

**ENERGY
TRACKS**



Approcci modellistici per la pianificazione della mobilità e della ricarica

Milano, 7 Novembre 2023



**POLITECNICO
MILANO 1863**

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



LEAP

FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO

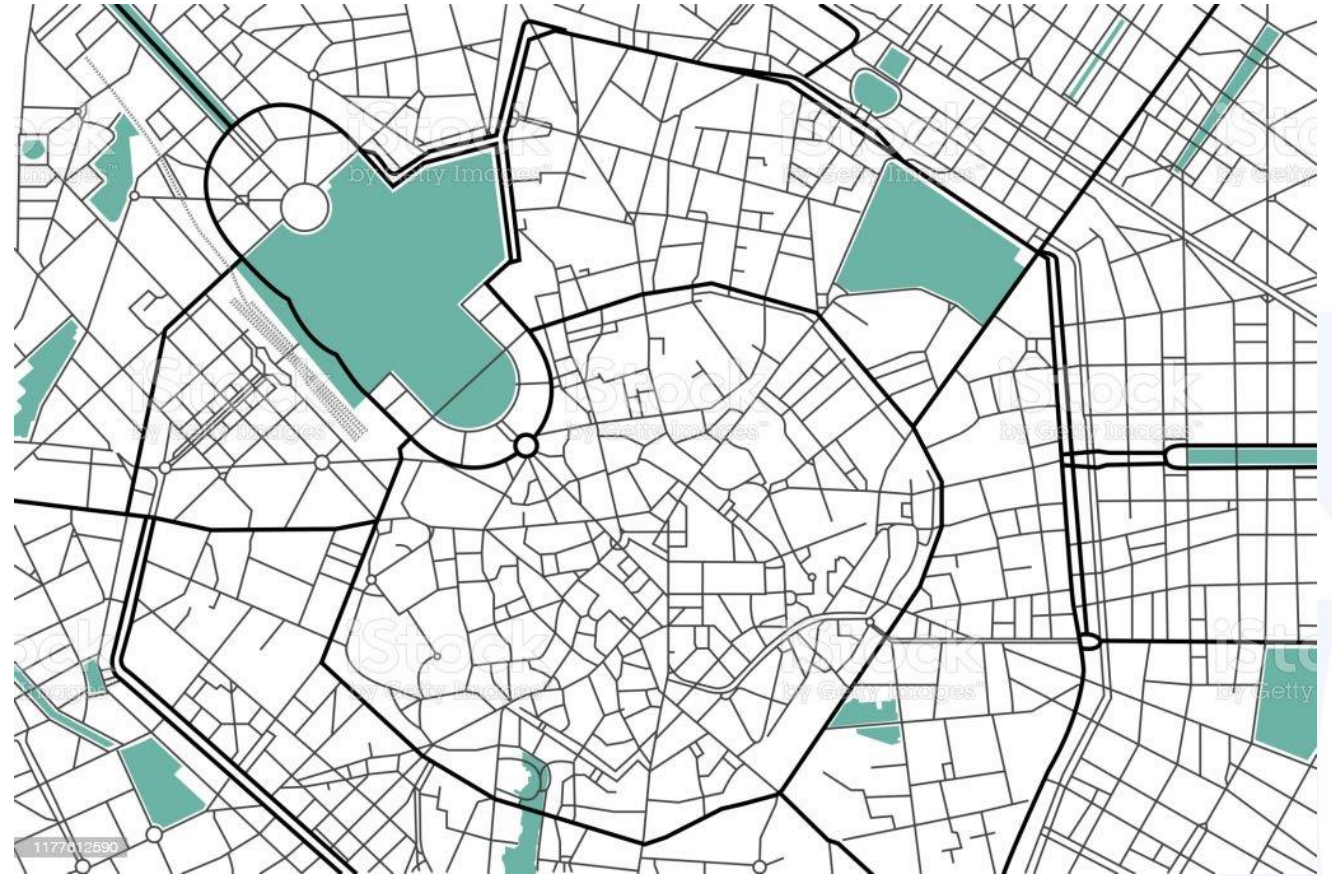
La sfida «Mobilità elettrica»

Il tema della mobilità merita una riflessione allargata, ovvero le nuove risorse informative possibili grazie alla digitalizzazione consentono una programmazione e gestione integrate di tematica correlate a:

- Analisi del fabbisogno
- Analisi delle infrastrutture in essere e pianificazione di nuove strutture
- Analisi del comportamento degli utenti, ovvero di condizioni di congestione

Tali informazioni costituiscono la base per approcci innovativi chiamati a:

- Ottimizzare la gestione delle infrastrutture
- Valutare nuove piattaforme informative, con contenuti «educativi»
- **Gestire le nuove sfide correlate con la mobilità elettrica**



Dettaglio, a titolo esemplificativo, della rete stradale in città di Milano

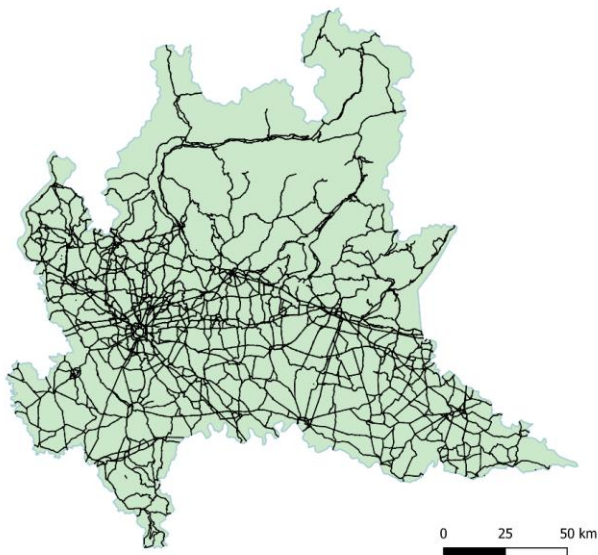


I dati disponibili

A partire dalle informazioni sulla mobilità pubblicate da Regione Lombardia (Matrice Origine/Destinazione - <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioServizio/servizi-e-informazioni/Imprese/Imprese-di-transporto-e-logistica/ser-matrice-od-infr/matrice-od>) è possibile avere una quantificazione del fabbisogno.

L'obiettivo è quello di costruire un modello «FISICO» dei viaggi entro la Regione, dettagliati:

- Per singolo viaggio
- Per «punto» di partenza
- Per «punto» di arrivo
- Per «percorso utilizzato»



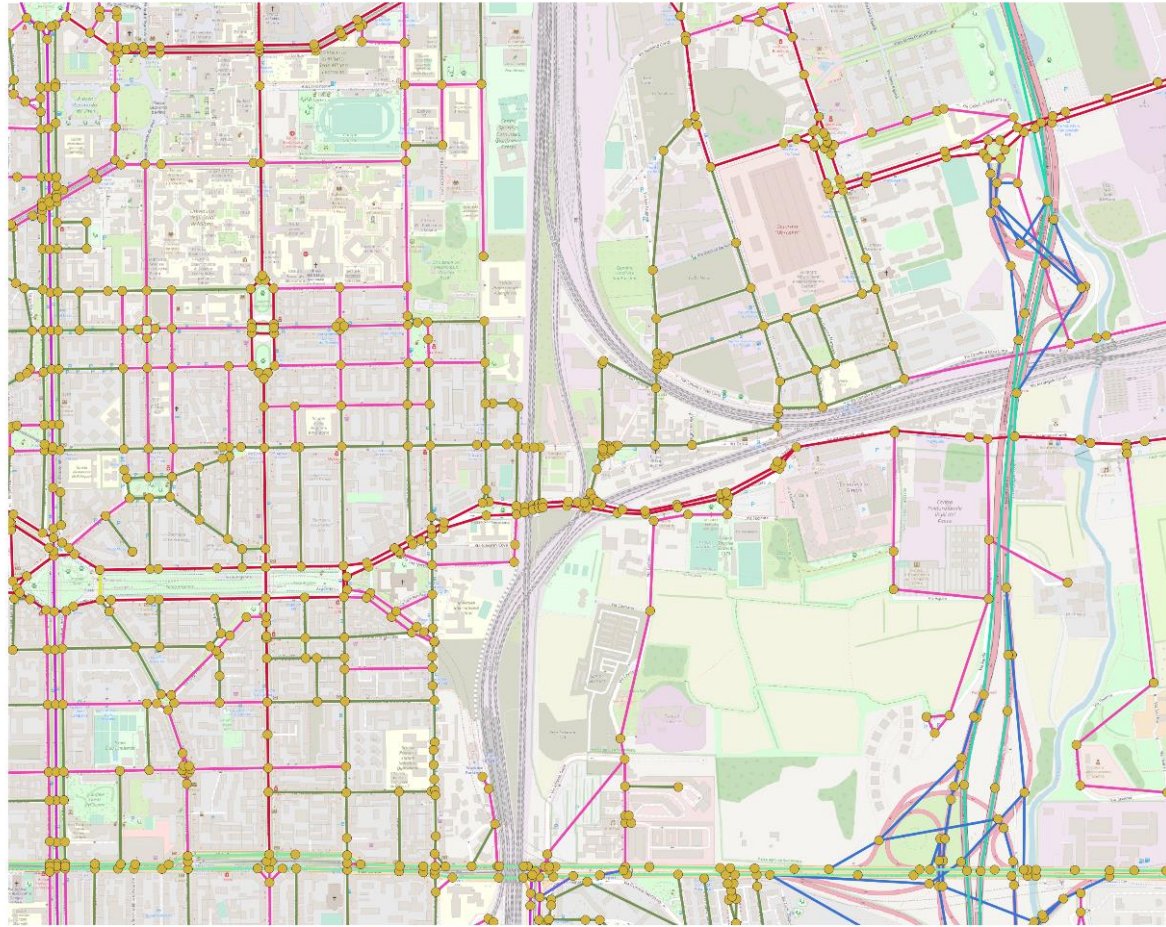
Ci si è quindi basati sulla mappa stradale della regione, dettagliata in 867 258 «segmenti».

Per ogni segmento è stato definito:

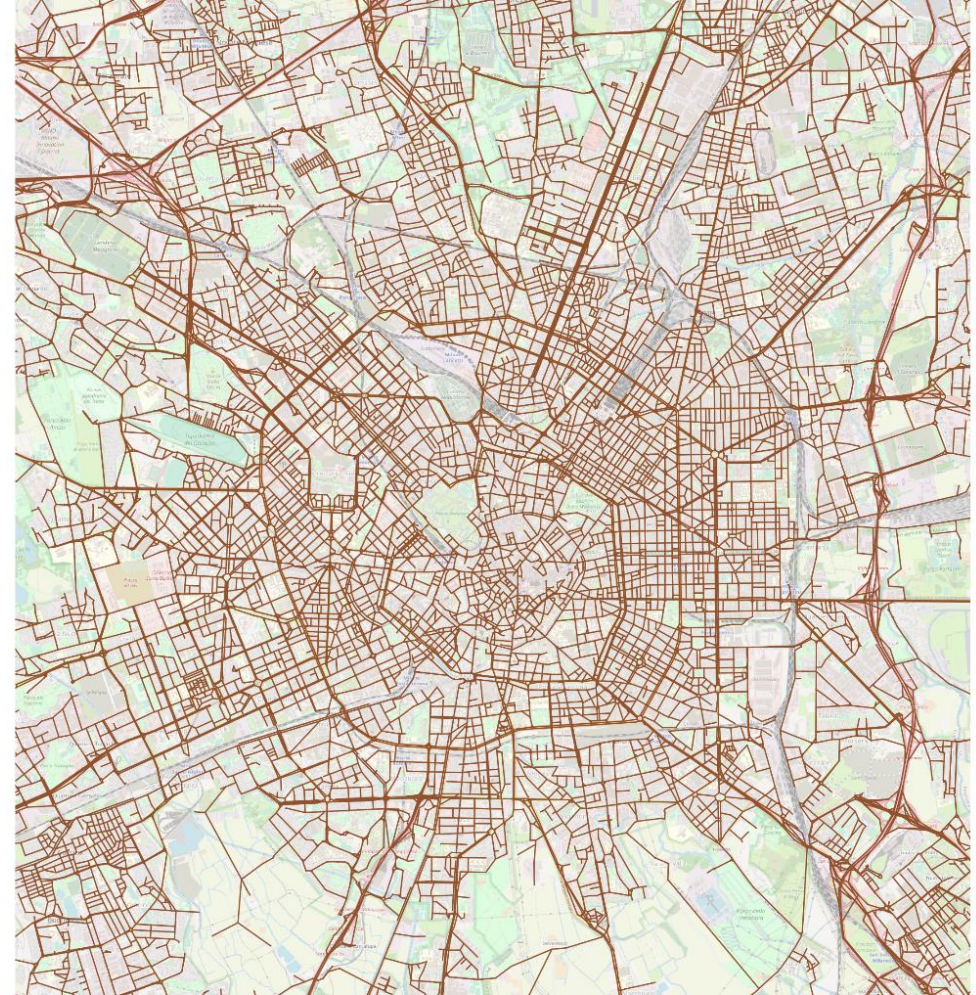
- Tipologia di strada
- Velocità limite
- Capacità transito veicoli



Un esempio della mappa stradale utilizzata nello studio



Graph branch types
— living_street
— motorway
— primary
— residential
— secondary
— tertiary
— trunk
● Nodes
OpenStreetMap



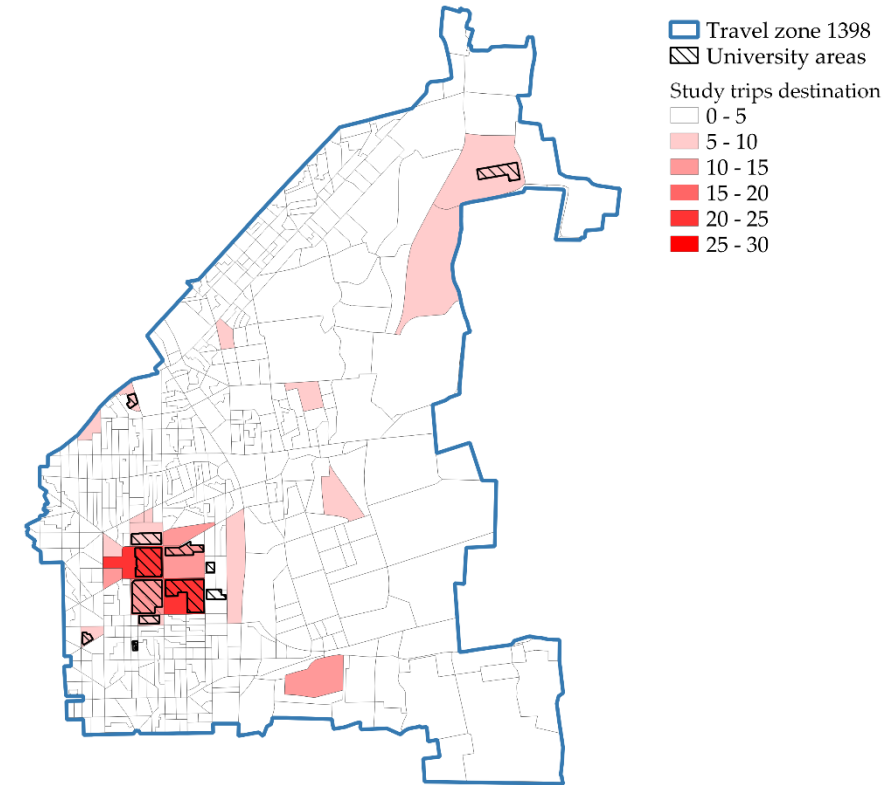
La granularità del modello

La Matrice è disponibile con granularità comunale, MA, grazie a database GIS pubblici, è stato possibile riscalarla a livello di singola cella territoriale ISTAT (per un totale di 50 000 sezioni regionali)

Reason	Origin	Destination
Work	1. Population	1. N° workers 2. Parking area 3. Workers around
Study	1. Population	1. University area 2. Parking area 3. University around
Leisure	1. N° workers 2. Population 3. University area 4. Parking area 5. N° workers around 6. University around	1. N° amenities 2. Parking area
Return home	1. N° workers 2. N° amenities 3. University area 4. Parking area 5. N° workers around 6. University around	1. Population

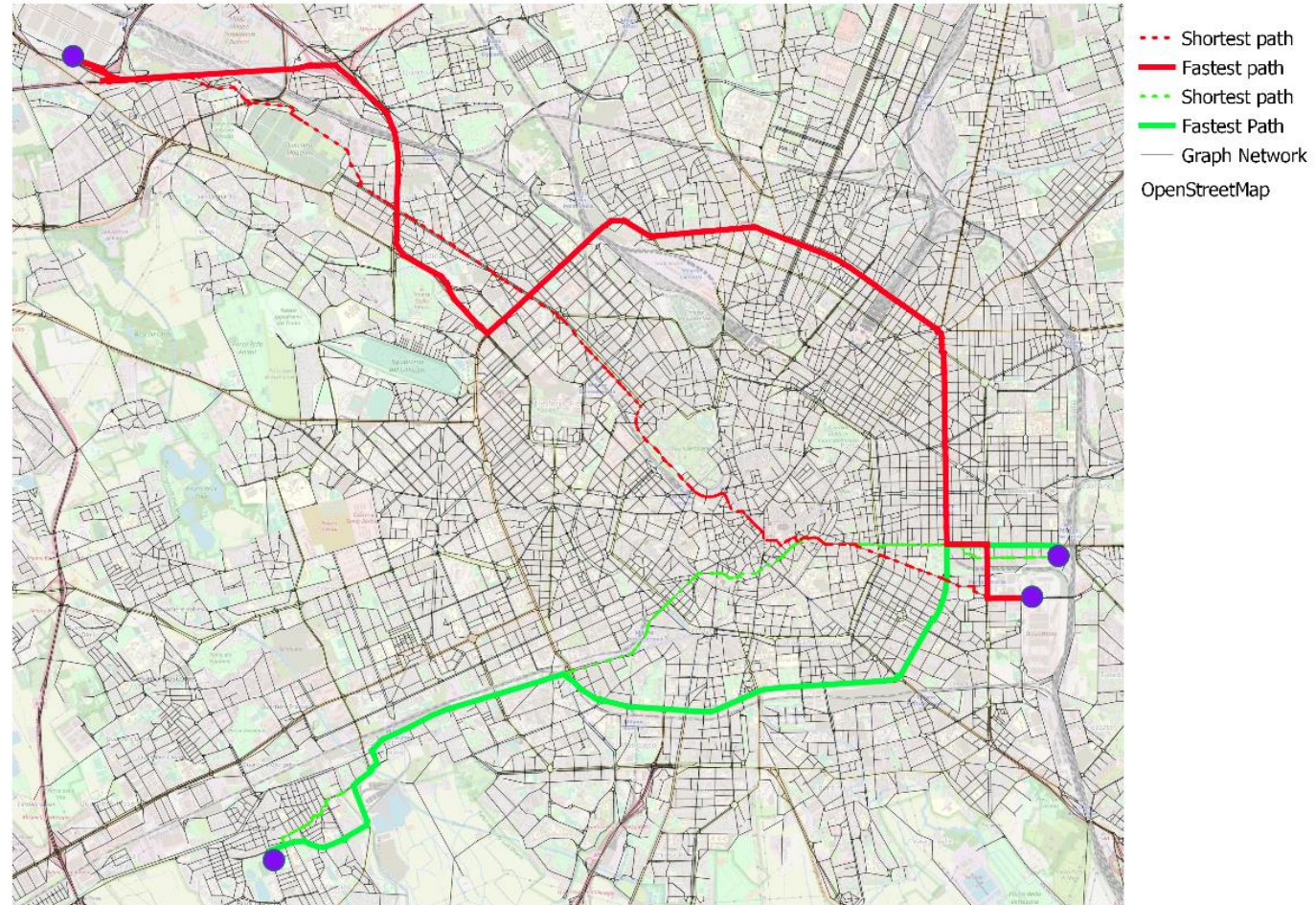
$$\left\{ \begin{array}{l}
 P_R^{1,X} = \sum_{k=1}^{k=EP_R^X} w_{X,R}^k \times \frac{EP_{1,R}^k}{\sum_{m=1}^{m=i} EP_{m,R}^k} \\
 \vdots \\
 P_R^{j,X} = \sum_{k=1}^{k=EP_R^X} w_{X,R}^k \times \frac{EP_{j,R}^k}{\sum_{m=1}^{m=i} EP_{m,R}^k} \\
 \vdots \\
 P_R^{i,X} = \sum_{k=1}^{k=EP_R^X} w_{X,R}^k \times \frac{EP_{i,R}^k}{\sum_{m=1}^{m=i} EP_{m,R}^k}
 \end{array} \right.$$

$$\left(\sum_{m=1}^{m=i} P_R^{m,X} \right) = 1$$



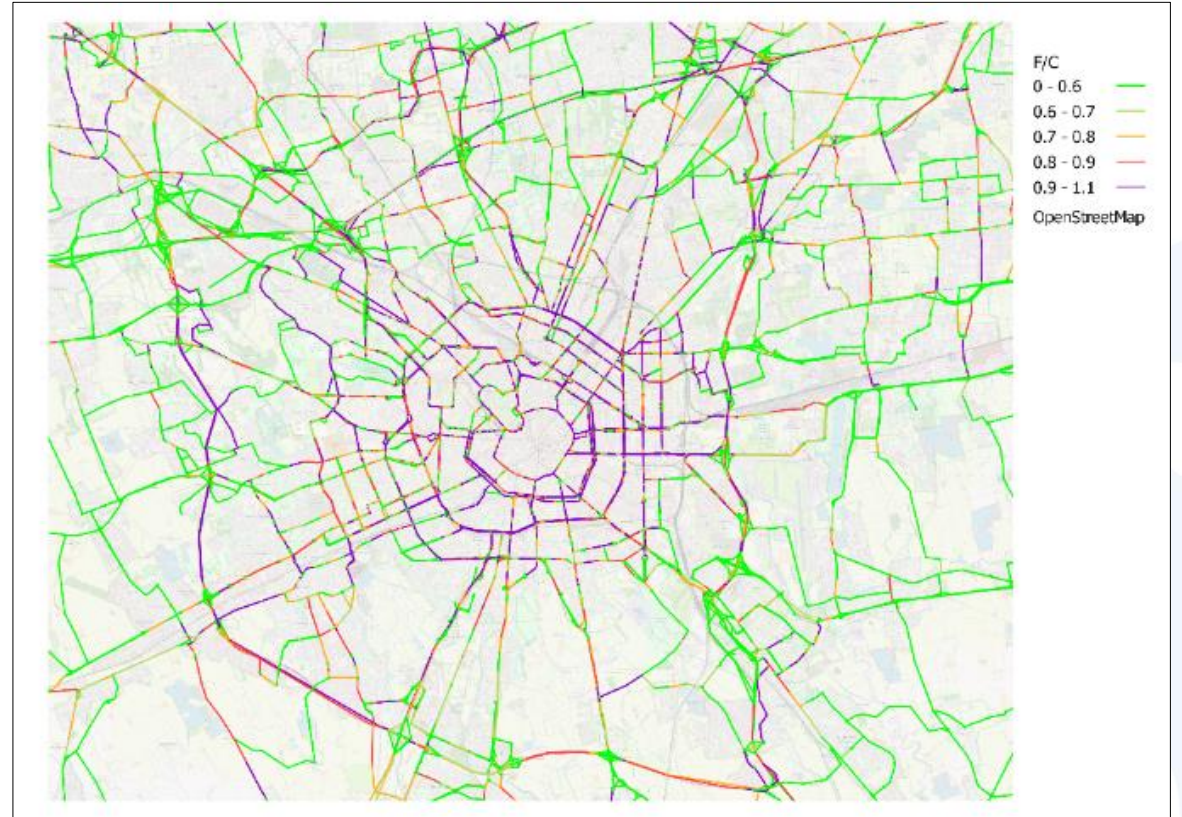
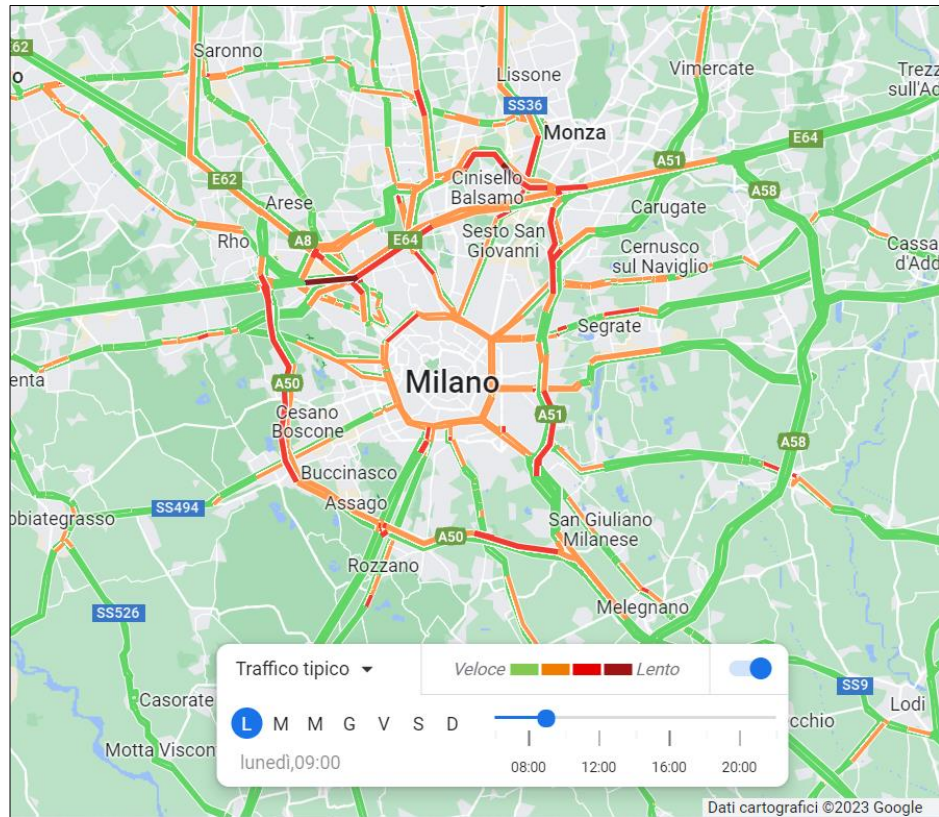
Il routing dei singoli viaggi

Definite le «celle» di partenza ed arrivo di ogni viaggio, tramite tecniche di teoria dei grafi e di routing, è stato calcolato il percorso di ogni singolo viaggio. L'algoritmo utilizzato tiene in considerazione la concentrazione del traffico. La granularità temporale è stata fissata a 5 minuti.



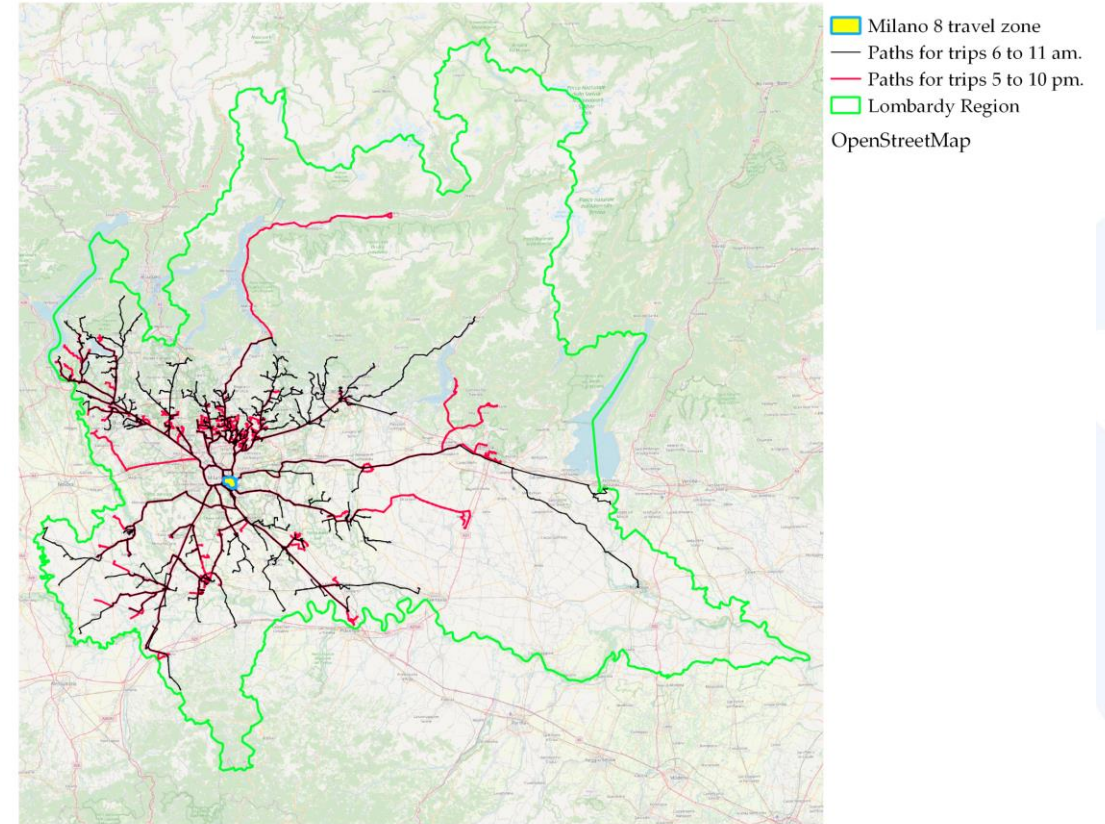
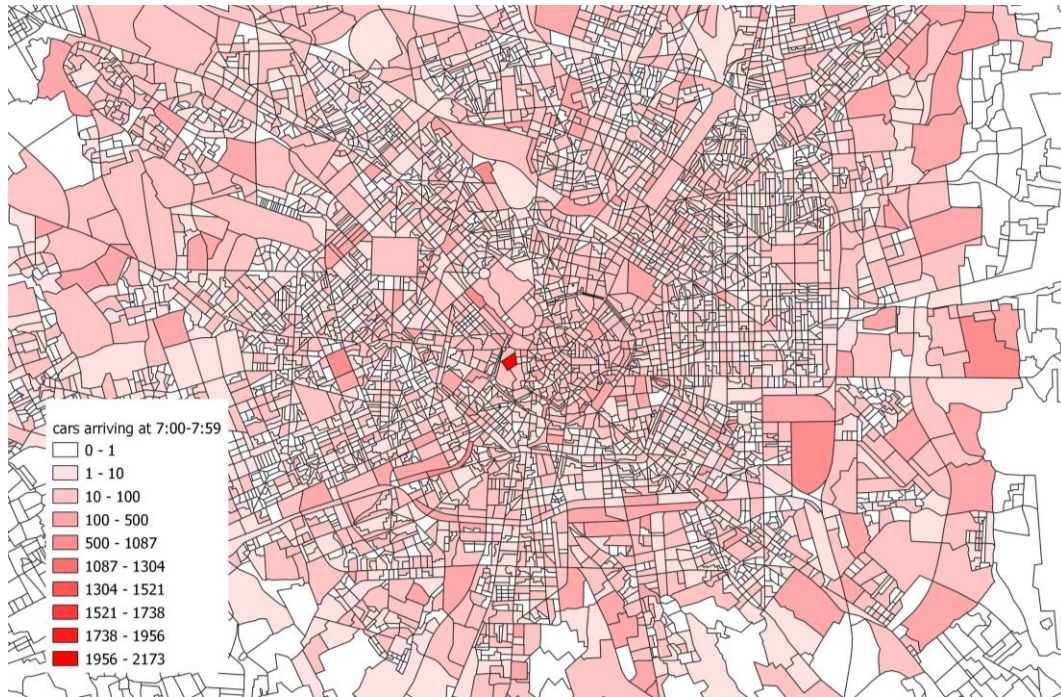
Validazione

Il modello è stato validato tramite confronto comparato con i dati di GOOGLE MAPS



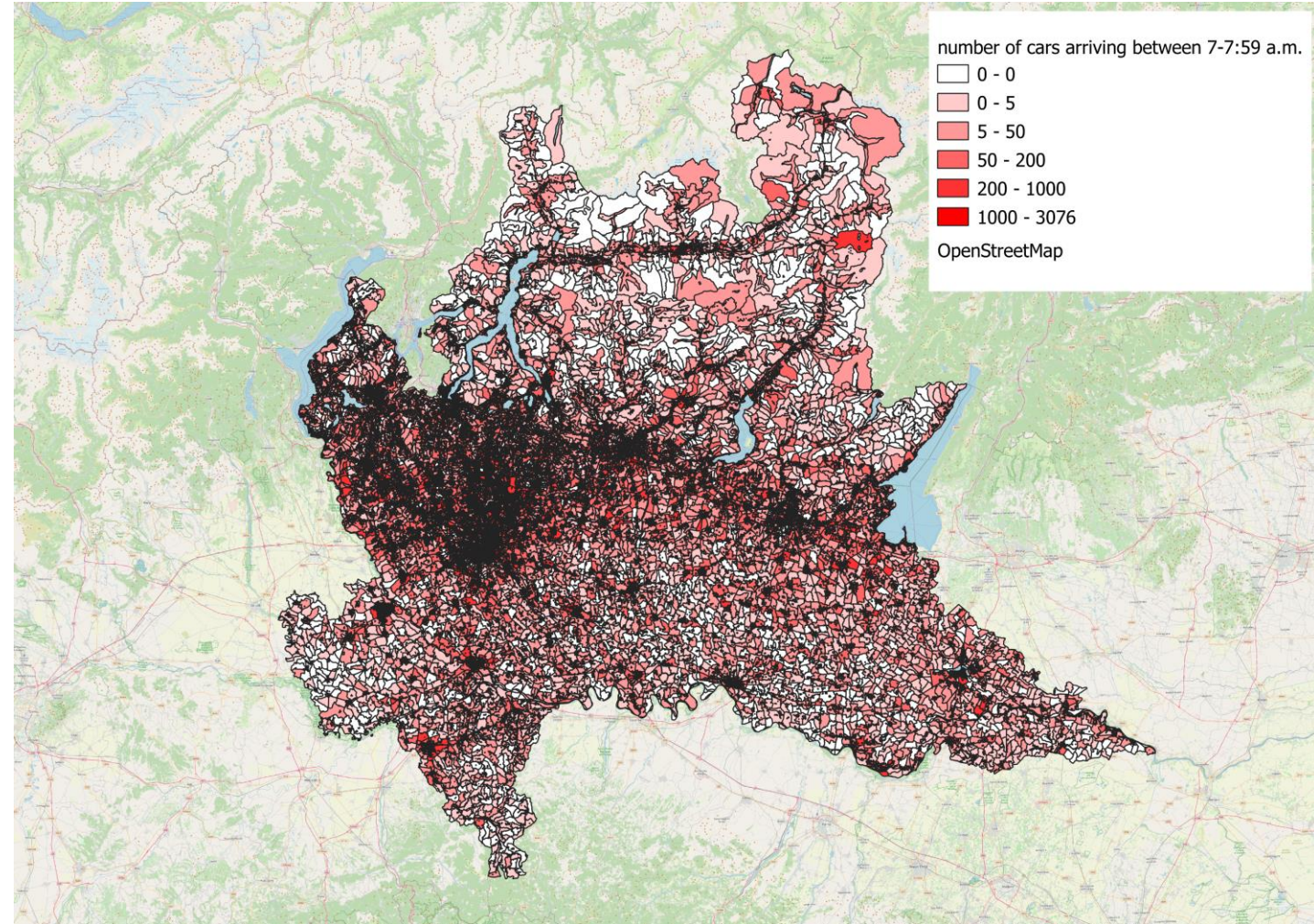
Esemplificazione dei risultati intermedi: la mappa del traffico

Si è quindi ottenuta una mappa spazio-temporale, rispetto alla quale è definito il numero di veicoli in arrivo in ogni slot temporale, parimenti è definito, per ognuno di essi, la cella di partenza del viaggio e il percorso eseguito.



Esemplificazione dei risultati intermedi: la mappa del traffico

Sono simulati circa 8 milioni di «viaggi» in Lombardia, entro una «giornata lavorativa tipo»



La modellazione della transizione verso il vettore elettrico

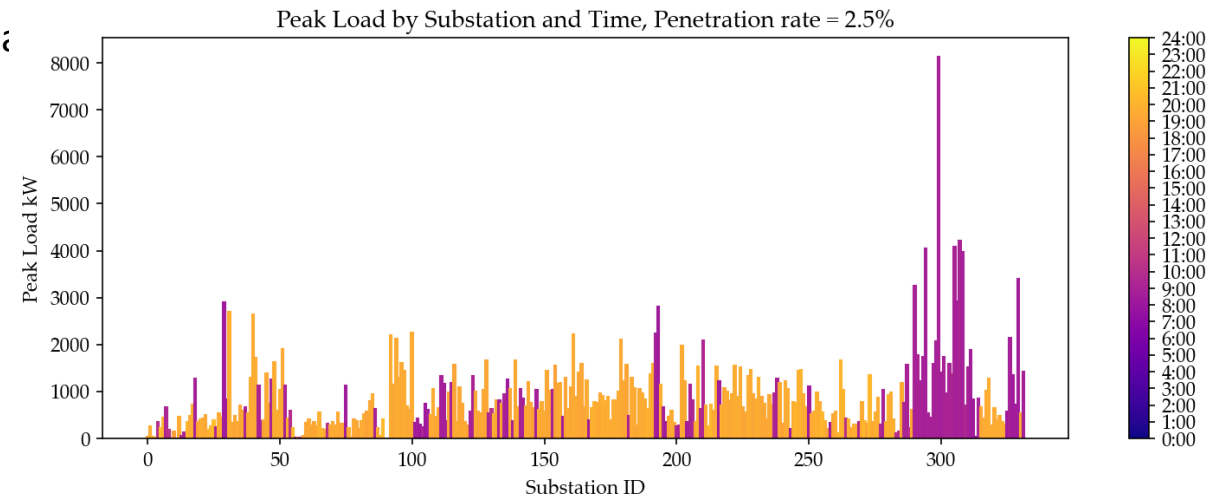
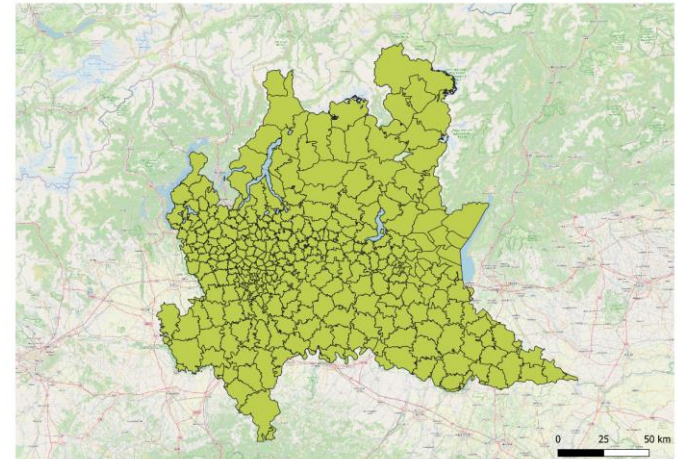
La Mappa del Traffico appena presentata è quindi stata utilizzata per modellare la transizione verso il vettore elettrico, ovvero:

- Modellare una certa penetrazione (%) di auto elettriche (ovvero di viaggi rispetto al totale, 8 milioni, modellati nel giorno tipo)
- Selezionare le auto (ndr. viaggi) elettrici come quelli con certe caratteristiche (celle di partenza arrivo, tipologia e lunghezza percorso)
- Analizzare la distribuzione delle auto ed ipotizzarne i relativi tempi di sosta.

Data la natura fisica (geografica) del modello, è stato poi possibile analizzare la sovrapposizione della Mappa del Traffico con la Mappa della rete elettrica, ovvero la distribuzione di Cabine Primarie sul territorio regionale.

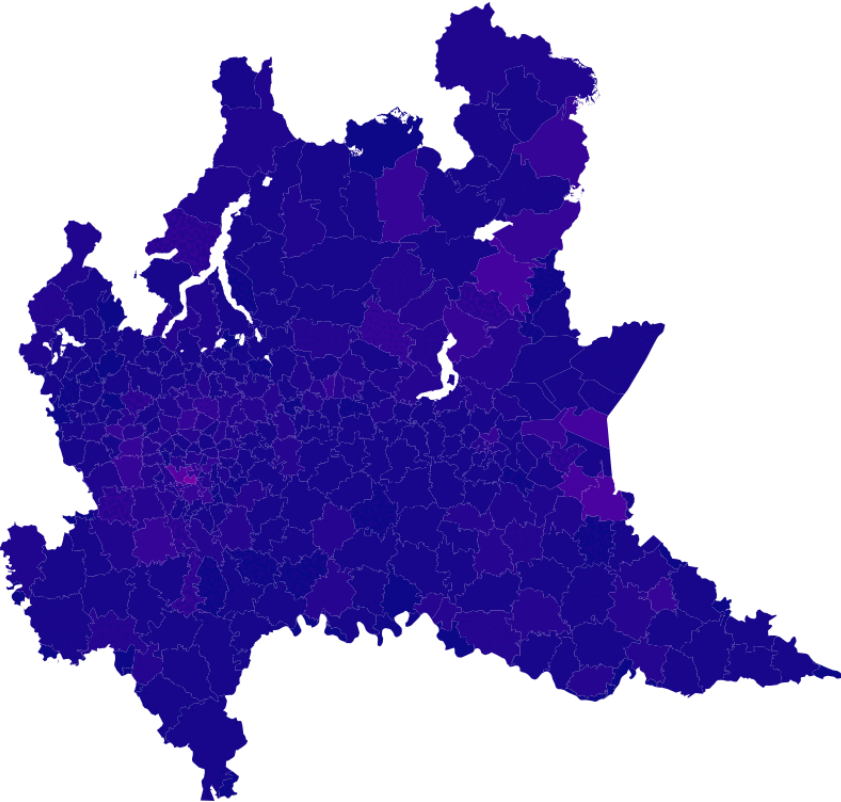
Si possono quindi ottenere informazioni quali:

- Potenziale carico elettrico addizionale per ogni «cella» territoriale
- Potenziale carico elettrico addizionale per ogni «cabina primaria»
- Potenziale disponibilità di offrire servizi di flessibilità al mercato elettrico, con modellazione geografica e temporale



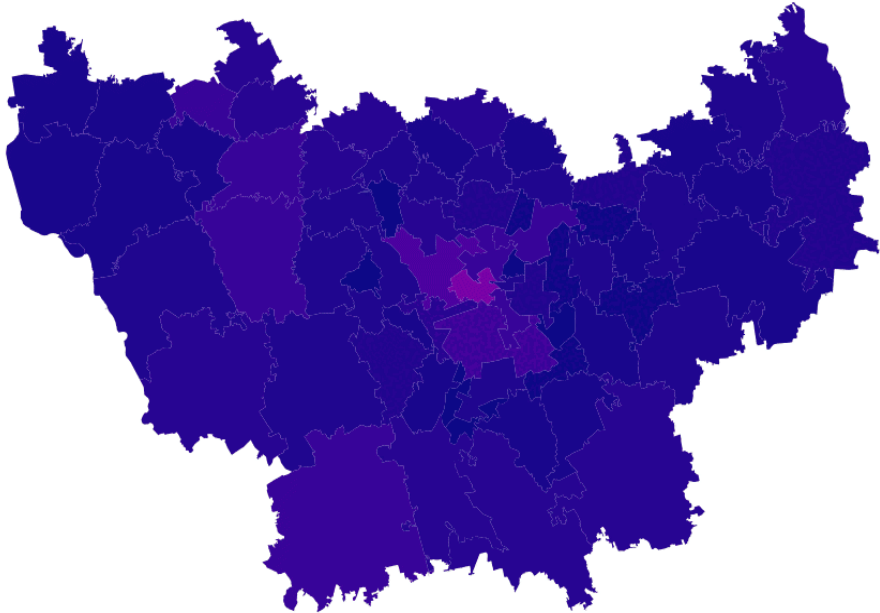
La modellazione della transizione verso il vettore elettrico

Between 0:00 and 1:00



Lombardia

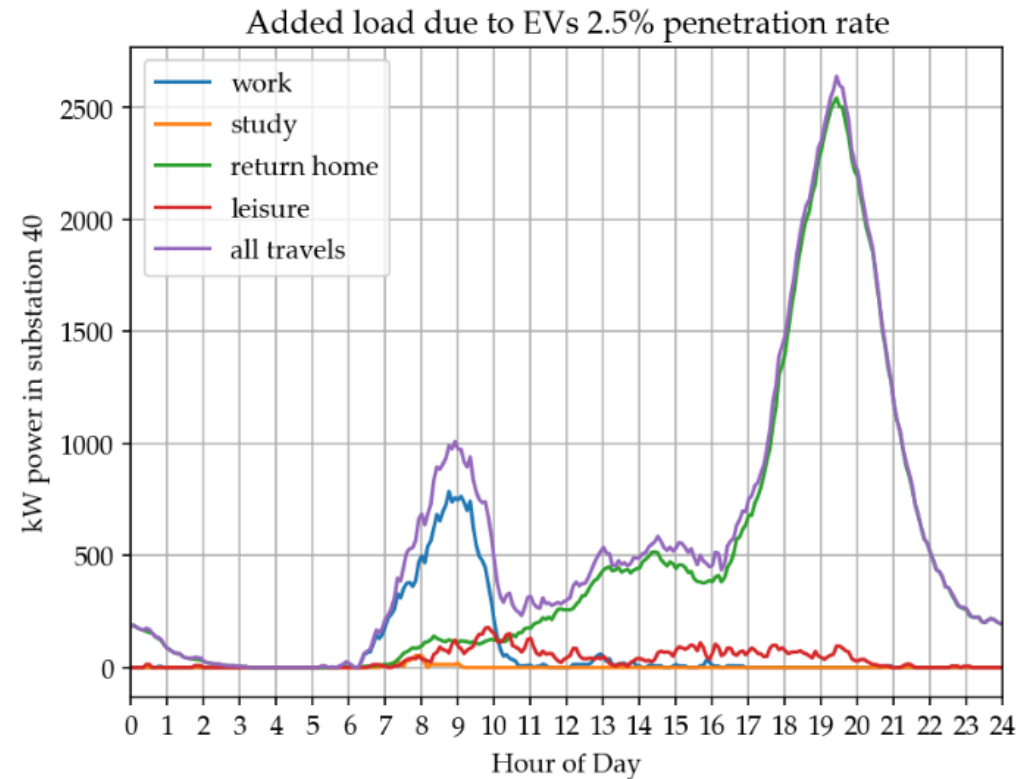
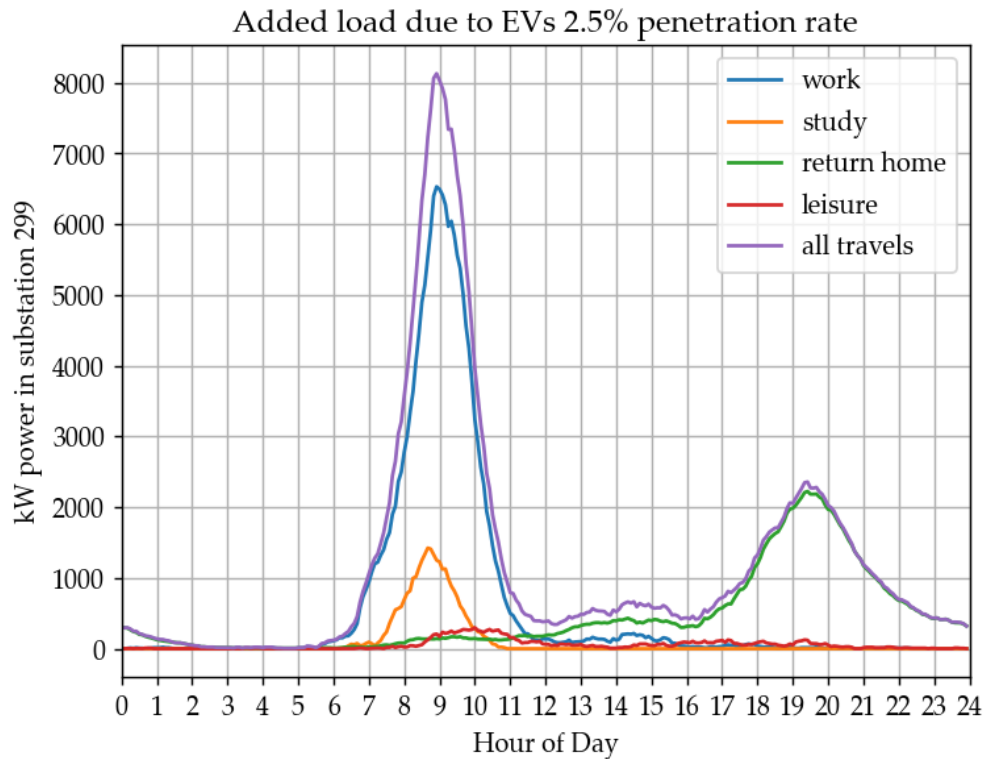
Between 23:00 and 24:00



Provincia Milano

La modellazione della transizione verso il vettore elettrico

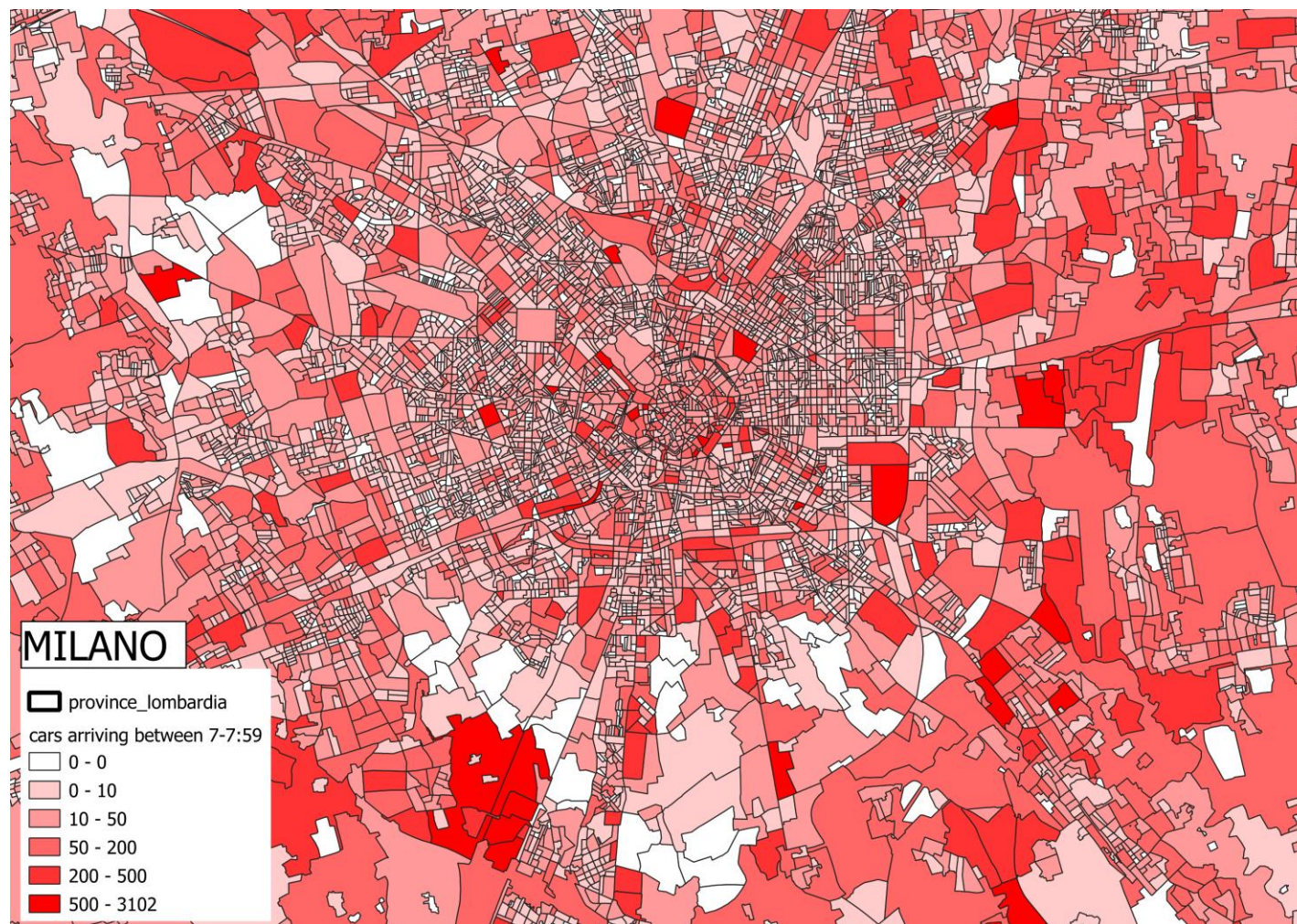
L'impatto sulle singole Cabine Primarie è, ovviamente, molto variabile, sia in termini di intensità massima (picco) che di distribuzione temporale



I risultati finali

Le informazioni che si possono ottenere impattano su:

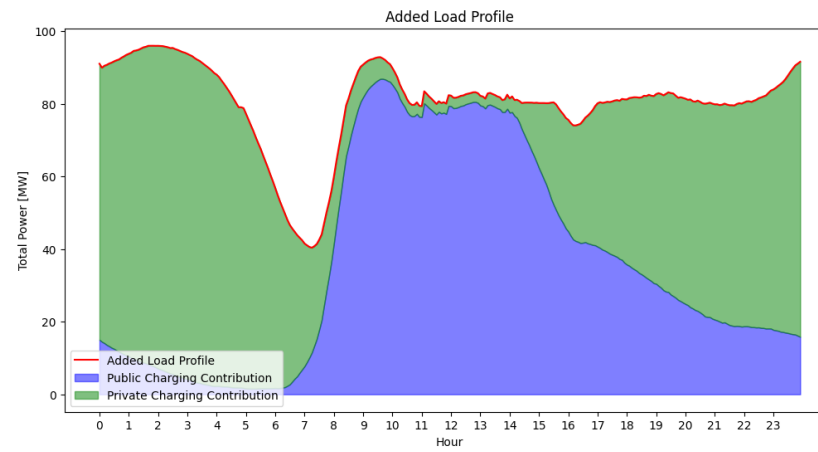
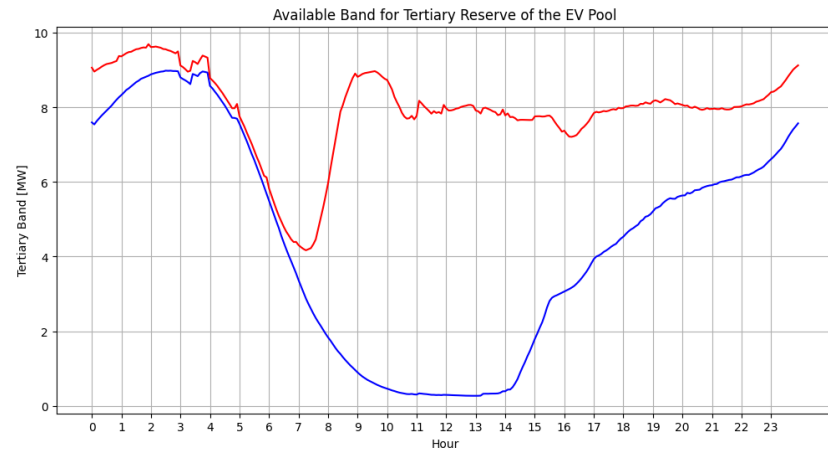
- Impegno rete stradale
- Analisi «potenziale» distribuzione auto elettriche e processi di ricarica
- Potenziali servizi erogabili con approcci V1G e V2G
- Analisi sviluppo approcci intermodali
- Servizi Smart City
- Ottimizzazione Illuminazione pubblica



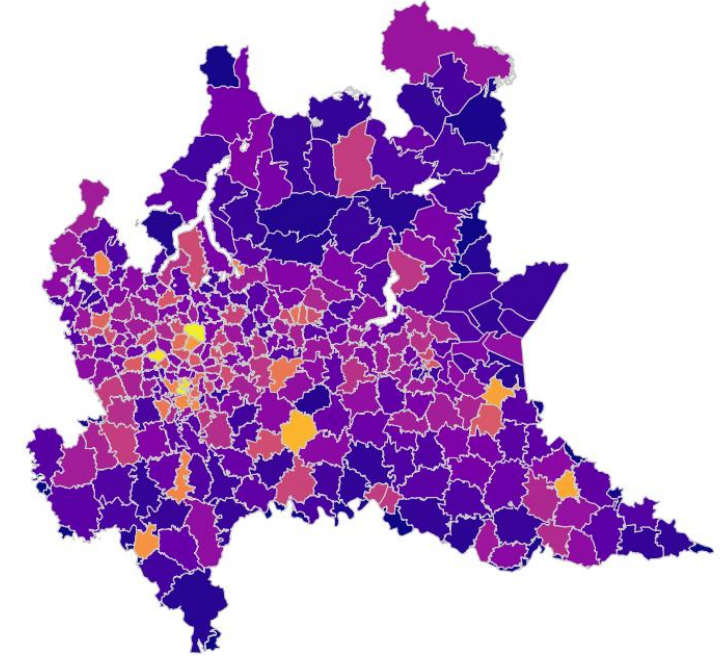
Integrazione con il mercato elettrico

I modelli sviluppati consentono anche, a livello regionale o per un aggregato di «celle», di quantificare i possibili servizi ancillari (regolazione primaria di frequenza, regolazione terziaria, altro) che potrebbero essere erogati tramite un opportuno controllo delle stazioni di ricarica.

Grazie alla granularità del modello, è possibile ricostruire sia la distribuzione spaziale che la distribuzione temporale dei vari servizi.

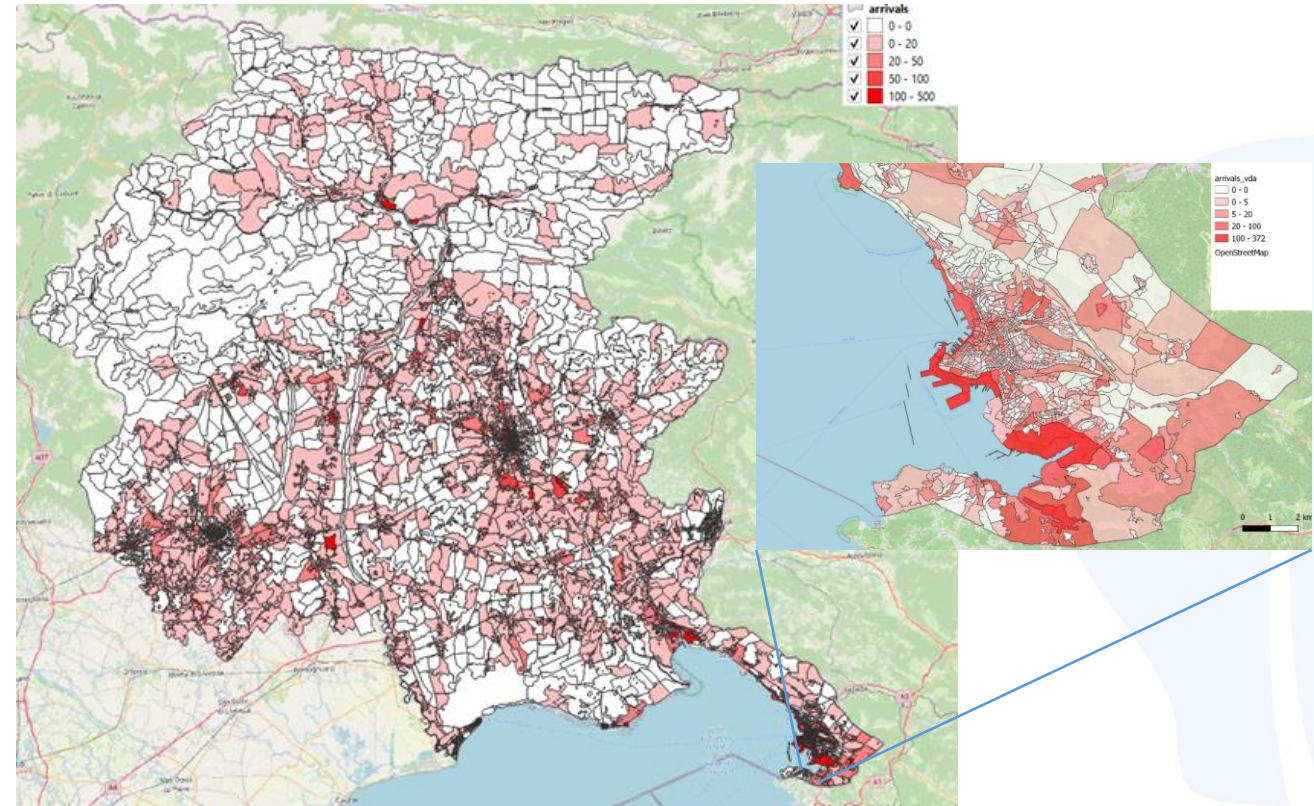
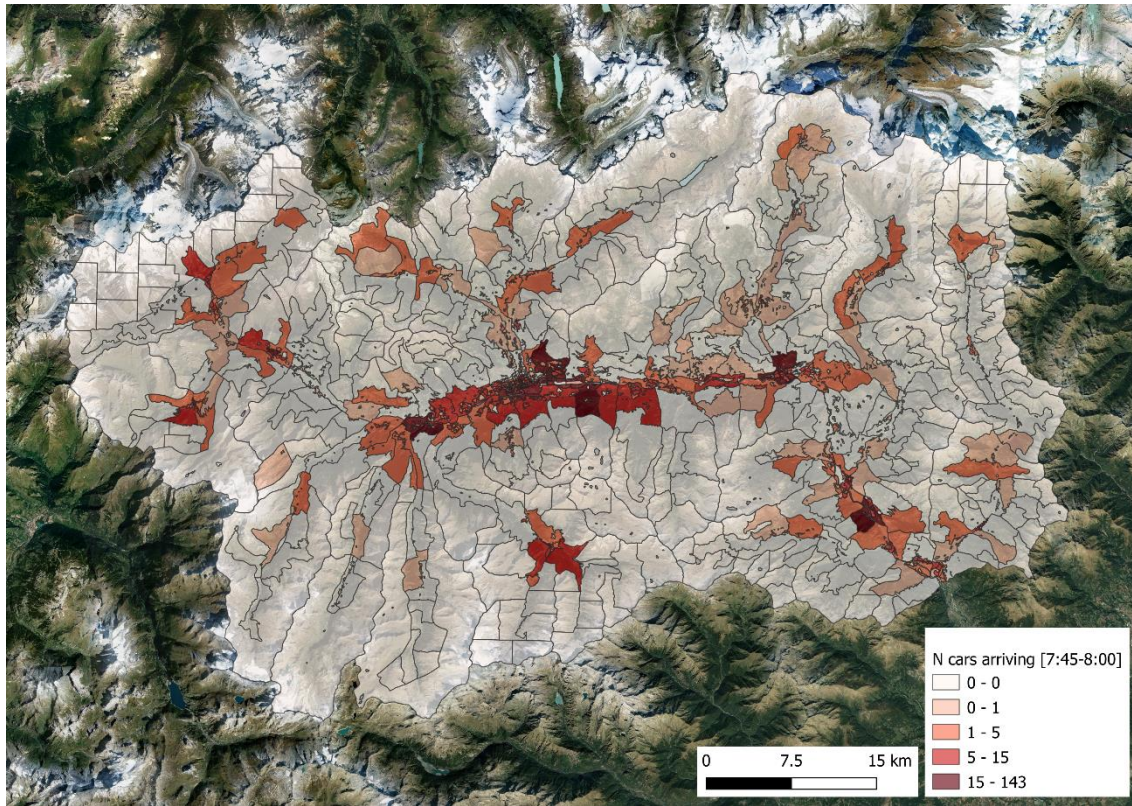


Available Band per Primary Substation at Hour 20



Replicabilità del Modello

Elaborando i database pubblici relativi alle «Matrici di Pendolarismo», tramite opportune ipotesi è stato possibile replicare lo studio per la Regione Valle d'Aosta e per la regione Friuli Venezia Giulia.



ENERGY TRACKS



Grazie!

Hanno contribuito: **Aleksandar Dimovski, Ghaffar Yousefi, Lucio Radaelli, Luca Giovanni Brigatti, Corrado Maria Caminiti, Matteo Spiller, Giuliano Rancilio**

marco.merlo@polimi.it



**POLITECNICO
MILANO 1863**

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



LEAP

FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO