizzazione utilizzata consente di rappresentare i **principali sistemi metropolitani e urbani italiani** (megalopoli Padana, conurbazioni di Firenze, Roma, Napoli etc).

	Volumi di traffico *mln vkm/giorno*		
Classe	leggeri	pesanti	**totali**
Rete autostradale	166,9	62,5	**229,5**
Rete principale	263,7	32,9	**296,6**
Rete secondaria	176,6	13,6	**190,2**
Rete interzonale	179,6	9,2	**188,8**
TOTALE	**786,9**	**118,2**	**905,1**

	Tempi di percorrenza *mln vh/giorno*		
Classe	leggeri	pesanti	**totali**
Rete autostradale	2,73	1,48	**4,21**
Rete principale	7,76	1,12	**8,88**
Rete secondaria	9,01	0,64	**9,65**
Rete interzonale	7,10	0,40	**7,50**
TOTALE	**26,61**	**3,63**	**30,24**

	Velocità medie *km/h*		
Classe	leggeri	pesanti	totali
Rete autostradale	61,2	84,5	66,2
Rete principale	34,0	58,9	35,6
Rete secondaria	19,6	42,5	20,4
Rete interzonale	25,3	46,5	25,9
TOTALE	**29,6**	**32,5**	**26,7**



I FLUSSI DEL TRASPORTO PUBBLICO

L'assegnazione consente anche in questo caso di leggere i **grandi sistemi urbani** – caratterizzati da servizi di trasporto metropolitani ad elevata frequenza – e le **dorsali del sistema AV/lunga percorrenza.**

	Modo di trasporto	Offerta totale *Mvkm/giorno*	Domanda servita *Mpax/g.*	Volume di traffico *Mpkm/g.*	Percorrenza media *km*
AER	Navigazione aerea	0,29	0,08	29,3	389,3
MAR	Nav. marittima ed interna	0,01	0,01	0,2	38,3
	Lunga percorrenza (AV)	0,26	0,04	11,4	255,4
	Lunga percorrenza (altro)	0,22	0,19	18,7	99,0
FER	Regionali veloci	0,38	1,53	47,6	31,0
	Regionali	0,71	4,71	92,2	19,6
	Suburbani	0,30	3,29	35,5	10,8
	Metro - Tram (TPL)	0,18	3,50	14,1	4,0
BUS	Lunga percorrenza	0,12	0,11	4,1	81,2
TOTALE		**2,46**	**13,5**	**253,2**	**18,8**

	Modo di trasporto	Tempi viaggio *000 ph/g.*	Velocità commerciale *km/h*	Occupazione media *pax/corsa*
AER	Navigazione aerea	131,34	223,16	101,66
MAR	Nav. marittima ed interna	10,98	22,58	45,52
	Lunga percorrenza (AV)	61,69	184,75	44,15
	Lunga percorrenza (altro)	182,13	102,68	86,21
FER	Regionali veloci	572,56	83,12	125,25
	Regionali	1470,85	62,72	129,13
	Suburbani	747,98	47,48	119,97
	Metro - Tram (TPL)	676,28	20,85	79,89
BUS	Lunga percorrenza	75,05	54,11	33,53
TOTALE		**3928,85**	**64,44**	**103,05**

MODULO AMBIENTALE

Comprendere le interazioni complesse fra sistema di trasporto ed ambiente

Descrivendo nel dettaglio il funzionamento delle singole reti di trasporto, i-Tram è in grado anche di quantificare l'impatto ambientale. La stima è ottenute mediante **indicatori di pressione**, che misurano gli scambi di materia e/o energia fra i singoli elementi del sistema e l'ambiente circostante. Questi indicatori possono essere sommati per porzione di rete, area geografica o modo di trasporto, prestandosi ad analisi aggregate più articolate e precise di quelle ottenibili con altri strumenti.

INDICATORI DI PRESSIONE

Consumi di suolo

Interferenze con il reticolo idrografico

Consumi energetici

Emissioni climalteranti

Emissione di altri inquinanti atmosferici (CO, COV, NOx, PM)

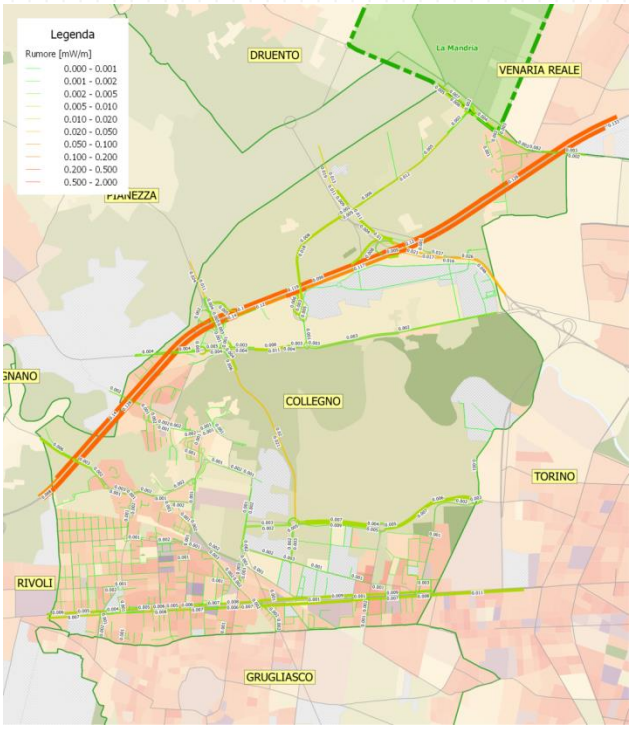
Inquinamento acustico

Inquinamento idrico per rilascio di metalli pesanti in carreggiata

Interferenze del traffico con le aree naturalistiche e le reti ecologiche

Occupazione di spazio urbano

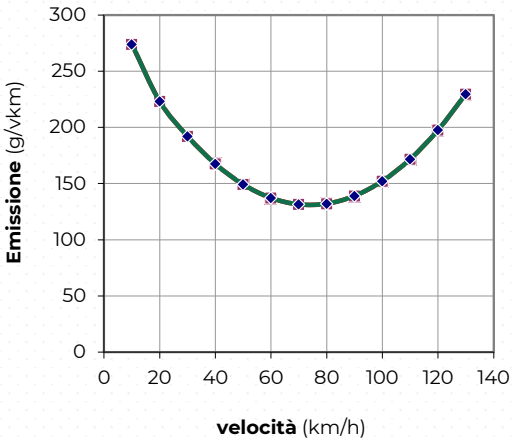
Disturbo visuale da traffico



La costruzione degli indicatori è generalmente ottenuta utilizzando **coefficienti unitari**, rappresentativi dell'impatto generato da ciascun veicolo per singolo km percorso sulla rete nelle condizioni di carico e velocità simulate dal modello.
Ad esempio, i consumi energetici e le emissioni di inquinanti atmosferici da traffico stradale (CO_2, CO, COV, NOx, PM) vengono stimate mediante coefficienti tratti dalla banca-dati europea COPERT-CORINAIR, opportunamente adattata al parco autoveicolare circolante in Italia.

Specifici moduli di calcolo consentono di simulare la variazione attesa di questi coefficienti in funzione della possibile evoluzione futura del parco stesso, ad esempio a seguito della diffusione dell'auto elettrica.

Emissioni di CO_2



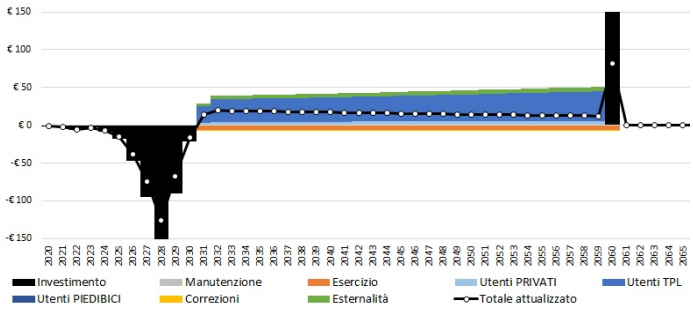
MODULO SOCIO-ECONOMICO

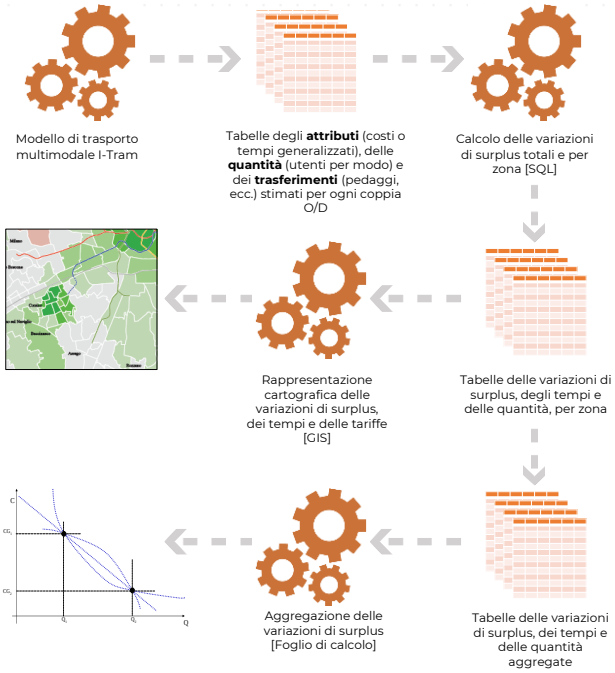
Uno strumento integrato dalla simulazione alla valutazione

Il modulo socio-economico di i-TraM permette di effettuare valutazioni finanziarie e socio-economiche direttamente collegate, e dunque perfettamente coerenti, con il modulo di stima della domanda e con il sistema di costi alla base delle simulazioni.

Grazie ad i-TraM è dunque possibile associare direttamente agli scenari simulati:

- la stima dei costi di produzione e un'analisi finanziaria;
- un'analisi costi benefici socioeconomica, comprensiva di impatti ambientali e sugli utenti.

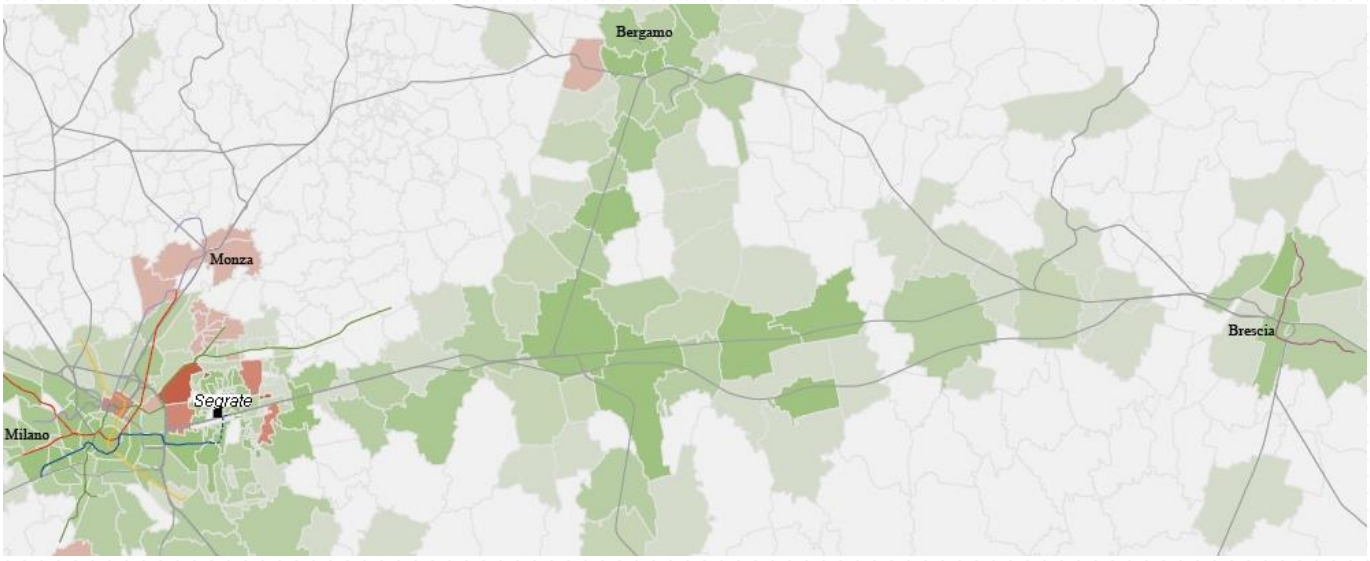




Il modulo socio-economico è già predisposto per la produzione di Analisi Costi Benefici **coerenti la metodologia delle principali linee guida italiane** (MIT 2016, Regione Lombardia 2015 e Addendum TPL 2018).

Valutare gli impatti sul territorio

Attraverso una metodologia consolidata in varie applicazioni, i benefici per gli utenti vengono efficacemente visualizzati sul territorio, per individuare le aree beneficiate e danneggiate dagli interventi.



i-TraM è L'UNICO MODELLO IN ITALIA
IN GRADO DI SIMULARE
SCENARI E POLITICHE ALLA SCALA NAZIONALE

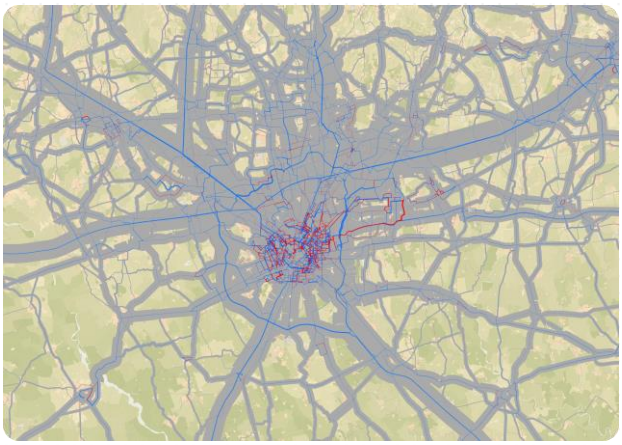
NELL'AMBITO DEL PROGETTO DI RICERCA

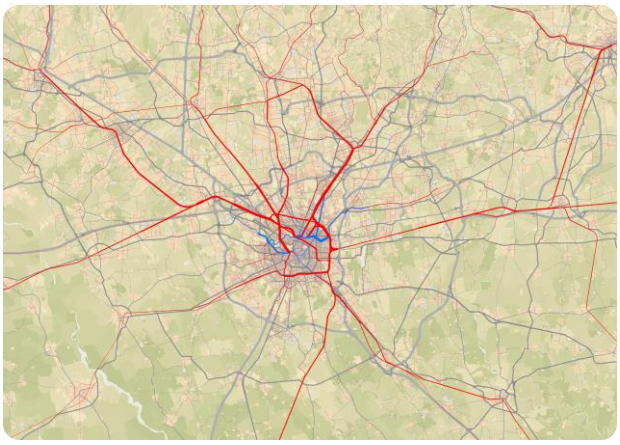
QUANTITATIVE
ANALYSIS
ITALIAN
NATIONAL
TRANSPORT

È STATO SIMULATO UN AMPIO SET DI POLITICHE

Incremento delle tariffe dei treni regionali:

- Trasferimento su altre modalità di trasporto pubblico, laddove disponibili (es: metropolitane);
- Maggiore uso dell'auto.



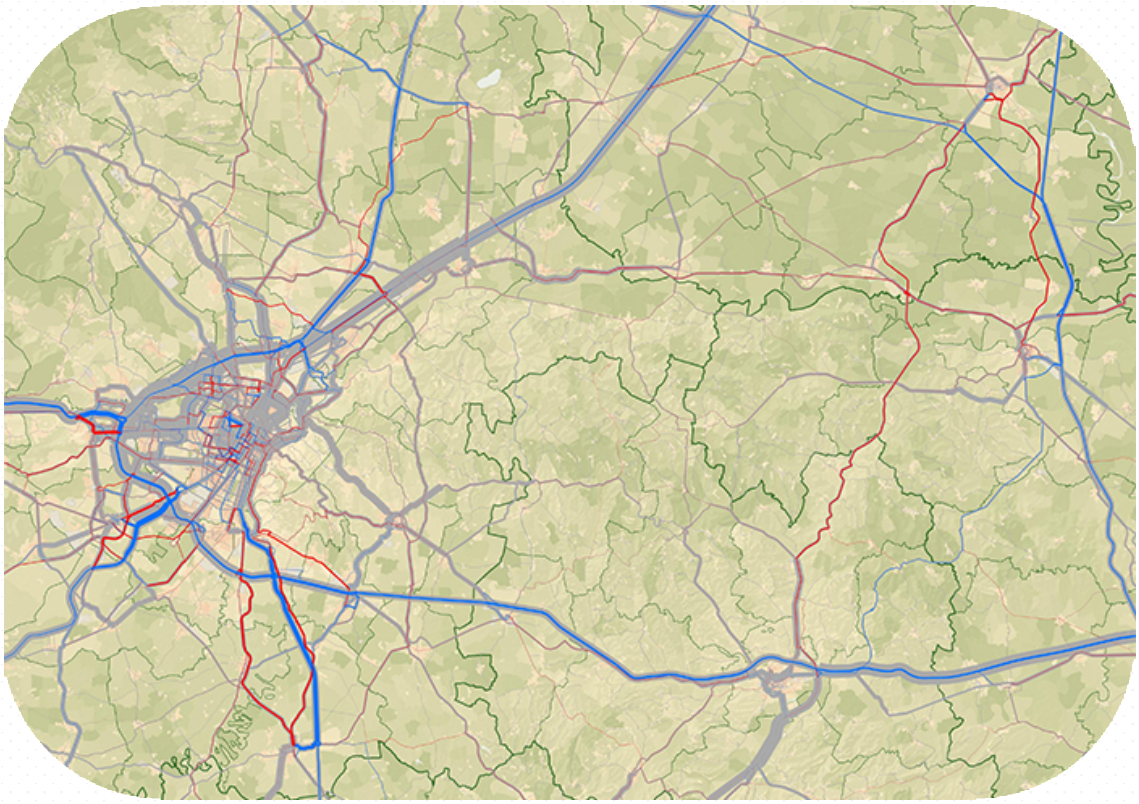


Incremento delle tariffe autostradali (+50%):

- Allontanamento dalla rete autostradale;
- Ricerca di percorsi alternativi, con un maggiore uso della rete locale;
- Ricerca di mezzi alternativi laddove l'offerta di trasporto pubblico risulta significativa.

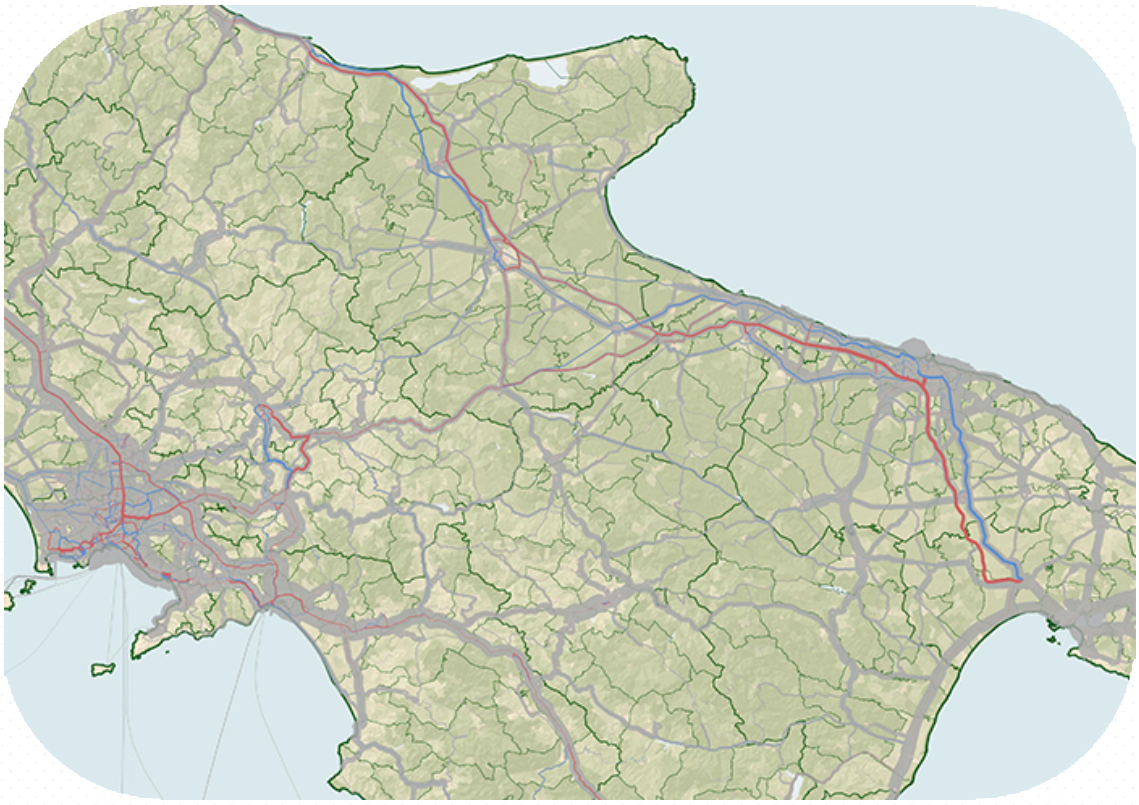
Eliminazione delle tariffe autostradali

- Trasferimento sulla rete autostradale, più consistente laddove il pedaggio esistente è maggiore
- Le autostrade caratterizzate dai maggiori livelli di congestione, al contrario, non subiscono significativi ricarichi



Riduzione della velocità in autostrada (110 km/h)

- Effetti limitati ai casi in cui esiste una valida alternativa sulla viabilità ordinaria.



PORTFOLIO
PROGETTI

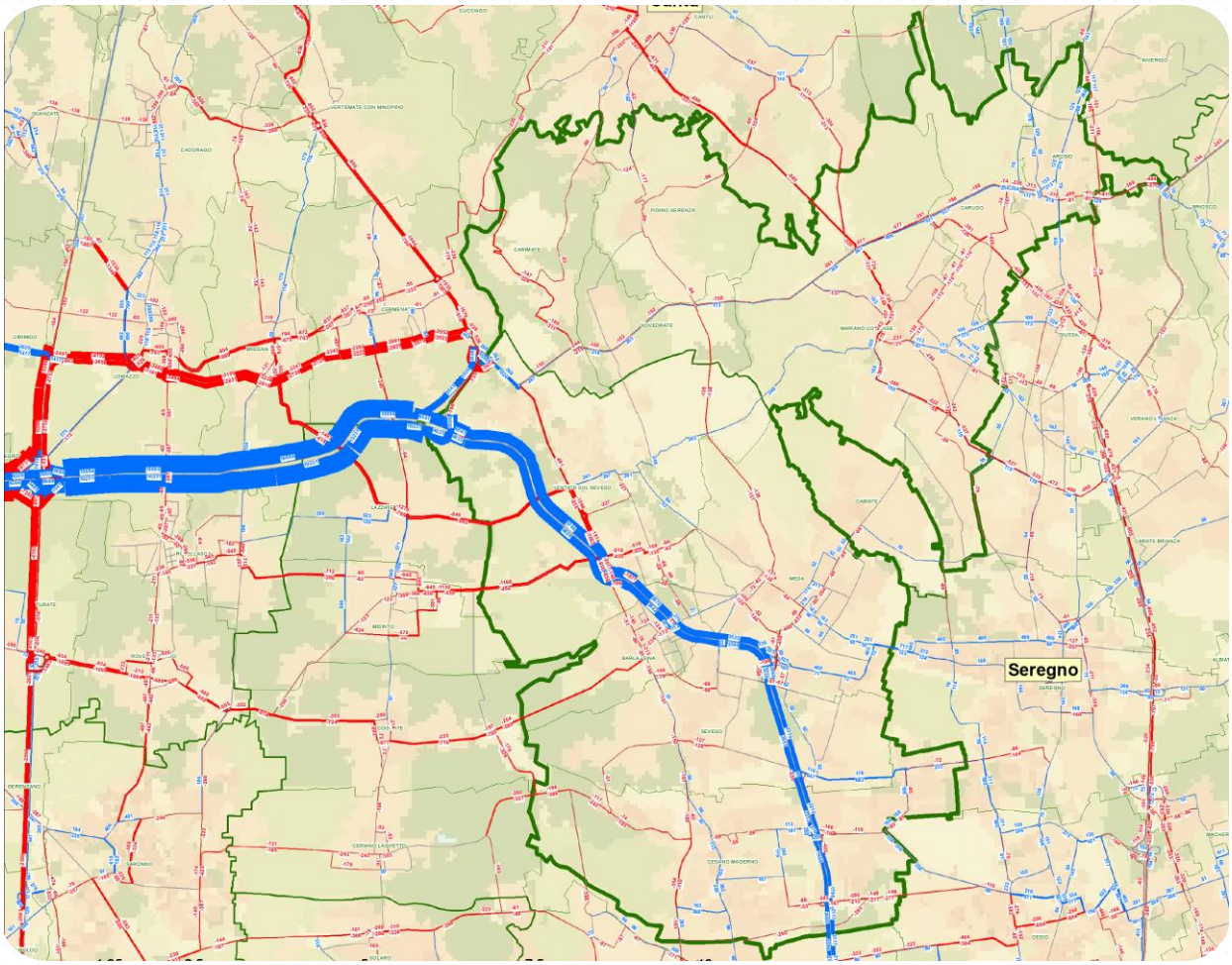
Stagecoach Bus Holding ltd.
Anno 2014
Studio di traffico sugli scenari concorrenziali sulla rete bus nazionale

Legenda
Legend

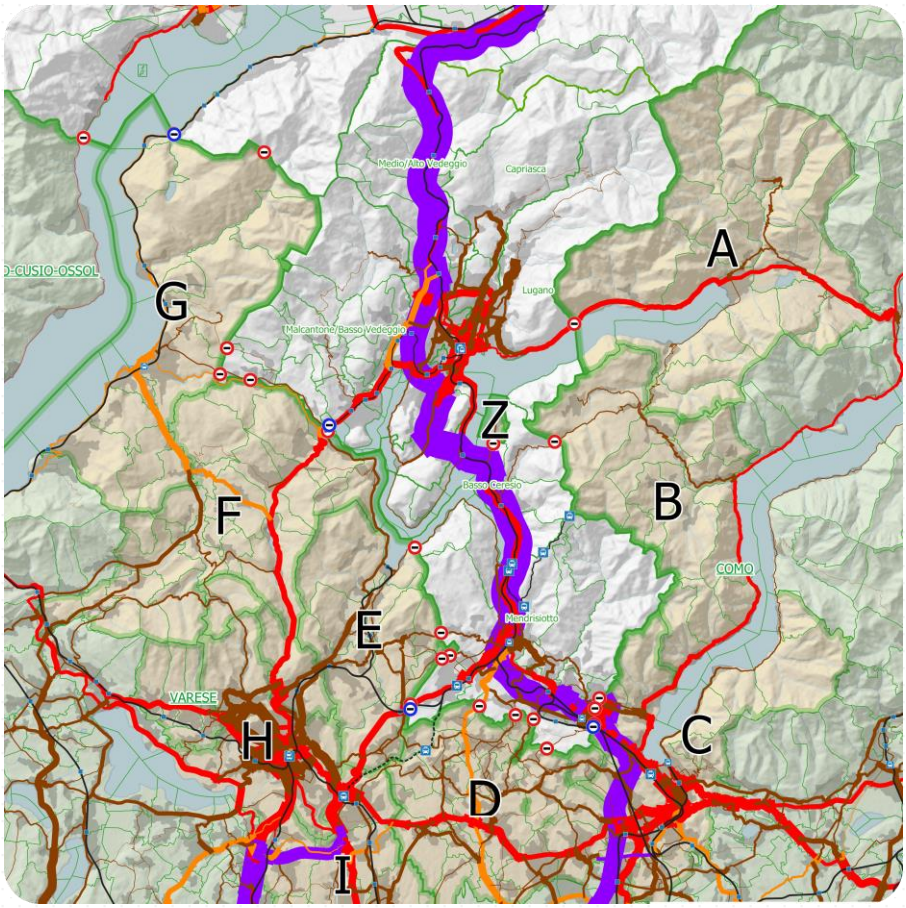
Autobus settimanali di lunga percorrenza /rete ANAV e MEGABUS)
Weekly long range bus /ANAV and MEGABUS network)

Rete Complessiva *Total Network*		Rete Megabus *Stagecoach Network*
	Meno di / Less than 5	
	20	
	100	
	200	
	500	
	più di / more than 996-1000	

Province di Como e Monza-Brianza
Anno 2015
Studio di traffico - effetti dell'apertura delle tratte A e B1 della pedemontana sulla SP32 Novedratese e sulla Milano-Meda



Commissione Regionale dei Trasporti del Mendrisiotto e Basso Ceresio (CRTM):
Anno 2014-2018
Studio di opportunità del car pooling transfrontaliero tra il Canton Ticino e le province di Como e Varese

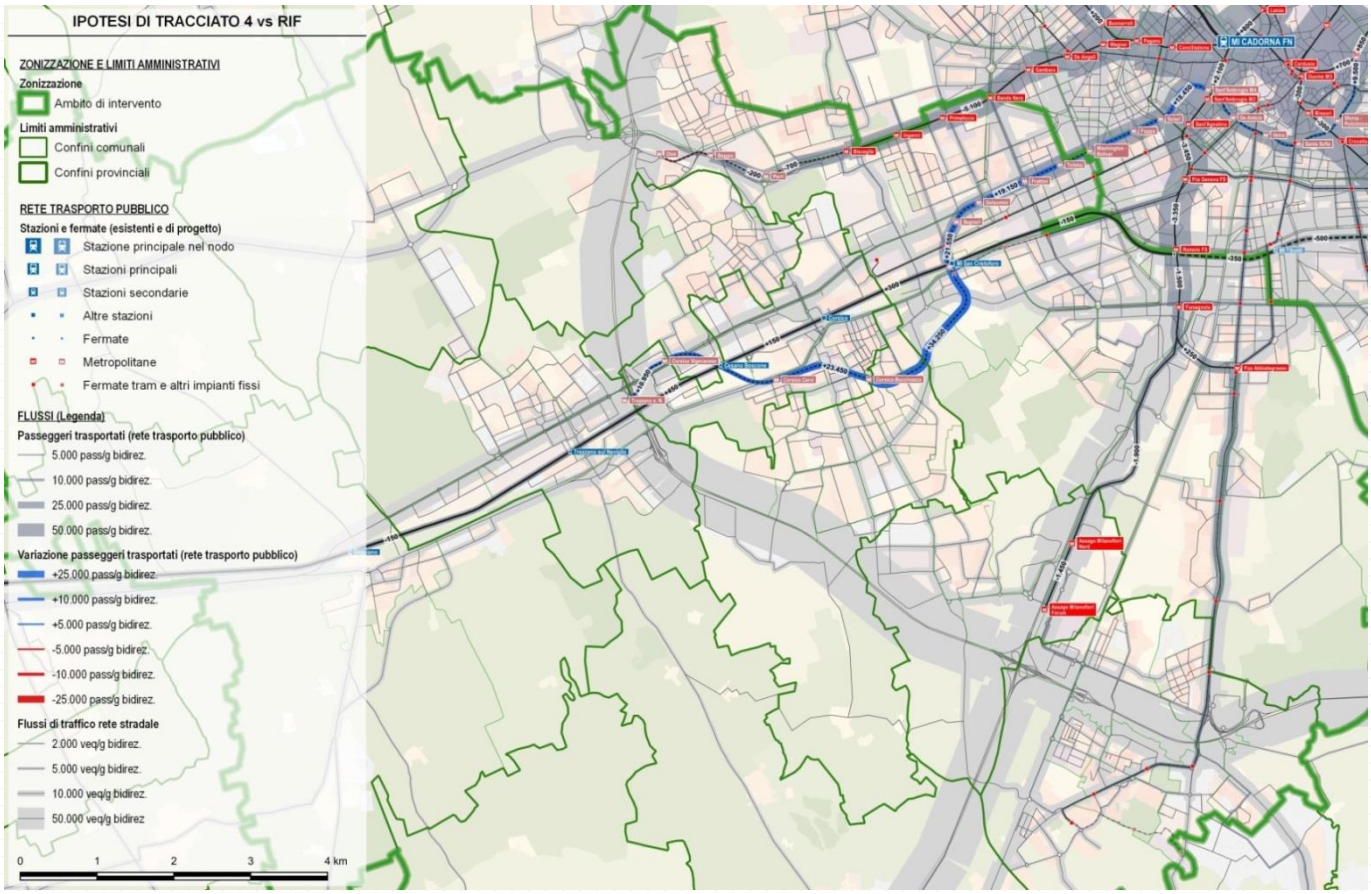


Legenda

Flussi veicolari
- 1.000 veicoli/giorno
- 2.000 veicoli/giorno
- 5.000 veicoli/giorno
- 10.000 veicoli/giorno
- 50.000 veicoli/giorno

Classificazione rete
- Rete Autostradale
- Rete Primaria
- Rete Secondaria
- Rete Locale

MM Metropolitana Milanese SpA
Anno 2018 Hub metropolitano di Segrate - Porta Est
Anno 2019 Prolungamento ad ovest della linea M4
Analisi trasportistica del progetto di fattibilità tecnica ed economica



i-TraM
È PROTETTO

Un **accordo di gestione della proprietà intellettuale**, sottoscritto fra **META srl** ed il **Politecnico di Milano**, regola lo sviluppo e l'usufrutto del modello per fini sia commerciali che di ricerca.

i-TraM non può essere copiato (né tantomeno utilizzato) da soggetti terzi, senza esplicito permesso di entrambe le parti.

Ogni contraffazione potrà essere perseguita legalmente.

i-TraM
È GIA' STATO APPLICATO

Regione Liguria
Canton Ticino
Province di Monza e Brianza, Como
Provincia di Bergamo
Comune di Sondrio
ANAV
Megabus
Metropolitana Milanese
Arriva italia

i-TraM
NON ESISTEREBBE SENZA IL CONTRIBUTO DI

Andrea Debernardi, Paolo Beria

Emanuele Ferrara, Gabriele Filippini, Stefano Battaiotto, Alberto Bertolin, Simone Borghi, Ilario Abate Daga, Serena Drufuca, Raffaele Grimaldi, Antonio Laurino, Lorena Mastropasqua, Giulia Musso, Davide Tessarollo, Samuel Tolentino, Francesca Traina Melega.

PER SAPERNE DI PIU'

TRASPOL

Politecnico di Milano, Dipartimento DAStU
Via Edoardo Bonardi 3, 20133 Milano (MI)
www.traspol.polimi.it

Laboratorio di Politica dei Trasporti
TRASPOL
Research Centre on Transport Policy
POLITECNICO MILANO 1863
Dipartimento di Architettura e Studi Urbani

META mobilità economia territorio ambiente

META srl

Via Magenta 15, 20900 Monza (MB)
www.metaplanning.it