

# Valutazione territoriale della Piana Fiorentina

*Analisi e valutazioni territoriali*



## RICONOSCIMENTI

Il presente lavoro è stato commissionato all'IRPET dall'Autorità di Gestione del POR-FESR di Regione Toscana ed è stato coordinato da Patrizia Lattarulo, dirigente dell'Area Economia pubblica e territorio dell'IRPET.

La ricerca è stata curata da Chiara Agnoletti (Allegato 1), Francesca Chiappa (Allegato 4), Giulio Grossi (Allegato 2), Valentina Marchi (Allegato 6), Marco Mariani (Allegato 2), Massimiliano Petri (Allegato 3), Leonardo Piccini (Quadro di sintesi e Allegati 1, 2 e 3), Arianna Rossi (Allegato 1) e Elisabetta Sperandeo (Allegato 5).

All'estimato editoriale a cura di Elena Zangheri.

## Indice

ABSTRACT	5
VALUTAZIONE TERRITORIALE DELLA PIANA FIORENTINA	7
1. QUADRO DI SINTESI	7
1.1 Specificazione della domanda valutativa	7
1.2 Metodologia utilizzata	7
1.3 Analisi dei dati disponibili e risultanze della valutazione	9
ALLEGATI	
1) Studio conoscitivo socio-economico della Piana Fiorentina	
2) Stima degli impatti economici della Tramvia con metodi controfattuali, analisi della fase di cantiere e a regime	
3) Il modello land-use per la Piana Fiorentina: metodologia e prime risultanze	
4) Analisi della mobilità nella Piana Fiorentina attraverso l'uso di Big Data	
5) Non importa che sia lontano. Il potere attrattivo dei grandi centri commerciali attraverso l'analisi dei Big Data	
6) Le presenze turistiche nell'Area metropolitana di Firenze, Prato e Pistoia attraverso i dati di telefonia mobile	



## ABSTRACT

L'area della Piana fiorentina, che si colloca tra Firenze Prato e Pistoia, rappresenta l'ambito di sviluppo insediativo potenzialmente più rilevante per la nostra regione, dove insistono progettualità diverse e conflittuali. Obiettivo del lavoro è analizzare l'impatto del progetto di collegamento tranviario sull'attrattività del territorio, guardando alla possibile riallocazione di attività economiche e residenziali. Si tiene conto dei fattori di complementarietà e conflittualità con altri progetti che insistono sull'area, allo scopo di delineare possibili traiettorie di crescita futura. A questo scopo è stata sviluppata una strumentazione di analisi e un sistema informativo calibrato su questa parte del territorio, recuperando in una cornice organica le valutazioni su specifici progetti realizzate negli ultimi anni (in particolare l'impatto della realizzazione del sistema tramviario e le analisi di contesto metropolitano attraverso l'uso dei Big Data), approfondendone i possibili impatti territoriali in termini di potenzialità di sviluppo e di coerenza della pianificazione.

The area known as "Piana Fiorentina", located between Florence, Prato and Pistoia, is maybe the settlement growth area with the utmost potential within the Tuscany region, but is also the subject of different and potentially conflicting infrastructural interventions. The aim of the work is to evaluate the impact of the new tramway system of the city of Florence on the attractiveness of the surrounding territories, examining to the potential reallocation of residential and economic activities. The work accounts for the synergies and the potential conflicts of concurrent interventions and policies expected to impact on the area, outlining possible growth trajectories. To this extent, an integrated information system and analytical tool is implemented, summarizing in a coherent framework the latest evaluation activities on specific projects and topics of relevance (i.e the impact of the new tramway system and the metropolitan context analyses carried out through Big Data), further exploring the territorial impacts of the planning process in terms of economic development.



## VALUTAZIONE TERRITORIALE DELLA PIANA FIORENTINA

### 1.

#### Quadro di sintesi

##### 1.1

#### Specificazione della domanda valutativa

L'area della Piana Fiorentina, che si colloca tra Firenze Prato e Pistoia, è un territorio densamente abitato e sottoposto a forti pressioni antropiche in conseguenza delle numerose polarità che ospita e che generano consistenti flussi che gravitano più o meno stabilmente su quest'area. Oggi infatti la Piana oltre ad essere inserita nel cuore del sistema insediativo policentrico di Firenze-Prato-Pistoia si caratterizza per la presenza di numerose funzioni di rilevanza sovra locale che ne determinano l'ampia attrattività e che ne fanno una delle porzioni territoriali della regione maggiormente esposta alle pressioni insediative. Ed è proprio da questa connotazione che derivano le principali possibilità di sviluppo e quindi anche le numerose progettualità che la riguardano, alcune delle quali potenzialmente conflittuali, sottolineando la necessità di una pianificazione strategica e di area vasta, che collochi opportunamente le istanze di sviluppo di questa porzione territoriale all'interno delle più ampie strategie di scala metropolitana e regionale. Inoltre, trattandosi di un'area periurbana posta all'intersezione di numerosi confini istituzionali e dai perimetri variamente articolabili richiama, al contempo, la necessità di fondare su ampi processi di governarne le opzioni di trasformazione territoriale e insediative perseguibili nel prossimo futuro.

Il Presente lavoro si pone in continuità con la ricerca "Analisi di coerenza della pianificazione territoriale e dei progetti che insistono sulla Piana fiorentina: Gli interventi del POR FESR nel contesto delle trasformazioni dell'ambito metropolitano Firenze-Prato" realizzata da IRPET nel 2017 (Valutazioni connesse alla strategia territoriale, 2.D), alla quale si rimanda per una più dettagliata analisi del contesto programmatico e pianificatorio dell'area. All'interno del quadro in quella sede delineato, il presente lavoro si pone l'obiettivo di analizzare l'impatto del progetto di collegamento tranviario sull'attrattività del territorio, guardando ai fattori di complementarità e conflittualità con altri progetti che insistono sull'area, allo scopo di delineare possibili traiettorie di crescita futura e alla possibile riallocazione di attività economiche e residenziali. A questo scopo è stata sviluppata una strumentazione di analisi e un sistema informativo calibrato su questa parte del territorio, recuperando inoltre in una cornice organica le diverse valutazioni su specifici temi realizzate negli ultimi anni da IRPET.

##### 1.2

#### Metodologia utilizzata

Il presente documento costituisce, come già accennato, la raccolta e la sistematizzazione di diversi prodotti di ricerca sviluppati parallelamente sul tema della Piana Fiorentina e sulla relazione fra mobilità, pianificazione e performance socioeconomica dei territori. Le metodologie utilizzate sono perciò eterogenee e si riportano qui alcuni aspetti sintetici che caratterizzano ognuno dei lavori, rimandando a ciascuno specifico allegato per gli aspetti di dettaglio.

#### *Studio conoscitivo socio-economico della Piana Fiorentina*

Il lavoro analizza le principali dinamiche socioeconomiche che hanno interessato negli ultimi anni (2011-2017) l'area denominata "Piana Fiorentina", che comprende gli otto comuni di Firenze, Prato, Sesto Fiorentino, Calenzano, Campi Bisenzio, Poggio a Caiano, Carmignano e Signa. Muovendo dall'inquadramento del territorio della Piana all'interno delle macro tendenze regionali, si utilizza un

approccio prevalentemente descrittivo per contestualizzare alcuni fatti stilizzati relativi agli aspetti socioeconomici che caratterizzano l'area.

Le dimensioni analizzate riguardano nello specifico la popolazione residente, sia in termini statici che di dinamica iscritti/cancellati, i flussi migratori all'interno della Piana, il mercato immobiliare e la struttura produttiva.

#### *Stima degli impatti economici della Tramvia con metodi controfattuali, analisi della fase di cantiere ed regime*

La costruzione di una nuova infrastruttura di trasporto urbano su rotaia in una città è solitamente vista come una politica pubblica con un impatto positivo per le aree servite, sia dal punto di vista dei residenti, che per le attività economiche, con una grande varietà di effetti positivi che spaziano dall'aumento dei fatturati per le imprese coinvolte, al miglioramento del traffico nell'area. Tuttavia, lunghi tempi di costruzione possono avere un effetto negativo per le attività collocate nelle immediate vicinanze del cantiere. Per valutare gli impatti positivi e negativi della costruzione della linea 1 della tramvia di Firenze usiamo un approccio controfattuale, usando l'approccio Difference in Differences per confrontare le performance delle imprese nelle vicinanze della tramvia con quelle distanti dall'infrastruttura. Inoltre analizziamo l'impatto della tramvia sulle imprese anche attraverso l'utilizzo dell'analisi di sopravvivenza, così da vedere effetti sia sulla presenza delle imprese che sul loro fatturato. Il metodo scelto per valutare è l'analisi di sopravvivenza, applicata attraverso le curve di Kaplan Meier, e sotto forma di regressione di Cox, per andare a cercare di cogliere eventuali dinamiche non semplicemente collegate alla localizzazione delle imprese, ma anche ad alcune loro caratteristiche, in primis grandezza e longevità dell'attività commerciale.

#### *Il modello land-use per la Piana Fiorentina: metodologia e prime risultanze*

Lo scopo del lavoro è quello di presentare un modello per la valutazione degli impatti socio-economici degli investimenti infrastrutturali a scala regionale che possa coniugare l'analisi di elementi prettamente trasportistici - quali accessibilità, tempi e costi di percorrenza, livelli di congestione - con elementi e variabili di natura macroeconomica e territoriale. La letteratura scientifica sull'impatto economico degli investimenti in infrastrutture di trasporto è vasta ed eterogenea. Gli approcci utilizzati variano fortemente in ragione della scala di analisi, del tipo di infrastruttura analizzata, della disponibilità di dati. L'importanza del tema dell'accessibilità e delle infrastrutture di trasporto per lo sviluppo economico e sociale è testimoniata da tale diversità e ricchezza di approcci. L'accessibilità e l'efficienza della rete condizionano la piena espressione del potenziale economico dei territori, tanto nella loro dimensione locale, dove una buona accessibilità si traduce in integrazione, coesione sociale e pari opportunità di sviluppo, tanto nella loro dimensione sovralocale, dal momento in cui le regioni si trovano a dover competere sempre più spesso in maniera diretta sui mercati internazionali. I modelli di simulazione dei trasporti, nella loro dimensione integrata con i modelli di natura più strettamente economica, costituiscono uno degli strumenti più versatili e sensibili per l'analisi ex-ante ed ex-post delle politiche e degli investimenti in tema di mobilità.

In particolare, i modelli Land Use/Transport Interaction (LUTI) rappresentano una famiglia di modelli utilizzati per la stima degli impatti economici e territoriali degli investimenti e delle politiche sulla mobilità la cui caratteristica principale consiste nella relazione fra la distribuzione spaziale delle attività socio-economiche (residenza, produzione, commercio, etc.) e il sistema dei trasporti. Attraverso il concetto di accessibilità, lo sviluppo spaziale dei sistemi urbani viene messo in correlazione con l'efficienza del sistema infrastrutturale e con l'interazione complessa degli attori che esprimono la domanda di trasporto (popolazione, imprese, decisori pubblici, etc.). I cambiamenti che avvengono nel sistema dei trasporti, come la costruzione di una nuova infrastruttura o l'ampliamento di una esistente, influenzano le scelte localizzative relative a residenze e attività economiche, le quali a loro volta influenzano la domanda di

trasporto e, in ultima analisi, i livelli effettivi di accessibilità. Storicamente, il loro ambito di applicazione è stato prevalentemente urbano e metropolitano, ma in tempi relativamente recenti si è assistito anche ad alcuni tentativi di applicazione ad ambiti in aree più vaste o a livello regionale. Il lavoro costituisce un primo tentativo di sviluppare un modello integrato trasporto/economia/uso del suolo a livello regionale per il territorio della Piana Fiorentina.

*Analisi della mobilità nella Piana Fiorentina attraverso l'uso di Big Data*

*Non importa che sia lontano. Il potere attrattivo dei grandi centri commerciali.*

*I visitor: uno sguardo all'Area metropolitana di Firenze, Prato e Pistoia attraverso i dati di telefonia mobile*

Gli studi, realizzati in collaborazione con l'ISTI-CNR di Pisa, cercano di indagare in maniera esplorativa le potenzialità connesse all'utilizzo dei Big Data per l'analisi e la valutazione di fenomeni socioeconomici. L'approfondimento nell'uso di grandi collezioni di dati di mobilità, capace di aiutare nel processo decisionale relativo alla gestione dei flussi e dei trasporti, rivela il potere analitico dei big data di mobilità. Le più diffuse base conoscitiva per l'analisi della mobilità, come le matrici origine/destinazione, sono basate su grandi collezioni di dati raccolti per mezzo di indagini e interviste. L'utilizzo di fonti Big Data (come i dati GPS e GSM rilevati dai dispositivi informatici portatili ormai pervasivi nella società) può integrare l'utilizzo di fonti tradizionali alleviandone alcune criticità come il costo elevato, la incostante periodicità, l'obsolescenza, l'incompletezza e l'imprecisione. D'altro canto i dati rilevati automaticamente in tempo reale da dispositivi di localizzazione sono rilevati con precisione e puntualità ma mancano di contesto e significato.

L'obiettivo delle analisi è quello di sviluppare metodologie innovative per suggerire risposta ad alcune delle domande più stimolanti a proposito dei comportamenti di mobilità, come ad esempio: quali sono gli itinerari più comuni seguiti dalle traiettorie e qual è la loro distribuzione spazio-temporale? Come si comportano le persone in prossimità di grandi attrattori come stazioni, aeroporti? Come si può comparare la mobilità privata a quella pubblica per capire come si possono soddisfare al meglio i bisogni degli utenti? Come si possono distinguere i residenti dai visitatori solo attraverso la distribuzione delle traiettorie nello spazio e nel tempo? Si affrontano questi quesiti attraverso l'approfondimento e l'interpretazione delle tecniche di *geodata mining*.

### 1.3

#### **Analisi dei dati disponibili e risultanze della valutazione**

L'analisi conoscitiva socioeconomica della Piana Fiorentina (Allegato 1) cerca di evidenziare la rilevanza dell'area sia dal punto di vista demografico che economico, delinendo alcune caratteristiche strutturali e le specificità locali che contribuiscono a determinarne le criticità e le opportunità di sviluppo. Si tratta infatti di un'area che vede concentrato al proprio interno circa un quarto dell'attività socio economica dell'intera regione (sia in termini di popolazione che di imprese e addetti); inoltre essa ospita alcune funzioni di pregio come università, ospedali e infrastrutture di trasporto, che la rendono un polo attrattore per l'intero territorio regionale.

Dal punto di vista demografico, la popolazione dei comuni dell'area della Piana Fiorentina appare in aumento costante dal 2012 e, similmente a quanto osservato nell'analisi della Regione, l'aumento della popolazione appare principalmente imputabile all'afflusso migratorio, sia interno che estero, in quanto il saldo naturale risulta negativo. Sempre in linea con l'andamento demografico regionale, inoltre, gli otto comuni della Piana Fiorentina hanno visto aumentare i residenti stranieri tra il 2011 ed il 2017, in particolare nei comuni di dimensioni minori. La composizione dei cittadini stranieri in termini di provenienza appare invece pressoché costante negli anni considerati.

I comuni della Piana sono inclusi nei due Sistemi Locali del Lavoro di Firenze e di Prato, sebbene non li esauriscano, ricomprendendo entrambi i SLL anche altri comuni al di fuori dall'area della piana. L'analisi

dell'andamento economico in termini di valore aggiunto per i due Sistemi Locali del Lavoro evidenzia due momenti ben distinti. Se infatti fino al sorgere della crisi il SLL di Prato si manteneva coerente con l'andamento regionale mentre quello fiorentino mostrava segni di minor vivacità (andamento che si accompagna anche alla parziale riduzione delle disparità territoriali rispetto alle aree meno urbanizzate e competitive della Toscana), a partire dal 2008 tale trend risulta invertito, con una crisi che morde il distretto pratese in maniera particolarmente aggressiva, mentre la caduta per il SLL fiorentino appare più contenuta ed associata ad una maggiore resilienza anche negli anni immediatamente successivi. L'area della piana presenta, ancora più che in termini di popolazione residente, una quota significativa di imprese rispetto all'intero territorio regionale, pari a circa il 24%. Se esaminiamo in dettaglio quali settori sono rappresentati in misura maggiore rispetto alla media (già elevata, per un'area che rappresenta l'1,8% del territorio regionale), emergono i settori del manifatturiero, dell'amministrazione pubblica e le attività professionali, scientifiche e tecniche, con un rilevante riflesso anche in termini di proiezione del territorio sui mercati internazionali.

All'evoluzione insediativa si accompagnano i cambiamenti funzionali indotti dai recenti interventi sulla struttura della città e della sua corona orientati in direzione di una più marcata specializzazione funzionale del territorio. Il consolidarsi di queste tendenze ha teso ad accrescere la separazione tra luoghi di residenza, luoghi di lavoro e di svago con evidenti ripercussioni sulla mobilità e sui flussi in ingresso e in uscita dal capoluogo. Da ciò consegue tanto l'aumento di mobilità tradizionale che avviene cioè per motivi di studio o di lavoro quanto di quella legata al tempo libero e allo svago. La nascita di nuove funzioni all'interno della piana, talvolta conseguente alla delocalizzazione di attività precedentemente situate in aree più centrali, sembra configurare in modo inedito gli assetti territoriali e funzionali dell'area metropolitana fiorentina. Questi recenti sviluppi dell'area rappresentano, nel contraddittorio intreccio di criticità e opportunità che ne scaturisce, il terreno per la creazione di nuove gerarchie urbane e territoriali.

Le tendenze in atto confermano inoltre le traiettorie centrifughe anche per le scelte abitative che tendono a privilegiare le aree periurbane accentuando o dando luogo a nuove disuguaglianze spaziali. Maggiori livelli di accessibilità, migliore dotazione infrastrutturale di collegamento, da un lato, alti valori immobiliari nelle aree urbane centrali dall'altro hanno spinto parte della popolazione a spostarsi verso i comuni limitrofi, in cerca di migliore qualità della vita e rapporto qualità prezzo delle abitazioni più conveniente. I confini della città si sono, quindi, ampliati al di fuori di quelli storici, mentre sul capoluogo continua a gravare la domanda di servizi della popolazione residente e di quanti vivono la città quotidianamente. La nascita di nuove polarità commerciali e per il *loisir* aumenta gli spostamenti su distanze sopra comunali anche per motivi legati al tempo libero: acquisti, sport, fruizione culturale. In risposta alle nuove esigenze abitative, la crescita insediativa si sviluppa in aree contigue territorialmente, ancora libere, ma fuori dai confini della città storica.

In questo contesto la realizzazione del progetto della tramvia si inserisce nel quadro del ridisegno complessivo del sistema di mobilità dell'area urbana fiorentina, congiuntamente alla realizzazione del nuovo nodo ferroviario AV ed al previsto sistema di trasporto su ferro di carattere metropolitano integrato con il trasporto regionale. L'effetto previsto di questa riorganizzazione del servizio è una maggiore integrazione dei territori dell'area metropolitana, grazie a una maggiore efficacia e pervasività del sistema di trasporto pubblico e ad una riduzione delle inefficienze connesse con l'attuale assetto della mobilità fortemente sbilanciata verso l'utilizzo del mezzo privato. La realizzazione di grandi interventi infrastrutturali (segnatamente, quelli connessi alla costruzione di infrastrutture di trasporto) comporta però, soprattutto nella fase di cantiere, una serie di impatti sul tessuto socio-economico interessato dai lavori la cui natura temporanea non ne esclude però la significatività e la rilevanza degli effetti, soprattutto nel momento in cui il carattere di temporaneità di tali eventi viene messo in discussione dalla incertezza sull'effettiva durata dei lavori. La letteratura scientifica si è occupata, in maniera più sistematica e diffusa, della valutazione degli effetti della fase di realizzazione delle infrastrutture sul piano ambientale e sanitario (tramite l'analisi

degli effetti connessi a rumore, emissioni atmosferiche ed impatti di tipo idrogeologico), mentre la valutazione degli effetti economici si è concentrata prevalentemente sugli effetti positivi posti in essere al momento della entrata in funzione dell'infrastruttura stessa, una volta cioè che la fase di cantiere si è ormai conclusa. Tuttavia, il significativo aumento dei tempi di realizzazione delle opere infrastrutturali (derivante dalle incertezze normative, programmatiche, realizzative e finanziarie) rendono la valutazione degli impatti economici connessi alle fasi di cantiere particolarmente rilevante, in misura ancora maggiore quando tali opere insistono su territori ad elevata densità di popolazione e i cui assetti trasportistici e di accessibilità si trovano ad essere significativamente modificati dalle esigenze di cantiere, per un arco temporale che può arrivare a interessare diversi anni. In momenti di generalizzata difficoltà economica, il protrarsi della fase di realizzazione rischia di trasformare un evento di natura transitoria in una condizione semipermanente che modifica strutturalmente l'assetto socioeconomico di un'area. L'analisi relativa alla stima degli impatti economici della Linea 1 della tramvia, nella fase di cantiere ed a regime (Allegato 2) evidenzia come:

- Per il periodo di costruzione, le imprese molto vicine al cantiere vedono i loro fatturati ridursi, per i disagi nella mobilità e nell'accessibilità. D'altro canto, le imprese nella seconda fascia guadagnano clienti che si muovono verso aree maggiormente accessibili.
- Dopo l'inaugurazione della tramvia, è presente un impatto positivo per le imprese che sono collocate nell'area della tramvia, è ragionevole pensare che questo sia un impatto dovuto al miglioramento della fruibilità della zona. Questo non è ovunque vero, le imprese di Scandicci infatti soffrono dall'avviamento delle attività della Linea 1 poiché sembra che perdano clienti a favore delle imprese collocate a Firenze, specialmente in centro storico: siamo di fronte ad un effetto nel quale effettivamente la periferia è stata avvicinata al centro città, ma a scapito del primo, che di fatto ha perso la quota di mercato vicinale, provocando così una riduzione dei fatturati.
- I risultati sono stati confermati anche tramite l'affinamento del campione attraverso l'analisi dei codici ATECO relativi al settore di attività economica delle imprese.

Per quanto riguarda invece l'analisi di sopravvivenza si osserva che:

- Le imprese più longeve, e più grandi sono meno inclini a fallire per una sorta di robustezza e inerzia che si sviluppa nel corso del tempo, questo risultato è coerente con la letteratura che prevede tassi di mortalità maggiori per le imprese giovani e piccole.
- La presenza del cantiere spiega differenti mortalità solo nel caso in cui si divida il campione in due sotto campioni comunali. In questo caso si osserva come le imprese di Scandicci entro 100 metri dalla tramvia hanno tassi di mortalità maggiori sia delle attigue entro 250 metri dal cantiere, sia delle altre attività presenti nell'area. Quindi osservando il tasso di mortalità possiamo dire che effettivamente per Scandicci c'è stato un effetto negativo collegato al cantiere, anche se è possibile che non sia stato la causa fondamentale per la chiusura delle attività, visto che questo risultato non viene confermato da altrettanto chiari risultati sui fatturati.
- Nel caso di Firenze è possibile un effetto simile, ma stavolta le imprese collocate sul tracciato tendenzialmente chiudono meno di quelle nelle immediate vicinanze, comunque anche questo risultato non è particolarmente significativo e netto.

Concludendo si può dire che ci sono stati degli effetti, sia positivi che negativi collegati alla costruzione ed alla messa in attività della tramvia, e generalmente sono stati più marcati i primi rispetto ad i secondi, grande importanza assume in questo lavoro l'occhio di riguardo riservato non solamente agli effetti nelle immediate vicinanze del cantiere, ma anche nelle aree attigue.

Al fine di comprendere in maniera integrata l'effetto congiunto delle politiche infrastrutturali, pianificatorie e insediative che insistono nel complesso della Piana Fiorentina, è stato inoltre sviluppato un modello integrato trasporti – uso del suolo che consenta la valutazione dell'impatto sull'attrattività dei territori di modifiche al sistema dell'accessibilità (Allegato 3). Il progetto pilota utilizzato per una prima verifica di

funzionalità del modello è la realizzazione del sistema tramviario. Le modifiche alla matrice dei costi generalizzati di trasporto indotte dall'intervento si traducono in una differente distribuzione della convenienza localizzativa per famiglie e imprese. La granularità del modello, che opera con una zonizzazione subcomunale, consentono una restituzione del dato con un livello di dettaglio molto fine.

Oltre alle banche dati tradizionali (demografia, imprese, valori immobiliari, domanda e offerta turistica, localizzazione di poli di attrazione), il modello è arricchito dall'utilizzo di banche dati non strutturate, come i dati GPS derivanti dai dispositivi di rilevamento della posizione degli autoveicoli. Questo consente una migliore calibrazione della parte trasportistica del modello, con particolare attenzione a quei profili di mobilità non sistematica (*leisure*, servizi, shopping, etc.) che le statistiche tradizionali non consentono di cogliere in maniera esaustiva ma che costituiscono una quota crescente della mobilità complessiva, soprattutto in ambito urbano.

Sempre sul fronte Big Data, l'analisi ha cercato di indagare il potenziale informativo insito in questo tipo di fonti attraverso alcune analisi esplorative sulle relazioni fra mobilità e sviluppo economico, approfondendo alcune tematiche particolarmente rilevanti per il territorio della Piana Fiorentina. Un primo approfondimento (Allegato 4) riguarda l'analisi delle caratteristiche della mobilità nell'area, dalle quali emerge la complessità delle relazioni che il capoluogo intesse non soltanto con i comuni limitrofi ma più in generale con una parte rilevante del territorio regionale. Dal secondo approfondimento, dedicato ai bacini di attrazione dei grandi centri commerciali che negli ultimi venti anni si sono insediati in maniera prevalente nell'area della Piana (Allegato 5), emerge ancora una volta la natura sovralocale delle funzioni ospitate da questa porzione di territorio, capace di attirare utenti e utilizzatori dall'intero bacino regionale. Ad ulteriore conferma di questa evidenza, infine, l'ultima sperimentazione (Allegato 6) indaga il profilo degli utilizzatori, ovvero di coloro che insistono giornalmente sul territorio pur non essendovi residenti, della piana attraverso il ricorso ai dati forniti dall'utilizzo dei telefoni cellulari.

**Allegato 1**

**Studio conoscitivo  
socio-economico  
della Piana Fiorentina**



## Indice

1. POPOLAZIONE RESIDENTE IN TOSCANA	5
2. POPOLAZIONE RESIDENTE NELLA PIANA FIORENTINA	9
3. POPOLAZIONE STRANIERA NELLA PIANA FIORENTINA	10
4. ISCRITTI E CANCELLATI NELLA PIANA FIORENTINA	12
5. I FLUSSI MIGRATORI ALL'INTERNO DELLA PIANA FIORENTINA	14
5.1 <i>Focus sugli spostamenti da e verso Firenze</i>	17
5.2 <i>Caratteristiche demografiche di chi si sposta</i>	17
6. DEMOGRAFIA DEI RESIDENTI DELLA PIANA FIORENTINA	19
6.1 <i>Età</i>	19
6.2 <i>Famiglie</i>	20
6.3 <i>Istruzione</i>	21
7. IL MERCATO IMMOBILIARE DELLA PIANA FIORENTINA	22
7.1 <i>Prezzi di vendita delle unità immobiliari</i>	22
7.2 <i>Canoni di locazione</i>	23
8. LA STRUTTURA PRODUTTIVA DELLA PIANA FIORENTINA	23



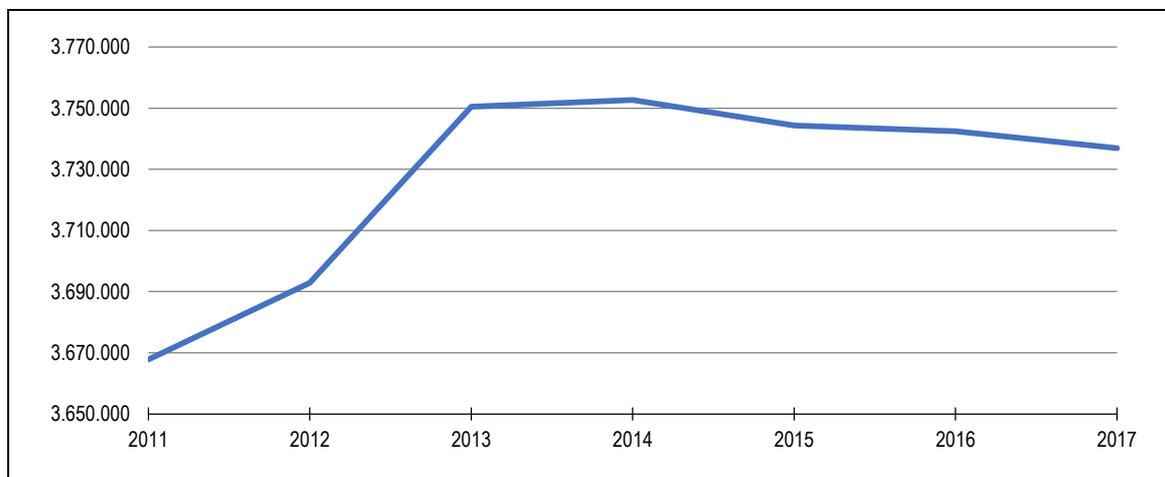
Il presente documento analizza le principali dinamiche socioeconomiche che hanno interessato negli ultimi anni (2011-2017) l'area denominata "Piana Fiorentina", che comprende gli otto comuni di Firenze, Prato, Sesto Fiorentino, Calenzano, Campi Bisenzio, Poggio a Caiano, Carmignano e Signa.

## 1. Popolazione residente in Toscana

La popolazione dell'intera Regione ammonta alla fine del 2017 a 3.736.968 individui<sup>1</sup>.

Nel grafico sottostante (Graf. 1) viene evidenziato il trend dei residenti in Toscana tra il 2011 e il 2017. Tale valore appare in crescita tra il 2012 e il 2014, mentre assume una lieve flessione negativa a partire dal 2015.

Grafico 1  
POPOLAZIONE TOSCANA. 2011.2017

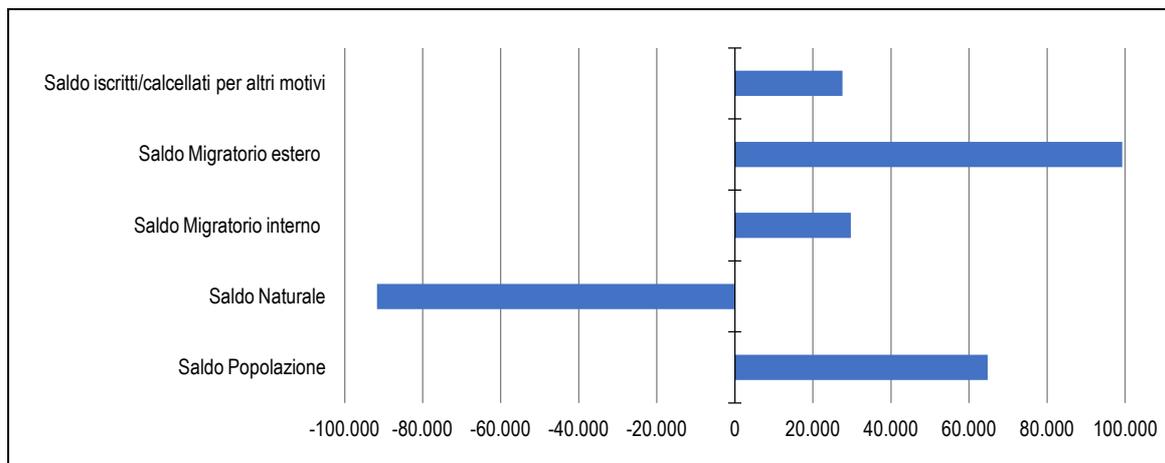


Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Il saldo della popolazione tra il 2011 ed il 2017 risulta nel complesso positivo, con un incremento pari all' 1,7% circa. Il bilancio della popolazione residente evidenzia chiaramente come tale aumento sia imputabile principalmente ai flussi migratori, sia interni che dall'estero. Infatti, il saldo naturale risulta negativo nel periodo osservato (Graf. 2).

<sup>1</sup> Dati ISTAT (2018): Popolazione Residente-Bilancio.

Grafico 2  
BILANCIO RESIDENTI. 2011-2017



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Al fine di approfondire ulteriormente il fenomeno, sono state sviluppate le tre cartine che seguono, nelle quali si rappresenta la variazione della popolazione residente in ciascun comune della Regione<sup>2</sup>.

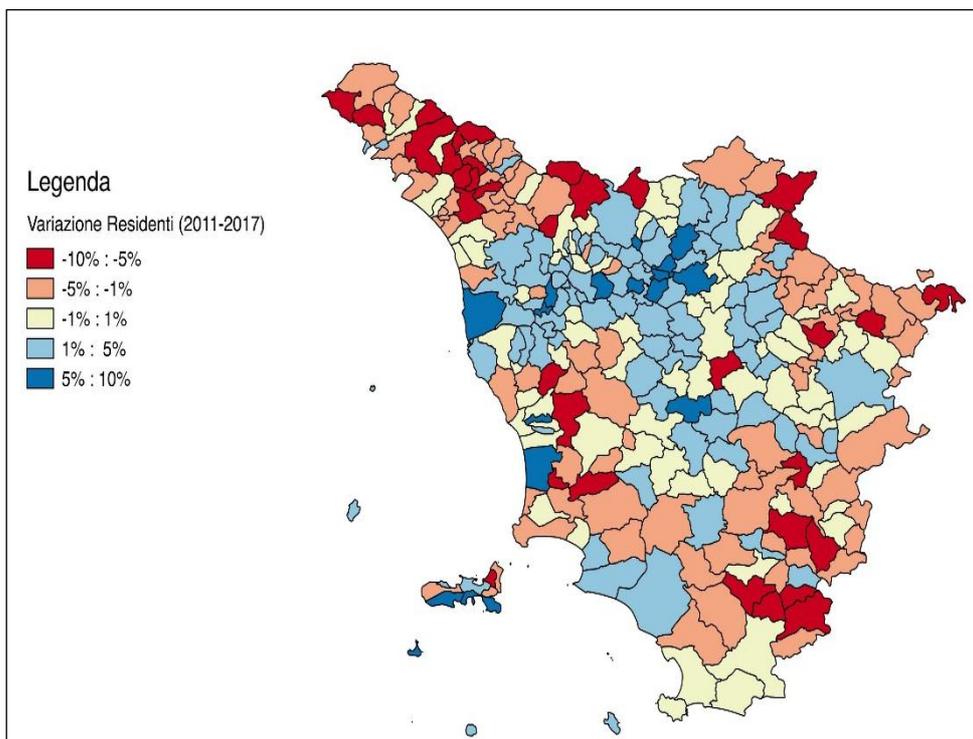
La figura 3 classifica i diversi Comuni in base alla variazione percentuale dei residenti per Comune tra il 2011 ed il 2017. I Comuni evidenziati in rosso sono quelli che hanno sperimentato un forte calo nel numero dei residenti; al contrario i Comuni blu sono caratterizzati da un aumento significativo della popolazione.

Si noti che, tra il 2011 ed il 2017:

- il 12% dei Comuni ha subito un decremento dei residenti maggiore del 5%;
- il 29% dei Comuni ha subito una diminuzione contenuta tra il -5% ed il -1%;
- il 26% dei Comuni ha visto la popolazione rimanere pressoché invariata;
- il 28% dei Comuni ha sperimentato una crescita nel numero dei propri cittadini tra l' 1% ed il 5%;
- il 6% dei Comuni ha sperimentato un aumento superiore al 5%.

<sup>2</sup> DEMO ISTAT (2018): Popolazione Residente.

Figura 3  
VARIAZIONE RESIDENTI PER COMUNE



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

L'andamento dei residenti stranieri nella Regione Toscana tra il 2011 ed il 2017 registra un incremento complessivo del 24% passando da un valore di 322.811 (nel 2011) a 400.307 (nel 2017).

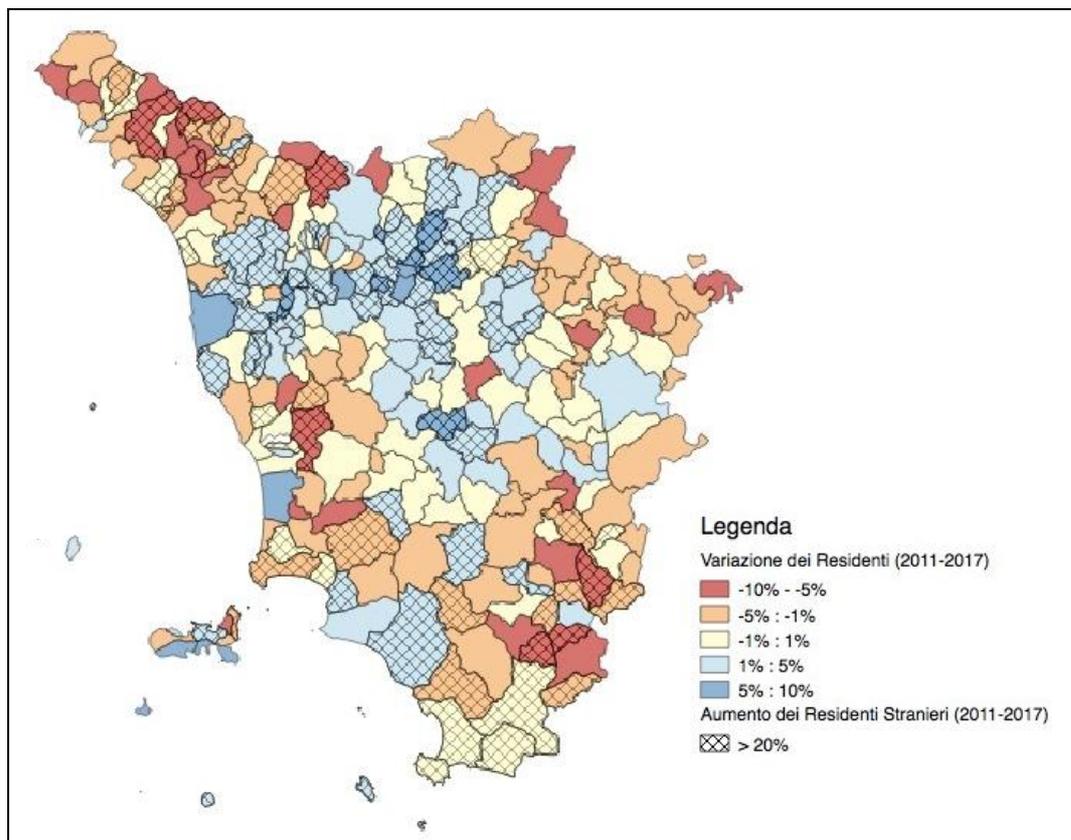
Analiticamente risulta che:

- nel 37% dei Comuni l'incremento di cittadini stranieri ha superato il 20%.
- il 23% dei Comuni è stato testimone di una crescita dei cittadini esteri compresa tra il 10% ed il 20%;
- nel 12% dei Comuni i residenti di altre nazionalità sono aumentati tra il 5% ed il 10%;
- il 9% dei Comuni è stato caratterizzato da un aumento contenuto della presenza straniera (fino al 5%);
- il 19% dei Comuni ha sperimentato una lieve diminuzione dei residenti stranieri;

La cartina che segue (Fig. 4) descrive congiuntamente la variazione della popolazione totale per Comune e la variazione dei cittadini stranieri, allo scopo di individuarne un'eventuale correlazione. Visto l'aumento generalizzato degli stranieri su tutto il territorio, si è deciso di evidenziare (attraverso la tratteggiatura) solamente i Comuni dove l'aumento è stato più che consistente (ovvero maggiore del 20%).

Dall'analisi pare non esserci correlazione evidente tra l'aumento dei cittadini stranieri per Comune e l'aumento della popolazione totale. L'incremento straniero risulta infatti distribuito in maniera eterogenea e indipendente rispetto a quello dei residenti totali.

Figura 4  
 VARIAZIONE RESIDENTI TOTALI E RESIDENTI STRANIERI PER COMUNE



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Infine a completamento della rilevazione è stata rappresentata la densità dei cittadini stranieri rispetto agli abitanti nei diversi Comuni toscani nel 2017<sup>3</sup>.

La densità media regionale è di poco inferiore all' 11%. Il dato clusterizzato è presentato nella tabella (Tab. 5) e nella cartina (Fig. 6) che seguono.

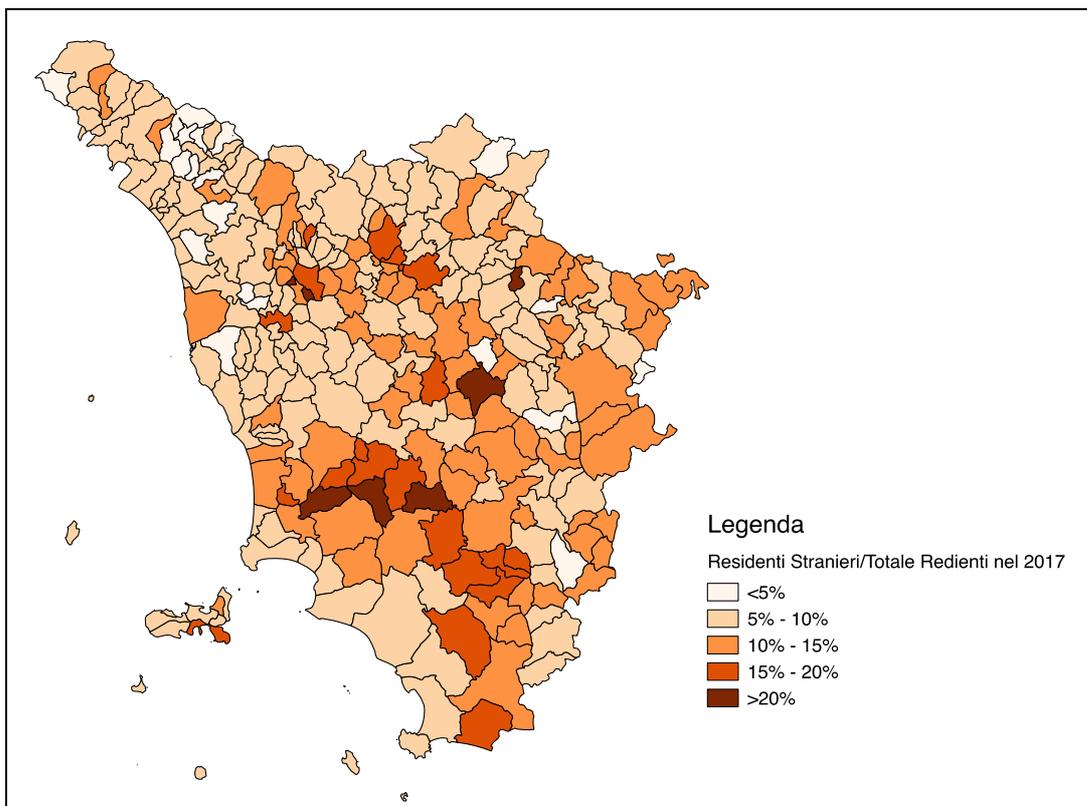
Tabella 5  
 CITTADINI STRANIERI PER ABITANTE

	N. Comuni	% Comuni
0,05	20	7%
>0,05 - <0,1	154	56%
>0,1 - <0,15	77	28%
>0,15 - <0,20	19	7%
> 0, 20	6	2%

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

<sup>3</sup> DEMO ISTAT (2018): Popolazione e Stranieri

Figura 6  
DENSITÀ DEI RESIDENTI STRANIERI PER COMUNE



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

## 2. Popolazione residente nella Piana Fiorentina

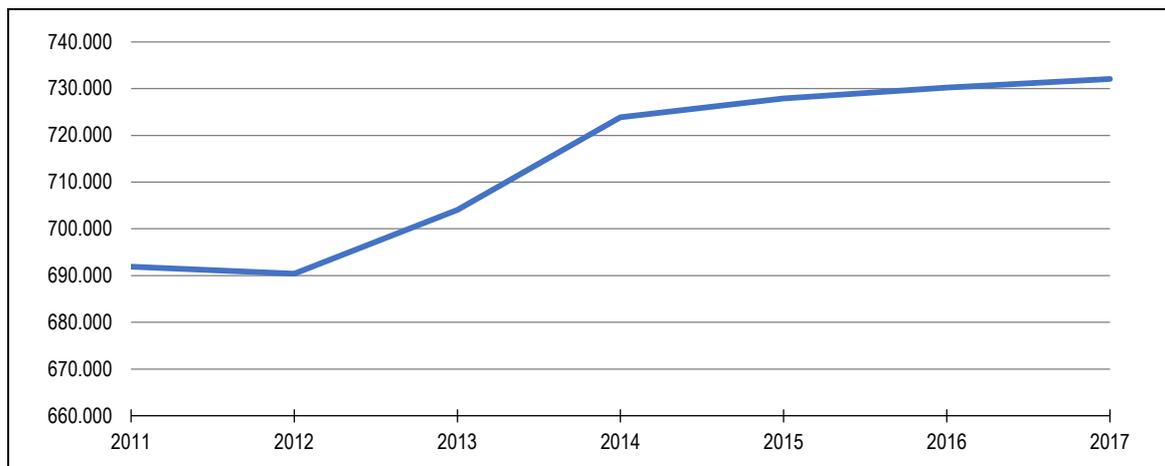
La popolazione dei comuni dell'area della Piana Fiorentina appare in aumento costante dal 2012 (Graf. 7). Nel 2017 conta 732.057 residenti, raggiungendo un aumento di circa il 5,8% rispetto alla popolazione totale del 2011<sup>4</sup>.

Inoltre, similmente a quanto osservato nell'analisi della Regione, l'aumento della popolazione appare anche qui principalmente imputabile all'afflusso migratorio, sia interno che estero, in quanto il saldo naturale risulta negativo (Graf. 8).

---

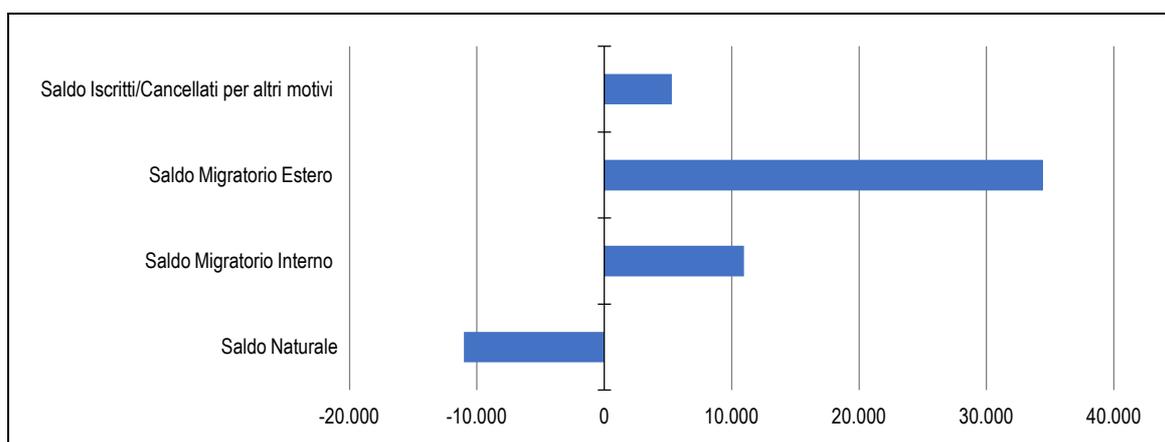
<sup>4</sup> ISTAT (2018): Popolazione-Bilancio.

Grafico 7  
POPOLAZIONE PIANA FIORENTINA. 2011-2017



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Grafico 8  
BILANCIO RESIDENTI PIANA FIORENTINA. 2011-2017



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

### 3. Popolazione straniera nella Piana Fiorentina

In linea con l'andamento demografico regionale, anche gli otto comuni della Piana Fiorentina hanno visto aumentare i residenti stranieri tra il 2011 ed il 2017<sup>5</sup>.

La tabella sottostante (Tab. 9) evidenzia l'aumento (in valore assoluto e percentuale) della popolazione di nazionalità straniera per ciascuna delle aree considerate. In particolare, i Comuni sono stati ordinati in ordine crescente in base alla consistenza dell'aumento.

Appare che le località di dimensioni più ridotte (come Signa o Poggio a Caiano) abbiano sperimentato un aumento relativo molto maggiore rispetto a quello dei centri urbani di Firenze e

<sup>5</sup> ISTAT (2018): Popolazione Residente.

Prato. Si potrebbe dedurre quindi che nei Comuni più grandi, la presenza straniera era già consistente prima del 2011.

L'incremento totale degli stranieri residenti nella Piana Fiorentina equivale al 27,9%, ed è lievemente superiore alla media regionale (24%).

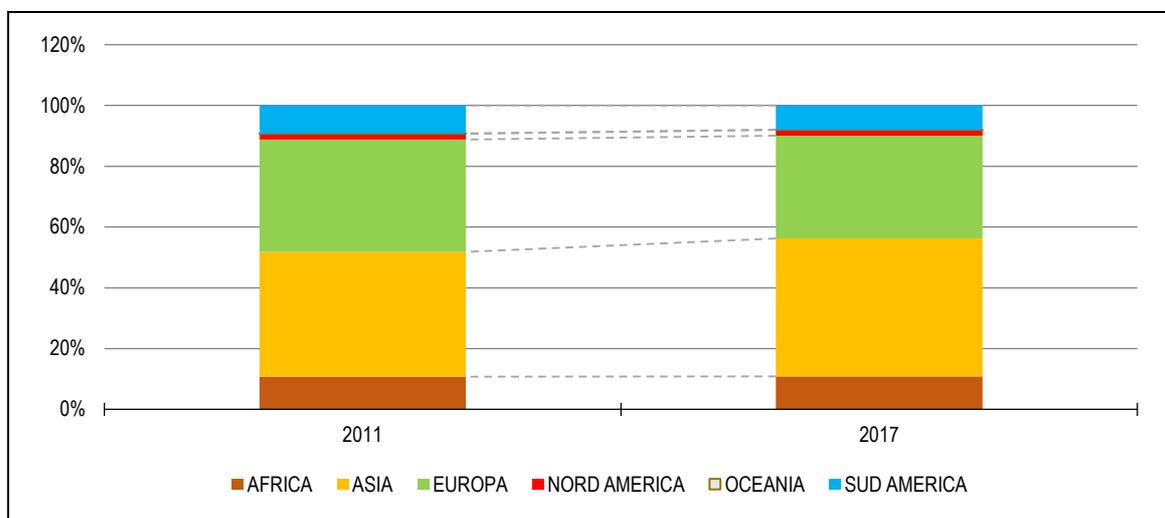
Tabella 9  
VARIAZIONE POPOLAZIONE STRANIERA (2011-2017)

Comune	Residenti Stranieri 2011	Residenti Stranieri 2017	Saldo	Aumento %
Sesto Fiorentino	3677	4587	910	24,7%
Prato	28405	36400	7995	28,1%
Calenzano	995	1302	307	30,9%
Firenze	42979	59644	16665	38,8%
Carmignano	966	1342	376	38,9%
Campi Bisenzio	6289	9356	3067	48,8%
Poggio a Caiano	778	1208	430	55,3%
Signa	1693	2810	1117	66,0%
<b>TOT Piana</b>	<b>33.077</b>	<b>42.289</b>	<b>9.212</b>	<b>27,9%</b>
<b>Regione Toscana</b>	<b>322.811</b>	<b>400.307</b>	<b>77.496</b>	<b>24,0%</b>

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

La composizione dei cittadini stranieri in termini di provenienza, appare pressoché costante negli anni considerati<sup>6</sup>. Si riscontra solamente un modesto aumento (4%) dei residenti provenienti da Asia e Medio Oriente, ed una lieve diminuzione (-3%) dei residenti provenienti da altri Stati europei (Graf. 10). L'Asia e l'Europa restano comunque le due aree di provenienza più consistenti (circa l'80% degli stranieri che abitano i Comuni della Piana Fiorentina proviene da queste regioni).

Grafico 10  
CITTADINANZA DEI RESIDENTI STRANIERI DELLA PIANA FIORENTINA



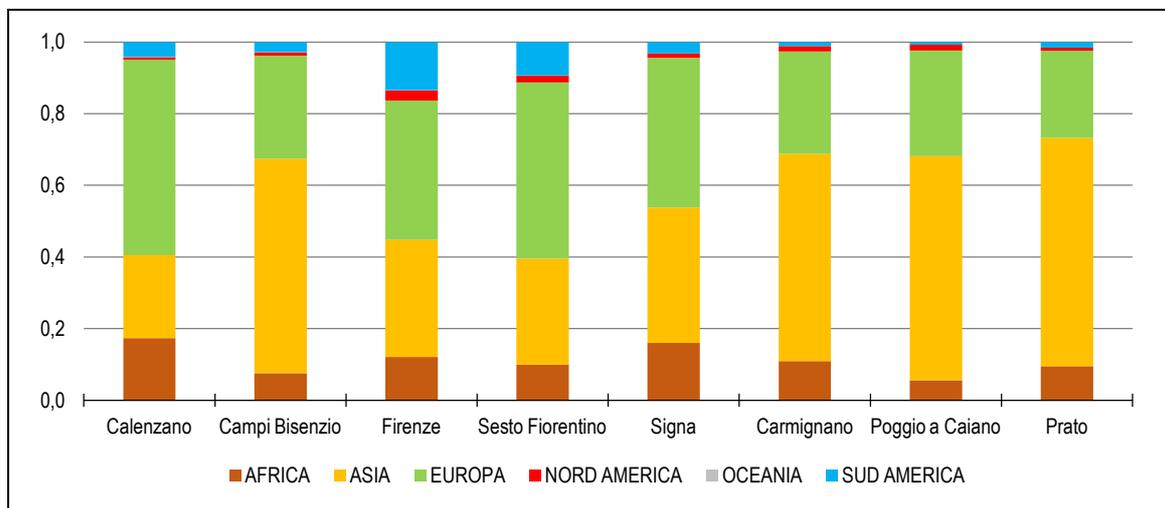
Fonte: elaborazione su dati ISTAT

Infine, il grafico sottostante (Graf. 11) fornisce la sintesi della composizione per area di provenienza in ciascun Comune della Piana Fiorentina nel 2017 della popolazione straniera residente.

<sup>6</sup> DEMO ISTAT (2017): Popolazione Straniera.

Benché le differenze tra le località considerate siano marginali, si osserva che i Comuni di Carmignano, Poggio a Caiano e Prato ospitano principalmente cittadini di origine Asiatica e Mediorientale, mentre gli stranieri che arrivano dal resto d'Europa sono concentrati a Firenze, Sesto Fiorentino e Calenzano.

Grafico 11  
COMPOSIZIONE DEI RESIDENTI STRANIERI PER COMUNE



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

#### 4. Iscritti e cancellati nella Piana Fiorentina

Prendendo in analisi il ventennio tra il 1997 ed il 2016, si evince che la dinamica di migrazione in entrata ed in uscita dai comuni della Piana Fiorentina è cresciuta in intensità con il passare del tempo.

Sia le iscrizioni che le cancellazioni annue sono infatti aumentate durante il periodo di osservazione, mantenendo sempre un saldo annuo positivo (Tab. 12).

Inoltre, il trend dei saldi annuali mostra un sostanziale aumento tra il 1997 ed il 2016, con la sola eccezione di due decrementi nel 2002 e nel 2007 ed un picco positivo nel 2012<sup>7</sup> (Graf. 13).

Tabella 12  
DETTAGLIO ANNUO ISCRITTI-CANCELLATI NELLA PIANA FIORENTINA (1997-2016)

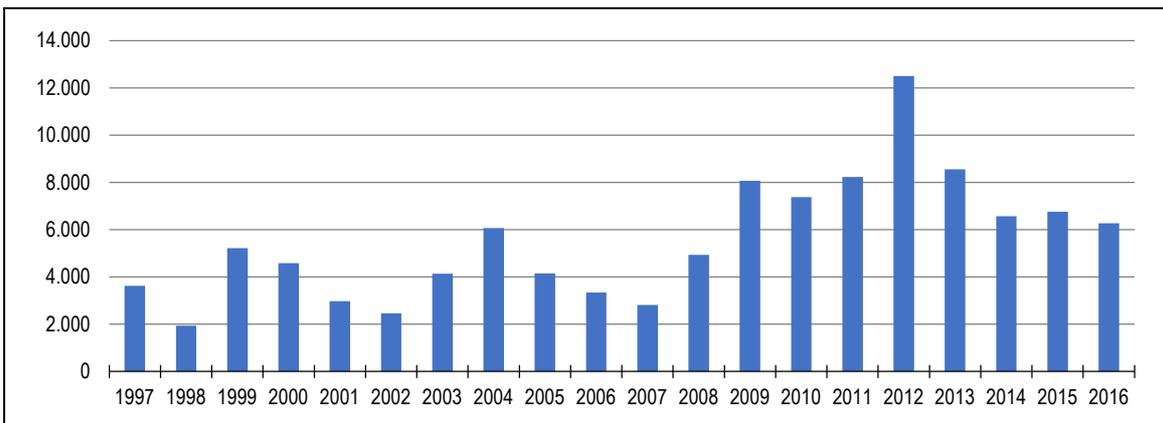
	Iscritti	Cancellati	Saldo
1997	16.599	12.977	3.622
1998	16.192	14.258	1.934
1999	20.675	15.462	5.213
2000	21.084	16.503	4.581
2001	18.090	15.120	2.970
2002	18.924	16.458	2.466
2003	20.291	16.156	4.135
2004	23.570	17.500	6.070
2005	21.517	17.373	4.144
2006	20.741	17.395	3.346

<sup>7</sup> IRPET (2018): Iscritti e Cancellati.

	Iscritti	Cancellati	Saldo
2007	19.873	17.056	2.817
2008	21.175	16.238	4.937
2009	23.986	15.913	8.073
2010	22.616	15.231	7.385
2011	24.018	15.785	8.233
2012	31.893	19.403	12.490
2013	25.025	16.474	8.551
2014	23.250	16.683	6.567
2015	23.007	16.255	6.752
2016	23.476	17.206	6.270

Fonte: IRPET

Grafico 13  
SALDO ANNUO (ISCRITTI-CANCELLATI)

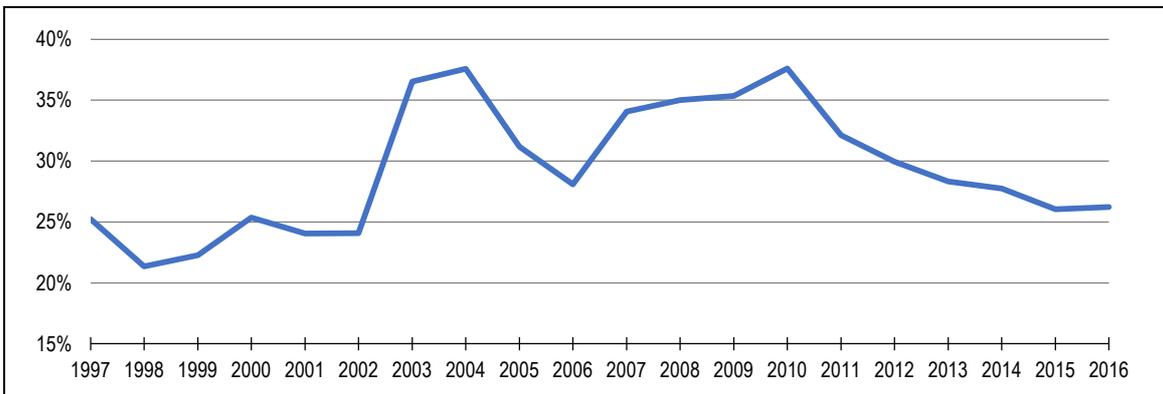


Fonte: IRPET

Tra il 1997 ed il 2016, gli arrivi dall'estero ammontano in media al 29% del totale degli iscritti. Il trend delle entrate dai paesi stranieri mostra due leggeri picchi negli anni 2004 e 2010 ed una lieve flessione negativa a partire dal 2011 in poi (Graf. 14).

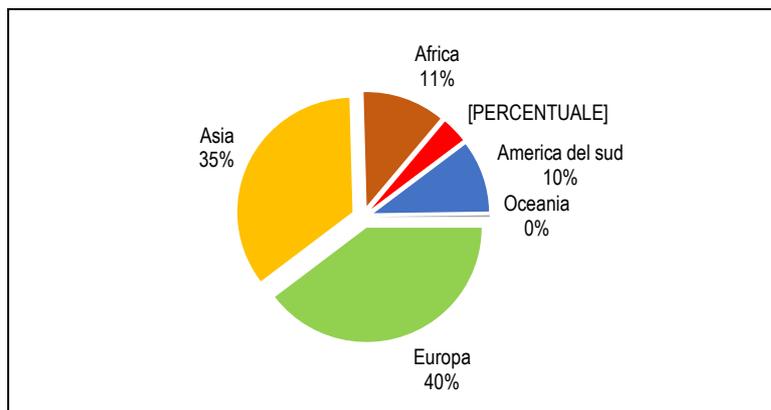
La provenienza degli iscritti stranieri è rappresentata prevalentemente da altri paesi europei (40% degli arrivi) e dagli stati dell'Asia e Medio Oriente (35% degli arrivi). I valori percentuali degli arrivi dalle diverse aree geografiche sono sintetizzati nel grafico 15.

Grafico 14  
ANDAMENTO ARRIVI DALL'ESTERO



Fonte: IRPET

Grafico 15  
PROVENIENZA TOTALE ISCRITTI STRANIERI



Fonte: IRPET

## 5. I flussi migratori all'interno della Piana Fiorentina

Una parte consistente dei flussi migratori avvengono tra gli stessi Comuni della piana. In media, tra il 25% e il 30% delle iscrizioni e cancellazioni annue avvengono da parte di residenti che si trasferiscono da un Comune all'altro dell'area geografica di riferimento. La matrice origine/destinazione sottostante (Tab. 16) evidenzia l'intensità di questo fenomeno ed anche quali flussi sono i più consistenti<sup>8</sup>.

Nel contesto dei movimenti all'interno della Piana, i due centri urbani di Firenze e Prato sono due poli attrattivi notevoli, generando rispettivamente il 23% ed il 19% delle iscrizioni, seguiti da Campi Bisenzio (18%) e Sesto Fiorentino (15%).

Si nota che il Comune di Firenze è l'unico Comune il cui saldo tra iscritti e cancellati appare negativo tra il 1997 ed il 2016, con 22.546 arrivi dagli altri Comuni della Piana, contro 34.773 partenze. Questo valore sembra suggerire una preferenza da parte dei cittadini della Piana verso zone meno centrali.

---

<sup>8</sup> IRPET (2018): Iscritti e Cancellati

Tabella 16  
MIGRAZIONE INTERNA NELLA PIANA FIORENTINA (SALDO 1997-2016)

ORIGINE	DESTINAZIONE								Total
	Firenze	Prato	Sesto Fio	Calenzano	Campi Bis	Carmignan	Poggio a	Signa	
Firenze	2 0.01	7,389 21.25	10,702 30.78	1,641 4.72	10,168 29.24	993 2.86	698 2.01	3,180 9.15	34,773 100.00
Prato	5,884 35.72	286 1.74	1,186 7.20	1,156 7.02	2,449 14.87	3,212 19.50	1,775 10.78	524 3.18	16,472 100.00
Sesto Fiorentino	6,784 49.54	1,870 13.66	0 0.00	2,467 18.02	2,000 14.60	155 1.13	104 0.76	314 2.29	13,694 100.00
Calenzano	1,123 22.18	1,584 31.28	1,422 28.08	2 0.04	709 14.00	74 1.46	43 0.85	107 2.11	5,064 100.00
Campi Bisenzio	5,705 38.78	3,460 23.52	1,347 9.16	641 4.36	0 0.00	729 4.96	657 4.47	2,173 14.77	14,712 100.00
Carmignano	676 15.65	1,811 41.93	79 1.83	56 1.30	346 8.01	1 0.02	940 21.76	410 9.49	4,319 100.00
Poggio a Caiano	499 13.58	1,240 33.75	79 2.15	25 0.68	383 10.42	1,247 33.94	0 0.00	201 5.47	3,674 100.00
Signa	1,873 31.51	694 11.68	272 4.58	132 2.22	1,801 30.30	692 11.64	480 8.08	0 0.00	5,944 100.00
Total	22,546 22.85	18,334 18.58	15,087 15.29	6,120 6.20	17,856 18.10	7,103 7.20	4,697 4.76	6,909 7.00	98,652 100.00

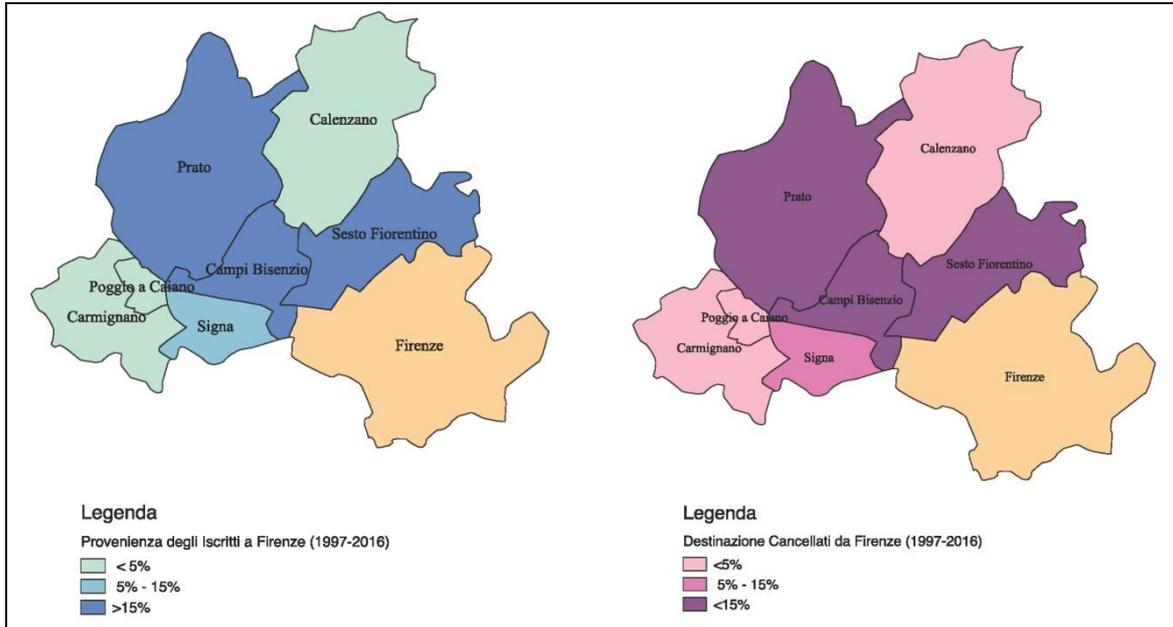
Fonte: IRPET

Le cartine riportate di seguito rappresentano visivamente le relazioni tra gli otto Comuni della Piana in termini di flussi migratori. Partendo infatti dai due centri urbani di Firenze e Prato, vengono evidenziate le aree di provenienza e destinazione dei residenti e la loro dimensione relativa.

Gli iscritti a Firenze dalla Piana sembrano provenire per la maggior parte dai comuni di Prato, Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio (Fig. 17) e questa relazione si ripete osservando i flussi in uscita dal Capoluogo fiorentino (Fig. 18).

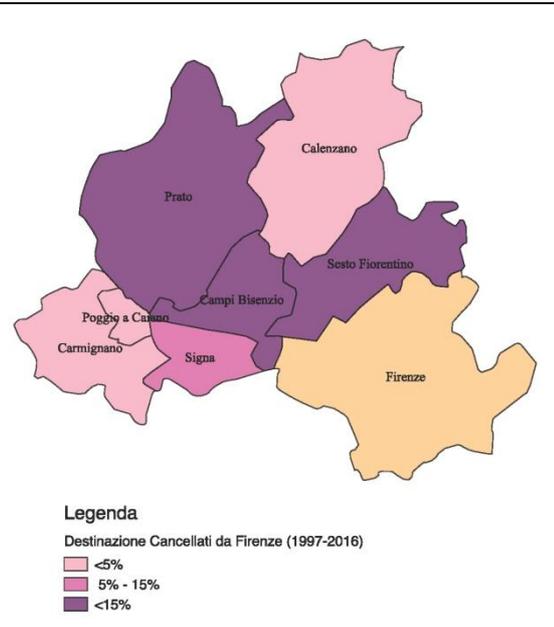
I flussi in entrata verso Prato arrivano in larga parte da Firenze, mentre quelli in uscita si realizzano in direzione del Capoluogo e di Carmignano (Fig. 19 e Fig. 20).

Figura 17  
PROVENIENZA DEI NUOVI ISCRITTI A FIRENZE



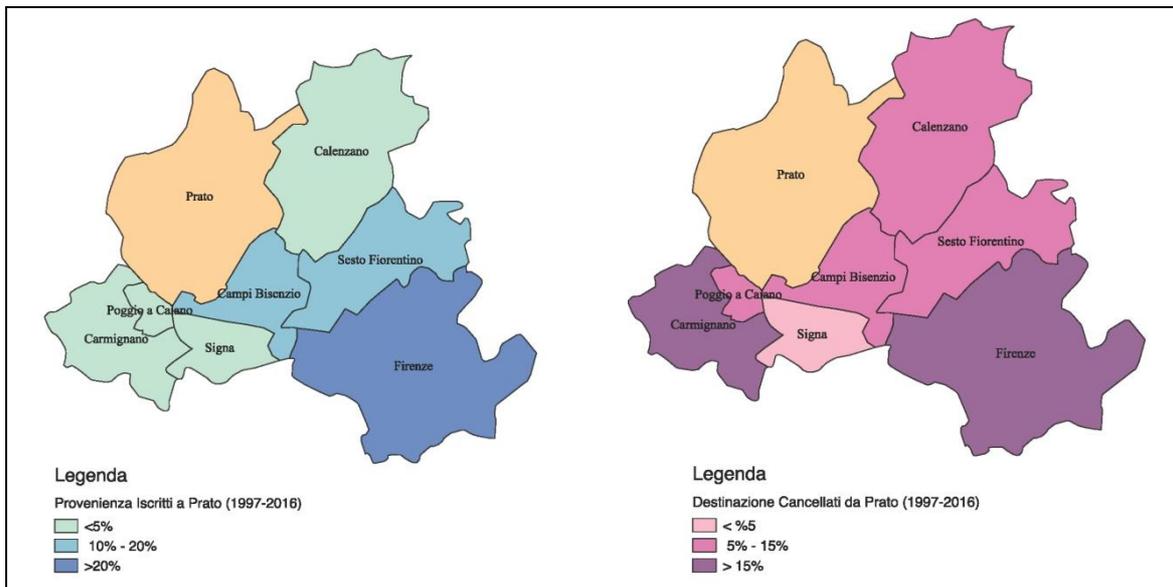
Fonte: IRPET

Figura 18  
DESTINAZIONE CANCELLATI DA FIRENZE



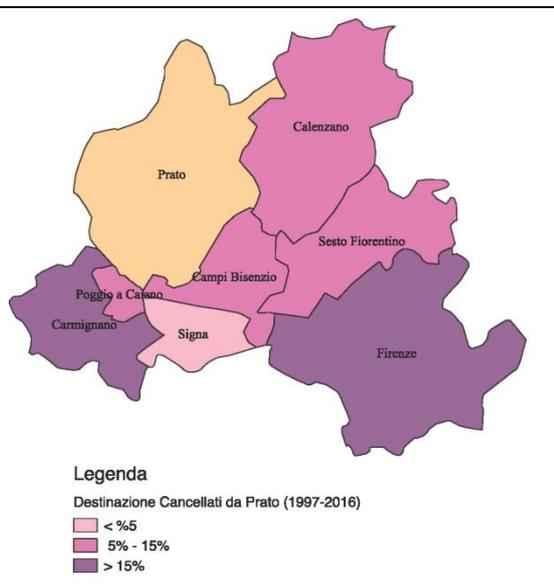
Fonte: IRPET

Figura 19  
PROVENIENZA DEI NUOVI ISCRITTI A PRATO



Fonte: IRPET

Figura 20  
DESTINAZIONE CANCELLATI DA PRATO



Fonte: IRPET

### 5.1 Focus sugli spostamenti da e verso Firenze

Nell'analisi all'interno dei Comuni della Piana Fiorentina, appare interessante soffermarsi sulle caratteristiche demografiche dei residenti che decidono di lasciare il Capoluogo per spostarsi verso aree più periferiche e confrontarle con quelle di coloro che si spostano in direzione contraria (dai Comuni più piccoli verso Firenze).

Dal punto di vista anagrafico, la tabella 21 mostra che non vi sono differenze rilevanti tra i cittadini che decidono di trasferirsi a Firenze lasciando gli altri Comuni della Piana e coloro che lasciano il Capoluogo. In entrambi i casi, la maggior parte degli spostamenti avviene da parte dei cittadini tra i 30 e i 60 anni di età. Si può osservare che gli over 60 che lasciano Firenze (11,28%) sono leggermente più numerosi di quelli in arrivo (8,14%)<sup>9</sup>.

Tabella 21  
MIGRAZIONE A FIRENZE PER CLASSI DI ETÀ

Classe di età	Cancellati da Firenze	Iscritti a Firenze
>17	15,13%	15,81%
18-30	20,28%	19,27%
30-60	53,31%	56,78%
>60	11,28%	8,14%

Fonte: IRPET

Lo stato civile risulta simile alla variabile anagrafica, infatti non si riscontrano significative differenze tra chi raggiunge e chi lascia il Capoluogo (Tab. 22).

Tabella 22  
MIGRAZIONE A FIRENZE PER STATO CIVILE

Stato Civile	Cancellati da Firenze	Iscritti a Firenze
Celibe	52,45%	52,62%
Congiunto	41,69%	42,35%
Divorziato	3,78%	2,71%

Fonte: IRPET

Infine, per quanto riguarda il titolo di studio i laureati che lasciano Firenze rappresentano il 6,13% delle uscite totali, mentre il 7,33% delle iscrizioni è costituito da laureati.

### 5.2 Caratteristiche demografiche di chi si sposta

A completamento dell'analisi sui flussi migratori all'interno del territorio della Piana, è stato condotto un test per valutare se alcune variabili demografiche sono correlate con le scelte di trasferimento dei residenti. In particolare, si sono considerati: la provenienza, l'età, il sesso, il titolo di studio e lo stato civile<sup>10</sup>.

La tabella (Tab. 23) che segue indica se le variabili inserite nel modello sono positivamente o negativamente correlate alla scelta di trasferirsi nel centro urbano di Firenze, rispetto che negli altri Comuni della Piana. Hanno influenza positiva: il possesso di un titolo di laurea, appartenere alla fascia d'età tra i 30 e i 60 anni e provenire dall'estero. Al contrario, sono negativamente correlati con la scelta di trasferirsi a Firenze: appartenere alle fasce d'età under 30 e over 60, la provenienza da altri Comuni della Piana ed il matrimonio.

<sup>9</sup> IRPET (2018): Iscritti e Cancellati

<sup>10</sup> IRPET (2018): Iscritti e Cancellati (1997-2016)

Tabella 23  
 MODELLO LOGIT SU DATI IRPET (1997-2016)

Logistic regression		Number of obs	=	436,002		
		LR chi2(9)	=	11458.27		
		Prob > chi2	=	0.0000		
Log likelihood = -296235.69		Pseudo R2	=	0.0190		

iscr_Fi	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
prov_Piana	-.7716379	.0089551	-86.17	0.000	-.7891895	-.7540863
prov_Estero	2.0248	.1736234	11.66	0.000	1.684504	2.365095
bambini	-.0910353	.0314103	-2.90	0.004	-.1525983	-.0294723
giovani	-.1520567	.0310604	-4.90	0.000	-.212934	-.0911793
adulti	.0413694	.0075905	5.45	0.000	.0264922	.0562466
anziani	-.0063442	.0125244	-0.51	0.612	-.0308916	.0182032
laureati	.6864401	.0168233	40.80	0.000	.653467	.7194133
uomini	-.0462563	.0061537	-7.52	0.000	-.0583173	-.0341954
matrimonio	-.1477963	.007251	-20.38	0.000	-.162008	-.1335845
_cons	.2353179	.0069377	33.92	0.000	.2217203	.2489154

La tabella 24 illustra l'effetto marginale di ciascuna variabile, ovvero l'intensità con cui ciascun valore incide sulla probabilità che i nuovi iscritti siano diretti verso il Capolugo (anziché nelle altre sette località considerate). Particolare importanza assumono la provenienza dall'estero, il possesso della laurea (correlazione positiva) e la provenienza dalla Piana (correlazione negativa). Le variabili età e stato civile assumono un peso relativo inferiore.

Tabella 24  
 MODELLO LOGIT SU DATI IRPET

Expression : Pr(iscr\_Fi), predict()  
 dy/dx w.r.t. : prov\_Piana prov\_Estero bambini giovani adulti anziani laureati uomini matrimonio

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
prov_Piana	-.1877209	.0021052	-89.17	0.000	-.191847 - .1835949
prov_Estero	.4925851	.0422198	11.67	0.000	.4098357 .5753344
bambini	-.0221467	.0076411	-2.90	0.004	-.0371229 -.0071705
giovani	-.0369917	.0075554	-4.90	0.000	-.0518001 -.0221833
adulti	.0100642	.0018463	5.45	0.000	.0064454 .013683
anziani	-.0015434	.0030469	-0.51	0.612	-.0075152 .0044284
laureati	.1669944	.0040634	41.10	0.000	.1590302 .1749586
uomini	-.0112531	.0014967	-7.52	0.000	-.0141864 -.0083197
matrimonio	-.0359553	.0017607	-20.42	0.000	-.0394062 -.0325043

Anche l'*odds ratio*, ovvero il rapporto tra la probabilità che si verifichi l'evento testato e la portabilità che questo non si verifichi, sono coerenti con il risultato dell'analisi. La tabella 25 evidenzia il valore per ciascuna variabile.

Tabella 25  
MODELLO LOGIT SU DATI IRPET

Logistic regression		Number of obs = 436,002	
Log likelihood = -296235.69		LR chi2(9) = 11458.27	Prob > chi2 = 0.0000
		Pseudo R2 = 0.0190	
iscr_Fi	Odds Ratio	Std. Err.	z P> z  [95% Conf. Interval]
prov_Piana	.4622553	.0041395	-86.17 0.000 .4542128 .4704403
prov_Estero	7.574594	1.315127	11.66 0.000 5.389777 10.64505
bambini	.9129855	.0286771	-2.90 0.004 .8584745 .9709577
giovani	.8589396	.026679	-4.90 0.000 .8082095 .912854
adulti	1.042237	.0079111	5.45 0.000 1.026846 1.057858
anziani	.9936759	.0124452	-0.51 0.612 .9695807 1.01837
laureati	1.986631	.0334218	40.80 0.000 1.922193 2.053228
uomini	.9547972	.0058755	-7.52 0.000 .9433506 .9663827
matrimonio	.8626068	.0062548	-20.38 0.000 .8504344 .8749535
_cons	1.265311	.0087783	33.92 0.000 1.248222 1.282634

Note: **\_cons** estimates baseline odds.

Infine, è doveroso sottolineare che il test effettuato (Logit) ha una validità molto limitata in quanto non risulta statisticamente significativo (Tab. 25). Ciò potrebbe essere attribuibile alla dimensione ridotta del campione. Le osservazioni infatti comprendono le nuove iscrizioni a Firenze, Prato, Sesto Fiorentino, Poggio a Caiano, Carmignano, Calenzano, Signa e Campi Bisenzio tra il 1997 e il 2006. La percentuale dei valori correttamente predetti dal modello è pari al 56,34%.

## 6. Demografia dei residenti della Piana Fiorentina

### 6.1 Età

Da un punto di vista anagrafico, la composizione della popolazione della Piana Fiorentina appare generalmente omogenea tra i diversi Comuni e costante nell'arco di tempo considerato (2012-2017)<sup>11</sup>.

In media, nel 2017, il 16% dei residenti della piana ha meno di 17 anni, l'11% è costituito dai giovani tra i 18 e i 30 anni, mentre la maggior parte dei cittadini (43%) rientra nella fascia adulta tra i 30 ed i 60 anni. Infine, gli abitanti over 60 rappresentano circa il 30% dei residenti (Tab. 26).

Si osserva inoltre che questi valori rimangono invariati se confrontati con la rilevazione post-censimento del 1 Gennaio 2012 (Tab. 27).

<sup>11</sup> DEMO ISTAT (2018): Popolazione Residente per classi di età.

Tabella 26  
POPOLAZIONE PER CLASSI DI ETÀ PER COMUNE NEL 2017

Età	Calenzano	Campi Bisenzio	Firenze	Sesto Fiorentino	Signa	Carmignano	Poggio a Caiano	Prato	Piana
0-17	2.898	8.670	55.401	7.866	3.581	2.647	1.765	33.123	115.951
18-30	1.763	5.383	41.716	5.099	2.106	1.462	1.129	22.429	81.087
30-60	7.698	20.852	163.637	20.155	8.642	6.722	4.249	83.808	315.763
<60	5.344	11.973	121.504	15.940	4.906	3.627	2.853	53.109	219.256

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

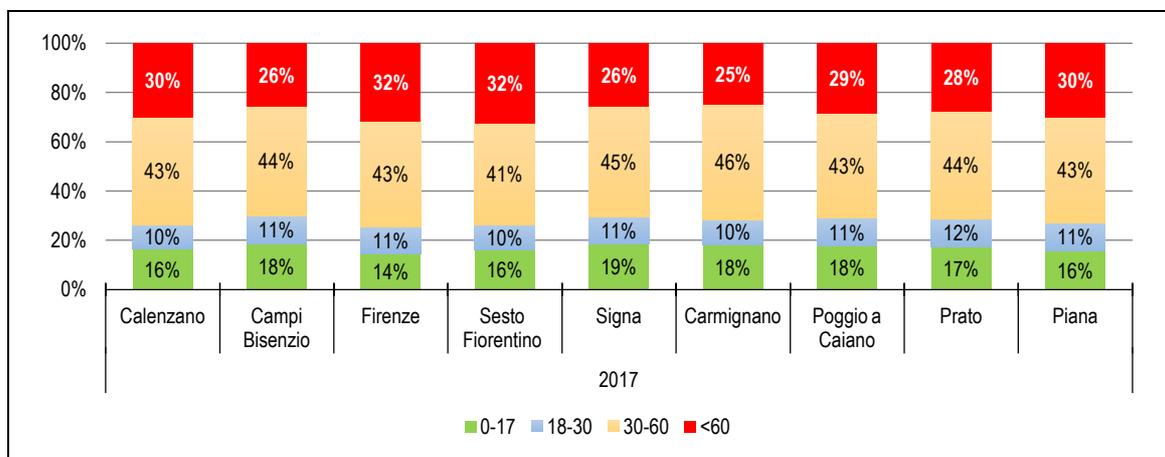
Tabella 27  
POPOLAZIONE DELLA PIANA FIORENTINA PER CLASSI DI ETÀ (2012-2017)

Età	2012	2017
0-17	16%	16%
18-30	11%	11%
30-60	43%	43%
<60	30%	30%

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

La composizione della popolazione per classi di età appare sostanzialmente omogenea anche osservando il dettaglio degli otto Comuni toscani. Si nota però che Firenze e Sesto Fiorentino superano la media della Piana di due punti percentuali relativamente alla popolazione over 60. Inoltre, il Capoluogo fiorentino risulta il Comune la cui percentuale di bambini sotto i 17 anni è più ridotta (14%). Dall'altra parte, Campi Bisenzio, Signa e Carmignano ospitano una popolazione residente lievemente più giovane della media: con una percentuale relativamente alta di giovanissimi ed una ridotta quota di over 60 (Graf. 28).

Grafico 28  
COMPOSIZIONE DEI RESIDENTI PER CLASSI DI ETÀ PER COMUNE (2017)



Fonte: elaborazione su dati ISTAT

## 6.2 Famiglie

Interessante è anche osservare il numero delle famiglie e dei componenti per famiglia che abitano la Piana Fiorentina. In media, tra il 2011 ed il 2017, le famiglie della Piana Fiorentina sembrano aumentare (circa del 3%). Inoltre, il numero dei componenti medi risulta rimanere pressoché costante (si rileva solamente un leggerissimo decremento di 0,01)<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> ISTAT (2018): Popolazione e Famiglie.

Tra i comuni che più hanno visto aumentare i residenti che vivono in famiglia, spiccano Signa (16%), Calenzano (9%) e Campi Bisenzio (7%). È da notare però che l'incremento dei nuclei familiari sperimentato da questi Comuni si accompagna con una contenuta diminuzione del numero medio dei componenti.

Le località che invece sono state testimoni di una crescita più modesta del numero di famiglie sono Firenze (2%), Prato (3%) e Sesto Fiorentino (2%).

Il valore medio del numero dei componenti per famiglia della Piana Fiorentina, nel 2017, corrisponde a 2,39 individui. In particolare, le zone di Campi Bisenzio e Poggio a Caiano si posizionano entrambe sopra la media con 2,6 componenti per nucleo familiare. Al contrario, il Capoluogo Fiorentino appare il Comune con il numero di componenti medio più ridotto (ovvero 2). I dati relativi al numero di famiglie ed il numero di componenti per famiglia sono sintetizzati nella tabella che segue (Tab. 29).

Tabella 29  
NUMERO DI FAMIGLIE E NUMERO MEDIO DEI COMPONENTI (2011-2017)

	2011		2017		Variazione (2011-2017)	
	Numero Famiglie	Numero Componenti	Numero Famiglie	Numero Componenti	Numero Famiglie	Numero Componenti
Firenze	185.252	1,91	188.615	2	2%	0,09
Prato	75.611	2,45	77.842	2,5	3%	0,05
Calenzano	6.946	2,39	7.572	2,3	9%	-0,09
Sesto Fiorentino	20.399	2,33	20.866	2,3	2%	-0,03
Signa	7.118	2,43	8.274	2,3	16%	-0,13
Campi Bisenzio	16.990	2,51	18.109	2,6	7%	0,09
Poggio a Caiano	3.678	2,59	3.849	2,6	5%	0,01
Carmignano	5.500	2,53	5.770	2,5	5%	-0,03
Piana	321.494	2,39	330.897	2,39	3%	-0,01

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

### 6.3 Istruzione

Infine, utilizzando i dati dell'ultimo censimento, la tabella che segue (Tab. 30) sintetizza il livello di istruzione superiore dei residenti della Piana Fiorentina. In media, il 42% della popolazione complessiva ha un titolo di studio equivalente o superiore al Diploma di scuola secondaria superiore. I laureati invece rappresentano il 14% dei residenti.

Firenze e Sesto Fiorentino si collocano sopra la media. Il 50% dei cittadini del Capoluogo infatti possiede almeno un Diploma di scuola secondaria superiore ed il 19% ha ottenuto il Diploma di laurea<sup>13</sup>.

Tabella 30  
ISTRUZIONE SUPERIORE DEI RESIDENTI PER COMUNE (2011)

Comune	Diploma di scuola secondaria superiore	Titoli universitari	Popolazione a inizio 2011	% Laureati	% Almeno diploma superiore
Calenzano	4.595	1.256	16.637	8%	35%
Campi Bisenzio	10.605	2.574	42.929	6%	31%
Firenze	108.889	68.982	358.079	19%	50%
Sesto Fiorentino	14.084	5.387	47.742	11%	41%
Signa	4.250	1.192	17.451	7%	31%
Carmignano	3.594	906	13.991	6%	32%
Poggio a Caiano	2.600	777	9.626	8%	35%
Prato	48.224	14.322	185.456	8%	34%
Piana	196.841	95.396	691.911	14%	42%

Fonte: elaborazione su dati ISTAT

<sup>13</sup> ISTAT (2018): Grado di istruzione della popolazione residente di 6 anni e più.

## 7.

### Il mercato immobiliare della piana fiorentina

Nella presente sezione vengono presi in esame i valori immobiliari degli otto Comuni della Piana Fiorentina nel 2017. Lo scopo è quello di individuare le differenze in termini di valori di mercato tra le diverse aree considerate. Si vuole inoltre indagare se i prezzi delle abitazioni possono incidere sulle scelte di trasferimento dei cittadini.

#### 7.1 Prezzi di vendita delle unità immobiliari

Nell'analisi che segue sono stati utilizzati i dati sulle quotazioni immobiliari semestrali effettuate dall'Agenzia delle Entrate<sup>14</sup>. In particolare, si sono considerati i valori di mercato al metro quadrato delle abitazioni di destinazione residenziale e di tipologia civile.

La tabella sottostante (Tab. 31) presenta in ordine crescente il prezzo medio al metro quadrato delle abitazioni di ciascun Comune della Piana Fiorentina nel secondo semestre del 2017. Tale valore è stato calcolato ponderando il prezzo medio di ciascuna zona OMI, con il numero di abitazioni civili dell'area.

Si nota che i Comuni di Prato, Signa, Campi Bisenzio e Calenzano presentano i prezzi medi inferiori, ovvero circa 2.000 €/m<sup>2</sup>. Le altre località invece sono caratterizzate da un valore compreso tra 2.100 €/m<sup>2</sup> e 2.300 €/m<sup>2</sup>. Per ultimo, il Capoluogo Fiorentino si contraddistingue con il valore di mercato più alto, cioè parti a 2.710 €/m<sup>2</sup>.

Tabella 31  
QUOTAZIONI IMMOBILIARI DI VENDITA PER COMUNE (2017)

Comune	€/m <sup>2</sup>
Prato	€1.946,3
Signa	€1.982,2
Campi Bisenzio	€1.992,6
Calenzano	€2.057,1
Poggio a Caiano	€2.100,0
Carmignano	€2.110,6
Sesto Fiorentino	€2.247,9
Firenze	€2.710,4

Fonte: elaborazione Dati Agenzia delle Entrate

Per quanto riguarda lo stato di conservazione delle abitazioni ad uso civile, l'Agenzia delle Entrate utilizza tre classificazioni: scarso, normale ed ottimo. È da notare che la maggior parte delle zone OMI della Piana Fiorentina rientrano nel cluster "stato conservativo normale", per questo motivo il prezzo medio presentato in questa sede è stato calcolato considerando i prezzi delle abitazioni di stato conservativo "normale".

Infatti, solamente i Comuni di Prato, Poggio a Caiano e Carmignano sono caratterizzati da alcune zone il cui stato di conservazione delle abitazioni è classificato come "ottimo". L'esclusione di queste zone dal calcolo del prezzo medio, potrebbe influire negativamente sul risultato finale. Ad esempio, il prezzo medio ponderato del Comune di Prato (considerando sia le zone di stato conservativo normale che quelle di stato conservativo ottimo) è di 2.106,7 €/m<sup>2</sup>, anziché 1.946 €/m<sup>2</sup>.

<sup>14</sup> [wwwt.agenziaentrate.gov.it](http://wwwt.agenziaentrate.gov.it) (2018).

## 7.2 *Canoni di locazione*

Sono stati inoltre presi in analisi i canoni di locazione medi per ciascun Comune. La tabella 32 sintetizza il prezzo mensile al metro quadrato rilevato dall’Agenzia delle Entrate nel secondo semestre del 2017.

Anche in questo caso le località fiorentine sono state riportate in ordine crescente sulla base del prezzo medio ponderato degli affitti.

Si nota immediatamente che Firenze non è caratterizzata dal prezzo al metro quadrato più elevato, come invece accadeva osservando i valori di mercato delle unità immobiliari. Il Capoluogo presenta infatti un valore medio di € 9,14 (superiore a quello dei Comuni di Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino e Calenzano) ma leggermente inferiore a quelli di Prato, Carmignano e Poggio a Caiano. Tale risultato potrebbe essere in parte dovuto alla più ristretta offerta di appartamenti in locazione nei Comuni dei centri urbani più ridotti.

Si ricorda che anche in questa analisi è stato considerato il prezzo medio delle abitazioni il cui stato conservativo rientra nella classe “normale”.

Tabella 32  
QUOTAZIONI IMMOBILIARI DI LOCAZIONE (2017)

Comune	€/m <sup>2</sup>
Signa	€7,12
Calenzano	€7,63
Campi Bisenzio	€7,84
Sesto Fiorentino	€8,24
Firenze	€9,14
Prato	€9,51
Carmignano	€10,91
Poggio a Caiano	€12,05

Fonte: elaborazione Dati Agenzia delle Entrate

Interessante è infine il confronto tra i presenti risultati dell’approfondimento sul mercato immobiliare e l’analisi delle iscrizioni e cancellazioni nell’area della Piana Fiorentina.

Isolando infatti gli spostamenti all’interno della Piana, si nota che il Capoluogo ha sperimentato un saldo negativo, ovvero i residenti che hanno deciso di trasferirsi nelle altre località sono superiori ai cittadini in arrivo dalle stesse. Inoltre, analizzando il medesimo campione, circa il 30% dei cancellati da Firenze risulta diretto verso Sesto Fiorentino ed il 29% verso Campi Bisenzio (Paragrafo 5).

Questi ultimi Comuni si contraddistinguono non solo per la prossimità geografica al Capoluogo Fiorentino, ma anche perché presentano prezzi delle abitazioni inferiori a quelli della media della Piana (in particolare di Firenze). Ciò rimane vero anche considerando i canoni d’affitto al metro quadrato.

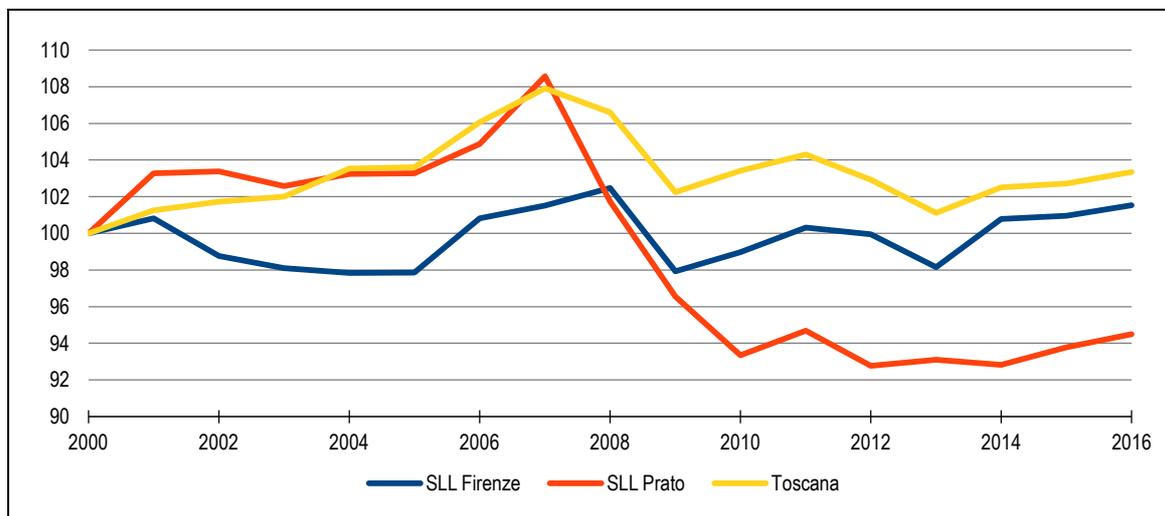
## 8.

### La struttura produttiva della Piana Fiorentina

I comuni della Piana sono inclusi nei due Sistemi Locali del Lavoro di Firenze e di Prato, sebbene non li esauriscano, ricomprendendo entrambi i SLL anche altri comuni al di fuori dall’area della piana. L’analisi dell’andamento economico in termini di valore aggiunto per i due Sistemi Locali del Lavoro evidenzia due momenti ben distinti. Se infatti fino al sorgere della crisi il SLL di Prato si manteneva coerente con l’andamento regionale mentre quello fiorentino mostrava segni di minor vivacità (andamento che si accompagna anche alla parziale

riduzione delle disparità territoriali rispetto alle aree meno urbanizzate e competitive della Toscana), a partire dal 2008 tale trend risulta invertito, con una crisi che morde il distretto pratese in maniera particolarmente aggressiva, mentre la caduta per il SLL fiorentino appare più contenuta ed associata ad una maggiore resilienza anche negli anni immediatamente successivi.

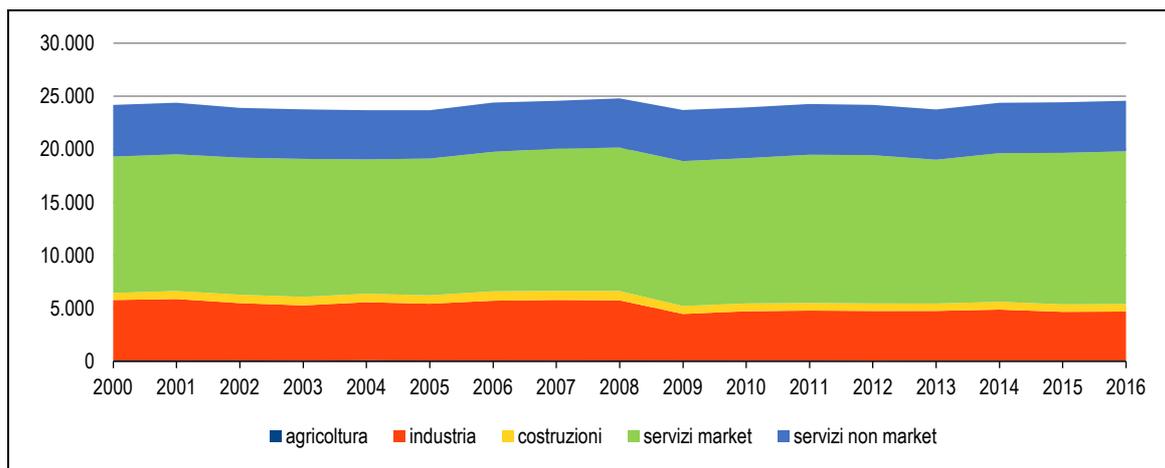
Grafico 33  
TREND DEL VALORE AGGIUNTO NEI SLL DI FIRENZE E PRATO E IN TOSCANA  
Numeri indici, 2000=100



Fonte: Stime IRPET

Entrando nel dettaglio settoriale del SLL fiorentino (quello che interessa in modo prevalente l'area oggetto di studio pur non coincidendo perfettamente con essa), si nota che la contrazione ha interessato in maniera più significativa il comparto industriale, mentre negli anni della ripresa è il segmento dei servizi market quello che ha mostrato la maggiore (seppur limitata) vivacità.

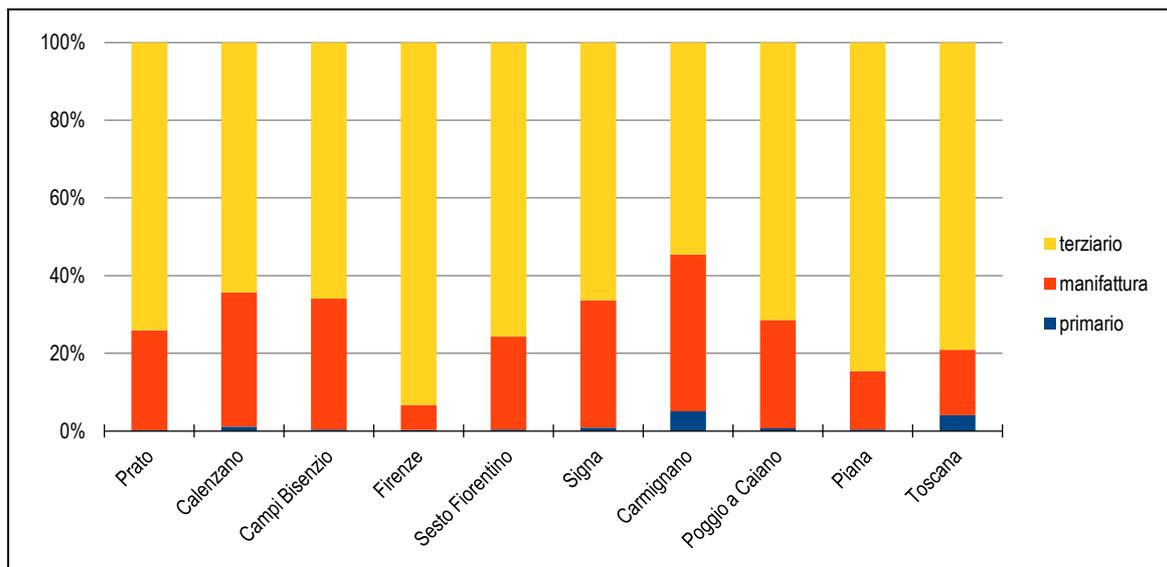
Grafico 34  
ANDAMENTO DEL VALORE AGGIUNTO NEL SLL FIORENTINO PER MACROBRANCA  
Milioni di euro a prezzi concatenati



Fonte: stime IRPET

Analizzando la situazione dei singoli comuni, per quanto riguarda la specializzazione settoriale, tutti presentano un elevato grado di terziarizzazione. Nel confronto con la composizione regionale, tuttavia, solo Firenze presenta un'incidenza superiore alla media regionale, mentre il peso della manifattura riveste ancora un ruolo rilevante nel resto dei comuni dell'area. Il settore primario è apprezzabile solo nei comuni di Carmignano (incidenza del 5%) e, in minor misura Calenzano e Signa, dove presenta una incidenza dell'1% a fronte di una media Toscana del 4%; risulta invece prossimo allo 0% negli altri comuni.

Grafico 35  
 COMPOSIZIONE PERCENTUALE DELLE UNITÀ DI LAVORO NEI COMUNI DELLA PIANA  
 Valori percentuali, 2013



Fonte: stime IRPET

L'area della piana presenta, ancora più che in termini di popolazione residente, una quota significativa di imprese rispetto all'intero territorio regionale, pari a circa il 24%. Se esaminiamo in dettaglio quali settori sono rappresentati in misura maggiore rispetto alla media (già elevata, per un'area che rappresenta l'1,8% del territorio regionale), emergono i settori del manifatturiero (28%), dell'amministrazione pubblica (27,6% del totale), le attività professionali, scientifiche e tecniche (28,6%).

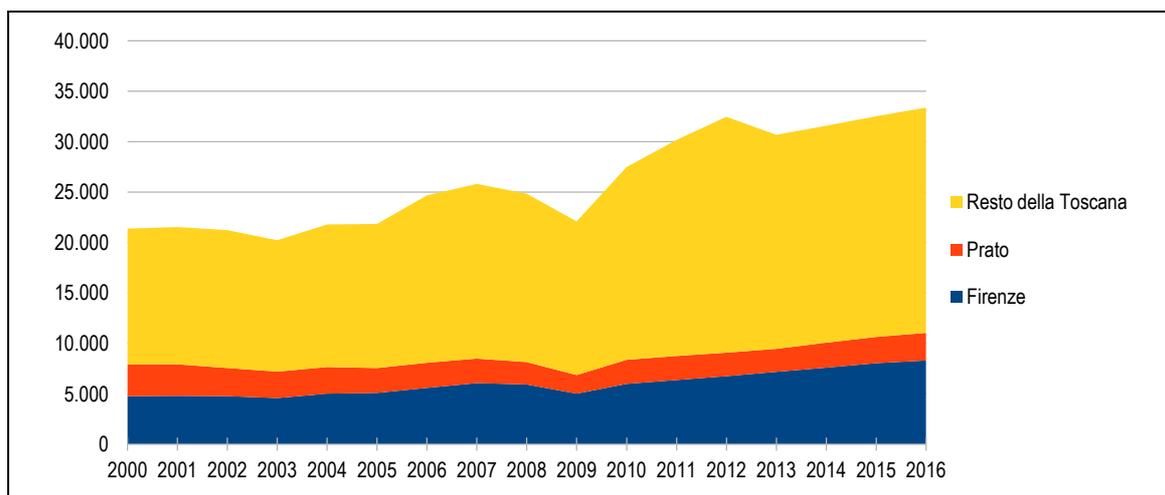
Tabella 36  
 IMPRESE PER COMUNE E SETTORE DI ATTIVITÀ  
 Numero e incidenza % sul totale regionale, 2015

SETTORE	Calenzano	Campi Bisenzio	Carrignano	Firenze	Poggio a Caiano	Prato	Sesto Fiorentino	Signa	Comuni della Piana	Toscana	% Piana su Toscana
Attività estrattive; fornitura di energia elettrica e di acqua	7	11	6	121	1	134	12	5	297	1.794	16,56%
Attività manifatturiere	511	790	443	2.956	225	5.365	917	405	11.612	41.415	28,04%
Costruzioni	195	494	190	3.156	140	2.231	394	294	7.094	38.916	18,23%
Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli e motocicli	588	938	257	9.802	221	5.116	1.348	359	18.629	84.244	22,11%
Trasporto e magazzinaggio; attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	225	294	70	4.519	55	1.499	339	107	7.108	36.544	19,45%
Servizi di informazione e comunicazione; attività finanziarie; attività immobiliari	186	304	109	5.751	101	3.202	510	182	10.345	39.041	26,50%
Attività professionali, scientifiche, tecniche; amministrative servizi di supporto	267	465	139	12.296	114	3.693	744	203	17.921	62.552	28,65%
Amministrazione pubblica e difesa; istruzione; sanità e assistenza sociale	73	169	56	4.002	40	1.075	268	71	5.754	20.860	27,58%
Altre attività di servizi	96	161	74	2.525	42	1.038	241	66	4.243	20.479	20,72%
<b>Totale Risultato</b>	<b>2.148</b>	<b>3.626</b>	<b>1.344</b>	<b>45.128</b>	<b>939</b>	<b>23.353</b>	<b>4.773</b>	<b>1.692</b>	<b>83.003</b>	<b>345.845</b>	<b>24,00%</b>

Fonte: ISTAT

La concentrazione di imprese si riflette anche in termini di proiezione del territorio sui mercati internazionali. Se esaminiamo infatti l'andamento delle esportazioni per Sistema Locale del Lavoro nel periodo 2000-2016, i due SLL di Prato e Firenze evidenziano un contributo significativo sul totale delle esportazioni regionali, generando in media circa un terzo delle esportazioni regionali (23% dal SLL Fiorentino e 10% da quello Pratese). Da notare come però i due sistemi abbiano conosciuto traiettorie divergenti, con il contributo del sistema fiorentino che è passato dal 22% del 2000 al 24% del 2016 mentre quello del sistema pratese declinava dal 14% all'8% nel medesimo periodo.

Grafico 37  
 CONTRIBUTO DEL SLL FIORENTINO E DEL SLL PRATESE ALLE ESPORTAZIONI REGIONALI  
 Esportazioni a prezzi dell'anno precedente, 2001-2016



Fonte: stime IRPET

## **Allegato 2**

# **Stima degli impatti economici della tramvia, analisi della fase di cantiere e a regime**



## Indice

<i>Abstract</i>	5
1. Introduzione	5
2. Metodologia	6
2.1 Analisi Controfattuale	6
2.2 Analisi di sopravvivenza	7
3. Descrizione dei dati	8
4. Il modello per l'analisi contro fattuale	9
5. Analisi controfattuale per l'impatto della tramvia sulle unità locali	10
5.1 Esperimento naturale	11
5.2 ATECO matching	14
6. Analisi di sopravvivenza	15
6.1 Risultati Analisi di Sopravvivenza	16
7. Conclusioni	20
Bibliografia	21



## **Abstract**

La costruzione di una nuova infrastruttura di trasporto urbano su rotaia in una città è solitamente vista come una politica pubblica con un impatto positivo per le aree servite, sia dal punto di vista dei residenti, che per le attività economiche, con una grande varietà di effetti positivi che spaziano dall'aumento dei fatturati per le imprese coinvolte, al miglioramento del traffico nell'area. Tuttavia, lunghi tempi di costruzione possono avere un effetto negativo per le attività collocate nelle immediate vicinanze del cantiere. Per valutare gli impatti positivi e negativi della costruzione della linea 1 della tramvia di Firenze usiamo un approccio controfattuale, usando l'approccio Difference in Differences per confrontare le performance delle imprese nelle vicinanze della tramvia con quelle distanti dall'infrastruttura. I risultati trovati mostrano un generale effetto positivo dopo la costruzione, mentre il possibile impatto negativo risulta essere più incerto, e non significativo, inoltre gli effetti per Scandicci e Firenze risultano essere molto differenti. Inoltre analizziamo l'impatto della tramvia sulle imprese anche attraverso l'utilizzo dell'analisi di sopravvivenza, così da vedere effetti sia sulla presenza delle imprese che sul loro fatturato.

## **1. Introduzione**

La valutazione dell'impatto della costruzione di una nuova infrastruttura di trasporto, solitamente si focalizza su due momenti principali: il primo momento guarda alla fase di costruzione dell'infrastruttura, in questa fase l'attenzione è solitamente focalizzata sull'impatto ambientale del cantiere e sulla conformità alle regole dei regolamenti ambientali. La seconda fase è quella in cui solitamente sono evidenziati gli aspetti socio-economici, come i miglioramenti nella mobilità o l'impatto sui prezzi delle case o degli affitti (Rietveld e Bruinsma, 1998). Lo stesso momento dell'analisi può essere antecedente alla costruzione (con simulazioni di scenario) oppure succedente, utilizzando dati osservabili sul territorio (Oosterhaven e Knapp, 2003).

Comunque si affronti il problema, la realizzazione di grandi infrastrutture di trasporto è solitamente collegata ad una grande variabilità sui tempi di implementazione, per via dei mutamenti nella programmazione della realizzazione, per incertezze tecniche e finanziarie che possono sorgere. Questa incertezza ha effetti negativi su coloro che sono i fruitori abituali della zona, che si tratti dei residenti, dei pendolari che attraversano i cantieri, o delle attività commerciali che sono collocate nell'area. In questo contesto quindi, lunghi cantieri possono peggiorare la qualità della vita dei residenti durante il periodo di costruzione e contestualmente anche le performance delle imprese, d'altro canto è anche indubbio il beneficio che questi stessi soggetti ottengono quando l'infrastruttura è attiva, per esempio sul valore delle proprietà immobiliari, o nel fatturato delle imprese che beneficiano della rinnovata accessibilità dell'area. Inoltre, queste nuove infrastrutture di trasporto vanno a ridurre quelli che sono costi collegati alla congestione dovuta al traffico, aumentando quella che è la produttività delle imprese.

Il caso della costruzione della linea 1 della tramvia di Firenze corrisponde abbastanza precisamente a queste caratteristiche. I cantieri hanno colpito una porzione significativa dei comuni di Firenze e Scandicci, con una serie di cambiamenti rilevanti nei livelli di accessibilità delle aree servite durante la costruzione, che va dagli ultimi giorni del 2005 al febbraio 2010. In un simile scenario è possibile affermare che le attività economiche, influenzate dalla costruzione della tramvia, hanno vissuto una contrazione dei fatturati, come conseguenza dell'accessibilità ridotta. Evidenze di questi possibili influssi negativi possono essere base per la

parametrizzazione e la valutazione di possibili misure compensative. Quest'analisi si focalizzerà sui possibili risultati della presenza per lungo tempo di un ampio cantiere, con un'attenzione particolare alla magnitudine dell'effetto del cantiere stesso sulla vitalità commerciale dell'area servita. Nondimeno, si vuole analizzare il ritorno economico proveniente dall'inaugurazione della tramvia sul periodo 2010-2014.

Altro aspetto analizzato nel lavoro è la possibilità che il cantiere utilizzato per costruire la tramvia possa aver provocato tali e tanti effetti negativi per le imprese in prossimità da accelerarne o addirittura deciderne la chiusura, analizzeremo infatti tramite l'analisi di sopravvivenza se le dinamiche di mortalità nell'area servita dalla tramvia sono diverse rispetto a quelle in altre zone di Firenze e Scandicci.

## 2. Metodologia

### 2.1 Analisi Controfattuale

Generalmente, l'analisi dell'impatto economico delle infrastrutture viene svolta tramite modelli econometrici strutturati (per una tassonomia si veda Oosterhaven e Knapp, 2003). La metodologia controfattuale nella valutazione delle politiche di trasporto pubblico può avere un buon potenziale analitico, ma fino ad ora si è limitata ad alcuni studi, principalmente concentrati sulla valutazione della variazione dei prezzi degli immobili causati da miglioramenti dell'accessibilità dell'area e del trasporto pubblico. Zhang (2006) usa un modello di *difference in differences* per valutare l'impatto del traffico sulla City di Londra, mentre Percoco (2014) valuta l'impatto dell'introduzione dell'area C a Milano con il *regression discontinuity design*, applicata a dati geolocalizzati. Altri studi sugli impatti dovuti a cambiamenti nella mobilità, o nell'accessibilità delle aree urbane possono essere quelli svolti da Karlström et al. (2009) per Stoccolma e da Li et al. (2012) che studia gli impatti del traffico sulla sicurezza stradale a Londra. Il traffico e la mobilità sono state anche studiate in relazione all'impatto sulle attività economiche da Quddus et al. (2007) ma con strumenti econometrici.

Boarnet (2007) ha lavorato sulla relazione tra politiche del trasporto urbano e mercato del lavoro, in termini di accessibilità alle opportunità economiche, usando un approccio controfattuale basato sul *difference in differences*.

Il punto di partenza di questo tipo di analisi è cercare di definire ciò che siamo interessati a valutare, l'impatto della politica pubblica di trasporto. In questo caso è possibile definire l'effetto come differenza fra l'osservazione dopo l'implementazione della politica e cosa avremmo potuto osservare in assenza di intervento. Quindi possiamo dire che l'effetto è una differenza fra un valore vero, che chiameremo  $Y_1$  ed uno ipotetico  $Y_0$ , il valore controfattuale (Rubin, 1974). Quindi

$$\delta Y = Y_1 - Y_0$$

Visto però che non è possibile osservare la variabile  $Y$  in presenza ed in assenza di trattamento sarà necessario imputare il valore controfattuale tramite stime, a partire da altre caratteristiche osservabili della popolazione, e da queste stimare degli effetti medi per il valore non osservato. L'analisi controfattuale può essere svolta sia in un contesto sperimentale che in uno osservazionale, nel primo caso, sono costruiti campioni casuali, con proprietà simili per i gruppi trattati e non trattati. In un contesto osservazionale, è possibile che il soggetto possa scegliere se sottoporsi al trattamento. In questo caso, il nostro campione non è casuale ma affetto da bias, per procedere con i metodi controfattuali ed evitare la presenza di questi bias, è necessario che

non sia violata l'assunzione di trend parallelo SUTVA (Stable Unit Treatment Value Assignment), tramite questa assunzione si sottolinea il concetto che l'intervento su un individuo non deve modificare il comportamento degli altri, mantenendo così l'indipendenza fra le unità in analisi (Rubin, 1980).

Sicuramente questa problematica può essere evitata all'interno di un contesto sperimentale, costruendo campioni con le caratteristiche desiderate per l'analisi controfattuale, ma purtroppo questo non è solitamente il caso delle politiche pubbliche. In questo caso possiamo affermare che il fenomeno ha le caratteristiche di un esperimento naturale: la casualità all'interno del campione è assicurata dal fatto che le imprese non possono scegliere se sottoporsi al trattamento, perché le loro scelte di localizzazione sono indipendenti rispetto alla costruzione di un'infrastruttura come la tramvia. Con questa specificazione possiamo assumere la casualità del campione e non abbiamo bias di campionamento, con caratteristiche uguali in media fra i gruppi. Questo ragionamento rinforza l'analisi controfattuale, e rende il gruppo di controllo maggiormente attendibile.

Nel nostro caso di studio, l'effetto della politica (la costruzione della linea tramviaria) è dato dalla differenza nel fatturato medio fra le attività collocate vicino alla Linea 1 e le imprese delle altre zone di Firenze e Scandicci, che fungono da gruppo di controllo.

Si potrebbe comunque discutere che le imprese non rappresentano un campione casuale. Per correggere questo problema alcune specificazioni sono state costruite per assicurare la comparabilità fra i risultati medi dei gruppi trattati. Procedure statistiche di questo tipo sono il matching, la stratificazione, modelli con pesi o procedure di regressione (Rosenbaum e Rubin, 1984; Heckman et al., 1997; Dehejia e Wahba, 1999; Imbens e Wooldridge, 2009).

La procedura di matching si usa per combinare i risultati di ogni soggetto trattato con i risultati di uno o più soggetti nel gruppo controllo con le stesse caratteristiche osservabili, in questo modo è possibile attribuire la differenza fra i due gruppi solamente all'impatto del trattamento, cioè l'oggetto di studio.

Questo matching in caso di difficoltà nel trovare il match esatto può essere esteso ai casi di "prossimità" nel matching, unendo osservazioni anche non perfettamente simili.

## ***2.2 Analisi di sopravvivenza***

La letteratura riguardante lo studio della sopravvivenza delle imprese è assai varia, ed in particolare focalizzata sulla determinazione dei fattori determinanti per individuare la competitività di un'impresa. Alcuni risultati riguardo la sopravvivenza delle imprese possono essere considerati nozione comune, come affermato da Kaniovski e Peneder, 2008. In particolare, fin dai primi studi sulle imprese statunitensi ad opera di Dunne, Roberts e Samuelson (1988) ed Evans (1987), sono stati individuati effetti collegati alla dimensione dell'impresa, specialmente riguardo il capitale iniziale dell'attività: ad un maggiore capitale iniziale è associata una maggiore probabilità di sopravvivenza (Agarwal, Audretsch, 2001; Eurostat, 2005; Audretsch et al. 2006), indicando la capacità maggiore di un soggetto a reperire capitale proprio o di terzi. Altri effetti legati alla dimensione dell'attività sono evidenziati da Kaniovski e Peneder (2008): una dimensione maggiore dell'impresa è associata a tassi di mortalità più bassi, questo è dovuto alla minore competizione presente tra le imprese più grandi, poiché la necessità di un capitale maggiore funge da barriera all'ingresso per potenziali nuovi entranti nel mercato. Inoltre la dimensione dell'azienda può essere un indicatore per lo sviluppo tecnologico, individuabile come fattore che riduce il rischio di chiusura dell'attività (Velucchi, Viviani, 2007).

Argomento dibattuto nella letteratura è se la longevità di un'impresa abbia effetto sulla sopravvivenza: attività più vecchie tendono ad essere maggiormente resilienti agli shock interni

ed esterni, ed a prevalere nella competizione con i nuovi entranti. Evidenze di ciò sono state trovare in differenti contesti, come dimostrano i lavori di Audretsch (1991) per gli Stati Uniti, Baldwin e Goretzki (1991) per il Canada, e Mata e Portugal (1994) per le imprese manifatturiere portoghesi. Le ragioni di questa maggiore probabilità di sopravvivenza di queste imprese risiedono principalmente nel vantaggio competitivo accumulato nei confronti dei nuovi entranti, inoltre la maggiore longevità permette una diversificazione delle attività che risulta essere determinante nel rispondere efficacemente agli shock (Jovanovic and Gilbert, 1993). Contrariamente a questi risultati, Daepf et al. (2015) trovano che le aziende quotate non risentono di ciò, avendo uguale probabilità di sopravvivenza al variare della dimensione, questo risultato suggerisce che probabilmente l'effetto collegato alla dimensione dell'impresa è limitato alle piccole e medie imprese, mentre le imprese più grandi (e talvolta, quotate in borsa) non ne risentono.

Focalizzando sull'Italia e sulla Toscana, gli stessi effetti che si trovano in letteratura sono confermati dai lavori di Giovannetti, Ricchiuti e Velucchi (2011), e di Velucchi e Viviani (2007), esistono effetti sulla probabilità di sopravvivenza che sono collegati alla dimensione dell'attività, inoltre l'internazionalizzazione dell'attività sembra avere effetti negativi sulla probabilità di sopravvivenza, mentre l'investimento in ricerca e sviluppo tende a far perdurare l'attività.

### 3. Descrizione dei dati

I dati utilizzati nelle analisi successive sono forniti da fonti amministrative, essi sono riferiti a tre aspetti principali:

- La localizzazione del cantiere e dell'infrastruttura
- La localizzazione delle imprese nei comuni di Firenze e Scandicci
- I fatturati annuali delle imprese studiate, ed il numero di addetti

Per spiegare la costruzione del modello può essere utile dare qualche informazione aggiuntiva riguardo la costruzione della tramvia fiorentina. I lavori per la costruzione dell'infrastruttura sono cominciati a Dicembre 2005 con il rifacimento dei sottoservizi, la posa dei binari risale al 2007 mentre l'inaugurazione del servizio è invece data Febbraio 2010, con una durata di 50 mesi per la costruzione.

Il dataset contiene dati dal 2004 al 2014, poiché prima del 2004 non era possibile ottenere la localizzazione delle unità locali, ed al momento della redazione di questo elaborato non erano ottenibili dati fiscali per i fatturati delle imprese dopo il 2014. Possiamo quindi dividere il periodo in 3 sottoperiodi:

- 2004-2006: periodo pre-costruzione, assenza di effetti
- 2006-2010: costruzione della tramvia, possibili effetti negativi
- 2010-2014: tramvia in funzione, possibili effetti positivi

Le fonti utilizzate in questo studio sono:

- Per la localizzazione delle unità locali: il registro delle unità locali ASIA, sviluppato dall'ISTAT, che unisce la ricerca sulle medie e grandi imprese (IULGI) alle fonti amministrative per avere informazioni sulle piccole imprese. I dati sono georeferenziati, e per questa analisi sono stati impiegati solo quelli dei comuni di Firenze e Scandicci.
- I dati del fatturato provengono dall'archivio fiscale delle attività economiche toscane.
- Per la geolocalizzazione della tramvia nel tempo è stato utilizzato il tracciato attuale, in quanto sia per la breve lunghezza del tracciato (7.6 km) sia per l'assenza di una cronotabella

dei lavori siamo costretti a considerare tutte le zone come interessate dal cantiere durante il periodo di costruzione.

L'intero dataset è costituito da tutte le unità locali attive nel periodo 2004-2014, includendo anche le attività che hanno cessato l'attività, e le nuove aperture, ottenendo un dataset da circa 55.000 osservazioni. Le osservazioni mancanti sono state così trattate:

- Le imprese che hanno cessato l'attività, o quelle che non erano ancora presenti sul mercato hanno avuto assegnato valore 0
- Per le attività per cui era mancante un valore centrale è stato utilizzato il valore medio del periodo di riferimento per la stessa unità di analisi.
- Le attività locali con localizzazione ma senza dati sul fatturato sono state escluse dall'analisi, con una perdita di 600 osservazioni

#### 4. Il modello per l'analisi controfattuale

Il modello scelto per questa analisi è l'approccio Difference in Differences, introdotto da Ashenfelter e Card (1985), molto diffuso nell'analisi delle politiche. Per identificare questo modello dobbiamo specificare almeno due gruppi, distinguendo fra gruppo trattato e gruppo dei controlli, questi gruppi devono essere osservati per almeno 2 periodi, con questa costruzione è possibile isolare e identificare l'effetto della politica in oggetto. Il modello base può essere rappresentato come:

$$y = \beta_0 + \beta_1 dB + \delta_0 dT + \delta_1 dBdT + u.$$

Dove  $Y$  è la nostra variabile di output,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\delta_0$  sono i coefficienti per gli effetti fissi della costante, la variabile binaria per il trattamento  $dB$ , e la variabile dummy per il tempo  $dT$ , oltre al termine di errore  $u$ .  $\delta_1$  è il coefficiente che rappresenta l'impatto della politica pubblica che vogliamo valutare, riferito dalla variabile d'interazione  $dB*dT$  che prende valore 1 per le osservazioni del soggetto trattato nel periodo del trattamento. La stima *difference in differences* è definita quindi come:

$$\delta_1 = (y_{B,2} - y_{B,1}) - (y_{T,2} - y_{T,1})$$

Dove  $\delta_1$  è definita come la differenza nella variabile output fra i due gruppi, e fra i due periodi. Nel nostro caso l'intervento è la costruzione della tramvia, intesa come politica pubblica, con i suoi aspetti positivi e negativi. Per ogni modello sono stati identificati due effetti:

- Effetto negativo del cantiere: ottenuto confrontando le performance fra il fatturato per addetto nel periodo pre-trattamento e durante la costruzione.
- Effetto positivo della tramvia: ottenuto con il confronto della stessa misura prima e dopo la costruzione.

Come affermato da Imbens e Wooldridge (2009), è possibile migliorare e realizzare un'analisi più robusta e convincente della politica con una migliore specificazione dei gruppi. Può capitare che si debba affrontare situazioni nelle quali alcune classi sono più sensibili alla politica implementata, e che queste differenze debbano essere calcolate nelle valutazioni delle policy. Nello specifico, è possibile introdurre un'aggiuntiva binaria per il trattamento che tenga conto di particolari caratteristiche del pool dei trattati, il modello così sviluppato prende il nome di *difference in difference in differences* (DDD da qui in poi) e sembra essere particolarmente utile nel nostro caso: vista la differenza che intercorre fra le caratteristiche di Firenze e Scandicci

potrebbe essere interessante specificare l'appartenenza di ogni impresa ad ognuno dei due comuni. Questo ci permette inoltre di specificare l'effetto della tramvia per entrambi i territori, per controllare se l'impatto è stato il medesimo, o si sono sviluppati effetti di competizione fra i territori. Aggiungendo questa caratteristica il modello risultante è:

$$y = \beta_0 + \beta_1 dB + \beta_2 dC + \beta_3 dBdC + \delta_0 dT + \delta_1 dBdT + \delta_2 dTdC + \delta_3 dTdCdB + u.$$

Dove il coefficiente che misura l'impatto della politica è  $\delta_3$ , che misura l'impatto della tramvia, nei comuni. Rispetto al modello precedente, è stato aggiunto l'effetto fisso per il comune. L'impatto della politica, similmente a prima, può essere riscritto come:

$$\delta_3 = (y_{B,C,2} - y_{B,C,1}) - (y_{T,C,1} - y_{T,C,2}) - (y_{B,nC,2} - y_{B,nC,1})$$

## 5. Analisi controfattuale per l'impatto della tramvia sulle unità locali

In questa sezione analizzeremo l'impatto della linea 1 della tramvia fiorentina sui fatturati per addetto delle imprese prospicienti all'infrastruttura.

La prima ipotesi che vogliamo verificare è la riduzione dei fatturati dovuta a cambiamenti nella mobilità e problematiche legate al traffico veicolare durante il periodo dei lavori. D'altro canto vorremmo anche verificare l'ipotetico impatto positivo che la tramvia dovrebbe portare alle attività commerciali dalla sua attivazione, migliorando la qualità del trasporto pubblico, e di conseguenza ridurre il traffico, con un effetto diretto sull'accessibilità dell'area, e possibilmente migliorando la produttività delle imprese coinvolte.

La seconda ipotesi che intendiamo verificare è se la costruzione dell'infrastruttura ha generato esternalità positive o negative alle imprese collocate nelle prossimità della struttura: è possibile che la riduzione dell'accessibilità per le imprese immediatamente collocate sul cantiere abbia provocato un movimento degli utenti verso quelle attività più facilmente raggiungibili, generando un effetto sostituzione. Per identificare gli effetti diretti e le esternalità sono state utilizzate due diverse distanze di buffer:

- Imprese collocate entro 100 metri dallo scavo della tramvia: queste imprese sono quelle che teoricamente avranno la peggiore performance durante il periodo di costruzione, e i maggiori vantaggi dall'inizio dell'attività della tramvia.
- Imprese collocate tra 100 e 250 metri dallo scavo: l'effetto per queste imprese è più incerto, perché potrebbero aver beneficiato nel periodo di costruzione del suddetto effetto di sostituzione, mentre nel secondo periodo l'effetto è totalmente incerto: esse potrebbero aver beneficiato della maggiore accessibilità del quartiere, come pure potrebbero perdere quei clienti che avevano ottenuto via sostituzione nel periodo precedente.

La terza ipotesi da testare riguarda le attività economiche collocate in comuni diversi: le imprese collocate nel comune di Scandicci hanno ottenuto benefit dall'essere maggiormente collegate al centro dell'area metropolitana, oppure hanno subito una maggiore concorrenza dovuta a ciò, perdendo la quota di clienti residenti?

Per evitare confusione e specificazioni errate, solo le imprese monolocalizzate sono state selezionate nell'analisi: questo è dovuto sia alla disponibilità dei dati (non esistono fatturati distinti per unità locali) sia per la natura stessa dell'intervento, che è più propenso a dare effetti sulle piccole imprese e meno sulle multilocalizzate, che tendenzialmente sono più resistenti a questo tipo di interventi. Per fare questa selezione abbiamo selezionato solo le unità locali nelle quali il numero degli addetti corrisponde col numero degli addetti dell'impresa.

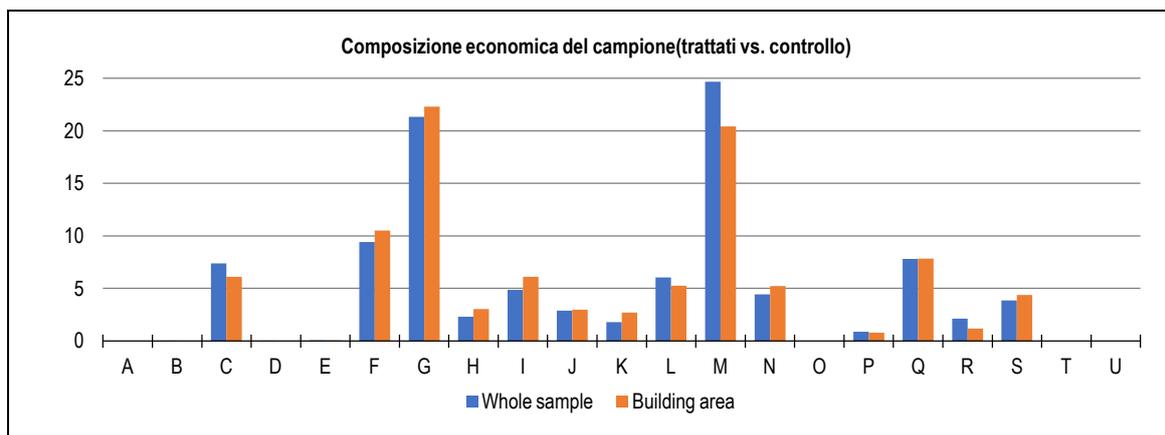
Le frequenze per il numero di imprese posizionate nei diversi buffer e comuni sono riportate di seguito:

Tabella 1  
NUMEROSITÀ CAMPIONARIA

	Firenze	Scandicci	Totale
0-100 metri	810	83	893
100-250 metri	1.758	310	2.068
Others	47.584	4.304	51.888
Total	50.152	4.697	54.849

Usando la classificazione ATECO, è possibile calcolare le frequenze del numero di attività economiche per tipologia: si nota che la classe maggiormente rappresentata (M) è quella dei liberi professionisti, con circa 14000 osservazioni, a seguire si trovano le attività commerciali, all'ingrosso e al dettaglio. Questi due settori rappresentano insieme il 45% del totale delle attività economiche presenti sul territorio considerato. Confrontando il gruppo trattato e quello controllo si vede come non emergano differenze significative nella composizione economica dei due gruppi, l'analisi controfattuale è quindi possibile.

Grafico 1  
LA SUDDIVISIONE DEI CAMPIONI PER CLASSI DI ATTIVITÀ



L'implementazione del Difference in Differences può essere seriamente danneggiata da problemi di autocorrelazione. Una soluzione data da Bertrand (2002) è di clusterizzare i dati sull'unità di analisi, riducendo così la possibilità di errore. Oltre a ciò utilizziamo il logaritmo del fatturato per addetto come variabile dipendente, per ridurre l'eteroschedasticità.

### 5.1 *Esperimento naturale*

Le imprese nel nostro campione non decidono se fare parte o meno dell'area di cattura della tramvia, le loro scelte sono assunte come indipendenti dal trattamento. Possiamo quindi considerare questo campione come random, mettendosi nelle condizioni di un esperimento naturale.

- **BASELINE MODEL (APPROCCIO DD)**

La variabile risultato è il logaritmo del fatturato per addetto nei 3 periodi specificati, le altre variabili usate nell'analisi sono:

- 1 fascia: variabile binaria per identificare le imprese entro 100 metri dallo scavo
- 2 fascia: variabile binaria che identifica le imprese fra 100 e 250 metri dallo scavo
- 1 fascia trattata e 2 fascia trattata: sono le variabili di interazione fra la dummy che identifica la localizzazione e quella che identifica i periodi di trattamento, il coefficiente di questa variabile è quello che ci indica l'effetto del trattamento.

Nell'analisi sono stati utilizzati standard error robusti per evitare l'eteroschedasticità. I valori di R-quadro, Log-likelihood e la statistica di Fisher sono stati aggiunti per completezza.

### Impatto negativo del cantiere

In questo modello sono state utilizzati i fatturati delle imprese prima del periodo di costruzione e confrontati con quelli con il cantiere attivo. Ci aspettiamo un impatto negativo per le imprese più vicine, con un possibile effetto positivo di sostituzione per le imprese nella 2 fascia.

Tabella 2  
RISULTATI PER IL BASELINE MODEL

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value
const	6.840	0.020	335.002	<0.0001 ***
1 fascia	0.346	0.157	2.206	0.027 **
2 fascia	-0.300	0.104	-2.881	0.004 ***
time	1.440	0.029	49.859	<0.0001 ***
1 fascia trattata	-0.031	0.222	-0.140	0.888
2 fascia trattata	0.208	0.147	1.410	0.159
R-squared	0.024		Log-likelihood	-324253.0
F(5, 109690)	534.599		P-value	0

Da questi risultati è possibile notare un effetto negativo per le imprese nelle immediate vicinanze del cantiere, comunque non significativo. Si innesca invece un effetto positivo per le imprese collocate nella banda che va dai 100 ai 250 metri oltre il cantiere, anche se tuttavia anche questo effetto non risulta significativo, questo risultato ci suggerisce in effetti la possibilità di un effetto di sostituzione del negozio per i clienti, che tendono a preferire le attività maggiormente accessibili.

### Impatto positivo della tramvia

In questo modello invece confrontiamo quelli che sono i fatturato nel periodo precedente all'intervento, con quelli che sono i fatturati dopo il 2010, con la tramvia in azione, la nostra ipotesi è che in questo confronto emerga, con qualche tipo di rilevanza l'effetto positivo dovuto alla costruzione della nuova infrastruttura. La valutazione della differenza fra prima e dopo i lavori ci mostra un generale effetto positivo per le imprese che sono collocate sul cantiere della tramvia, con un segno positivo del coefficiente in entrambi i casi, la significatività ed il valore assoluto del secondo coefficiente invece sottolineano l'effetto significativo sulla seconda fascia di attività, fra i 100 e i 250 metri che sembrano aver beneficiato maggiormente dalla nuova infrastruttura.

Tabella 3  
RISULTATI PER IL BASELINE MODEL – CONFRONTO PRIMA E DOPO I LAVORI

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value	
const	6.840	0.022	308.675	<0.0001	***
1 fascia	0.346	0.170	2.043	0.041	**
2 fascia	-0.300	0.115	-2.613	0.009	***
time	0.003	0.031	0.112	0.911	
1 fascia trattata	0.071	0.237	0.301	0.764	
2 fascia trattata	0.394	0.159	2.479	0.013	**
R-squared	0.021		Log-likelihood	-332063.4	
F(5, 109690)	3.730		P-value	0.002	

• **MODELLO ESTESO (APPROCCIO DDD)**

Come già affermato nella precedente parte metodologica, è possibile ottenere risultati maggiormente rifiniti aggiungendo una specificazione ulteriore, basata sul comune di appartenenza di ogni impresa, così facendo una variabile binaria ad effetto fisso è stata aggiunta alle variabili, e di conseguenza tutti i termini di interazione. Queste variabili sono:

- Comune: la variabile binaria con 0 per le imprese fiorentine e 1 per quelle di Scandicci
- Comune, prima e seconda fascia: le variabili di interazione fra l'effetto di localizzazione ed il comune
- Comune-tempo: l'interazione fra queste due variabili
- Comune, prima e seconda fascia trattata: le variabili di interazione di nostro interesse

**Impatto negativo del cantiere**

Tabella 4  
RISULTATI PER IL MODELLO ESTESO – CONFRONTO PRIMA E DURANTE I LAVORI

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value	
const	6.813	0.023	294.128	<0.0001	***
1 fascia	0.396	0.178	2.226	0.026	**
2 fascia	-0.355	0.125	-2.838	0.005	***
comune	0.318	0.079	4.004	<0.0001	***
time	1.433	0.030	47.452	<0.0001	***
1 fascia trattata	-0.062	0.231	-0.271	0.786	
2 fascia trattata	0.226	0.163	1.383	0.167	
1 fascia comune	-0.569	0.582	-0.977	0.329	
2 fascia comune	0.227	0.317	0.717	0.473	
1 fascia trattata comune	0.335	0.748	0.448	0.654	
2 fascia trattata comune	-0.154	0.404	-0.380	0.704	
Commune_tempo	0.079	0.102	0.775	0.439	
R-squared	0.024		Log-likelihood	-324225.6	
F(11, 109684)	249.215		P-value	0.000	

Guardando a questi risultati si vede come l'impatto per la variabile trattata sia simile al modello di base, e similmente a prima i coefficienti per gli effetti non sono significativi al 10%. L'interazione fra la variabile di trattamento e il comune non sembra essere significativa, comunque si sottolinea l'effetto opposto della tramvia per le imprese di Scandicci: positivo per quelle collocate vicino al cantiere, e negativo per quelle appena più distanti. L'effetto fisso per il comune è significativo, le imprese collocate nel comune di Scandicci sembrano tendenzialmente avere un fatturato medio più alto di quelle fiorentine.

## Impatto positivo della tramvia

Tabella 5  
RISULTATI PER IL MODELLO ESTESO – CONFRONTO PRIMA E DOPO I LAVORI

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value
Const	6.813	0.023	294.128	<0.0001 ***
1 fascia	0.396	0.178	2.226	0.026 **
2 fascia	-0.355	0.125	-2.839	0.005 ***
comune	0.318	0.079	4.004	<0.0001 ***
Time	-0.042	0.032	-1.306	0.191
1 fascia trattata	0.132	0.249	0.529	0.597
2 fascia trattata	0.510	0.173	2.946	0.003 ***
1 fascia comune	-0.568	0.582	-0.977	0.329
2 fascia comune	0.227	0.317	0.717	0.473
1 fascia trattata comune	-0.701	0.820	-0.855	0.393
2 fascia trattata comune	-1.004	0.442	-2.274	0.023 **
Commune_tempo	0.543	0.109	4.981	<0.0001 ***
R-squared	0.020		Log-likelihood	-331993.6
F(11, 109684)	15.57609		P-value	6.65E-31

I risultati del modello esteso confermano quanto ottenuto nello stesso periodo con il modello di base: è presente un effetto positivo per le imprese trattate, ed è significativo per le imprese nella seconda fascia. Le interazioni fra le variabili del comune e del trattamento risultano interessanti: le imprese di Scandicci sembrano soffrire maggiormente la tramvia rispetto che le imprese di Firenze, con contrazioni nel fatturato medio delle imprese: probabilmente il miglioramento nella obilità integrata della città metropolitana ha provocato un effetto di polarizzazione, spostando i possibili clienti da Scandicci a Firenze, che per sua natura, e per economie di agglomerazione, potrebbe risultare più attraente, sottraendo clienti, e fatturati, alle imprese di Scandicci.

### 5.2 ATECO matching

L'assunzione di base del nostro lavoro era la comparabilità fra il gruppo trattato ed il gruppo controllo, per migliorare la nostra valutazione, seguendo Heckman, Ichimura and Todd, (1997) abbiamo deciso di affinare il nostro dataset usando un procedimento di matching statistico. Utilizzando i codici ATECO per i settori di attività, raffiniamo il gruppo dei controlli tenendo solamente quelle attività che compaiono nel gruppo dei trattati.

Di seguito sono riportati i risultati della stima del modello esteso, con la specificazione sul matching in base al codice ATECO, dopo quest'intervento, il numero del campione si è ridotto da circa 55000 unità a 50012 unità locali. Visto che la riduzione del campione è piuttosto piccola, ci aspettiamo risultati in linea con quelli già trovati.

I risultati di quest'analisi risultano essere molto simili ai precedenti, per via della limitata riduzione del campione, comunque questi risultati ci servono anche a rafforzare i risultati precedenti, evitando problemi di specificazione errata nella composizione dei gruppi trattati e controllo. Come prima risulta che le imprese di Scandicci hanno migliori performance nel periodo di costruzione della tramvia, probabilmente perché l'area di Scandicci presenta una struttura urbana più adatta a sopportare la *congestion charge* dovuta ai lavori.

## Impatto negativo della tramvia – matching ATECO

Tabella 6  
RISULTATI PER IL MODELLO ESTESO – CONFRONTO PRIMA E DURANTE I LAVORI, con matching ATECO

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value
Const	6.812	0.024	289.566	<0.0001 ***
Time	1.422	0.031	46.341	<.0001 ***
0-100	0.397	0.178	2.229	0.026 **
100-250	-0.354	0.125	-2.833	0.005 ***
municipality	0.260	0.082	3.189	0.001 ***
Treated 0-100	-0.051	0.232	-0.222	0.824
Treated 100-250	0.237	0.163	1.451	0.147
municipality 0-100	-0.5109	0.583	-0.877	0.381
Municipality100-250	0.285	0.317	0.898	0.369
municipality treated0-100	0.306	0.748	0.409	0.683
municipality treated100-250	-0.184	0.405	-0.453	0.651
municipality-time	0.109	0.105	1.037	0.300
R-squared	0.024		Log-likelihood	-312977.4
F(11, 105944)	237.788		P-value(F)	0,000000

## Positive impact of tramway (with ATECO matching)

Tabella 7  
RISULTATI PER IL MODELLO ESTESO – CONFRONTO PRIMA E DOPO I LAVORI, con matching ATECO

	Coefficient	S.E	t-ratio	p-value
const	6.812	0.024	289.566	<0.0001 ***
time	-0.061	0.033	-1,860	0.063 *
0-100	0.397	0.178	2.229	0.026 **
100-250	-0.355	0.125	-2.833	0.005 ***
Treated 0-100	0.151	0.249	0.605	0.545
Treated 100-250	0.529	0.173	3.054	0.002 ***
municipality	0.260	0.082	3.189	0.001 ***
municipality-time	0.533	0.112	4.758	<0.0001 ***
Municipality100-250	0.285	0.317	0.898	0.369
municipality 0-100	-0.510	0.583	-0.876	0.381
municipality treated0-100	-0.691	0.820	-0.843	0.399
municipality treated100-250	-0.994	0.442	-2.249	0.025 **
R-squared	0.020		Log-likelihood	-320536.4
F(11, 105944)	1266896.0		P-value(F)	2,29e-24

Anche nel confronto fra risultati prima dei lavori e dopo l'inaugurazione della tramvia possiamo osservare gli stessi risultati visti in precedenza. In generale vediamo un effetto positivo per le imprese, ma le imprese fiorentine sembrano beneficiarne maggiormente rispetto a quelle collocate a Scandicci. I risultati negativi collegati alla presenza del cantiere, non sembrano essere consistenti, almeno sul fatturato delle imprese, sicuramente è presente un lieve impatto negativo per le imprese più vicine al cantiere, ma non risulta statisticamente significativo, un'externalità positiva invece è presente per le imprese collocate fra 100 e 250 metri rispetto alla tramvia.

## 6. Analisi di sopravvivenza

La prima parte dei risultati è realizzata utilizzando uno stimatore di Kaplan Meier per individuare le curve di sopravvivenza. L'utilizzo di quest'analisi in via preliminare è stato utilizzato per evidenziare possibili differenze presenti nelle funzioni di sopravvivenza dei diversi campioni, divisi in base a comune di appartenenza, longevità, dimensione dell'impresa.

Lo stimatore di Kaplan Meier di massima verisimiglianza stima la probabilità di sopravvivenza oltre un tempo  $t$ , e può essere espresso dalla formula

$$S_t = \prod_{t_i \leq t} \left[ 1 - \frac{d_i}{n_i} \right]$$

Dove  $t_i$  è la durata dello studio al momento  $i$ ,  $d_i$  è il numero di eventi occorsi fino al momento  $i$ , e  $n_i$  è il numero degli individui a rischio subito prima di  $t_i$ . Quindi lo stimatore  $S_t$  rappresenta la probabilità che un individuo sopravviva fino alla fine del periodo  $i$ , basandosi sulla condizione che esso era presente all'inizio dell'intervallo temporale  $i$ .

Il modello utilizzato nella seconda parte del lavoro è la regressione di Cox: con questo tipo di strumento si individua immediatamente l'impatto e la significatività delle covariate sulla probabilità di sopravvivenza di un'impresa, inoltre non sono necessarie particolari assunzioni riguardo le covariate utilizzate, se non l'assunzione di indipendenza dal tempo. La formula del modello di Cox può essere espressa come:

$$\lambda(t|X_i) = \lambda_0(t) \exp(\beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip}) = \lambda_0(t) \exp(\beta_i X_i)$$

Dove  $\lambda(t|X_i)$  esprime la probabilità di sopravvivenza, in funzione delle covariate  $X_i$  della unità di analisi,  $i$ . In quest'analisi a coefficienti negativi corrisponde una probabilità inferiore che l'evento accada, nel nostro caso, il fallimento dell'attività o la chiusura dell'unità locale.

I dati utilizzati sono stati acquisiti dal dataset di ASIA Unità locali per le informazioni relative alla localizzazione, al fatturato ed al numero di addetti di ciascuna unità locale, mentre la data di cessazione dell'attività è stata ottenuta dal dataset ASIA Imprese. Il set di osservazioni riguarda il pool di unità locali presenti all'inizio dell'analisi del lavoro, nel 2004, per un totale di 45952 osservazioni. Per queste unità locali è nota la localizzazione, quindi, come nella DD analysis, ho creato due dummy per le due fasce di buffer attorno alla tramvia. Inoltre ho mantenuto la dummy che indica il comune, per vedere se ci sono effetti di sopravvivenza correlati alla localizzazione in comuni differenti. Inoltre ho aggiunto una variabile per misurare la grandezza dell'impresa (per numero di addetti) ed una variabile per misurare la longevità dell'impresa al 1/1/2004, contando i giorni di vita dell'impresa prima di tale data, supponendo che le imprese più grandi abbiano meno propensione a chiudere. Il giorno della chiusura per ogni impresa è stato ricavato da ASIA imprese, questo dato è disponibile per circa 37000 unità. Le rimanenti, per le quali non era presente la data di chiusura, sono state considerate fallite quando non erano presenti in Asia imprese degli anni successivi. In questo caso, il giorno di chiusura è stato assegnato in maniera randomica all'interno dell'anno nel quale sono state ritenute fallite.

### **6.1 Risultati Analisi di Sopravvivenza**

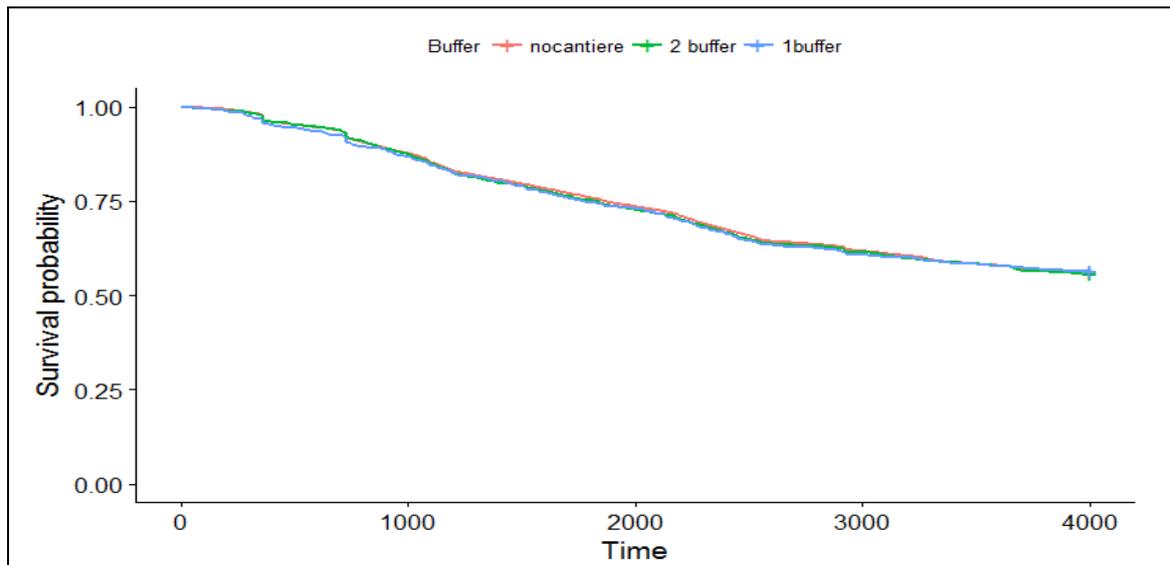
Questa analisi preliminare è stata fatta con le curve di Kaplan Meier per evidenziare dinamiche di sopravvivenza diverse all'interno dei sottogruppi nei quali è possibile dividere il nostro dataset. In particolare la nostra analisi si concentra maggiormente sul verificare la presenza di differenze fra imprese che hanno subito l'impatto del cantiere e imprese che non ne sono state influenzate, suddividendo ulteriormente a seconda dell'appartenenza al comune di Firenze o Scandicci. Questa ulteriore suddivisione è generata dal fatto che è possibile che si possa aver avuto effetti diversi a seconda del comune, principalmente per via della presenza di economie da agglomerazione sul territorio fiorentino.

- *KM curve*

#### Aree di cantiere

La curva di Kaplan Meier, che rappresenta la proporzione di imprese che falliscono nel tempo, non mostra particolari differenze fra l'area non interessata dai lavori, ed i due buffer di controllo. L'analisi preliminare su questo strumento suggerisce che non ci siano stati effetti sulla chiusura delle imprese provocati dal cantiere della linea 1. Può risultare interessante approfondire l'analisi, investigando sugli effetti comunali collegati.

Figura 1  
CURVE DI KAPLAN MEIER



#### Interazione comune-cantiere

Combinando le dummy del cantiere con le dummy comunali, si trovano risultati interessanti: Se l'effetto del cantiere sulla sopravvivenza delle imprese non risulta marcato nel comune di Firenze, alcune differenze si possono vedere per Scandicci. Le imprese più vicine al tracciato della tramvia (0-100 metri, linea fucsia) risultano avere un tasso di sopravvivenza più basso rispetto agli altri gruppi. Inoltre le imprese di Scandicci del secondo buffer (100-250 metri, linea blu) risultano al contrario avere un tasso di sopravvivenza più alto rispetto al normale. Le altre imprese scandicciene non interessate dal cantiere invece mostrano un comportamento in media con quello delle altre imprese fiorentine.

Considerando anche gli intervalli di confidenza al 95% si vede che le imprese di Scandicci che hanno un comportamento "outlier" hanno anche grande variabilità, e la loro probabilità di sopravvivenza non risulta distinguibile dagli altri gruppi di imprese, anche se risultano esserci differenze fra le curve di sopravvivenza delle imprese scandicciene nel primo e nel secondo buffer. Probabilmente questa variabilità negli intervalli di confidenza è data dal ridotto numero di imprese presenti nel subset, circa 350, a fronte di 45000 imprese presenti nel campione totale. Ci sono quindi indizi che non ci siano stati effetti provocati dal cantiere per il comune di Firenze. Effetti, sia positivi che negativi, sono invece presenti nel comune di Scandicci.

Figura 2  
 CURVE DI KAPLAN MEIER – DIVISIONE PER COMUNE

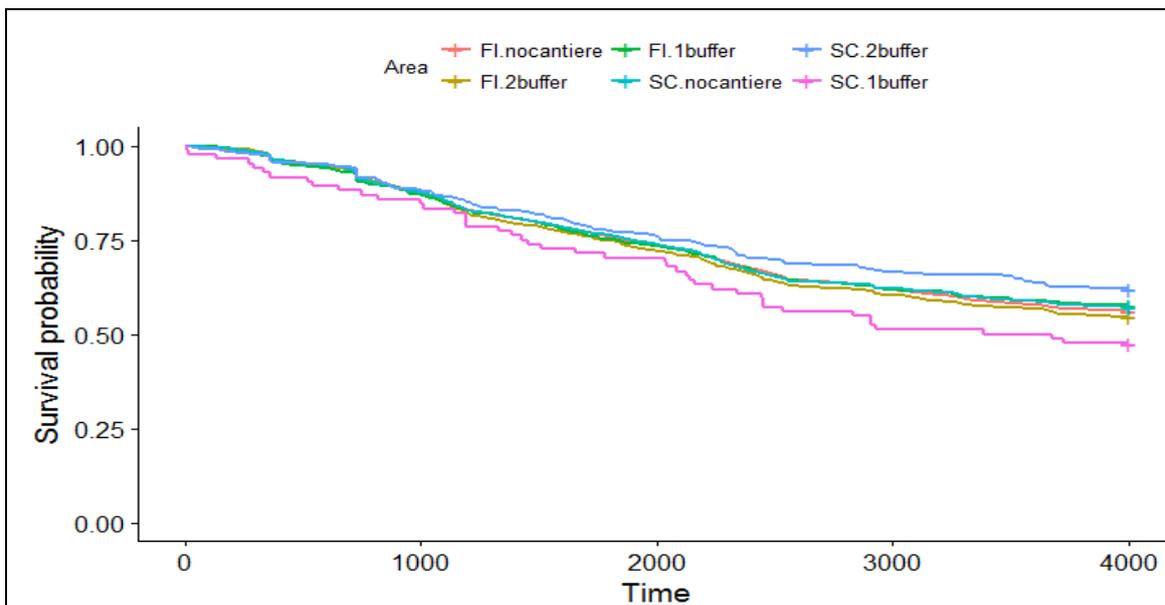
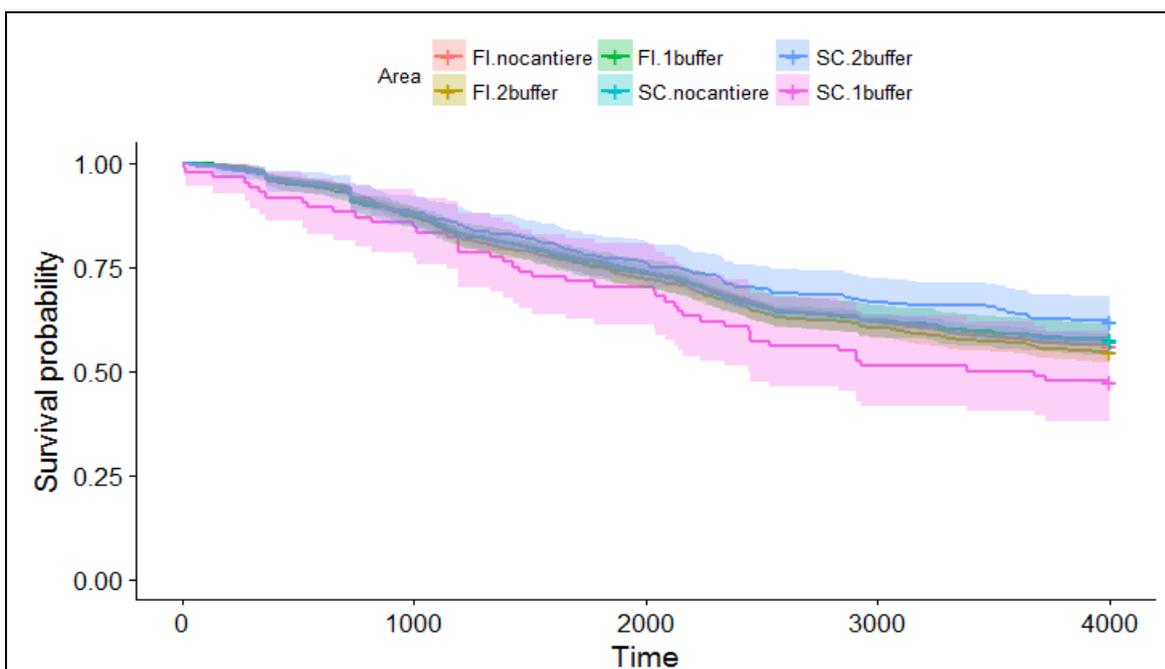


Figura 3  
 CURVE DI KAPLAN MEIER – SUDDIVISIONE PER COMUNE E INTERVALLI DI CONFIDENZA



- *Cox regression*

L'analisi con la Cox regression è votata a cercare e verificare relazioni fra la probabilità per le imprese di fallire, e le covariate (presenza del cantiere, comune, grandezza dell'azienda e longevità all'inizio dello studio). Sono stati stimati diversi modelli:

- Modello totale, con tutte le osservazioni e le covariate
- Modello comunale, con i dataset divisi per comune
- Modello limitato alle zone presenti sul cantiere

### Modello totale

Tabella 8  
RISULTATI PER LA REGRESSIONE DI COX – MODELLO COMPLETO

	coef	se(coef)	z	Pr(> z )
1 fascia	0,0372	0,56	0,596	0,551
2 fascia	0,0231	0,359	0,644	0,52
comune	-0,00467	0,0249	-0,187	0,851
Numero di addetti	-0,047	0,00288	-16,56	<2e-16 ***
longevità	-2,35*10 <sup>-5</sup>	2,05*10 <sup>-6</sup>	-11,533	<2e-16 ***

Dall'analisi sul campione totale non sono evidenti correlazioni fra la presenza del cantiere della tramvia e la probabilità di fallire per un'impresa. I coefficienti delle dummy che rappresentano l'area interessata dai lavori sono positivi, mostrando quindi un aumento del rischio connesso alla presenza del cantiere, che comunque non risultano significative. La variabile comunale non sembra avere effetti rilevanti in media, mentre le variabili legate a dimensione ed età dell'impresa sono significative all'1%: le imprese più longeve e ampie, essendo business più stabili hanno minore tendenza al fallimento, come potevamo attenderci.

### Modello comunale

L'espansione del modello precedente risiede nella Cox regression divisa a seconda dei comuni di riferimento. I dataset sono stati divisi per vedere se sono presenti relazioni ed effetti che differiscono a seconda del comune; questa ipotesi è suggerita dallo studio delle curve di Kaplan Meier. Dalla tabella sottostante si può vedere che longevità e numero di addetti sono ancora significativi e coerenti con i risultati precedenti. La dummy di localizzazione per il primo buffer è significativa al 10% per il modello di Scandicci, mentre non risulta significativa per Firenze; in entrambi i casi comunque la probabilità di fallire risulta aumentata nella zona. Per la seconda variabile buffer (significativa al 10% per Firenze e al 5% per Scandicci) si osservano due effetti differenti: le imprese collocate fiorentine locate tra 100 e 250 metri rispetto alla tramvia seguono il comportamento di quelle collocate entro 100 metri, mentre le imprese scandicciane collocate nel secondo buffer risultano essere meno inclini a fallire, rispetto alle controparti. Come osservato precedentemente, la probabilità di fallire più alta si osserva per le imprese scandicciane entro 100 metri dalla tramvia, mentre la probabilità più bassa si riscontra per il buffer adiacente, questo risultato può essere spiegato dalla redistribuzione degli utenti che le attività collocate sulla tramvia hanno osservato per via della riduzione di accessibilità dovuta ai cantieri.

Tabella 9  
RISULTATI PER LA REGRESSIONE DI COX – MODELLO COMUNALE

		coef	se(coef)	z	Pr(> z )
<b>Firenze</b>	1 fascia	0,00316	0,0609	0,052	0,9586
	2 fascia	0,0647	0,0385	1,68	0,0929 .
	longevità	-2,42*10 <sup>-5</sup>	2,15*10 <sup>-6</sup>	-11,263	<2e-16 ***
	Numero addetti	0,0548	0,00321	-15,864	<2e-16 ***
<b>Scandicci</b>	1 fascia	0,261	0,153	1,708	0,0877 .
	2 fascia	-0,198	0,0991	-1,998	0,0457 *
	longevità	-1,76*10 <sup>-5</sup>	7,01*10 <sup>-6</sup>	-2,514	0,0119 *
	Numero addetti	-0,0343	0,00649	-5,278	3,10E-08 ***

### Modello limitato al cantiere

L'ultima analisi sulla cox regression riguarda le aree di entrambi i comuni sottoposte al cantiere. In questo modello si considera come base l'area compresa entro i 100 metri, e si usa solo la dummy 100-250 metri per evitare singolarità nella regressione.

Tabella 10  
RISULTATI PER LA REGRESSIONE DI COX – MODELLO LIMITATO AL CANTIERE

	coef	se(coef)	z	Pr(> z )
Numero addetti	-0.0657	0.0126	-5.21	1.91E-07 ***
2 fascia	-0.00530	0.0664	-0.08	0.9364
comune	-0.141	0.0873	-1.61	0.1076
longevità	-2.08*10 <sup>-5</sup>	8.74*10 <sup>-6</sup>	-2.38	0.0171 *

Ancora una volta il numero degli addetti e la longevità dell'impresa risultano essere fattori importanti per determinarne la resistenza ad eventi esterni. La localizzazione nella seconda banda mostra un coefficiente minore di zero, sottolineando che è soprattutto la prima fascia a subire l'effetto negativo del cantiere, comunque questo coefficiente non risulta significativo. La variabile comunale non è significativa al 10%, comunque visto il suo p-value non elevato, è possibile che siano presenti differenze nella risposta al cantiere fra i due comuni, come sottolineato anche dalle analisi precedenti.

## 7. Conclusioni

La costruzione di una nuova tramvia ha solitamente un impatto positivo per l'area servita, con questo studio abbiamo cercato di approfondire i risultati classici analizzando l'impatto del periodo di costruzione e del primo periodo operativo della linea 1 della tramvia di Firenze. In particolare la nostra analisi focalizza su l'impatto sui fatturati delle imprese che si trovavano posizionate vicino al cantiere. Abbiamo scelto un approccio di tipo controfattuale, con un modello *difference in differences* per evidenziare le differenze fra le performance delle imprese collocate vicino e lontano dalla tramvia, inoltre abbiamo considerato il diverso comune di appartenenza per ogni unità locale, per ottenere risultati più precisi, ed evidenziare possibili pattern diversi fra le due città.

I risultati dell'analisi controfattuale mostrano alcuni effetti causati dalla tramvia:

- Per il periodo di costruzione, le imprese molto vicine al cantiere vedono i loro fatturati ridursi, per i disagi nella mobilità e nell'accessibilità. D'altro canto, le imprese nella seconda fascia guadagnano clienti che si muovono verso aree maggiormente accessibili.
- Dopo l'inaugurazione della tramvia, è presente un impatto positivo per le imprese che sono collocate nell'area della tramvia, è ragionevole pensare che questo sia un impatto dovuto al miglioramento della fruibilità della zona. Questo non è ovunque vero, le imprese di Scandicci infatti soffrono dall'avviamento delle attività della Linea 1 poiché sembra che perdano clienti a favore delle imprese collocate a Firenze, specialmente in centro storico: siamo di fronte ad un effetto nel quale effettivamente la periferia è stata avvicinata al centro città, ma a scapito del primo, che di fatto ha perso la quota di mercato vicinale, provocando così una riduzione dei fatturati.
- I risultati sono stati confermati anche tramite l'affinamento del campione attraverso l'analisi dei codici ATECO. E' ancora presente l'effetto di sostituzione per le imprese collocate nel secondo buffer e l'effetto positivo che avevamo visto per le imprese fiorentine a discapito di quelle di Scandicci. Questi risultati ci suggeriscono che in questi tipi di interventi non è

sufficiente controllare l'impatto diretto della policy o dell'infrastruttura, ma è cruciale controllare anche per quelli che possono essere i possibili effetti secondari, in questo caso maggiori degli effetti diretti.

Per quanto riguarda invece l'analisi di sopravvivenza abbiamo controllato se esistessero dinamiche differenti per quanto riguarda la mortalità delle imprese fra le zone interessate dal cantiere ed il resto di Firenze e Scandicci. Controllando anche per altre variabili (longevità dell'impresa e numero di addetti) abbiamo osservato che:

- Le imprese più longeve, e più grandi sono meno inclini a fallire per una sorta di robustezza e inerzia che si sviluppa nel corso del tempo, questo risultato è coerente con la letteratura che prevede tassi di mortalità maggiori per le imprese giovani e piccole.
- Non si evidenziano differenze particolari fra i due comuni, che presentano tassi di mortalità simili.
- La presenza del cantiere spiega differenti mortalità solo nel caso in cui si divida il campione in due sotto campioni comunali. In questo caso si osserva come le imprese di Scandicci entro 100 metri dalla tramvia hanno tassi di mortalità maggiori sia delle attigue entro 250 metri dal cantiere, sia delle altre attività presenti nell'area. Quindi osservando il tasso di mortalità possiamo dire che effettivamente per Scandicci c'è stato un effetto negativo collegato al cantiere, anche se è possibile che non sia stato la causa fondamentale per la chiusura delle attività, visto che questo risultato non viene confermato da altrettanto chiari risultati sui fatturati.
- Nel caso di Firenze è possibile un effetto simile, ma stavolta le imprese collocate sul tracciato tendenzialmente chiudono meno di quelle nelle immediate vicinanze, comunque anche questo risultato non è particolarmente significativo e netto.

Concludendo si può dire che ci sono stati degli effetti, sia positivi che negativi collegati alla costruzione ed alla messa in attività della tramvia, e generalmente sono stati più marcati i primi rispetto ad i secondi, grande importanza assume in questo lavoro l'occhio di riguardo riservato non solamente agli effetti nelle immediate vicinanze del cantiere, ma anche nelle aree attigue.

## Bibliografia

- S. Athey and G. Imbens, "The State of Applied Econometrics - Causality and Policy Evaluation," vol. 31, no. 2, pp. 3-32, 2016.
- D. B. Audretsch, "New firm survival and the technological regime" *Rev. Econ. Stat.*, 73: 441-450, 1991.
- D. B. Audretsch, "Innovation and Industry Evolution" Cambridge, MA: The MIT Press, 1995a.
- D. B. Audretsch, "Innovation, growth and survival" *Rev. Econ. Stat.*, 77: 441-457, 1995b.
- D. B. Audretsch, T. Mahmood, "New firm survival: new results using a hazard function" *Rev. Econ. Stat.*, 77: 97-103, 1995.
- D. B. Audretsch, M.V. Vivarelli, (1995). "New firm formation in Italy: a first report" *Econ. Letters*, 48: 77-81.
- D. B. Audretsch, "Technology, Life Cycles and Industry Dynamics," no. June, pp. 7-10, 1999.
- J.R. Baldwin, P.K. Gorecki "Firm entry and exit in Canadian manufacturing sector, 1970-1982", *Canadian Journal of Economics*, 1991, 24, pp. 300-323.
- M. Bertrand, E. Duflo, and S. Mullainathan, "How Much Should We Trust Difference-in-Differences Estimates?," *Q. J. Econ.*, vol. 119, no. 1, pp. 249-275, 2004.
- F. Borraz, J. Dubra, D. Ferrés, and L. Zipitria, "Supermarket Entry and the Survival of Small Stores," *Rev. Ind. Organ.*, vol. 44, no. 1, pp. 73-93, 2014.
- M. G. Boarnet, "Conducting Impact Evaluations in Urban Transport," World Bank, vol. Poverty R, no. Thematic Group on Poverty Analysis, Monitoring and Impact Evaluation, 2007.

- D.R.Cox, "Regression Models and Life-Tables". *Journal of the Royal Statistical Society, Series B.* 34 (2): 187–220, 1972.
- M. I. G. Daepf, M. J. Hamilton, G. B. West, and L. M. A. Bettencourt, "The mortality of companies," *J. R. Soc. Interface*, vol. 12, no. 106, 2015.
- Y. M. De la Fuente-Robles, E. Sotomayor, and M. García-Domingo, "The social impact of the tramway system," *Rev. Port. Estud. Reg.*, vol. 35, no. 1, pp. 59–66, 2014.
- R. H. Dehejia and S. Wahba, "Causal effects in nonexperimental studies: Reevaluating the evaluation of training programs," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 94, no. 448, pp. 1053–1062, 1999.
- T. Dunne *et al.*, "Patterns of firm entry and exit in US manufacturing industries," vol. 19, no. 4, pp. 495–515, 2007.
- T. Dunne, M. J. Roberts, L. Samuelson, "The Growth and the Failure of U.S. Manufacturing Plants", *Quarterly Journal of Economics*, 104, pp.671-698, 1989.
- D. Evans, "The Relationship between Firms Growth, Size and Age: Estimates from 100 Manufacturing Industries", *Journal of Industrial Economics*, 35, pp.567-581, 1987.
- S. Esteve-Pérez, J. A. Mané-Castillejo, M. E. Rochina-Barrachina, and J. A. Sanchis-Llopis, "A survival analysis of manufacturing firms in export markets," *Arauzo-Carod, Jm ...*, pp. 1–31, 2007.
- P. J. Gertler, S. Martinez, P. Premand, L. B. Rawlings, and C. M. J. Vermeersch, "Impact Evaluation in Practice", 2011.
- G. Giovannetti, G. Ricchiuti, and M. Velucchi, "Size, innovation and internationalization: a survival analysis of Italian firms", no. November 2014, pp. 37–41, 2011.
- J. J. Heckman, H. Ichimura, P. E. Todd, and P. E. Todd, "Training Programme Matching As An Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Programme," vol. 64, no. 4, pp. 605–654, 2017.
- G. W. Imbens, "Nonparametric Estimation of Average Treatment Effects Under Exogeneity: A Review," *Rev. Econ. Stat.*, vol. 86, no. 1, pp. 4–29, 2004.
- G. W. Imbens, J. M. Wooldridge, G. W. Imbens, and J. M. Wooldridge, "Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation," vol. 47, no. 1, pp. 5–86, 2017.
- S. Kaniovski and M. Peneder, "Determinants of firm survival: A duration analysis using the generalized gamma distribution," *Empirica*, vol. 35, no. 1, pp. 41–58, 2008.
- Kaplan, E. L.; Meier, P.: Nonparametric estimation from incomplete observations. *J. Amer. Statist. Assn.* 53:457–481, 1958
- A. Karlström, Franklin J.P. , "Behavioral adjustments and equity effects of congestion pricing: Analysis of morning commutes during the Stockholm Trial." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43.3: 283-296, 2009.
- J. Kiel, R. Smith, and B. Ubbels, "The Impact of Transport Investments on Competitiveness," *Transp. Res. Procedia*, vol. 1, no. 1, pp. 77–88, 2014.
- K. Kopczevska and A. Lewandowska, "The price for subway access: Spatial modelling of office rental rates in London."
- Jovanovic, Boyan, and Richard J. Gilbert. "The diversification of production." *Brookings papers on economic activity. Microeconomics* 1993.1 (1993): 197-247.
- H. Li, D. J. Graham, and A. Majumdar, "The effects of congestion charging on road traffic casualties: A causal analysis using difference-in-difference estimation," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 49, pp. 366–377, 2012.
- T. R. Lakshmanan, "The broader economic consequences of transport infrastructure investments," *J. Transp. Geogr.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–12, 2011.
- K. Łobos and M. Szewczyk, "Survival analysis: A case study of micro and small enterprises in Dolnośląskie and Opolskie Voivodship (Poland)," *Ekon. Rev. - Cent. Eur. Rev. Econ. Issues*, vol. 15, no. 4, pp. 207–216, 2012.
- Mata J, Portugal P (1994). Life duration of new firms. *J. Ind. Econ.*, 42: 227-246.
- Mata J, Portugal P (1999). Technology intensity, demand conditions, and the longevity of firms. In: Audretsch DB, Thurik AR (ed), *Innovation, Industry Evolution and Employment*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Mata J, Portugal P (2002). The survival of new domestic and foreign owned firms. *Strateg. Manage J.*, 23: 323-343.
- H. Meersman and M. Nazemzadeh, "The contribution of transport infrastructure to economic activity: The case of Belgium," *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 5, no. 2, pp. 316–324, 2017.
- J. Oosterhaven and T. Knaap, "Spatial economic impacts of transport infrastructure investments," *Transp. Proj. Program. Policies Eval. Needs Capab.*, pp. 87–110, 2003.
- M. Padeiro, "Transport infrastructures and employment growth in the Paris metropolitan margins," *J. Transp. Geogr.*, vol. 31, pp. 44–53, 2013.
- M. Percoco, "The effect of road pricing on traffic composition: Evidence from a natural experiment in Milan, Italy," *Transp. Policy*, vol. 31, no. January 2012, pp. 55–60, 2014.
- L. Piccini, P. Lattarulo, "La connettività del trasporto nell'Area metropolitana Firenze-Prato-Pistoia", IRPET, 2012.
- A. Protopogrou, Y. Caloghirou, and S. Lioukas, "Dynamic capabilities and their indirect impact on firm performance," *Ind. Corp. Chang.*, vol. 21, no. 3, pp. 615–647, 2012.
- M. A. Quddus, A. Carmel, and M. G. H. Bell, "The Impact of the Congestion Charge on Retail : The London Experience The Impact of the Congestion Charge on Retail : the London Experience," vol. 41, no. 1, pp. 113–133, 2017.
- P. R. Rosenbaum and D. B. Rubin, "a. 'The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects,'" *Biometrika*, vol. 70, no. 1, pp. 41–55, 1983.
- P. R. Rosenbaum, and D. B. Rubin, "Reducing Bias in Observational Studies Using Subclassification on the Propensity Score," vol. 79, no. 387, pp. 516–524, 2017.
- Rubin D.B. (1974). "Estimating causal effects of treatments in random- ized and nonrandomized studies." *Journal of educational Psychology* 66.5: 688.
- S. Sequeira, "Transport Infrastructure and Firm Performance: Evidence from Southern Africa (IGC Working Paper)," no. June, p. 31 pp., 2013.
- E. A. Stuart, K. Duckworth, J. Simmons, and C. L. Barry, "estimate the effects of a policy change," vol. 14, no. 4, pp. 166–182, 2015.
- M. Velucchi and A. Viviani, "Competitiveness and Survival : A Comparative Analysis of Italian Regions," no. July 2014, 2007.
- G. Weisbrod, D. Vary, and G. Treyz, "Measuring economic costs of urban traffic congestion to business," *Transp. Financ. Econ. Econ. Dev. 2003 Plan. Adm.*, pp. 98–106, 2003.
- C. Yu, "A survival analysis of small and medium enterprises (SMEs) in central China and their determinants," *African J. Bus. Manag.*, vol. 6, no. 10, pp. 3834–3850, 2012.
- C. Zegras and T. Litman, "An Analysis Of The Full Costs And Impacts Of Transportation In Santiago de Chile," *Environ. Prot.*, p. 173, 1997.
- Y. Zhang , Hui-Fai S. , "The London congestion charge and prop- erty prices: an evaluation of the impact on property prices inside and outside the zone." MPRA Paper 4050, 2006.



**Allegato 3**

**Il modello *land-use*  
per la Piana Fiorentina:  
metodologia e prime risultanze**



## 1.

### Introduzione

Lo scopo del lavoro è quello di presentare un modello per la valutazione economica degli investimenti infrastrutturali a scala urbana/metropolitana che possa coniugare l'analisi di elementi prettamente trasportistici - quali accessibilità, tempi e costi di percorrenza, livelli di congestione - con elementi e variabili di natura macroeconomica.

La prima parte è dedicata ad una panoramica della letteratura in materia di metodi e modelli per la valutazione degli effetti economici degli investimenti in infrastrutture di trasporto, con particolare enfasi sull'utilizzo dei modelli di simulazione applicati a scala regionale in ambito europeo. Inoltre, vengono esaminati vantaggi e svantaggi dell'integrazione fra modelli di trasporto e modelli di uso del suolo (modelli LUTI), evidenziando la relazione fra accessibilità dei territori e decisioni localizzative degli agenti socio-economici a scala regionale e la necessità di analizzare la distribuzione spaziale degli effetti economici degli investimenti infrastrutturali.

La seconda parte presenta un modello di land-use e il suo sviluppo applicativo.

## 2.

### L'impatto macro-economico delle infrastrutture di trasporto: metodi e modelli

La crescente integrazione internazionale del sistema produttivo globale, l'affermarsi di modelli di produzione delocalizzati, dove ciascuna fase del processo produttivo viene svolta in paesi (spesso anche in continenti) diversi, l'emergere di nuovi mercati potenziali nei paesi di più recente industrializzazione, hanno accresciuto l'importanza della rete infrastrutturale per la competitività dei sistemi produttivi regionali. Lo sviluppo locale non dipende più soltanto da un'adeguata combinazione dei fattori di produzione privati (capitale e lavoro), ma richiede sempre più la presenza di investimenti in capitale pubblico, in particolare in infrastrutture di trasporto e comunicazione (Rietveld e Nijkamp, 1992). Tuttavia, se è ormai riconosciuto al capitale infrastrutturale lo status di condizione necessaria (ma non sufficiente) per lo sviluppo economico, nel senso che un livello di dotazione inferiore ad una soglia minima impedisce la crescita economica, più difficile è valutare concretamente gli effetti complessivi che i nuovi investimenti in infrastrutture producono sui sistemi economici.

La letteratura scientifica sull'impatto economico degli investimenti in infrastrutture di trasporto è vasta ed eterogenea. Gli approcci utilizzati variano fortemente in ragione della scala di analisi, del tipo di infrastruttura analizzata, della disponibilità di dati. Seguendo la classificazione proposta da Oosterhaven e Knaap (2000), è possibile individuare i principali approcci alla stima degli effetti economici delle infrastrutture (dal micro al macro e in ordine di crescente complessità) in:

- Indagini dirette presso le imprese
- Stima di funzioni di quasi-produzione
- Modelli di equilibrio parziale
- Modelli macroeconomici e modelli regionali
- Modelli integrati trasporto/uso del suolo (LUTI)
- Modelli computazionali di equilibrio generale di tipo spaziale (SGCE)

Schematicamente, possiamo dividere gli effetti prodotti da un investimento in infrastrutture in due categorie: i) effetti generativi e ii) effetti distributivi. I primi creano valore aggiunto per l'economia nel suo complesso, i secondi sono modifiche nella distribuzione della ricchezza a livello territoriale o settoriale dovute alla diversa sensibilità nei confronti dell'investimento da parte di territori e settori di

produzione. La distinzione può talvolta dipendere da livello di dettaglio territoriale adottato per l'analisi: un effetto generativo a livello locale può in realtà essere il prodotto di un effetto redistributivo a livello sovralocale (in pratica, quindi, l'aumento di produttività registrato in una particolare regione viene compensato dalla perdita di un'altra regione).

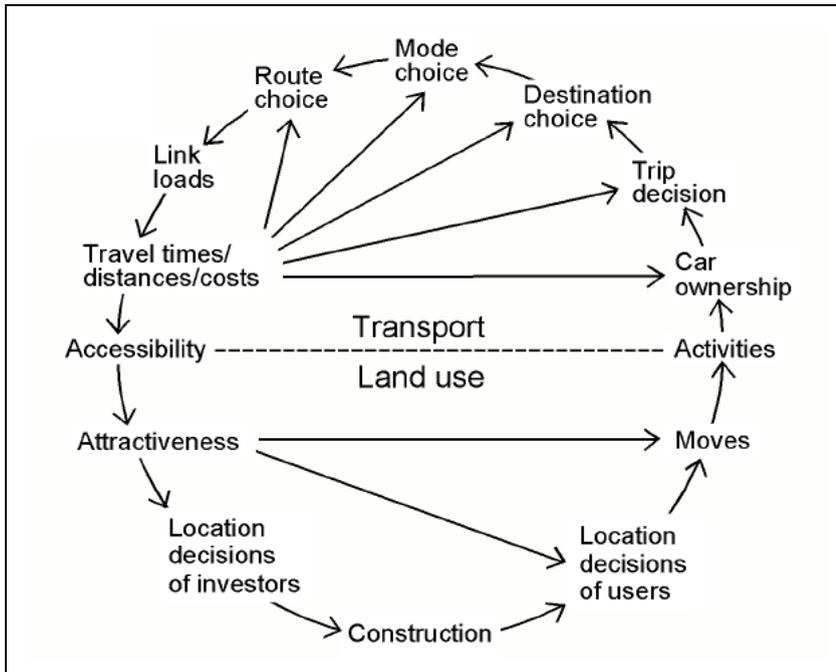
Il cambiamento nella produttività dei fattori produttivi privati indotto da un investimento infrastrutturale avrà quindi intensità e talvolta segno diverso nelle varie regioni interessate dagli effetti dell'investimento. Questo potrebbe quindi portare ad una rilocalizzazione dei fattori produttivi mobili e ad un sostanziale cambiamento nella composizione del sistema produttivo di riferimento. Per poter adeguatamente valutare gli effetti distributivi di nuove infrastrutture occorre quindi elaborare un modello che consideri endogenamente la distribuzione spaziale delle variabili analizzate. Oosterhaven e Knaap (2000) individuano due grandi classi di modelli che sono stati sviluppati in letteratura per fronteggiare questo tipo di analisi:

- 1) Modelli spaziali di equilibrio generale computazionale (Spatial General Computable Equilibrium models, SGCE).
- 2) Modelli di interazione trasporto/uso del suolo (Land Use/Transportation Interaction models, LUTI).

I modelli spaziali di equilibrio generale computazionale sono modelli statici che analizzano la localizzazione delle attività produttive e i flussi commerciali interregionali partendo da funzioni di utilità e produzione con sostituibilità fra i fattori, presenza di economie di scala e fenomeni di concorrenza monopolistica di tipo Dixit-Stiglitz. Le radici teoriche affondano nella Nuova Geografia Economica sviluppata all'inizio degli anni '90 (Krugman 1991, Fujita et al., 1999). Tali modelli risultano più complessi rispetto ai modelli LUTI, soprattutto da un punto di vista matematico, data la complessità delle relazioni considerate, e richiedono una maggiore quantità di dati disaggregati per essere calibrati. Questo ne ha in qualche modo ostacolato l'applicazione per la valutazione dei costi e benefici di particolari progetti infrastrutturali. Tuttavia, negli ultimi anni questo tipo di modelli ha conosciuto una sempre maggiore applicazione, favorita dall'incremento nella capacità computazionale degli applicativi economico/matematici e dalla crescente disponibilità di dati sui flussi e di mobilità.

I modelli Land Use/Transport Interaction (LUTI) rappresentano una famiglia di modelli utilizzati per la stima degli impatti economici e territoriali degli investimenti e delle politiche sulla mobilità la cui caratteristica principale consiste nella relazione fra la distribuzione spaziale delle attività socio-economiche (residenza, produzione, commercio, etc.) e il sistema dei trasporti. Attraverso il concetto di accessibilità, lo sviluppo spaziale dei sistemi urbani viene messo in correlazione con l'efficienza del sistema infrastrutturale e con l'interazione complessa degli attori che esprimono la domanda di trasporto (popolazione, imprese, decisori pubblici, etc.). I cambiamenti che avvengono nel sistema dei trasporti, come la costruzione di una nuova infrastruttura o l'ampliamento di una esistente, influenzano le scelte localizzative relative a residenze e attività economiche, le quali a loro volta influenzano la domanda di trasporto e, in ultima analisi, i livelli effettivi di accessibilità. I modelli sono quindi generalmente composti da almeno due sub-modelli, uno di uso del suolo e uno dei trasporti, tali che i fattori di input siano gli stessi per entrambi i sub-modelli. Il modello di uso del suolo descrive il comportamento di famiglie, imprese e attori istituzionali e prevede scenari di sviluppo urbano conseguenti alle scelte di localizzazione di individui e istituzioni e disponibilità del suolo. Il modello dei trasporti invece genera la domanda di trasporto partendo dai dati forniti dal modello di uso del suolo.

Grafico 1  
Il ciclo di interazione trasporti/uso del suolo



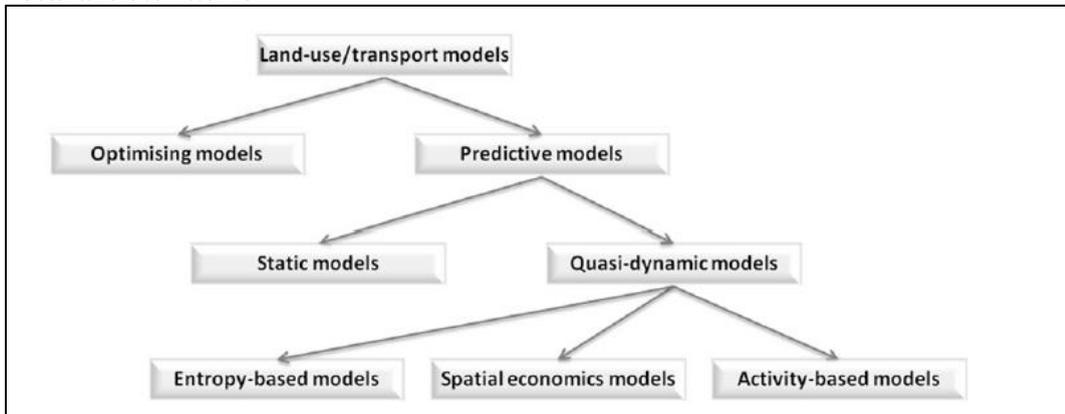
Fonte: Wegener, M. (2004)

I modelli LUTI sono stati ampiamente utilizzati soprattutto per l'analisi del trasporto passeggeri e spesso la domanda di trasporto è stata modellata partendo dalla frequenza degli spostamenti piuttosto che dalla domanda generata dalle attività produttive, con conseguenti problemi di sottostima dei flussi effettivi (McNally, 2000). Inoltre, i modelli di tipo LUTI si sono dimostrati particolarmente performanti nell'analisi e nella previsione delle scelte di localizzazione delle industrie di servizi, mentre non altrettanto accurati sono stati i risultati per quanto riguarda le attività industriali. Storicamente, il loro ambito di applicazione è stato prevalentemente urbano e metropolitano, ma in tempi relativamente recenti si è assistito anche ad alcuni tentativi di applicazione ad ambiti in aree più vaste o a livello regionale. Seguendo la classificazione proposta da Simmonds e Feldman (2011), possiamo operare una prima tassonomia interna ai modelli LUTI distinguendo fra modelli di ottimizzazione e modelli predittivi. I primi costituiscono una categoria a sé stante che ricomprende una serie di modelli finalizzati alla ricerca di un disegno "ottimale" del sistema dei trasporti nella fase pianificatoria di una città. La seconda categoria raggruppa invece la maggior parte dei modelli, sviluppati per l'analisi dell'impatto delle politiche e degli investimenti infrastrutturali partendo da una situazione esistente e simulando possibili scenari futuri.

All'interno dei modelli predittivi, una seconda distinzione separa i modelli statici da quelli dinamici. I modelli statici, che ricomprendono la maggior parte dei primi tentativi di modelli LUTI (ad es. Lowry, 1964), analizzano l'effetto di una modifica di alcune variabili su un set di altre considerando un'estensione temporale puntuale e, di conseguenza, una variazione istantanea e simultanea di tutte le grandezze considerate, con il passaggio da un punto di equilibrio ad un altro. Ovviamente, questa ipotesi condiziona pesantemente l'effettiva capacità rappresentativa dei modelli rispetto ad un fenomeno che procede invece per cambiamenti gradualmente e con velocità eterogenee nelle diverse dimensioni considerate. Inserendo una scansione temporale non puntuale all'interno dei modelli, otteniamo quindi la famiglia di modelli dinamici, i quali a loro volta possono essere ulteriormente classificati in base alla

modalità attraverso la quale vengono modellate le relazioni fra uso del suolo e trasporti. L'approccio più semplice prevede una formulazione di tipo gravitazionale o di massimizzazione dell'entropia della domanda di trasporto. Vi è poi una seconda famiglia costituita dai modelli che integrano in un modello di tipo spaziale relativo al sistema dei trasporti i risultati di modelli economici separati che possono essere anche non-spaziali. Infine, i cosiddetti modelli activity-based che derivano la domanda di mobilità dal tipo di attività esercitata nello spazio dai diversi attori socio-economici.

Grafico 2  
Classificazione dei modelli LUTI



Fonte: Simmonds e Feldman (2011)

### *I modelli statici*

I modelli statici, come detto, rappresentano il primo tentativo di dare una rappresentazione spaziale all'interazione fra variabili legate all'uso del suolo e il sistema dei trasporti. Simmonds e Feldman (2011). I primi modelli di questo tipo apparvero negli Stati Uniti nei primi anni '60, e conobbero una vasta applicazione a scala urbana. Il modello sviluppato da Lowry nel suo "modello di una metropoli" (1964) esaminava la distribuzione delle attività nella città di Pittsburgh. La localizzazione delle attività industriali (pesanti) avviene inizialmente sotto vincoli geografici, indipendentemente dalla distanza dal bacino di lavoratori e dai mercati di destinazione. La scelta residenziale iniziale viene fatta dipendere dalla localizzazione dell'industria. La localizzazione delle residenze determina a sua volta la localizzazione dei servizi (domandati dai residenti) e le scelte residenziali degli occupati nei servizi. Una serie di passaggi analoghi, determinati da una funzione d'impedenza di tipo gravitazionale, determina l'allocatione dello spazio dell'intera domanda di uso del suolo. Non viene presa in considerazione alcuna dinamica temporale, ma tutte le variazioni avvengono istantaneamente. Il modello di Lowry dette l'impulso ad una serie successiva di modelli urbani (Batty, 1972), molti dei quali incontrarono decise difficoltà nella raccolta dei dati, nella calibrazione dei risultati e nella capacità computazionale disponibile, tanto da determinare all'inizio degli anni '70, l'accusa da parte di Lee (1973) di sette "peccati capitali", nel suo "Requiem for large scale-models": "hypercomprehensiveness, grossness, hungriness, wrongheadedness, complicated-ness, mechanicalness and expensiveness". L'uso dei modelli LUTI vide un decisivo arresto, almeno fino all'introduzione di una maggiore capacità computativa e alla maggiore disponibilità di dati verificatisi negli anni '90 (Wegener, 2011).

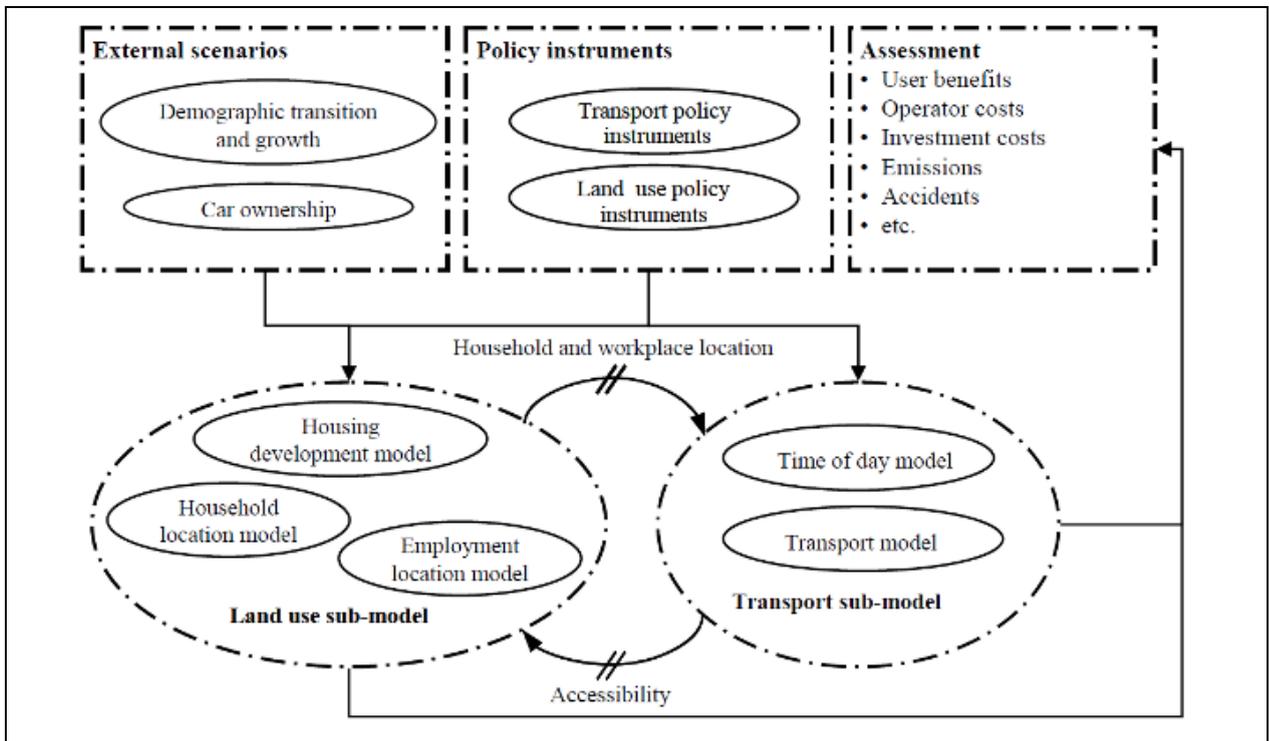
Tuttavia, modelli di tipo statico sono stati adottati anche in anni recenti, come nel modello RETRO/IMREL della città di Oslo (Anderstig e Mattsson, 1991) e nel modello DSCMOD utilizzato per l'analisi di impatto sulle regioni europee interessate dal Tunnel della Manica (Roberts e Simmonds, 1997). In entrambi i casi si tratta dell'estensione di un modello di trasporto con l'inclusione di un modello per le scelte localizzative (DSCMOD) o dell'integrazione di due preesistenti

modelli (RETRO/IMREL). Le decisioni localizzative sono l'espressione dei livelli di accessibilità determinati dal sistema dei trasporti. Anche il modello LILT (Leeds Integrated Land-use Transport), sviluppato per l'analisi delle politiche di trasporto della città di Leeds in Inghilterra (Mackett, 1983), combina un tradizionale modello di trasporto a quattro stadi con un modello di uso del suolo à la Lowry.

*Modelli gravitazionali ed entropici quasi-dinamici*

L'applicazione di un parametro temporale a modelli di tipo gravitazionale consente di dare un rappresentazione più realistica alla modellizzazione dei fenomeni. Ad esempio, il modello METROPILUS (Putnam, 2001) consiste nell'integrazione dei due modelli DRAM ed ENPAL e da un modello di trasporto per l'assegnazione dei flussi. Il modello DRAM simula le scelte residenziali attraverso una funzione multivariata e multiparametrica di accessibilità, mentre il modello ENPAL simula le scelte localizzative delle imprese, e presenta al proprio interno una funzione ritardata che tiene conto della non istantanea reattività delle scelte localizzative rispetto alle variazioni dell'accessibilità. Entrambi i modelli concorrono a determinare la domanda complessiva di trasporto assegnata alla rete. Anche il modello MARS (Pfaffenbichler, et. al., 2008) presenta un modello di scelte localizzative (residenziali e delle imprese) integrato con un modello di trasporto, con una dinamica temporale. Il modello è dedicato alle scelte strategiche di lungo periodo nelle politiche di trasporto. I moduli dei modelli sono fatti girare iterativamente su un orizzonte temporale di trenta anni, con i livelli di accessibilità in output dal modello di trasporto che entrano in input nel modello di uso del suolo, e i tassi di variazione di popolazione addetti in output dal modello localizzativo che entrano in input nel modello di trasporto, come determinanti della domanda.

Grafico 3  
La struttura iterativa del modello MARS



Fonte: Pfaffenbichler, et. al., 2008

### *Modelli economici di tipo spaziale*

I modelli di equilibrio spaziale sono generalmente modelli spaziali di tipo aggregato che integrano al proprio interno modelli di trasporto e modelli di uso del suolo. L'interazione fra le diverse parti avviene tramite modelli di Input-Output o modelli di scelta discreta, dai quali deriva la domanda aggregata di trasporto. Trattando endogenamente la dinamica tra uso del suolo e trasporti, migliorano l'accuratezza della simulazione. Esempi in tal senso sono il modello MEPLAN (Hunt and Simmonds, 1993) e il modello TRANUS (De la Barra, 1989).

Il modello MEPLAN è composto da tre moduli: un modulo economico a scala regionale che stima l'uso del suolo per famiglie e imprese (LUS), un modello che converte i flussi produzione/consumo in domanda di trasporto di passeggeri e merci (FRED), e un modulo dedicato all'assegnazione sulla rete dei flussi (TAS). Il modello consente agli attori di scegliere la propria localizzazione assegnando un trade-off tra disponibilità a pagare per la centralità desiderata e i costi di trasporto relativi. Il modello di assegnazione contiene un meccanismo di feedback retroattivo per gli effetti della congestione sui tempi/costi di trasporto e, conseguentemente, sulle scelte localizzative.

Il modello TRANUS è invece composto da una serie di sub-modelli a scelta discreta che mettono in correlazione localizzazione delle attività nello spazio e il sistema di trasporto. Le due componenti del modello si interfacciano ad intervalli discreti: le attività generano flussi funzionali dai quali deriva la domanda di trasporto nello stesso periodo. L'equilibrio fra domanda e offerta di trasporto determina l'accessibilità, che a sua volta influenza la matrice dei flussi negli intervalli temporale successivo, con fattori di inerzia diversi a seconda del tipo di attività.

### *Modelli activity-based*

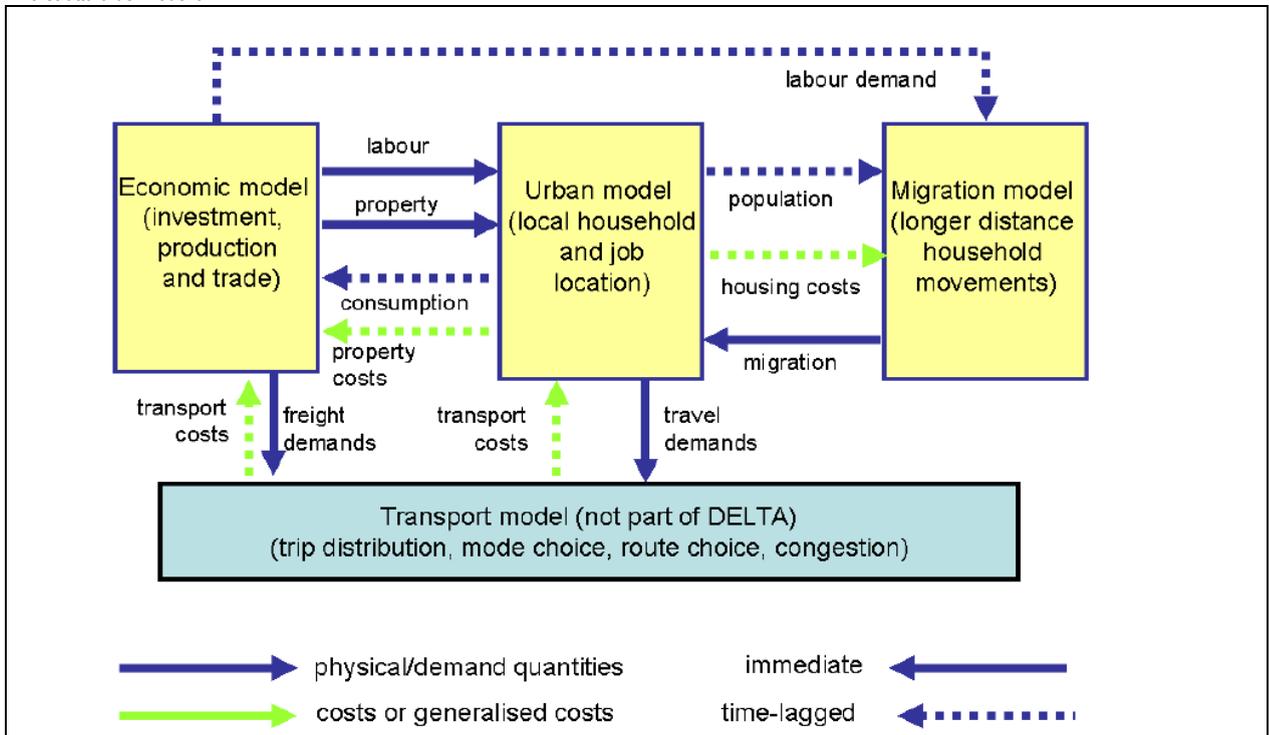
Nei modelli di tipo activity-based la domanda di trasporti è comunemente fatta derivare dalle diverse tipologie di attività distribuite nello spazio e nel tempo. L'analisi activity based mira a comprendere le basi comportamentali delle decisioni

individuali in merito alle scelte localizzative e di trasporto. Tali basi comportamentali includono tutti i fattori che influenzano il come, dove e perché determinate attività vengono compiute, le variabili socio-demografiche che caratterizzano i diversi gruppi sociali e le diverse attività svolte sul territorio, i bisogni, le preferenze i pregiudizi e le abitudini di individui e gruppi di individui. Questo consente di segmentare in maniera più dettagliata la domanda di trasporto e di modellare con più accuratezza le relazioni fra cambiamenti nell'accessibilità e le decisioni localizzative. Inoltre, questo tipo di modelli prevede generalmente una scansione temporale più articolata, distinguendo fra il momento del cambiamento infrastrutturale, la decisione di rilocalizzarsi e l'effettivo spostamento. Fra i numerosi esempi applicati di questo tipo di approccio possiamo ricordare il modello DELTA (Simmond, 1999), il modello TRIGRIS XL (Zondag e De Jong, 2011) e il pacchetto URBANSIM (Waddell 2000).

Il modello DELTA è un modello di uso del suolo che può essere integrato con un modello di trasporto esterno. Il modello di trasporto fornisce una matrice di costi dell'area analizzata. Il primo dei sub-modelli del modello DELTA è un modello economico che stima, partendo dalla matrice dei costi di trasporto e da variabili di uso del suolo. L'output del modello economico (tassi di variazione di produzione e addetti) determinano la domanda di uso del suolo, che entrano in input nel secondo sub-modello (land-use) più dettagliato, che simula le scelte localizzative di famiglie e imprese a livello disaggregato, con diverse elasticità rispetto all'accessibilità. I cambiamenti relativi nelle dimensioni socio-economiche (prezzi immobiliari, possibilità lavorative) determinano il comportamento migratorio

dei vari attori, simulato nel terzo sub-modello. Una serie di feedback fra i vari moduli determina l'equilibrio finale del modello.

Grafico 4  
La struttura del modello DELTA



Fonte: Simmonds e Feldman, 2005

Il modello TIGRIS XL, sviluppato per l'analisi degli effetti economici indiretti delle infrastrutture di trasporto in Olanda, segue uno schema simile al modello DELTA, e si compone di 5 moduli dedicati alla simulazione delle relazioni in cinque diversi sub-mercati relativi alle variabili di suo del suolo: demografia, mercato immobiliare delle imprese, mercato immobiliare residenziale, mercato del lavoro e settore dei trasporti. Il modello si interfaccia con il modello nazionale dei trasporti olandese (LMS): i modelli di uso del suolo generano gli input socio-economici per il modello di trasporto, il quale calcola diversi indici zonali di accessibilità in base ai cambiamenti nelle variabili socio-economiche e alle politiche sui trasporti. Gli indici di accessibilità (di tipo utility based) sono gli input per i modelli delle scelte residenziali delle famiglie e delle imprese. Il modello opera su due diversi livelli di aggregazione: un primo livello aggregato (40 zone) per il modulo relativo al mercato del lavoro, un secondo livello più disaggregato (1308 zone) per i restanti moduli.

Anche il modello URBANSIM è un modulo di uso del suolo il quale necessita di essere collegato ad un modello di trasporto esterno. Sviluppato come pacchetto open source in grado di essere adattato alle diverse realtà e implementato in un notevole numero di casi di studio, presenta alcune caratteristiche peculiari. Piuttosto che calibrare il modello usando dati cross-section, il modello utilizza dati di tipo longitudinale attraverso la tecnica del Bayesian Melding per introdurre elementi di incertezza nei comportamenti degli individui. Il modello URBANSIM adotta inoltre un approccio di micro-simulazione a livello del singolo agente per rappresentare le scelte di localizzative, utilizzando una griglia di celle che consente una disaggregazione molto spinta del territorio analizzato.

### 3.

## ELABORAZIONE DEL MODELLO LUTI LAND USE TRANSPORT INTERACTION PER LA PIANA FIORENTINA

### 3.1 RACCOLTA DATI SOCIO-ECONOMICI ZONALI

Per poter costruire un modello integrato Uso Suolo-Trasporti è necessario raccogliere la maggior parte dei dati relativi al fenomeno sociale di modifica degli usi del suolo, a partire dalle attività presenti fino ai valori immobiliari del suolo.

Di seguito si riporta una breve descrizione dei dati raccolti preventivamente alla costruzione del modello.

#### 3.1.1 Famiglie

Si è raccolto il dato delle famiglie per fascia di reddito e questo è stato calcolato per ogni zona interna del modello (71 zone).

Le famiglie sono state divise in 5 classi, ovvero in reddito nullo (separando studenti da casalinghe/pensionati), famiglie di basso reddito, medio ed alto reddito.

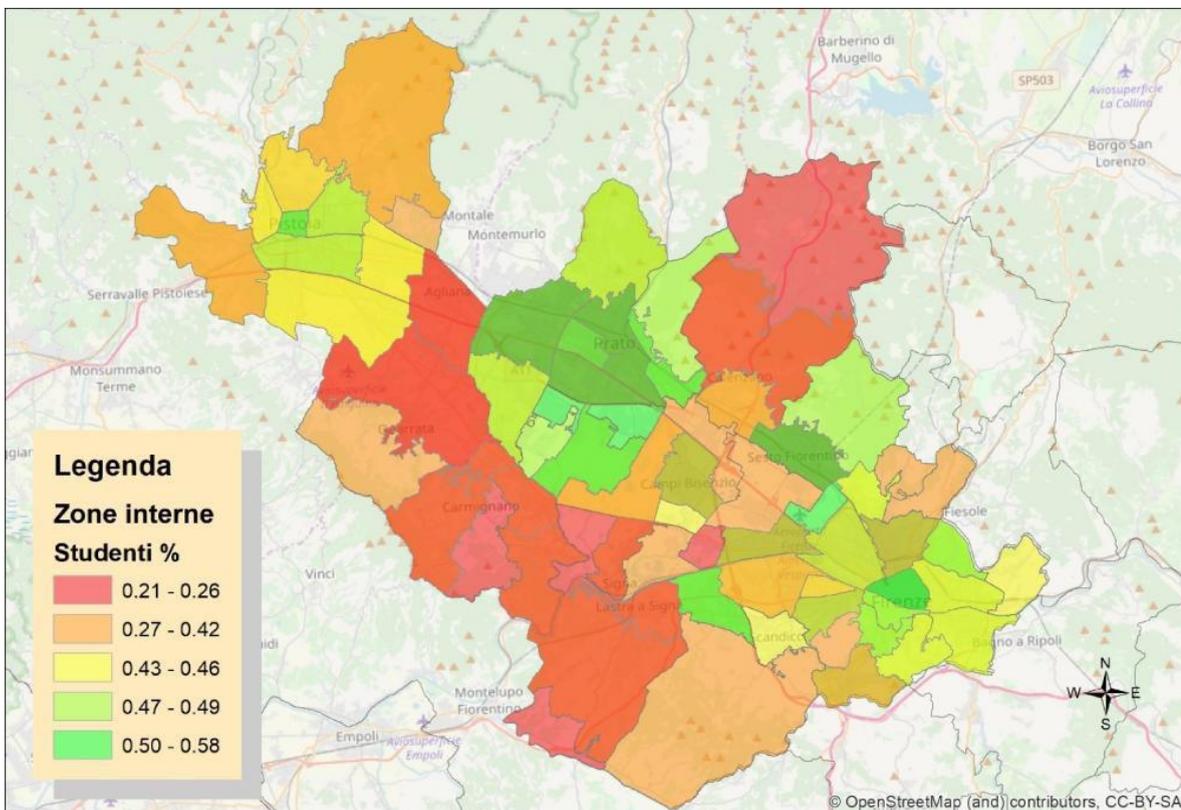


Figura 1 - La distribuzione percentuale di famiglie con reddito nullo - Studenti

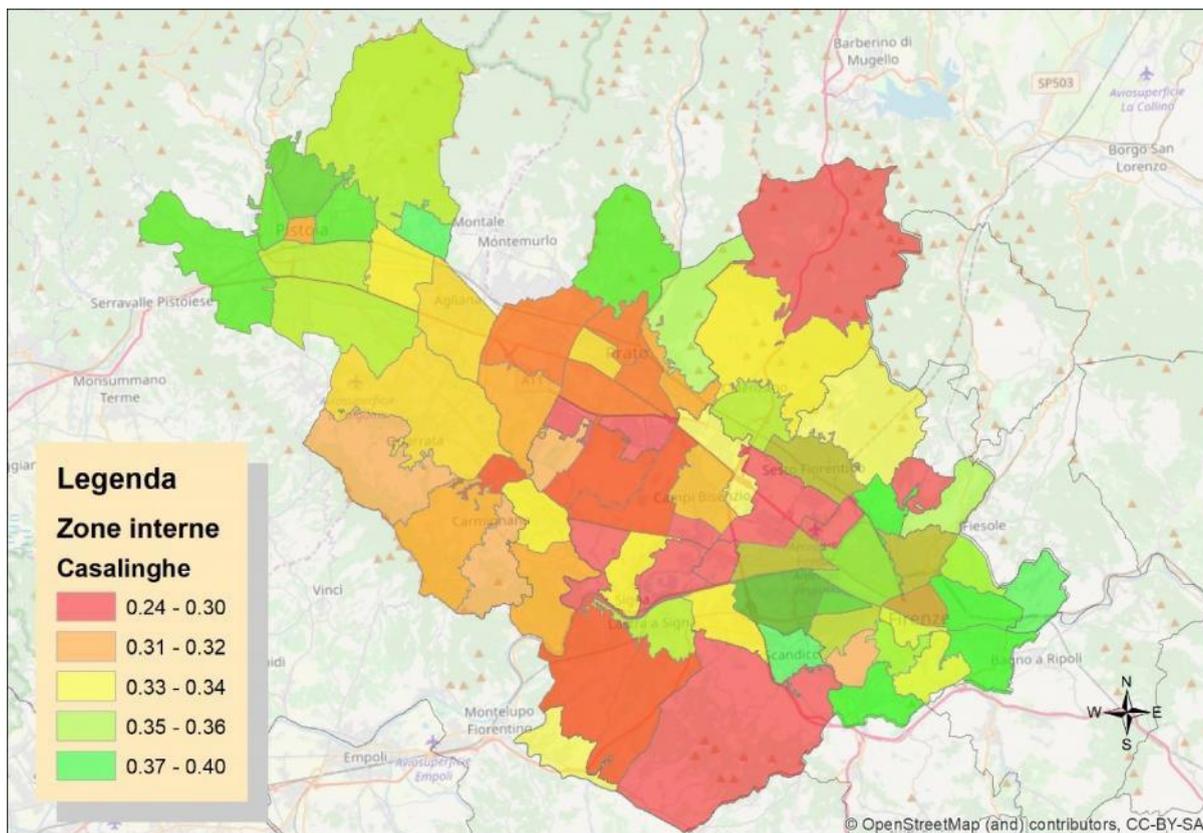


Figura 2 - La distruz. perc. di famiglie con reddito nullo - Casalinghe e pensionati

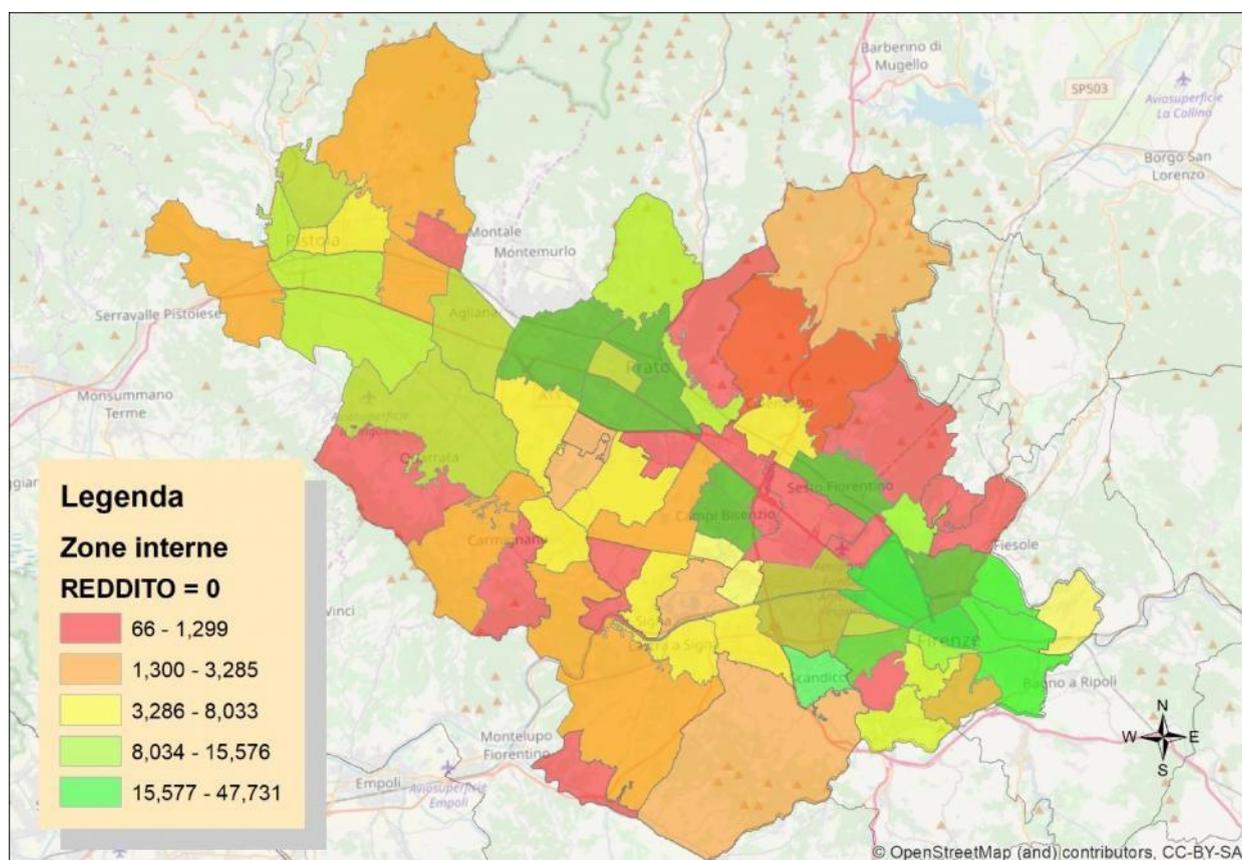
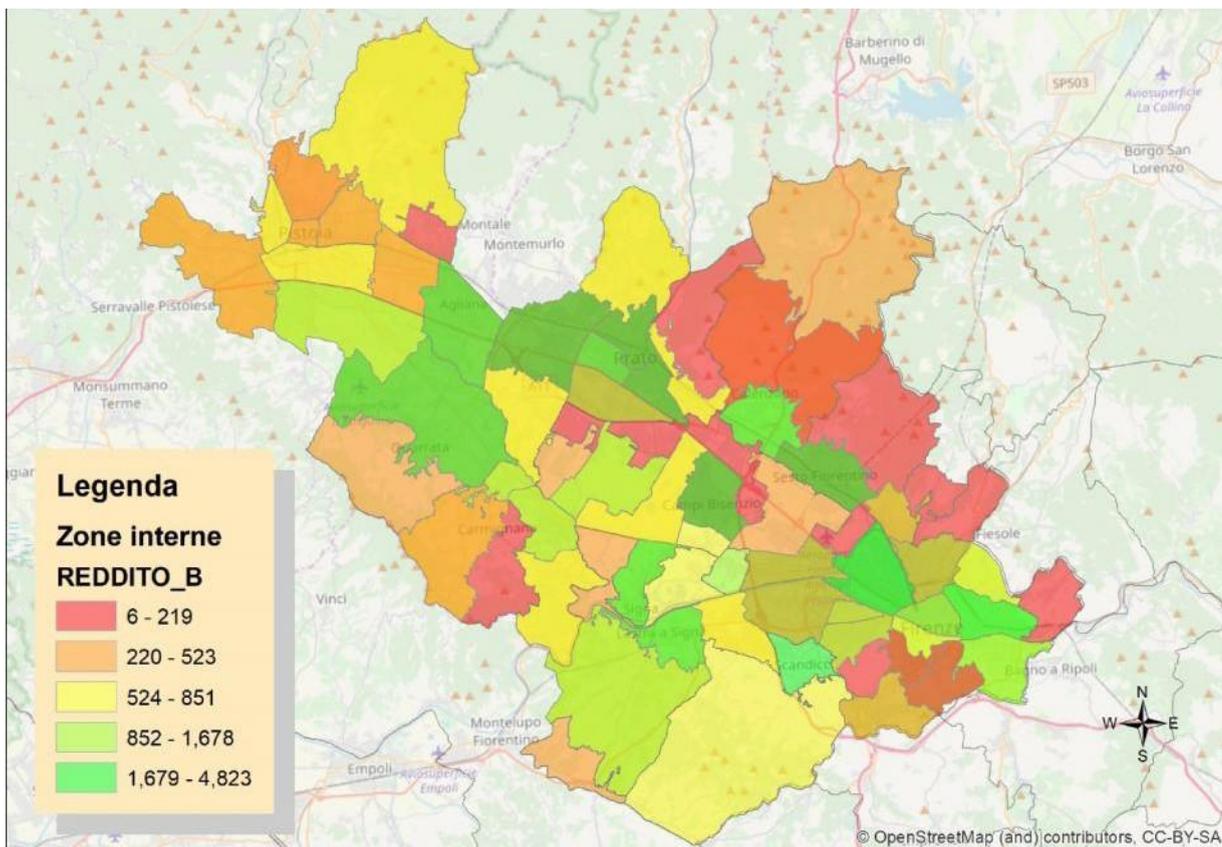
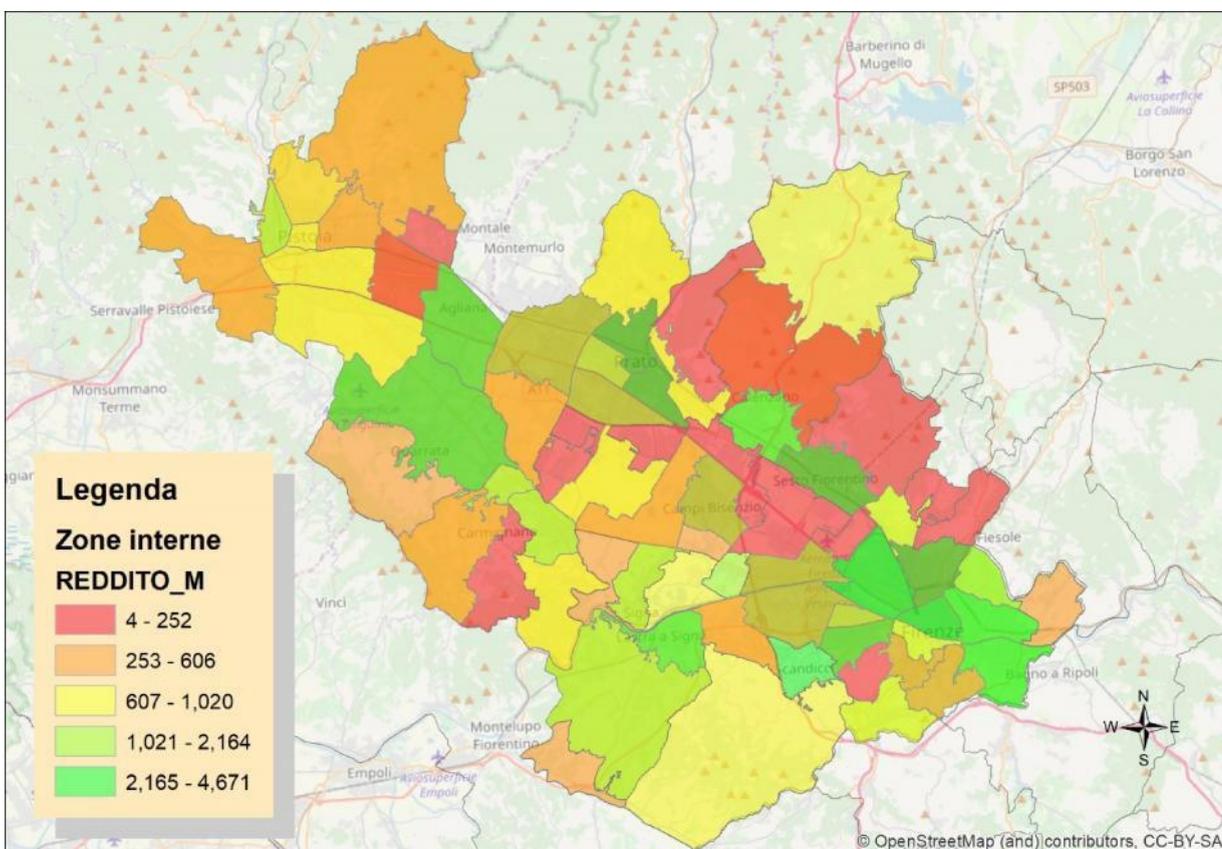


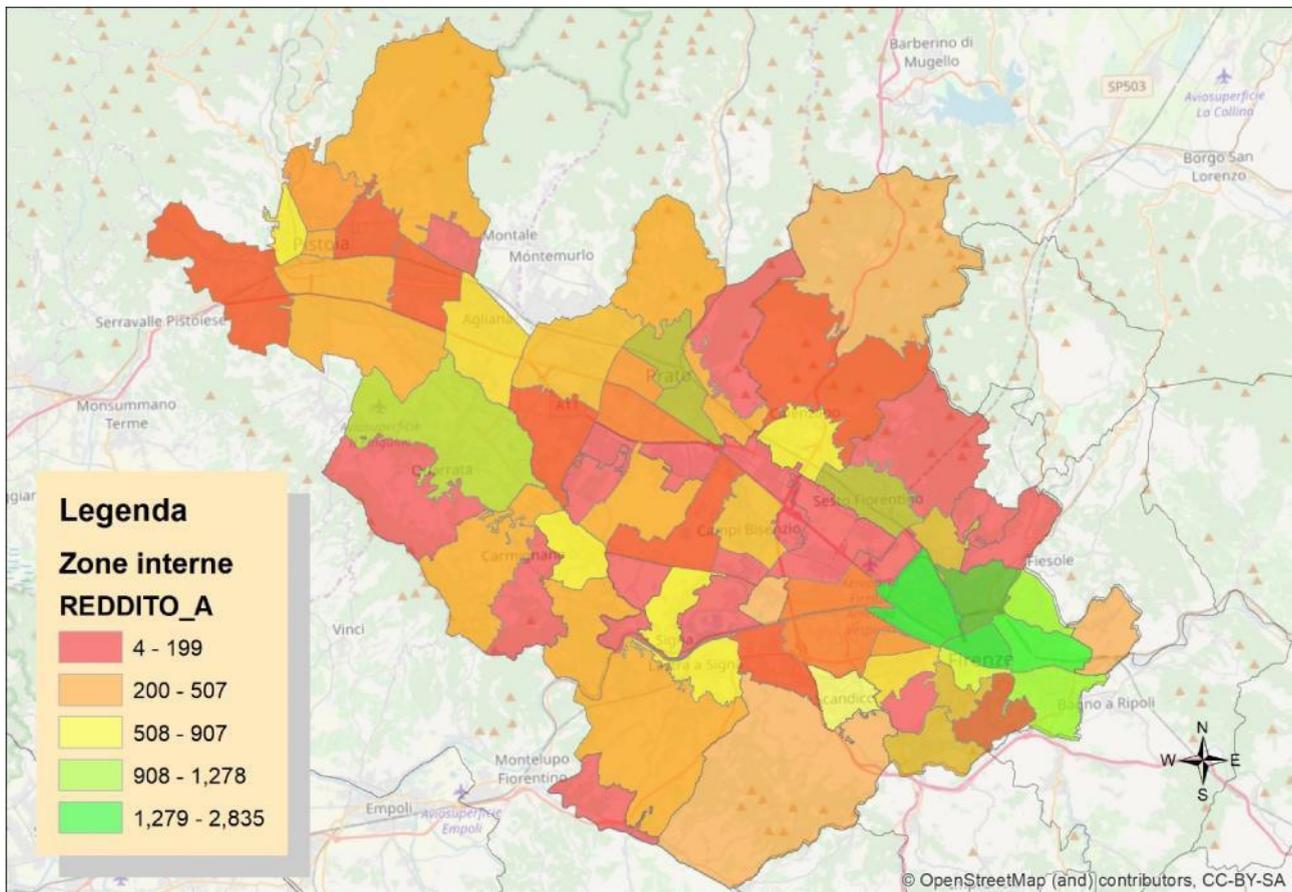
Figura 3 - La distruzione totale di famiglie con reddito nullo



*Figura 4 - La distribuzione totale di famiglie con reddito basso*



*Figura 5 - La distribuzione totale di famiglie con reddito medio*



*Figura 6 - La distribuzione totale di famiglie con reddito alto*

### 3.12 Attività

Successivamente si sono raccolti dati sulla presenza di addetti per attività, separando i macro-settori economici, ovvero terziario, produttivo e commerciale; quest'ultimo è stato ulteriormente suddiviso in GDO-Grande Distribuzione Organizzata (considerata come quelle attività con più di 20 addetti) e commercio di vicinato. Di seguito la distribuzione di queste attività nelle zone del modello.

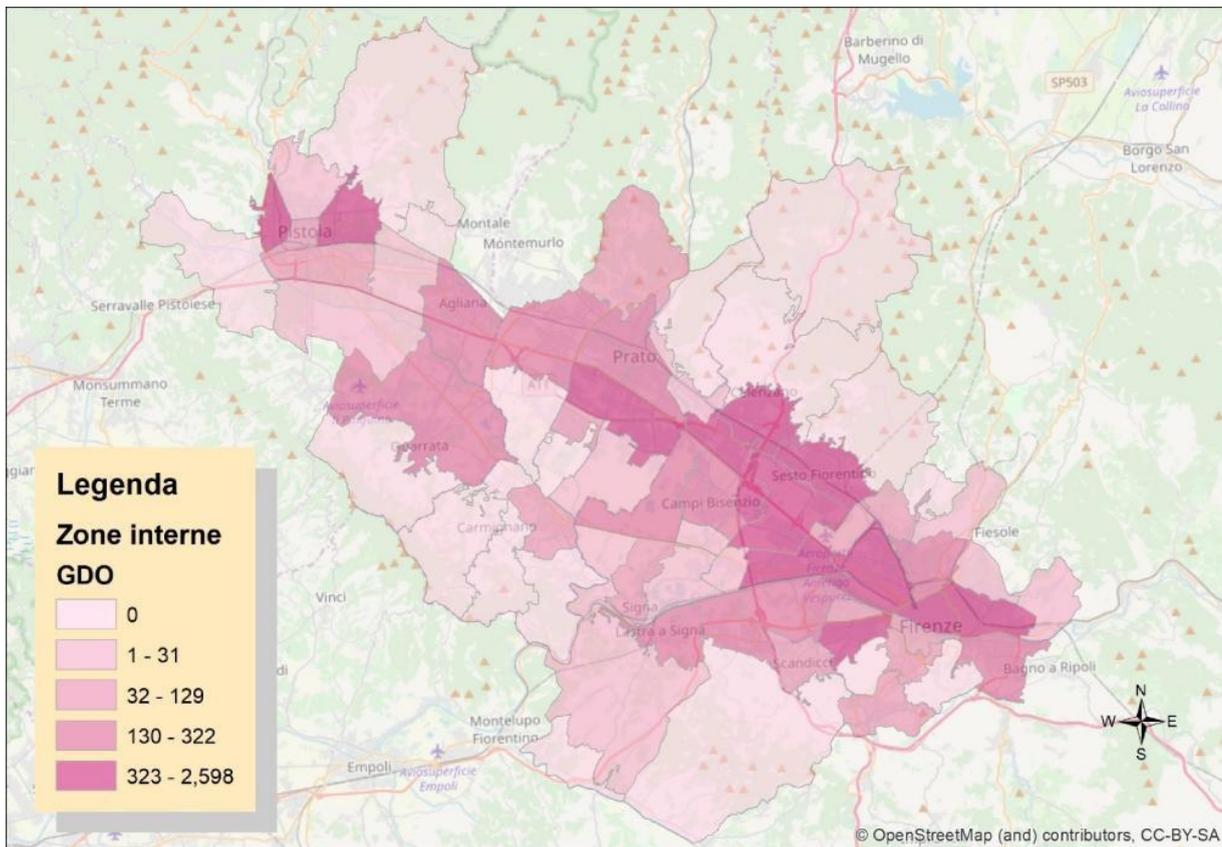


Figura 7 - La distribuzione totale di addetti nella Grande Distribuzione Organizzata

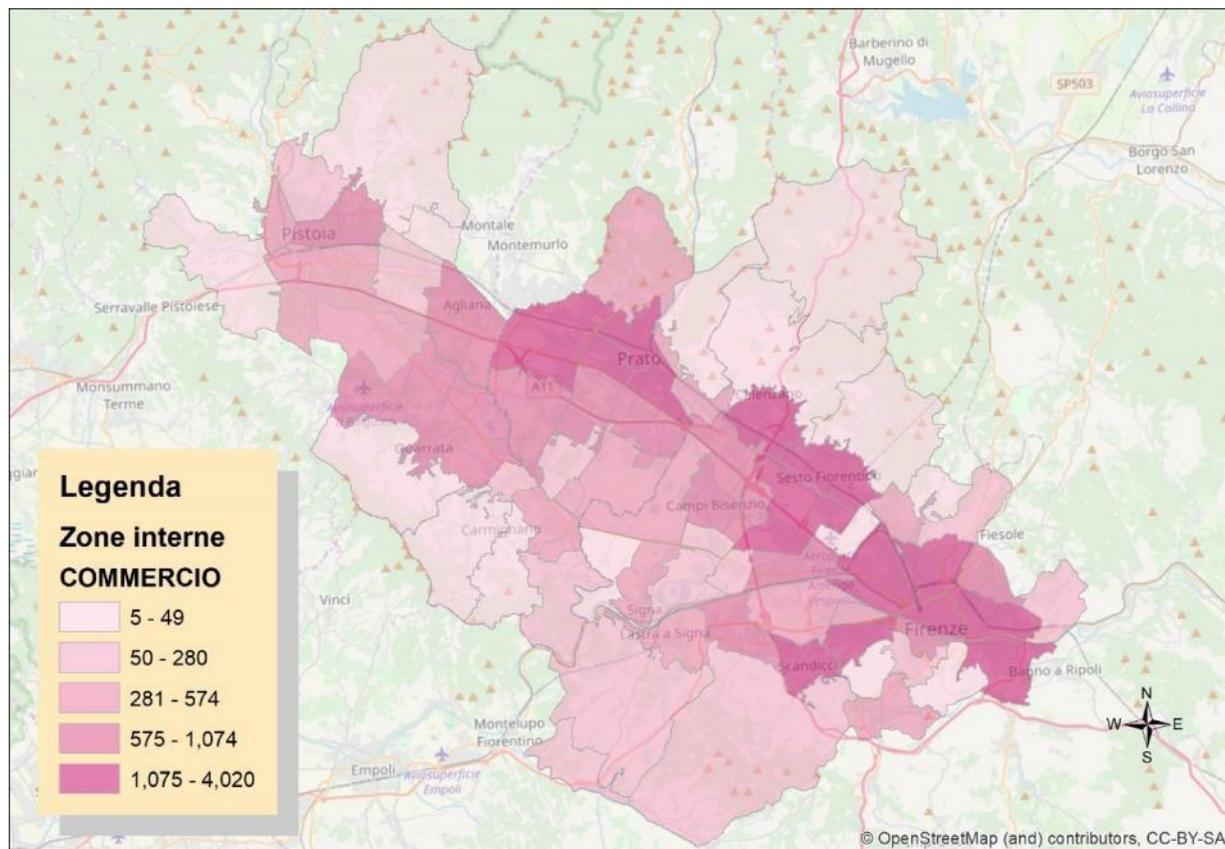


Figura 8 - La distribuzione totale di addetti nel commercio di vicinato (addetti <20)

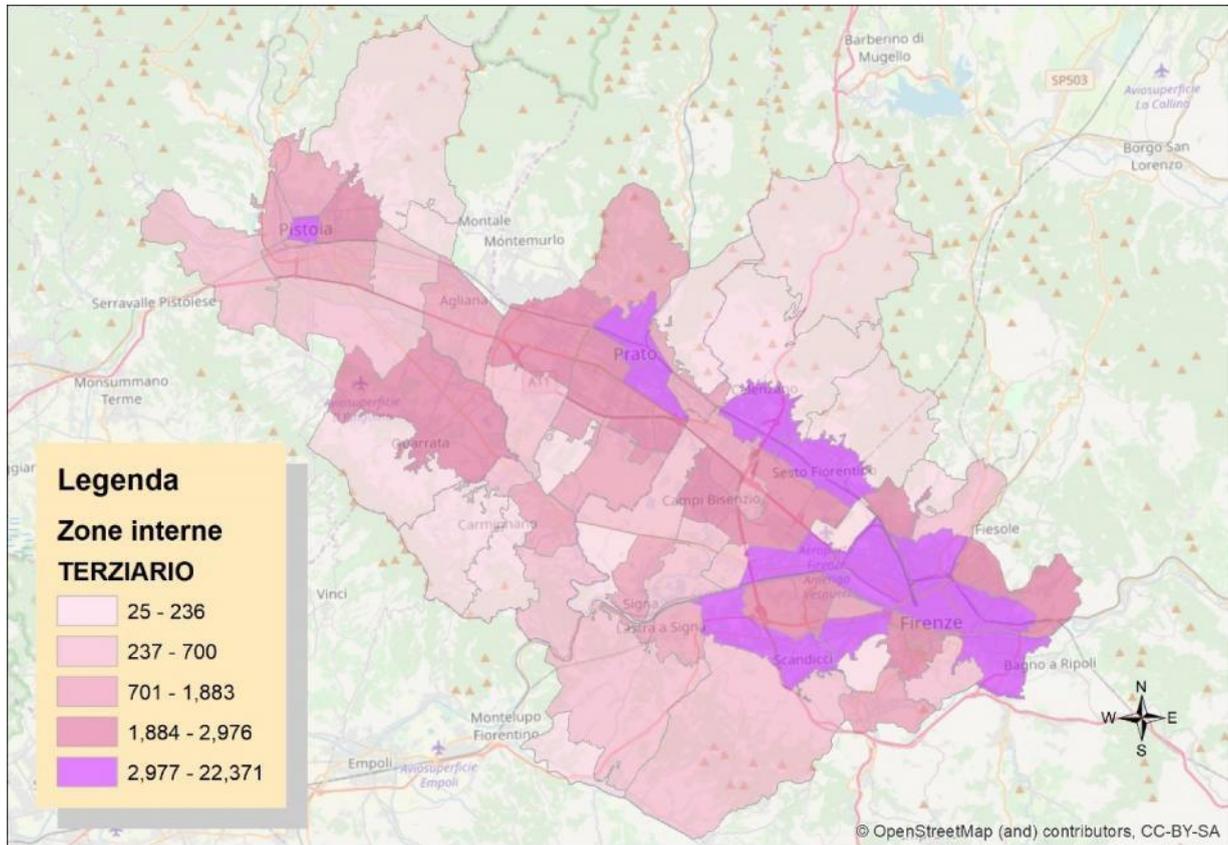


Figura 9 - La distribuzione totale di addetti nel settore terziario

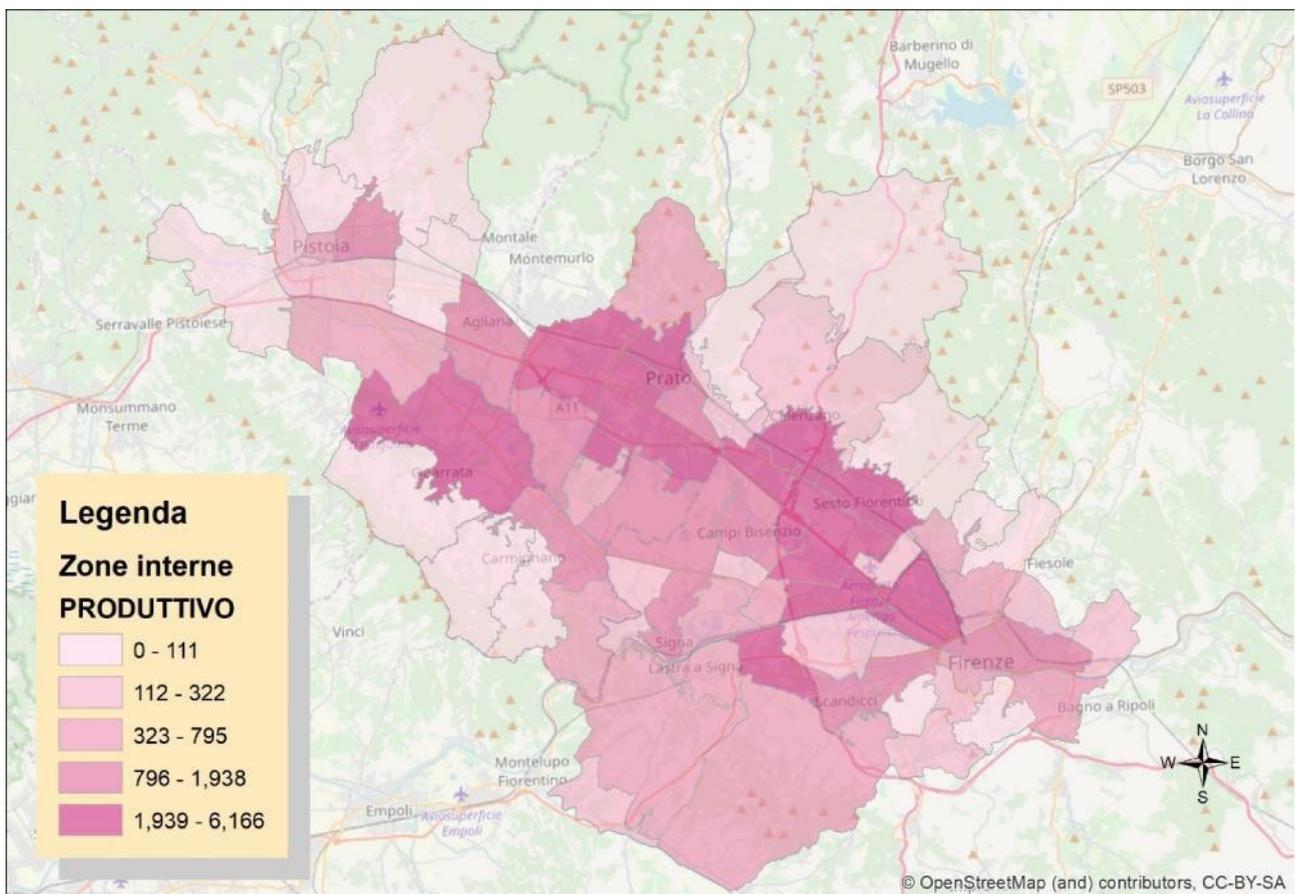
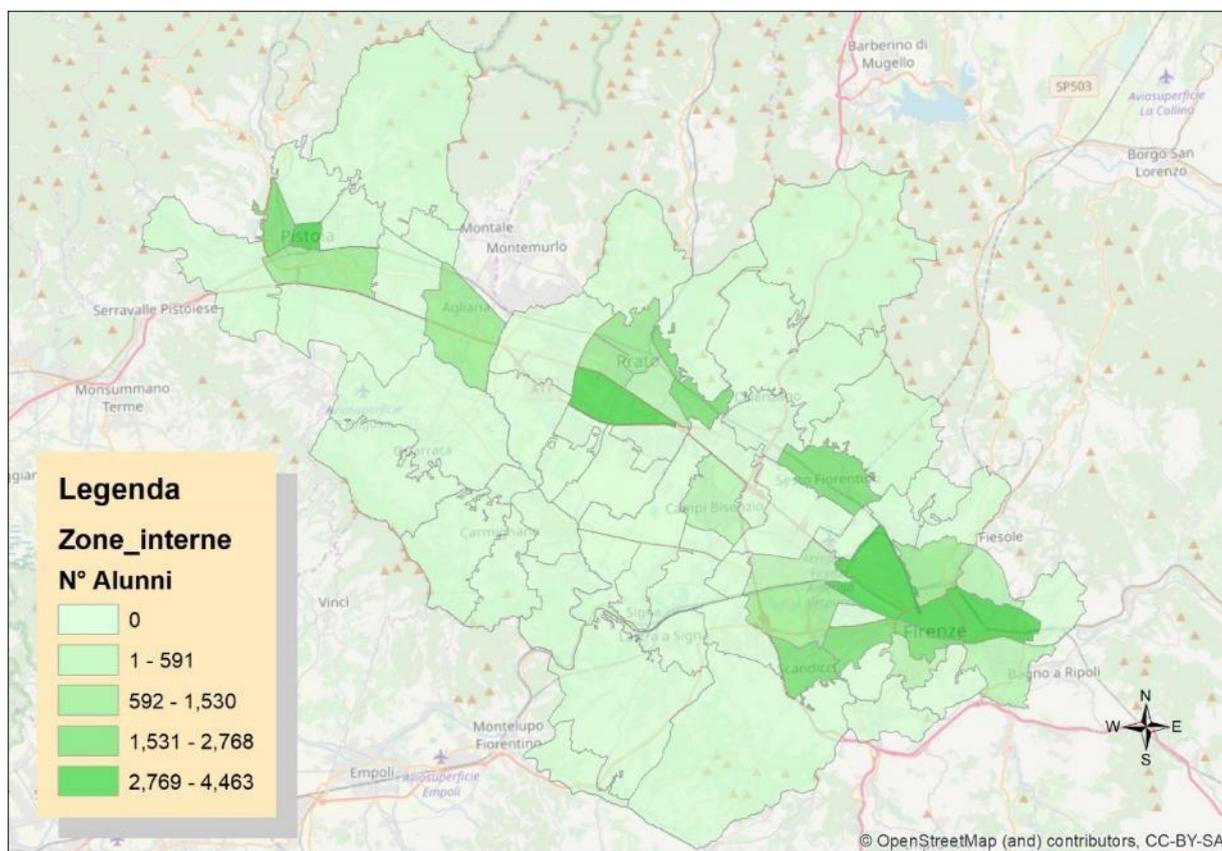


Figura 10 - La distribuzione totale di addetti nel settore produttivo

Per meglio quantificare alcuni settori si sono inserite anche la distribuzione di alunni/studenti per zona, la superficie di vendita totale della GDO ed una quantificazione dell'offerta/domanda turistica (n° strutture turistiche, n° posti letto e presenze turistiche annue). Di seguito si riportano tali informazioni.



*Figura 11 - La distribuzione totale di studenti delle scuole superiori*

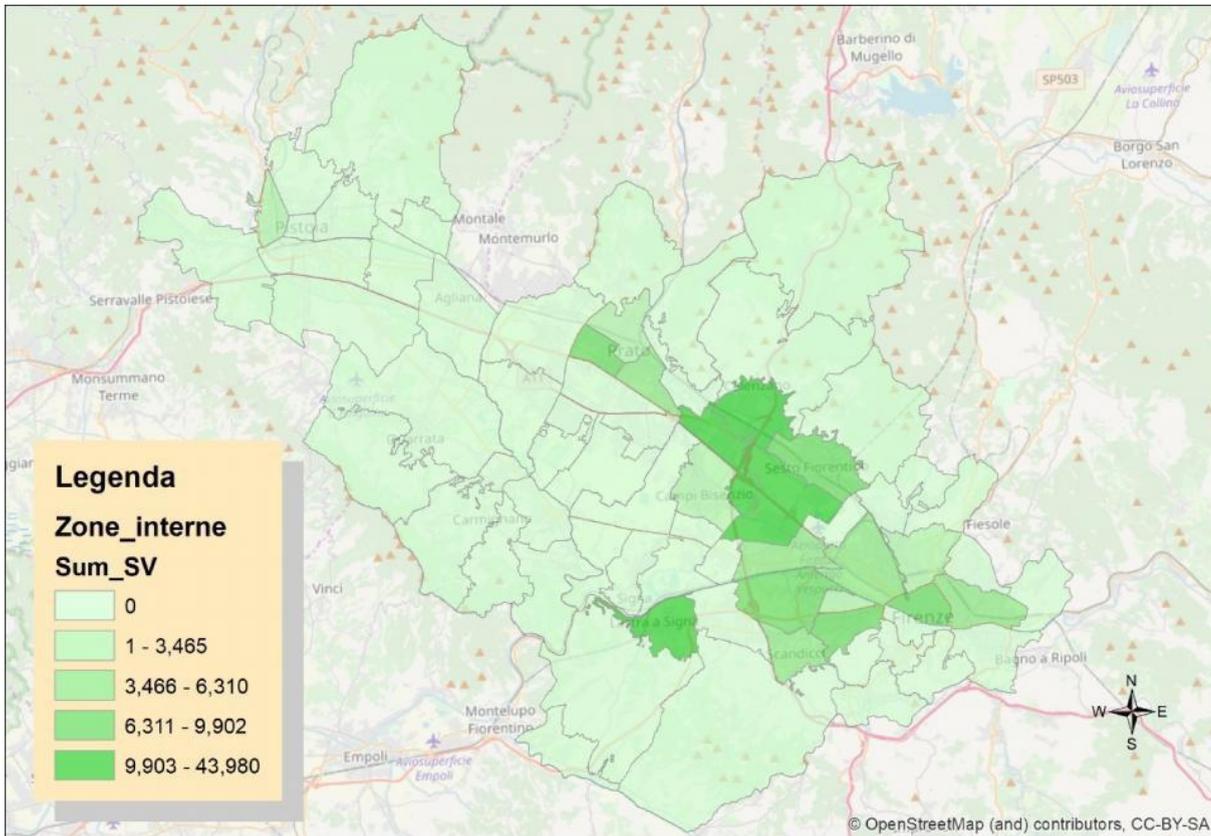


Figura 12 - La distruzione totale di superfici di vendita in strutture della GDO

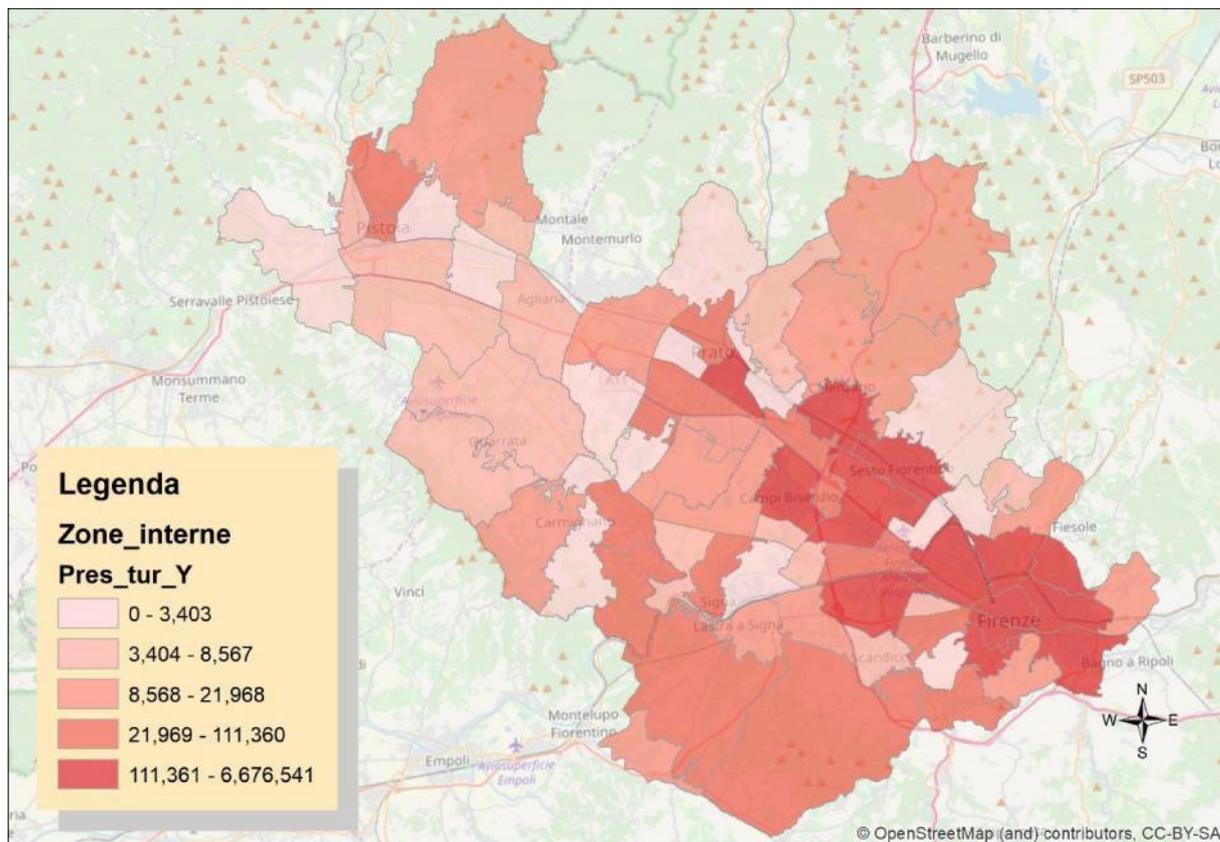
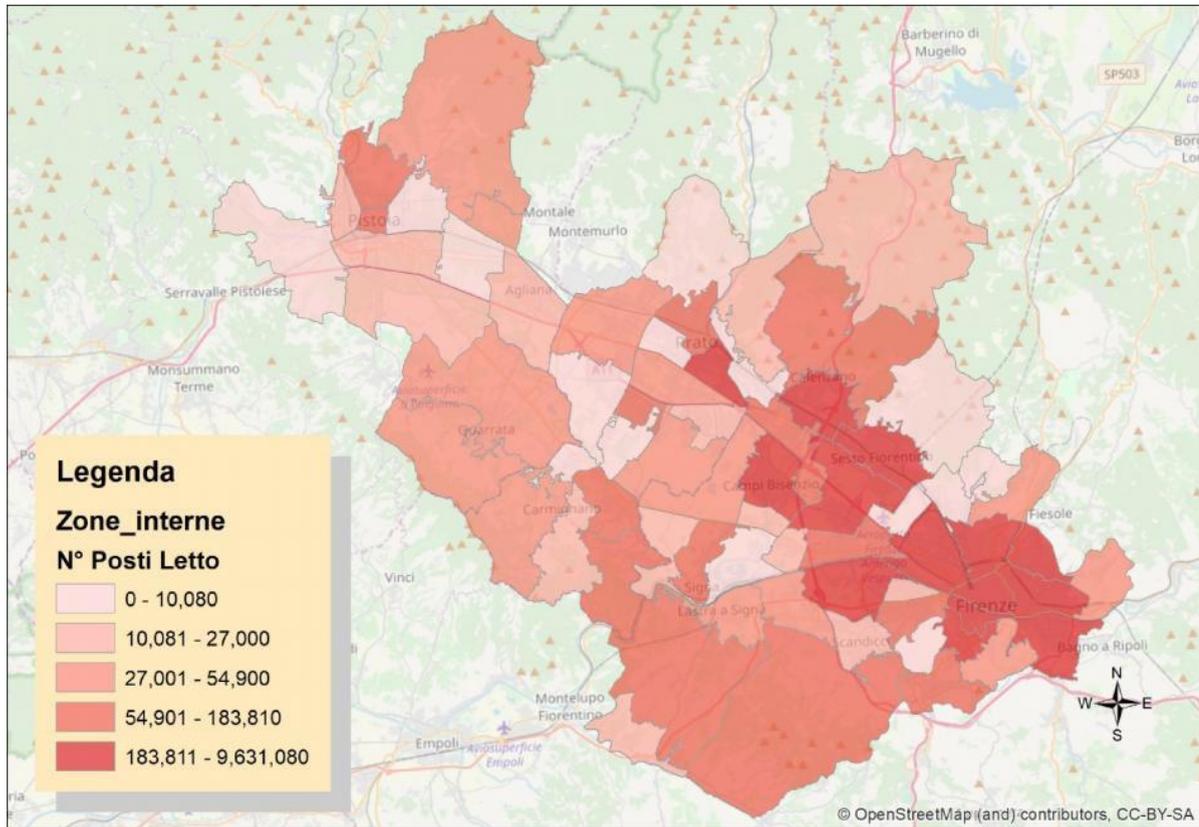


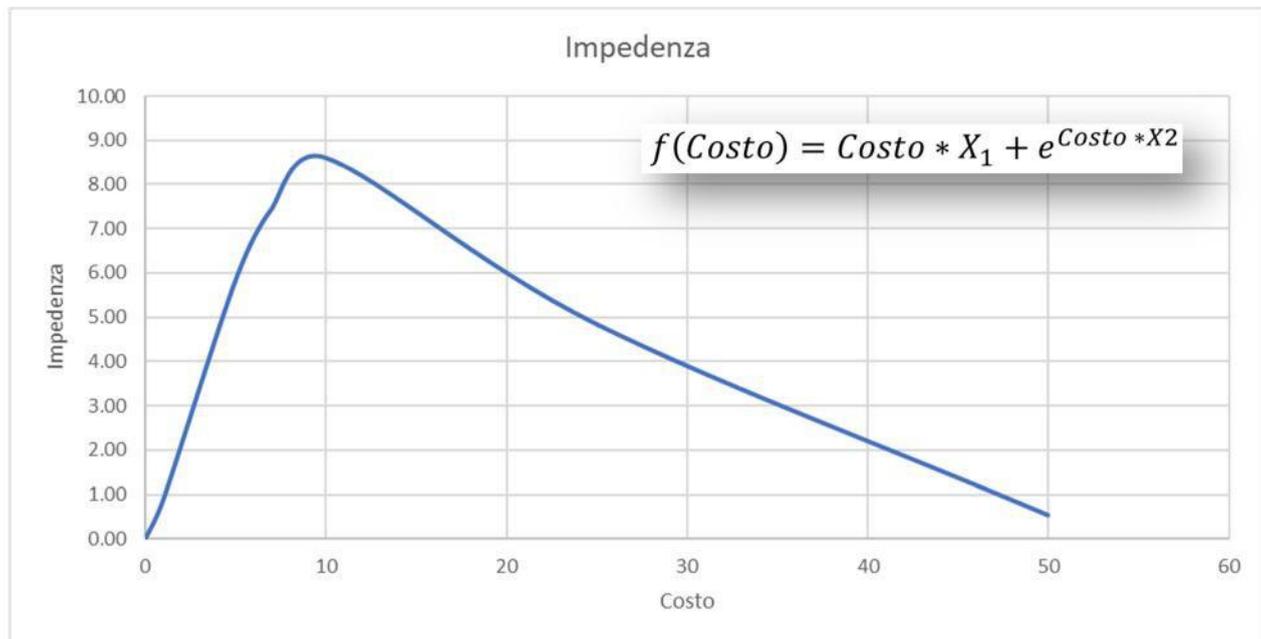
Figura 13 - La distruzione totale di superfici di vendita in strutture della GDO



*Figura 14 - La distribuzione totale di superfici di vendita in strutture della GDO*

### 3.2. COSTRUZIONE DEL MODELLO LUTI

Il primo passo nello sviluppo del modello è stato quello di calibrare la generazione e distribuzione del modello di trasporto, fasi che vanno ad influenzare, a seconda delle variabili utilizzate, la fase di simulazione dell'evoluzione degli usi del suolo. Inoltre, in relazione alla **funzione di impedenza**, si sono calibrati i parametri della stessa stabilendo una funzione crescente in modo rapido per costi bassi e decrescente al crescere dei costi, come illustrato in figura 15.



*Figura 15 - La distruzione totale di superfici di vendita in strutture della GDO*

In relazione al **modello di split modale**, si è ereditato il modello di scelta discreta elaborato dal Comune di Firenze in occasione della simulazione dell'impatto della rete tramviaria.

Prima di effettuare la calibrazione della generazione, si è aggiornata la matrice Origine-Destinazione relativa agli spostamenti privati, grazie ai dati raccolti dai sensori di traffico del Comune di Firenze, della regione Toscana e di Anas.

In figura 16 è riportata la parte del modello Cube che utilizza l'applicazione Analyst per effettuare tale ricalibrazione.

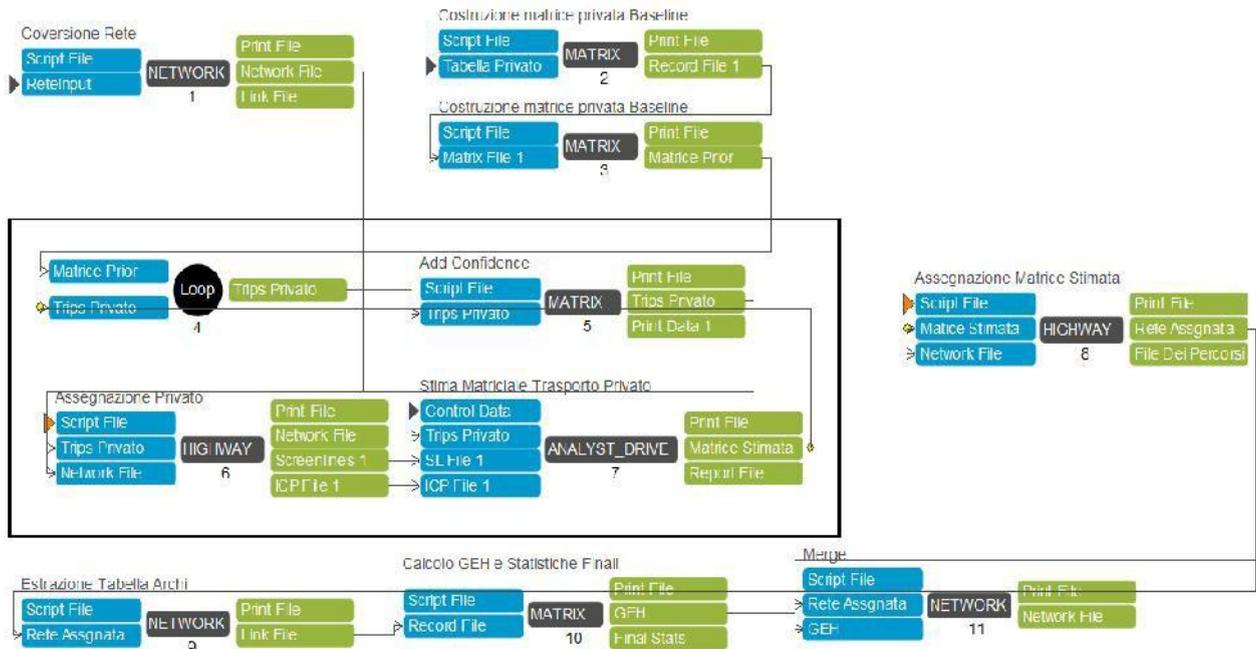


Figura 16 - La parte del modello con la ricalibrazione della matrice O/D privata

Per la **Generazione** si è modellato, rispetto agli attributi indicati nel primo paragrafo, i parametri sia in fase di attrazione che di produzione degli spostamenti, in relazione alle 71 zone interne.

Gli script di attrazione e produzione sono indicati di seguito:

```
PROCESS PHASE=ILOOP
; This phase performs a zonal loop (I=1,Zones). This phase is used to compute
productions (P[#]=) and
; attractions (A[#]=) by zone. Up to 20 P's and 20 A's can be computed in a single
run.
```

P0=3.4417

PB=3.8385

PM=7.4179

PA=7.4179

AC=9.368

AP=3.5955

AT=4.039

$$P[1]=Zi.1.REDDITO\_0*P0+Zi.1.REDDITO\_B*PB+Zi.1.REDDITO\_M*PM+Zi.1.REDDITO\_A*PA$$

$$A[1]=Zi.1.GDO*AGDO+Zi.1.COMMERCIO*AC+Zi.1.PRODUTTIVO*AP+Zi.1.TERZIARIO*AT$$

ENDPROCESS

PROCESS PHASE=ADJUST

; This phase is optional and if used is processed only once after the completion of the ILOOP phase.

; This phase is used to adjust and/or balance the final trip productions and attractions.

BALANCE NHB=1

ENDPROCESS

In relazione alla **Distribuzione**, la calibrazione è avvenuta sviluppando uno script che genera, sulle matrici calcolate, la distribuzione di spostamenti per fasce di 5 chilometri (incrociando la matrice delle distanze), in modo da confrontare le matrici originarie con quelle simulate mediante generazione → distribuzione. In figura 17 la parte di modello relativa con l'output TLD costituito dal vettore con gli spostamenti per fasce chilometriche e successivamente lo script utilizzato in Cube.

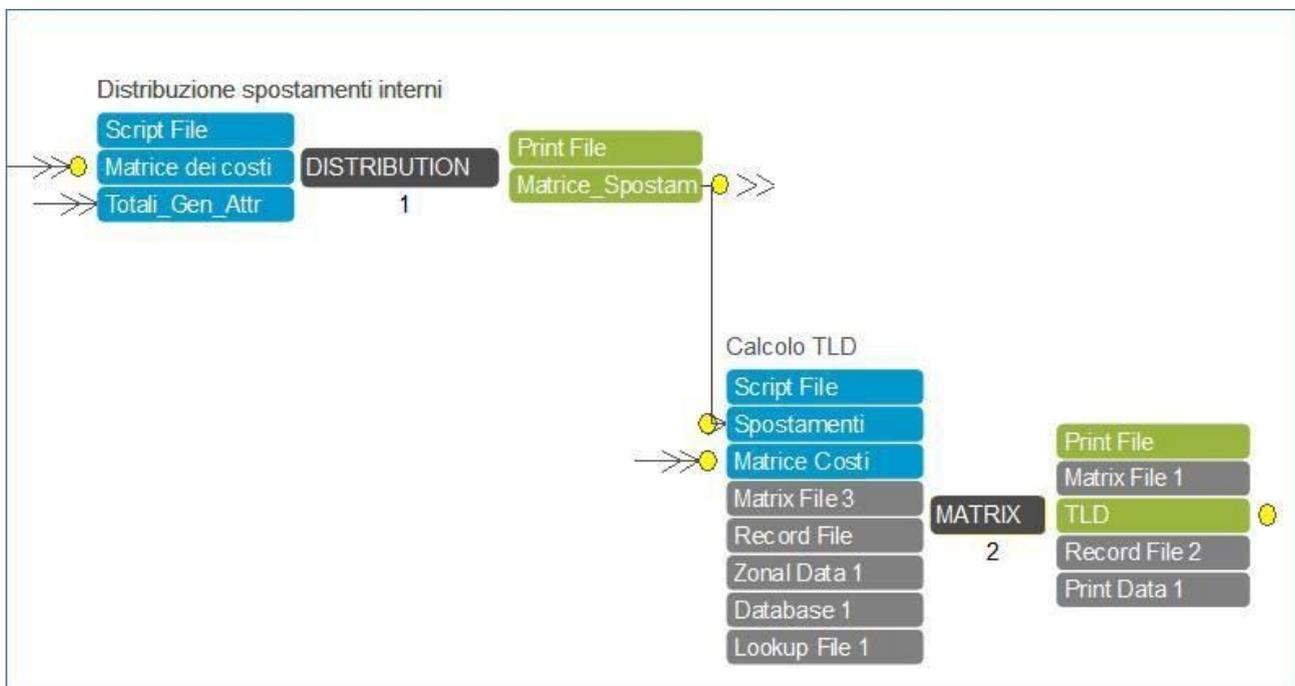


Figura 17 - La parte del modello con la ricalibrazione della matrice O/D privata

*mw[1]=mi.1.1 ; Matrice spostamenti*

*mw[10]=mi.2.2 ; Matrice Distanze*

*Intervallo=5 ; Intervalli di 5 KM*

*N\_Intervalli=20 ; 20 intervalli da 5 KM*

*array Spostamenti=20 ; coerente con il numero degli intervalli (N\_Intervalli)*

*jloop*

*IF(MW[10]=0) MW[10]=0.001*

*group = min(int(mw[10]/Intervallo)+1,N\_Intervalli); faccio ricadere il valore della di*

*stanza nel gruppo ad esempio 6km ricade nel gruppo 5-10*

*Spostamenti[group]=Spostamenti[group]+mw[1]*

```

endloop
if (i=zones)
  loop group=1,N_Intervalli
    ro.Distanza=group*Intervallo
    ro.Spostamenti=Spostamenti[group]
    write reco=1
  endloop

```

Successivamente si sono caricate sul modello tutte le linee di trasporto pubblico su ferro e su gomma, calcolando la frequenza equivalente ‘giornaliera’ di ciascuna linea.

In totale sono state inserite circa 400 diversi percorsi. In figura 18 la rappresentazione di tali percorsi e, in figura 19 alcune simbologie relative ai saliti/discesi, per la linea su gomma 360A3, derivanti dalla fase di assegnazione (rappresentata in figura 20 nel modello).



*Figura 18 - Le linee del trasporto pubblico caricate*

In figura 19 sono rappresentati nella mappa in verde chiaro i saliti, in blu i discesi ed in verde mare i presenti a bordo del veicolo mentre il grafico rappresenta il profilo dei saliti/discesi sulla linea, che segue la stessa legenda di colori.

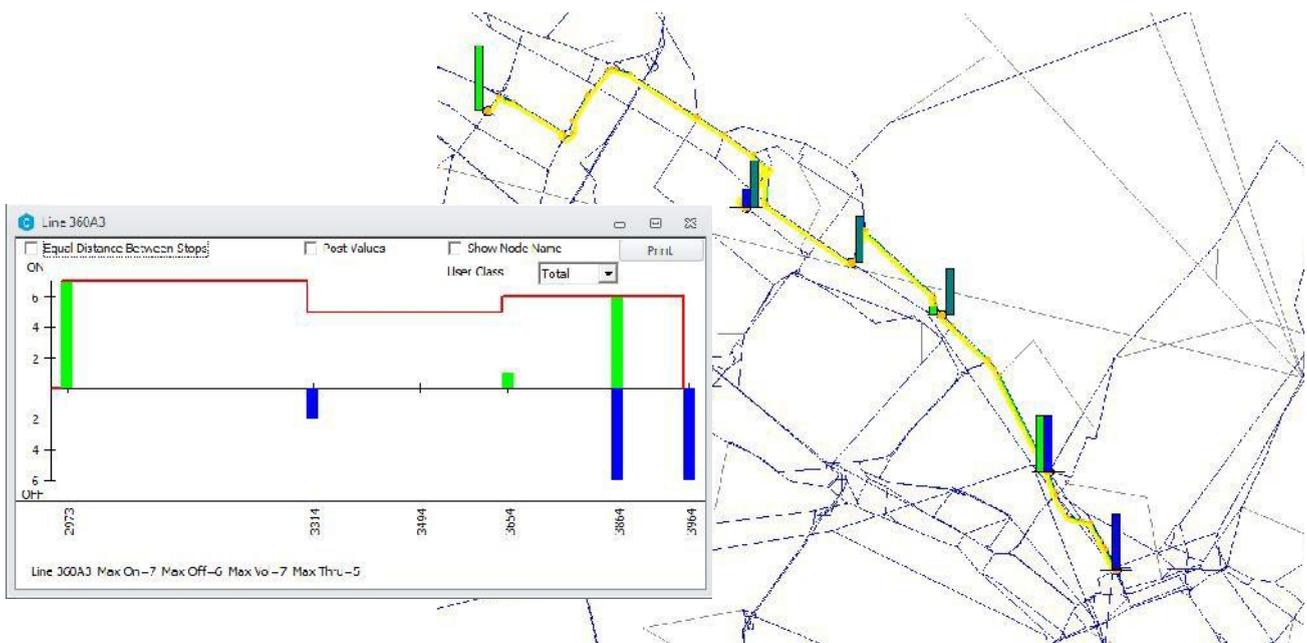


Figura 19 - Alcuni grafici sui risultati dell'assegnazione multimodale

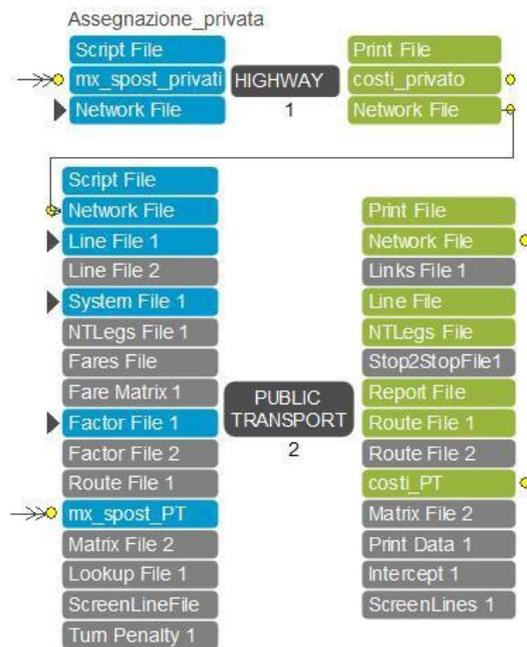


Figura 20 - La parte del modello relativa all'assegnazione multimodale

Si ricorda come i costi del servizio di Trasporto Pubblico siano stati inseriti per fasce chilometriche a partire dalle tariffe attuali sia per il servizio su gomma che per quello su ferro. Tale attività permetterà, in un futuro, di verificare l'impatto di modifiche ai costi dei servizi di trasporto pubblico, ampliando l'ambito di supporto decisionale del modello costruito.

Successivamente sono stati inseriti nel modulo di Land Use tutti gli attributi richiesti dal SW Cube. Si riporta in figura 21 il modulo di simulazione dell'evoluzione degli usi del suolo.

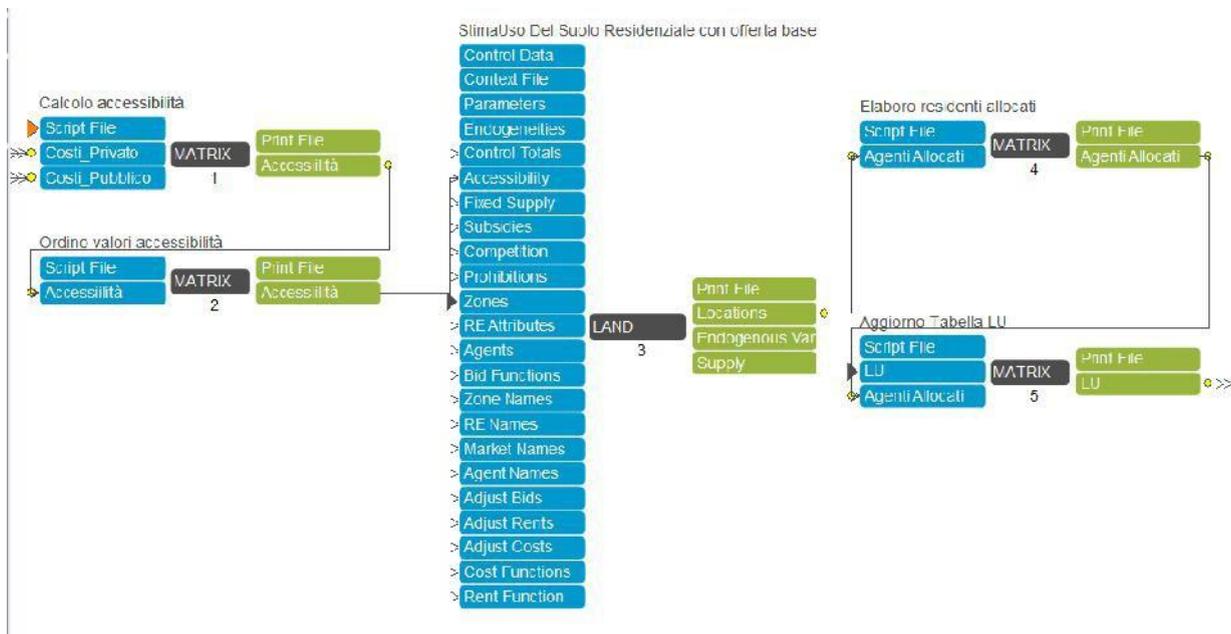


Figura 21 - La parte del modello relativa alle simulazioni degli usi del suolo

In figura 22 si riporta il modello costruito nel suo complesso con tutti i sub-moduli descritti precedentemente.

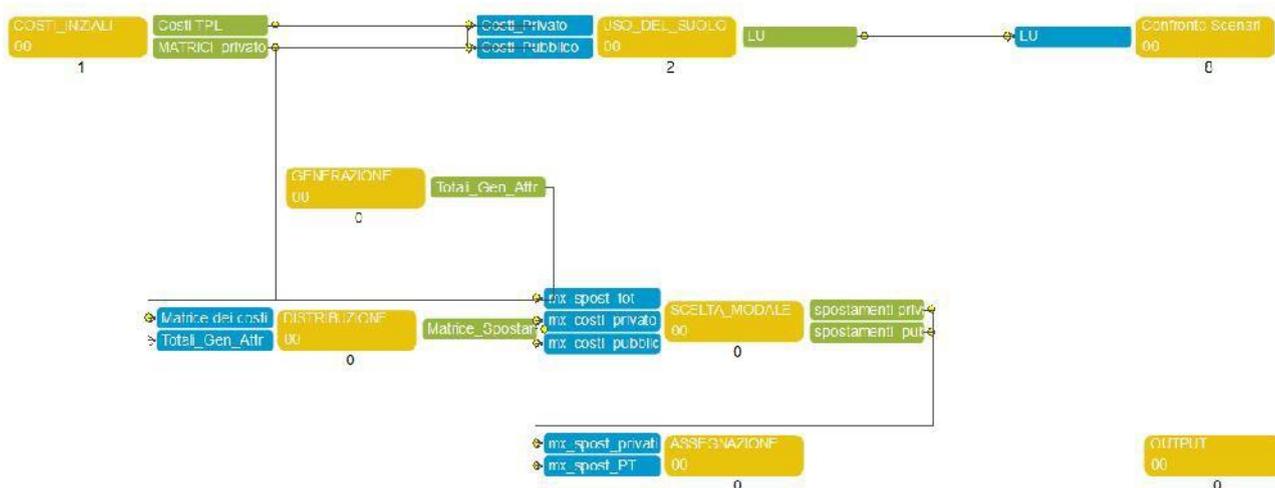
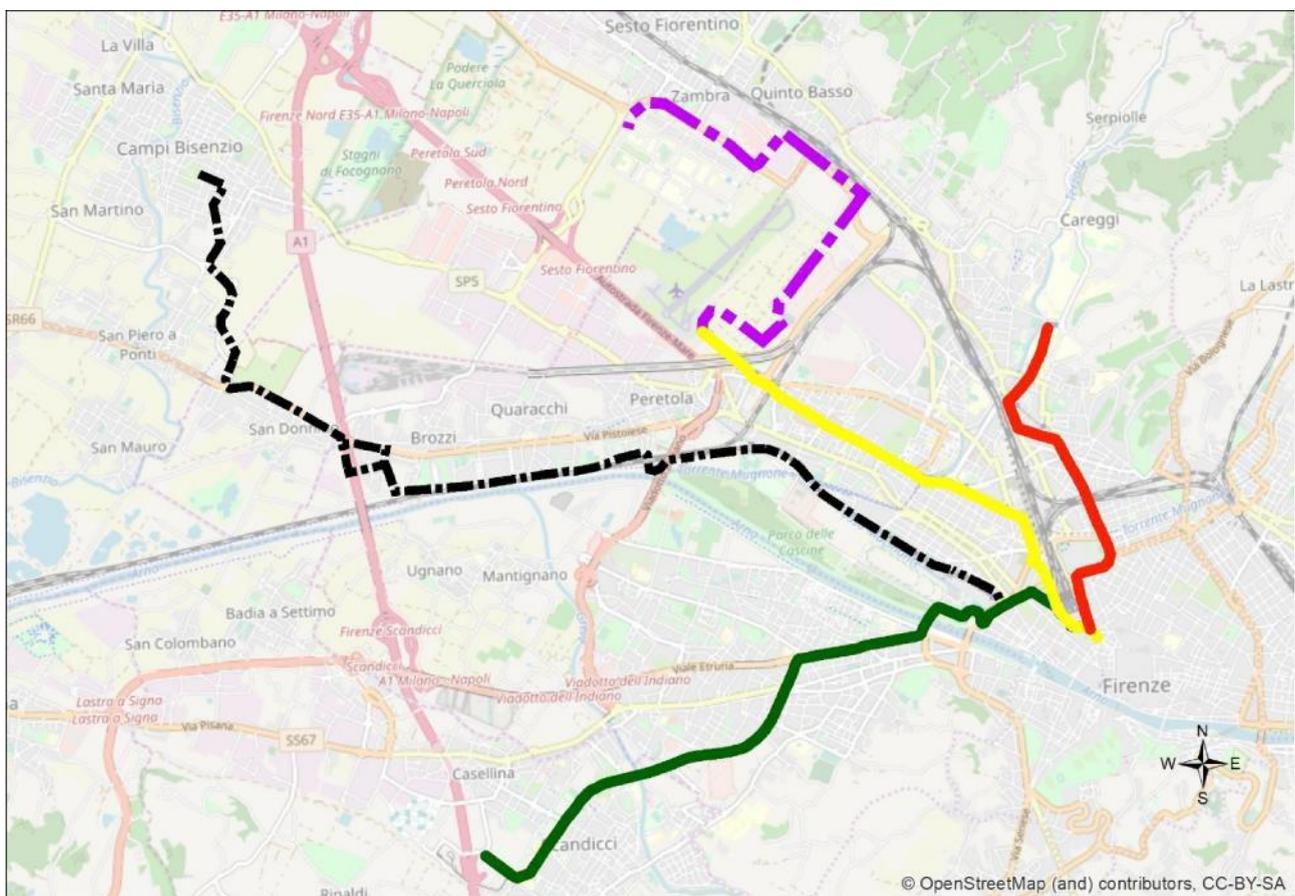


Figura 22 – Il modello LUTI costruito nella schermata generale con tutti i moduli sviluppati

### 3.3 SIMULAZIONE DI SCENARI EVOLUTIVI

Il primo passo nello sviluppo delle simulazioni è stato quello di disegnare alcuni scenari, unendo diverse azioni di Piano previste (sia a livello regionale, provinciale che comunale) e raccolte tutte grazie al lavoro dell'Arch. Alberti dell'Università di Firenze.

In questa sede mostriamo i risultati delle simulazioni dell'impatto sulla distribuzione della popolazione dovuto all'entrata a regime delle linee della tramvia (rappresentate in figura 23).



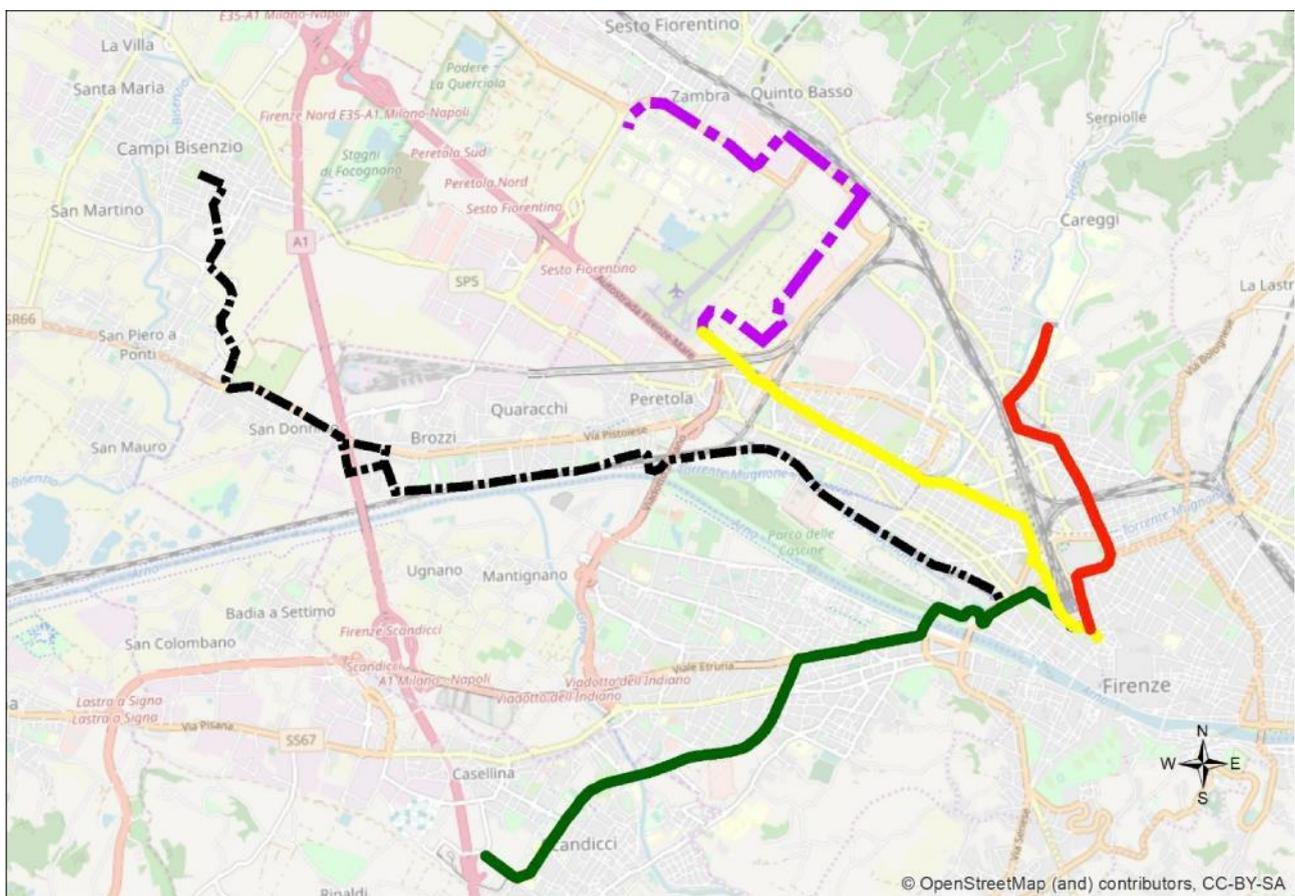
*Figura 23 - Le linee della tramvia simulate*

La simulazione ha visto l'incremento dell'accessibilità al centro di Firenze, rispetto al resto dell'area, con dinamiche demografiche coerenti con tale variazione: un aumento dell'attrattività delle aree periferiche che godono di maggiore accessibilità al centro storico.

### 3.3 SIMULAZIONE DI SCENARI EVOLUTIVI

Il primo passo nello sviluppo delle simulazioni è stato quello di disegnare alcuni scenari, unendo diverse azioni di Piano previste (sia a livello regionale, provinciale che comunale) e raccolte tutte grazie al lavoro dell'Arch. Alberti dell'Università di Firenze.

In questa sede mostriamo i risultati delle simulazioni dell'impatto sulla distribuzione della popolazione dovuto all'entrata a regime delle linee della tramvia (rappresentate in figura 23).



*Figura 23 - Le linee della tramvia simulate*

La simulazione ha visto l'incremento dell'accessibilità al centro di Firenze, rispetto al resto dell'area, con dinamiche demografiche coerenti con tale variazione: un aumento dell'attrattività delle aree periferiche che godono di maggiore accessibilità al centro storico.

**Allegato 4**

**Analisi della mobilità  
nella Piana Fiorentina  
attraverso l'uso di Big Data**



# Indice

01	La città di Firenze	2
02	Pattern di mobilità	6
03	Autostrada	28
04	Atlante Urbano	32
05	Analisi dei servizi	40

*Il lavoro è stato svolto all'interno della collaborazione IRPET-ISTI CNR, nell'ambito dell'Area Economia pubblica e territorio dell'IRPET coordinata da Patrizia Lattarulo.*



## 01 La città di Firenze

Firenze e i suoi dintorni rappresentano la tipica area metropolitana europea caratterizzata da una città con forte pendolarismo con circa 540.000 utenti della città e circa 370.000 residenti.

La città copre un'area relativamente piccola (poco più di 100 km<sup>2</sup>) rispetto ad un'area metropolitana che comprende 20 comuni circostanti con circa 970.000 residenti. La mobilità dell'area è caratterizzata da circa 690.000 movimenti giornalieri di cui 480.000 al mattino.



## LE CARATTERISTICHE DELLA MOBILITÀ

La città si trova sull'asse nord-sud dell'Italia, quindi è toccata dalle più rilevanti reti infrastrutturali e di trasporto.

Firenze è servita da due autostrade: A1 (Milano-Roma) e A11 (Firenze-Pisa); due superstrade: S.G.C. Fi-Pi-Li (Firenze-Pisa-Livorno) e un collegamento autostradale (Firenze-Siena); cinque strade statali che collegano la città a Roma, Bologna, Forlì, Faenza e San Marcello Pistoiese.

La stazione ferroviaria principale di "Santa Maria Novella" si trova nel centro della città, ma in tutta la città di Firenze è possibile contare più di dieci stazioni ferroviarie secondarie.

Le stazioni ferroviarie di Firenze sono organizzate in una struttura gerarchica e classificate secondo il traffico internazionale, nazionale o urbano che ricevono.

Infine, l'aeroporto internazionale Peretola si trova a nord-ovest, a 5 km dal centro della città.

Tre sono i principali accessi al contesto urbano: da nord e da sud uscendo dall'autostrada A1 e da ovest, alla fine della S.G.C. Fi-Pi-Li. La rete di trasporto urbano è organizzata in una struttura radiale dove le strade di penetrazione locale sono collegate da vie di bypass (strade anulari) a quattro o sei corsie.

Il centro della città è chiuso al traffico, anche se autobus, taxi e residenti sono ammessi con permessi appropriati. Questa zona è comunemente indicata come ZTL (Zona Traffico Limitato), suddivisa in tre sottosezioni.

La principale rete di trasporto pubblico all'interno della città è ge-

stata da ATAF & Linea, società operante con più di 500 autobus. L'offerta della società è di circa 90 linee, tra cui 10 linee forti che coprono circa il 50% della domanda totale dei passeggeri.

La flotta urbana di trasporto pubblico presenta diversi veicoli dotati di sistema alternativo di rifornimento. In particolare, il 40% dei veicoli Ataf & Linea che servono la domanda di trasporto pubblico urbano sono alimentati con il bio-metano. Secondo la strategia della città nel ridurre l'inquinamento atmosferico e con l'offerta dell'azienda di un servizio ecocompatibile, la percentuale di veicoli ad alimentazione alternativa è crescente.

A causa dell'alto livello di inquinamento atmosferico e del traffico nella città, è in costruzione una rete urbana di tram. La prima linea esistente parte da Scandicci a sud-ovest fino al lato occidentale della città, attraversando il fiume Arno in prossimità del parco delle Cascine e arrivando alla stazione ferroviaria principale di Santa Maria Novella, spostando fino a 13 milioni di passeggeri all'anno.<sup>1</sup>

Altre due linee, che collegano la stazione principale con l'ospedale Careggi e l'Aeroporto di Peretola, sono in costruzione.

I veicoli della tramvia sono i principali veicoli elettrici che operano a Firenze, 100% ecologici.

Trentitalia (la prima compagnia ferroviaria italiana) svolge un ruolo importante nel trasporto pubblico urbano. Ci sono diverse stazioni importanti, come ad esempio Campo di Marte e Rifredi, collegate direttamente a Santa Maria Novella che aiutano la distribuzione dei pendolari di tutta la città di Firenze.

Al fine di rafforzare i trasporti pubblici, attualmente è attiva una politica di biglietteria integrata. L'integrazione di biglietteria è sta-

<sup>1</sup> City of Florence, Actual Mobility Context: <http://sdr.gdos.gov.pl/Documents/Wizyty/W%C5%82ochy/City%20of%20Florence%20Actual%20Mobility%20Context.pdf>

ta sviluppata tra i principali bus manager Ataf & Linea, tra cui le linee urbane e suburbane (Lotto I, Lotto II, Lotto III) e il gestore "Tramvia" Gest.

Inoltre, un'integrazione extra-urbana di biglietteria denominata "Pegaso" è attuata dalla regione Toscana: i proprietari di abbonamenti Pegaso sono autorizzati a utilizzare ogni tipo di trasporto che collega due città fisse nella rete della Toscana; l'abbonamento può includere i mezzi pubblici all'interno della città di partenza/città di arrivo.

Un servizio di car-sharing è attivo con diverse stazioni che si trovano in tutta la città, l'accesso di questi veicoli è consentito anche nelle zone ZTL. La rete di mobilità comprende circa 80 km di piste ciclabili, principalmente situate nel vecchio centro città e dintorni. Nella città di Firenze è presente un servizio di noleggio e scambio di biciclette e le stazioni principali sono: Santa Maria Novella, Campo di Marte, Rifredi, Piazza della Libertà, Piazza della Calza e Piazza di Castello.

Per ridurre l'uso delle auto vengono attuate le politiche Park & Ride. Parecchi parcheggi si trovano lungo le principali arterie che entrano nel centro della città: parcheggio di Castello, Rovezzano e Viale Europa sono collegate alle uscite autostradali A1; Parcheggio di Via del Cavallaccio e San Lorenzo a Greve sorgono intorno alla fine della superstrada Fi-Pi-Li; altri parcheggi sono situati a Firenze Salviati e (in futuro) a Villa Costanza che saranno collegati al terminal "Tramvia".

La rete di mobilità della città di Firenze rappresenta un sistema molto complesso, dove un equilibrio instabile regna tra i vari livelli

di mobilità. Una particolare caratteristica del trasporto nella città di Firenze è rappresentata dall'alto numero di auto private: la quota è maggiore delle persone che viaggiano in autobus e tre volte il numero di visitatori che arrivano in treno.

Firenze è anche caratterizzata da un elevato numero di pendolari (i movimenti interni rappresentano da soli il 57% del totale) e un limitato utilizzo dei mezzi pubblici (il 56% delle vetture sulla rete cittadina durante la mattina proviene dall'esterno della città).

Per gestire una domanda così forte a causa della struttura radiale della rete di trasporto urbano, i fenomeni di congestione sono rigorosamente e direttamente collegati al livello di servizio dei bypass; per questo è necessario sottolineare la necessità dell'attuazione di un sistema di monitoraggio dei flussi di traffico e di un centro operativo, fornendo agli utenti numerose informazioni di mobilità e creare adeguati piani di controllo.

## 02 Pattern di mobilità

Il presente studio cerca di indagare le particolarità della città metropolitana di Firenze da un punto di vista della mobilità che impatta sull'area fiorentina.

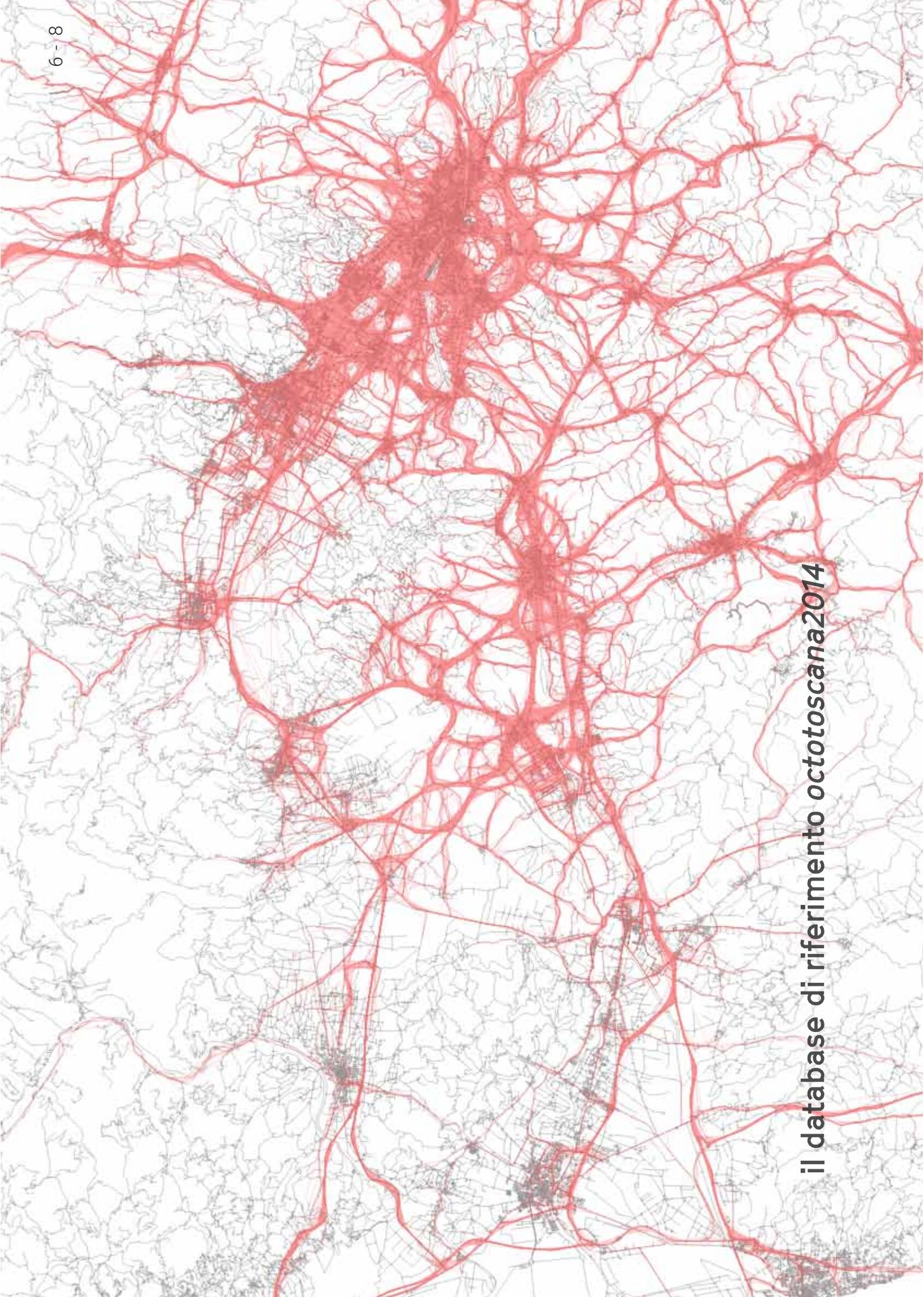
L'approfondimento nell'uso di grandi collezioni di dati di mobilità, capace di aiutare nel processo decisionale relativo alla gestione dei flussi e dei trasporti, rivela il potere analitico dei big data di mobilità. Le più diffuse base conoscitiva per l'ingegneria dei trasporti, come le matrici origine/destinazione, sono basate su grandi collezioni di dati raccolti per mezzo di sondaggi e interviste. Non è ovvio che dati come quelli che saranno utilizzati in questo progetto possano sopperire ai limiti dei sondaggi, limiti come il costo elevato, la incostante periodicità, obsolescenza, incompletezza e imprecisione. D'altro canto i dati rilevati automaticamente in tempo reale da dispositivi di localizzazione sono sì campionati fedelmente e con precisione ma mancano di contesto e significato.

A questo proposito si illustrano i risultati di una ricerca condotta sulla base di dati GPS rilevati da auto private concentrati sulla città di Firenze. I dati GPS consistono nella sequenza di rilevamenti spazio-temporali dei veicoli sui quali il dispositivo di posizionamento è installato. Tale dispositivo si occupa di ricostruire la posizione geografica del veicolo in modo continuo, comunicandola regolarmente alla centrale e seguendo alcune regole per la riduzione del

traffico di informazioni. L'accensione e spegnimento del dispositivo è automatica e contemporanea a quella del veicolo, per cui il tracciamento avviene senza discontinuità. Per condurre l'analisi di mobilità occorre elaborare il dato grezzo trasformando le coordinate geografiche in geometrie per permettere un'analisi dei dati più agevole e lineare; in particolar modo in questo caso si parla di traiettorie rappresentate da un inizio (startpoint) e una fine (endpoint) rappresentato su un piano adeguatamente referenziato con un sistema di riferimento: WGS84.<sup>2</sup>

L'obiettivo principale sarà quello di trovare risposta ad alcune delle domande più stimolanti a proposito dei comportamenti di mobilità, come ad esempio: quali sono gli itinerari più comuni seguiti dalle traiettorie e qual è la loro distribuzione spazio-temporale? Come si comportano le persone in prossimità di grandi attrattori come stazioni, aeroporti? Come si può comparare la mobilità privata a quella pubblica per capire come si possono soddisfare al meglio i bisogni degli utenti? Come si possono distinguere i residenti dai visitatori solo attraverso la distribuzione delle traiettorie nello spazio e nel tempo? Si cercherà di affrontare questi quesiti attraverso l'approfondimento e l'interpretazione delle tecniche di geodata mining.

<sup>2</sup> WGS84 (sigla di World Geodetic System 1984) è un sistema di coordinate geografiche geodetico, mondiale, basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984.



**il database di riferimento octotoscana2014**

## FONTI DATI

Le analisi sono state effettuate sul database *octoscana2014*, che raccoglie dati di circa 250000 veicoli, per 18873517 traiettorie, registrati dal 26/01/14 al 16/03/2014, all'interno della regione toscana. Considerando soltanto le traiettorie che interessano l'area vasta di Firenze come punto di arrivo o di partenza, il dataset consiste in 3770030 osservazioni per 57676 veicoli. Solitamente lo scopo principale della raccolta di questi dati è a scopi commerciali e al momento sono principalmente rivolti alle società assicurative che offrono ai propri clienti condizioni agevolate in cambio dell'adozione del dispositivo di tracciamento. OctoTelematics è l'azienda che si occupa del tracciamento di una flotta di veicoli tramite dispositivi GPS che ha fornito al KDD Lab un campione di tali dati relativo all'area fiorentina.

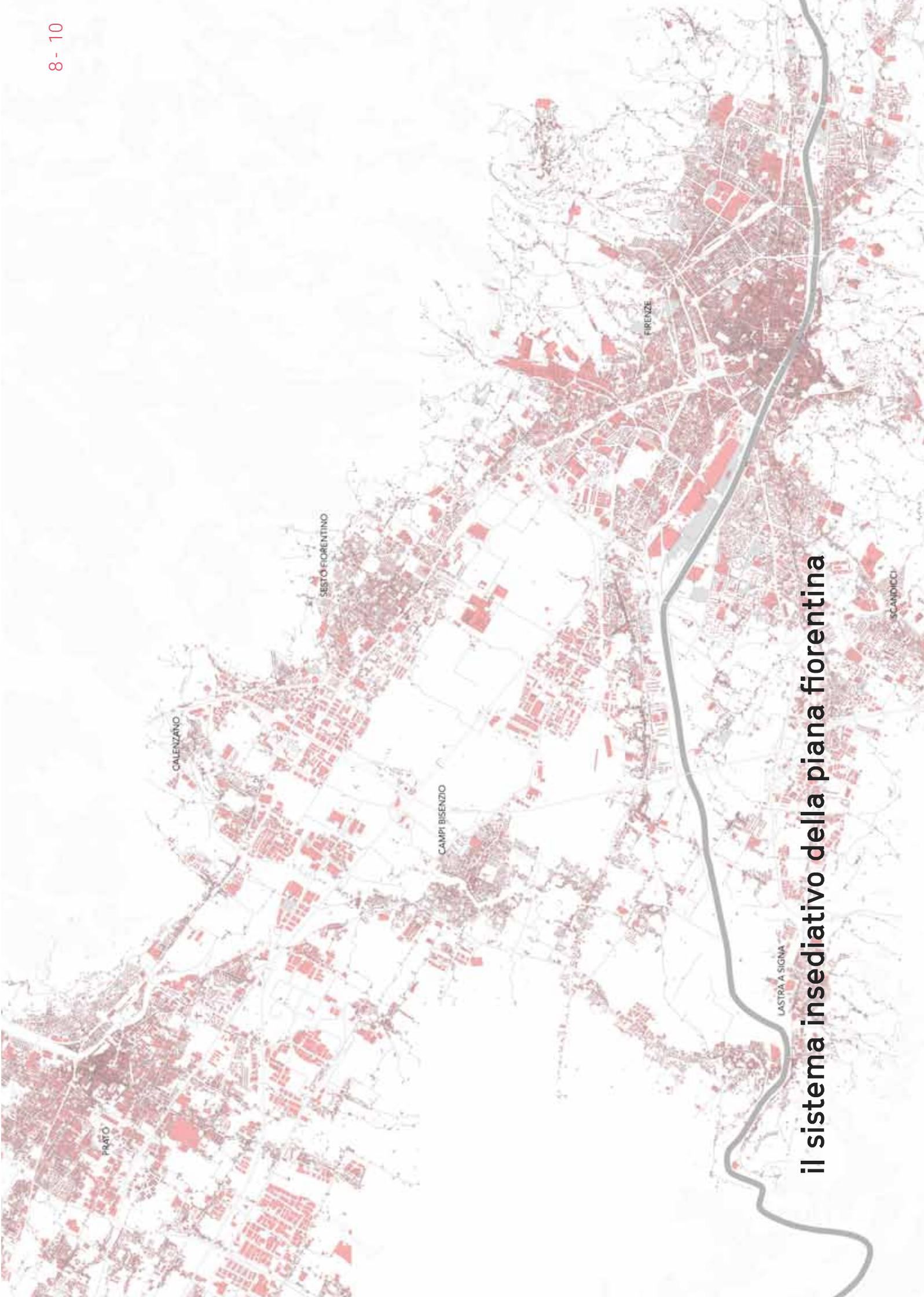
Per integrare i dati di mobilità sono stati utilizzati i dati Istat 2011 che riguardano i rilevamenti del 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni. La collezione dei dati del censimento ISTAT 2011 fornisce un'immagine della popolazione e delle abitazioni del nostro paese: la popolazione residente distinta per sesso, la popolazione presente, i cittadini stranieri residenti e non residenti, le famiglie, gli edifici e le abitazioni, occupate e non occupate, nonché gli spostamenti sistematici per studio e lavoro.

Il censimento è uno strumento fondamentale per fotografare il paese ogni 10 anni, cogliendone, a livello microterritoriale, le caratteristiche e, nel confronto con gli anni precedenti, le trasforma-

zioni da un punto di vista demografico e socio-economico. L'indagine fornisce informazioni anche su gli edifici ad uso abitativo e, limitatamente ai centri abitati, anche di quelli ad uso non abitativo. Nel contesto specifico della mobilità, i dati censuari sono tipicamente utilizzati per studiare i flussi e gli spostamenti sistematici sul territorio. Il censimento infatti raccoglie anche dati sul primo spostamento della giornata per studio o lavoro con associata l'informazione del mezzo di trasporto, della destinazione e del tempo di percorrenza.

Il dati ISTAT 2011 riguardano 3.672.202 cittadini residenti in Toscana, pari a 1.569.378 famiglie; circa 321.800 di stranieri; circa 890.257 di edifici e di 1.921.439 abitazioni. Per le analisi del progetto sono stati selezionati i residenti del comune di Firenze per un totale di 43.193 persone e 22.567 famiglie. Il Numero di sezioni censuarie in Toscana è 28917, di cui 2187 solo su Firenze.

Di particolare utilità si rivela la matrice origine e destinazione dei movimenti pendolari della popolazione: contiene i dati relativi ai residenti toscani (2011) in famiglia che hanno dichiarato di recarsi giornalmente al luogo abituale di studio e di lavoro, partendo dall'alloggio di residenza e di rientarvi. Le persone sono classificate oltre che per motivo dello spostamento, per il sesso, il mezzo di trasporto utilizzato, la fascia oraria di partenza e la durata del tragitto. Le variabili mezzo di trasporto utilizzato, fascia oraria di partenza e durata del tragitto sono state rilevate con metodo campionario. Sono compresi anche i residenti non toscani che si recano giornalmente per motivi di studio e di lavoro in un comune della Toscana.



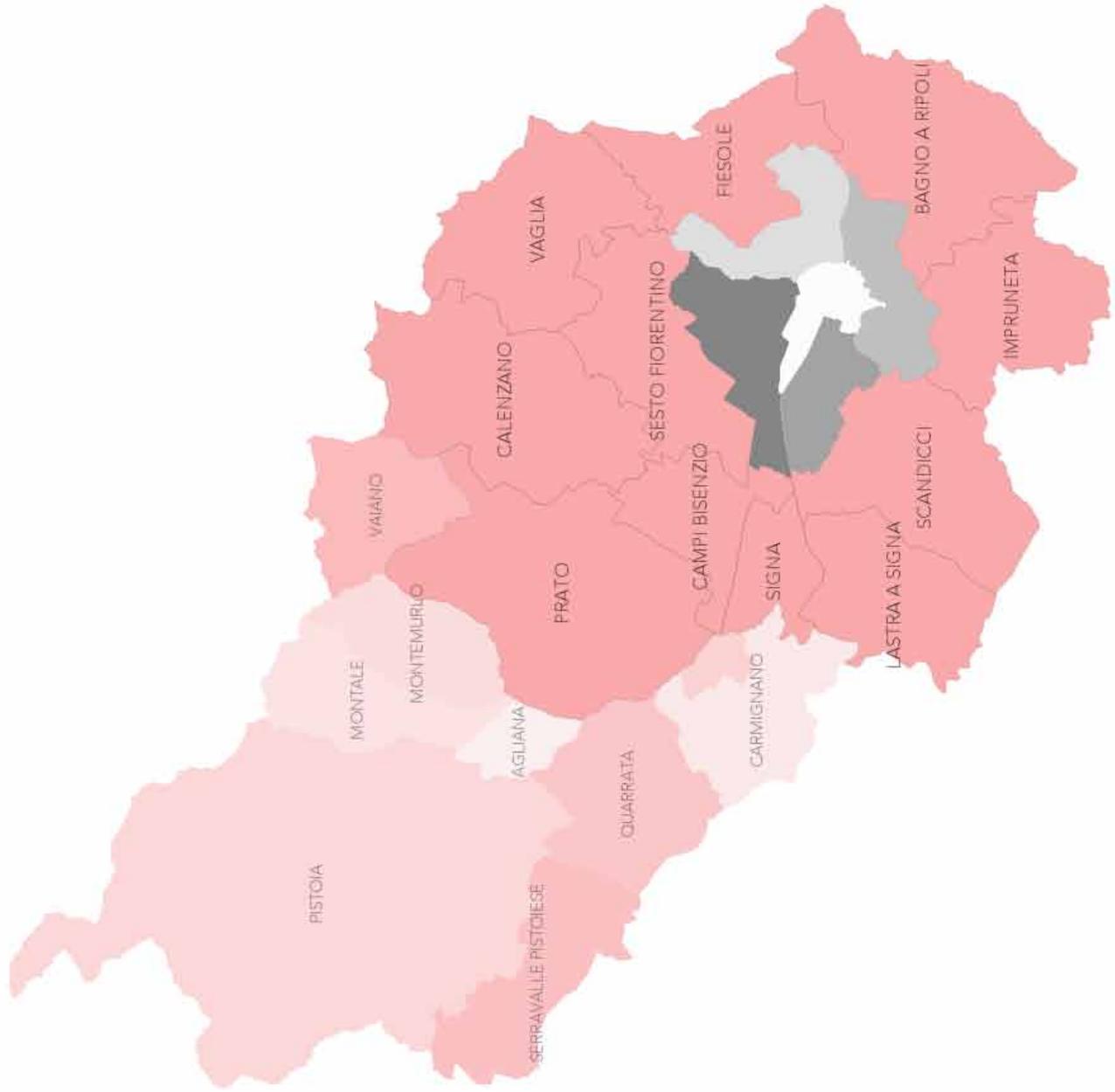
## il sistema insediativo della piana fiorentina

## AREA FIORENTINA

Da un primo sguardo alla espansione insediativa è chiaro come il territorio Fiorentino, come prevedibile, abbia il maggior impatto antropico proprio nel centro cittadino; è inoltre visibile una certa espansione verso la zona ovest e sud-ovest.

Nella mappa a fianco si identifica in grigio il territorio del comune di Firenze diviso per quartieri; in rosa scuro i comuni di prima cintura e nelle tonalità più chiare il territorio extra urbano, fuori dai confini della città metropolitana, che hanno una forte relazione funzionale con il territorio fiorentino.

In sintesi la suddivisione del territorio è data da Firenze più i comuni di prima cintura: Firenze, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino, Fiesole, Bagno a Ripoli, Impruneta, Scandicci, Lastra a Signa, Signa, Calenzano, Vaglia, ai quali è stato aggiunto anche Prato per la sua forte relazione con la città. Inoltre i comuni di seconda cintura: Carmignano, Montemurlo, Poggio a Caiano, Vaiano, Agliana, Montale, Pistoia, Serravalle Pistoiese, Quarrata. Quest'ultima definisce un'area sovra-comunale che si estende sul territorio delle tre provincie di Firenze, Prato, e Pistoia (quest'ultima definizione è spesso utilizzata nelle analisi sulla valutazione di impatto dei servizi di trasporto pubblico).



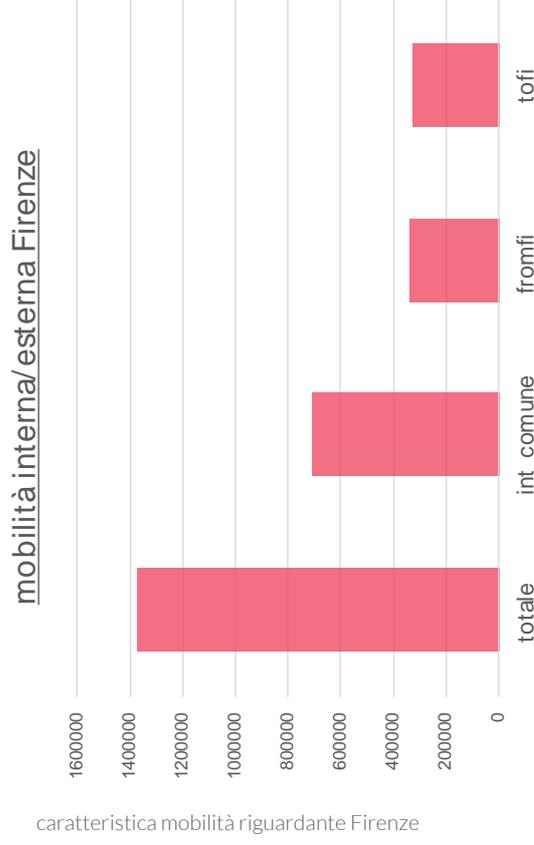
comuni di prima e seconda cintura

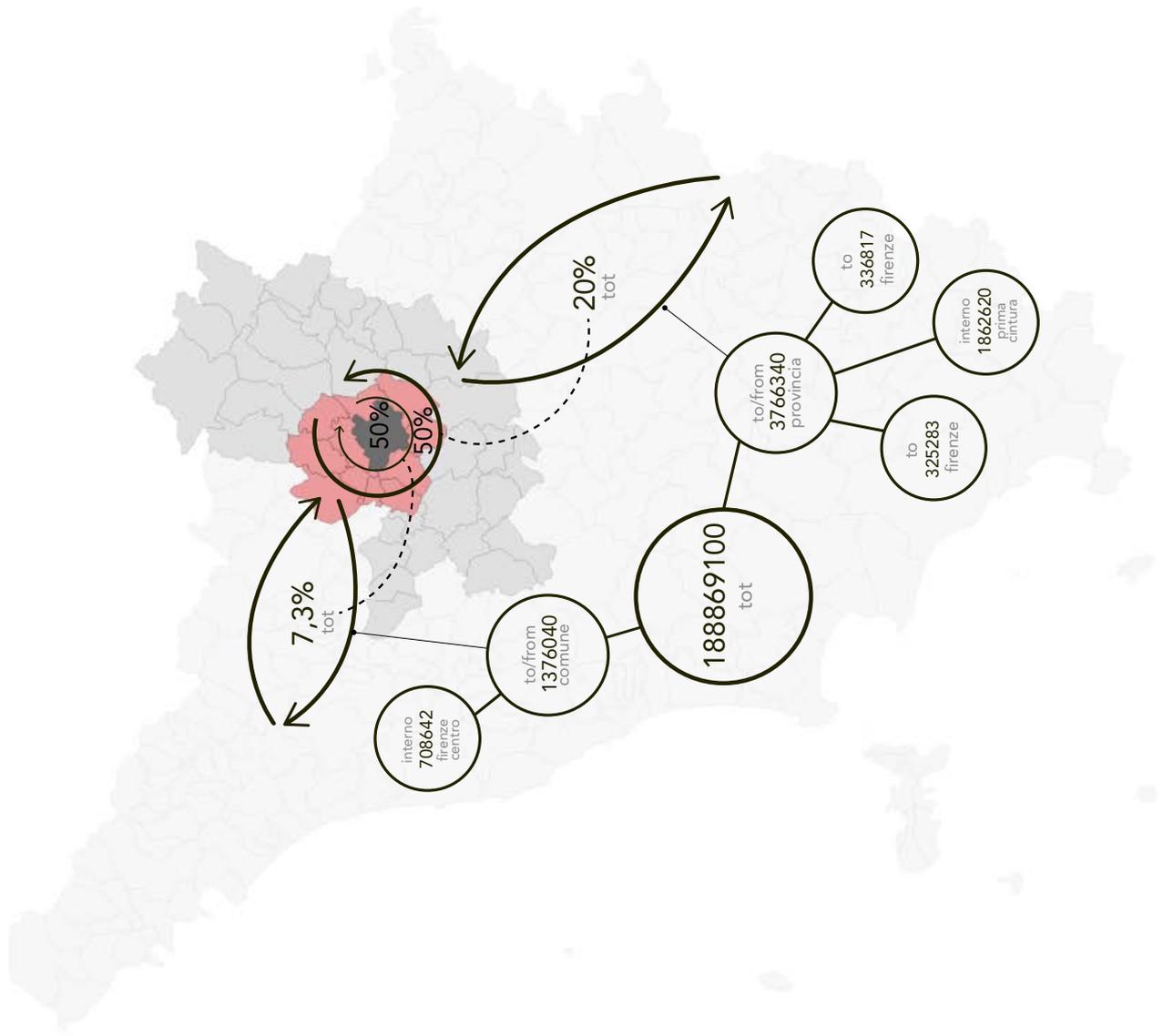
## MOBILITÀ VEICOLARE

Da una prima analisi delle traiettorie del database toscano che incidono sull'area metropolitana di Firenze si isolano le traiettorie in entrata e in uscita dall'intera provincia che rappresentano il 20% del totale per 60000 utenti. Le traiettorie che riguardano invece solo l'area comunale sono circa il 7,3% del totale. Dall'analisi di queste emerge che la maggior parte del traffico è generato proprio all'interno dei confini comunali della città (708642 traiettorie, 51,7% sul totale). Mentre il traffico in uscita sembra essere maggiore (336817 traiettorie, il 24,7%) rispetto a quello in entrata (325283, 23,8%). L'andamento rimane costante considerando anche il traffico allargato ai comuni di prima cintura, allo stesso modo le traiettorie interne sono 1862620, cioè circa il 50% del totale.

Questi primi dati sembrano suggerire una generale movimentazione verso l'esterno della città. Si deve notare, per una giusta interpretazione del dato, che i flussi qui rappresentati sono costituiti sia dalle traiettorie generate durante la settimana lavorativa che nel fine settimana. Per quanto riguarda invece la mobilità nel suo complesso tale dato permette di avere una prima base informativa che tiene conto del contributo delle varie aree di influenza. Il riferimento qui è ai cambiamenti funzionali indotti dai recenti interventi sulla struttura della città e della sua cintura orientati in direzione di una più marcata specializzazione funzionale del territorio. Ciò significa sostanzialmente che è in atto una separazione tra luoghi di residenza, luoghi di lavoro, e di svago con ripercussioni sulla mo-

bilità e sui flussi in ingresso e in uscita dal capoluogo. Da ciò deriva tanto l'aumento di mobilità tradizionale che avviene cioè per motivi di studio o di lavoro quanto di quella legata al tempo libero e allo svago.





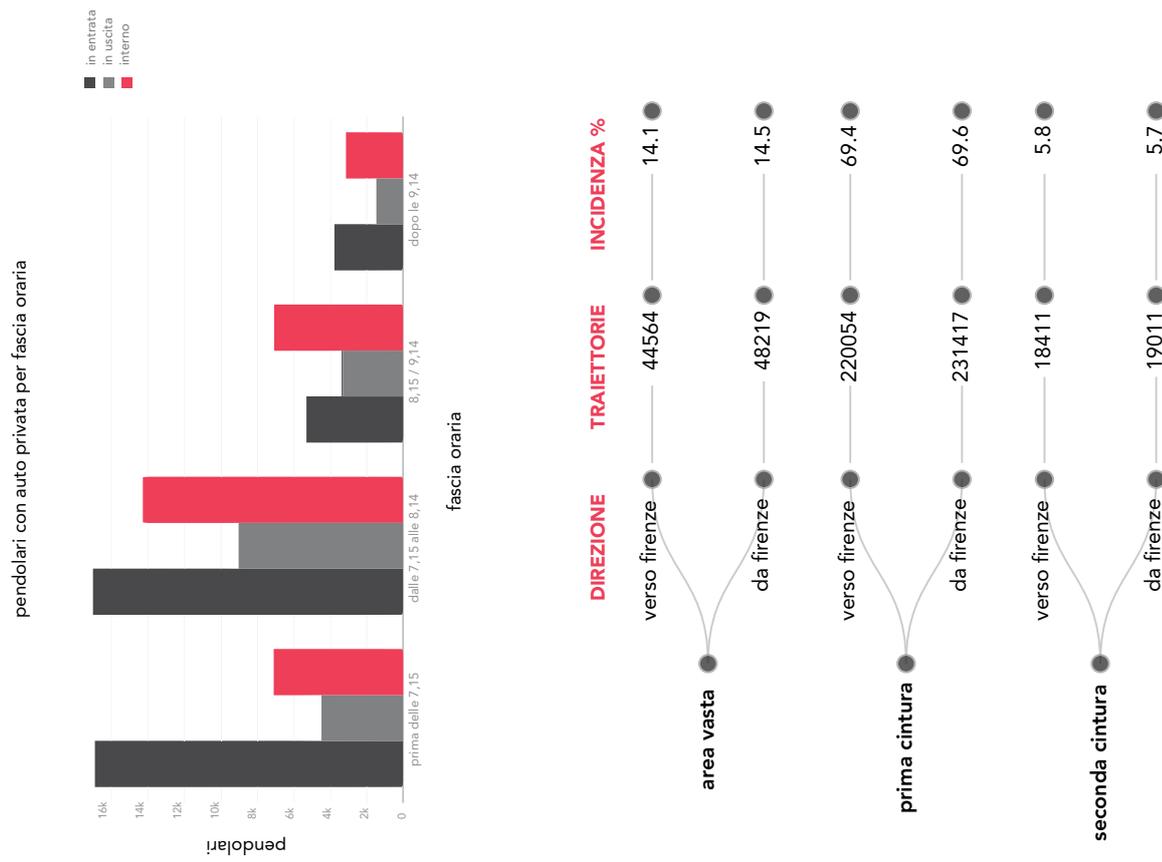
schema mobilità toscana

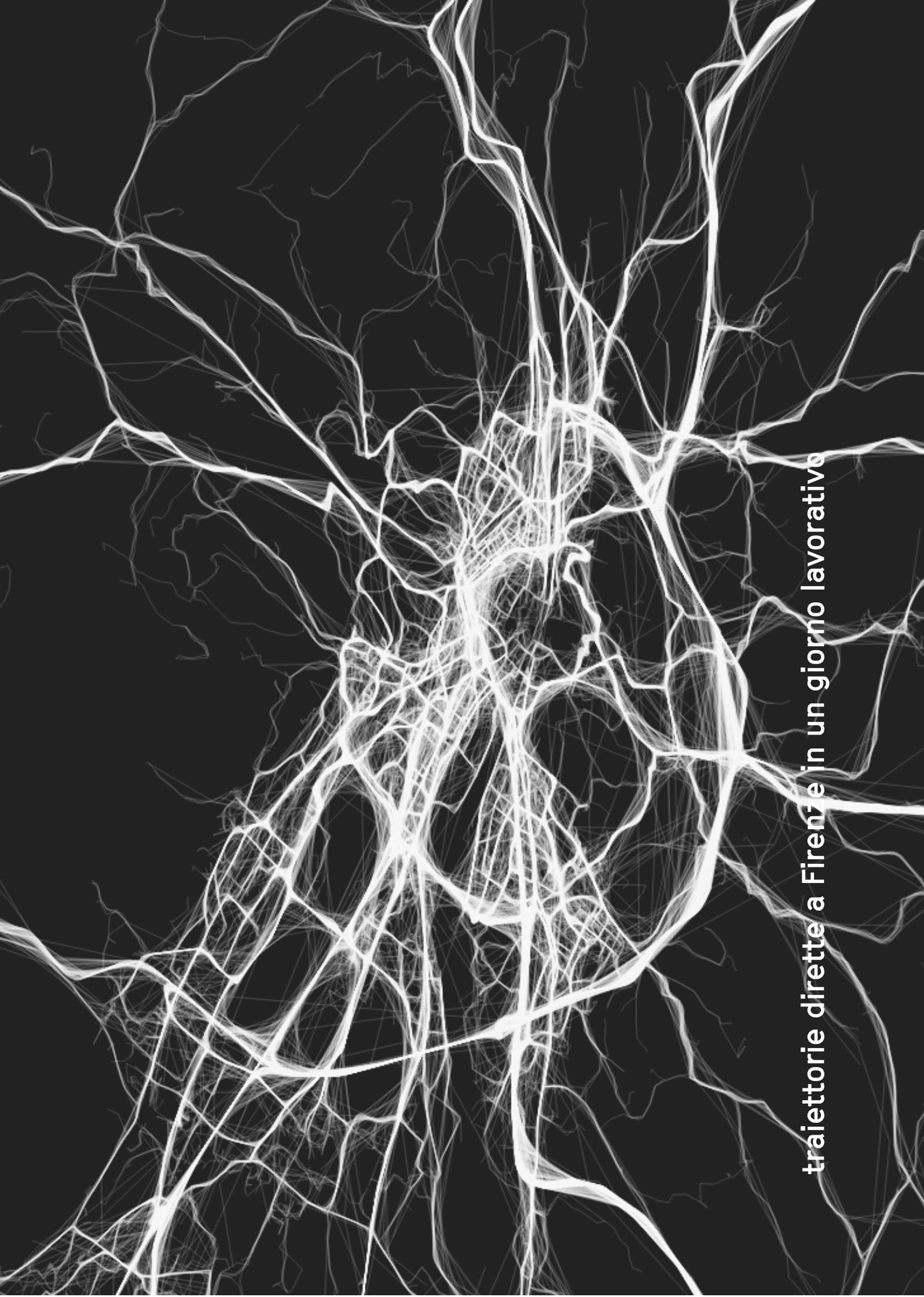
Per quanto riguarda il dato del pendolarismo ad esempio, si può osservare, dai dati del censimento 2011, un fenomeno che è esattamente opposto al dato delle traiettorie descritto: le prime ore del mattino presentano una notevole differenza tra il flusso in entrata e quello di uscita, a vantaggio del primo.

Per quanto riguarda invece il traffico generato dalle diverse zone di influenza identificate in precedenza si nota una concentrazione delle traiettorie attorno ai comuni di prima cintura, i quali costituiscono da soli quasi il sessanta per cento del flusso in entrata e in uscita dalla città.

Per il dato riguardante invece all'area vasta di Firenze, i numeri sembrano indicare una certa irrilevanza del traffico proveniente dal territorio della ex provincia (tra il 21% e 22% del traffico totale). Altro dato interessante è il numero di traiettorie proveniente dalla seconda cintura (area di Pistoia): se escludiamo le traiettorie dei comuni di prima cintura, tale seconda area esterna ha un'incidenza pari quasi alla metà delle traiettorie dell'area vasta, tra l'10% e il 11% sul totale.

dati Istat pendolari, rielaborazione





traiettorie dirette a Firenze in un giorno lavorativo

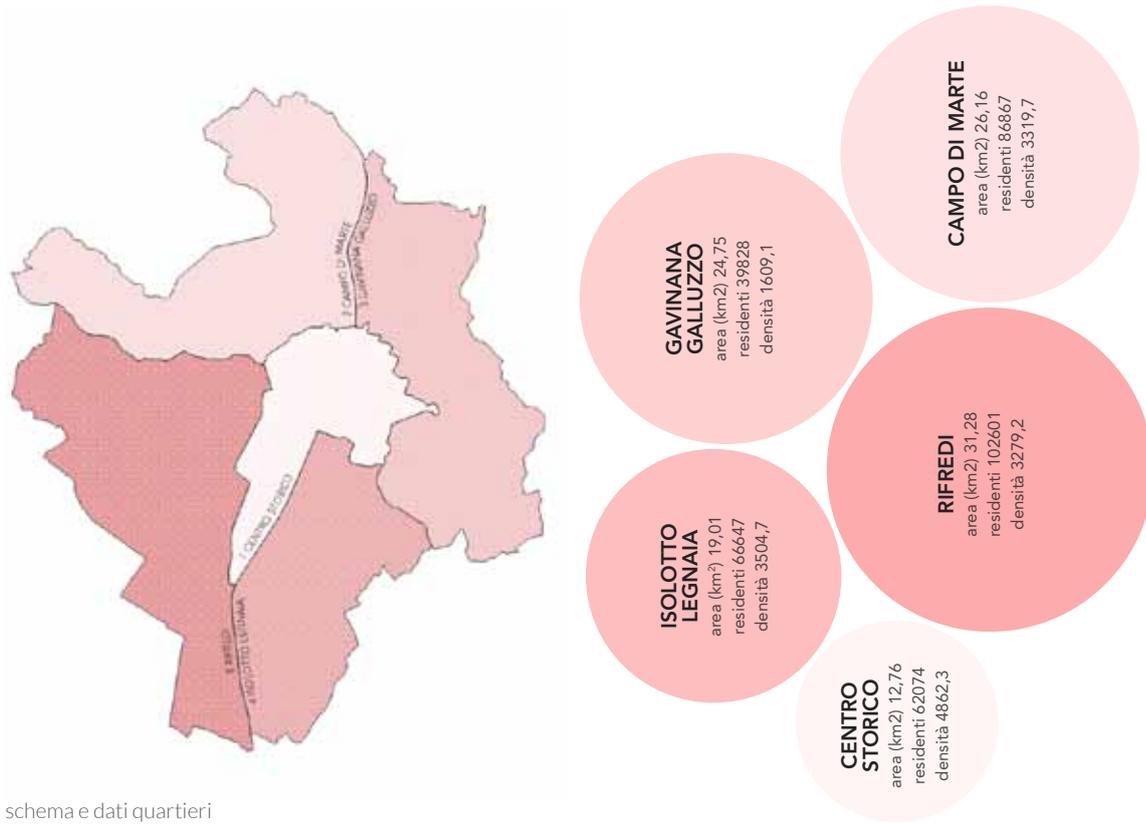
## QUARTIERI

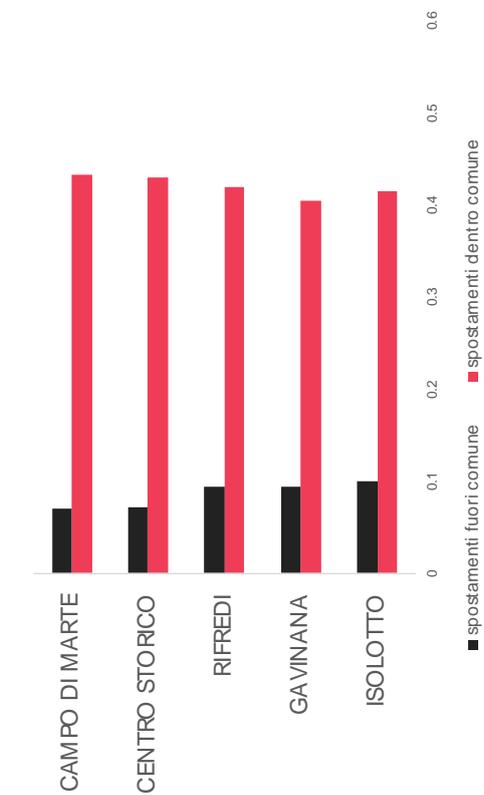
Analizzando più nel dettaglio il traffico autocontenuto all'interno della città di Firenze si è proceduto ad una analisi sui quartieri. Prima di procedere nell'analisi vera e propria è stato necessario ridefinire le geometrie dei quartieri in conformità con quelle delle zone censuarie individuabili sul medesimo territorio al fine di ereditare e aggregare i dati socio-economici per ogni quartiere, così da poterli confrontare con i dati GPS<sup>3</sup>. Una prima analisi sul territorio e sulla popolazione evidenziano come i quartieri di Rifredi e Campo di Marte sono i più estesi, con una popolazione residente che costituisce il 53% del totale, sebbene il quartiere Centro storico e quello di Isolotto Legnaia sono quelli con una densità maggiore.

Secondo i dati del censimento 2011 la mobilità della popolazione residente il quartiere con un tasso di mobilità minore è quello di Gavinana, sia per quanto riguarda dentro il comune che fuori. Per quanto riguarda i flussi in entrata e uscita dalla città i dati GPS ci confermano quanto già rilevato dai dati censuari del 2011: Rifredi, Campo di Marte e Isolotto hanno una maggiore mobilità esterna.

<sup>3</sup> La tabella è il risultato della join spaziale tra le sezioni censuarie di Firenze e la tabella dei quartieri di Firenze. Si ottengono quindi le statistiche delle sezioni censuarie raggruppate per quartiere, secondo il valore mediano (centroide) di ogni sezione. Infine ogni sezione viene riunita con la geometria originaria così da avere statistiche e geometrie per ogni quartiere in conformità con i dati Istat.

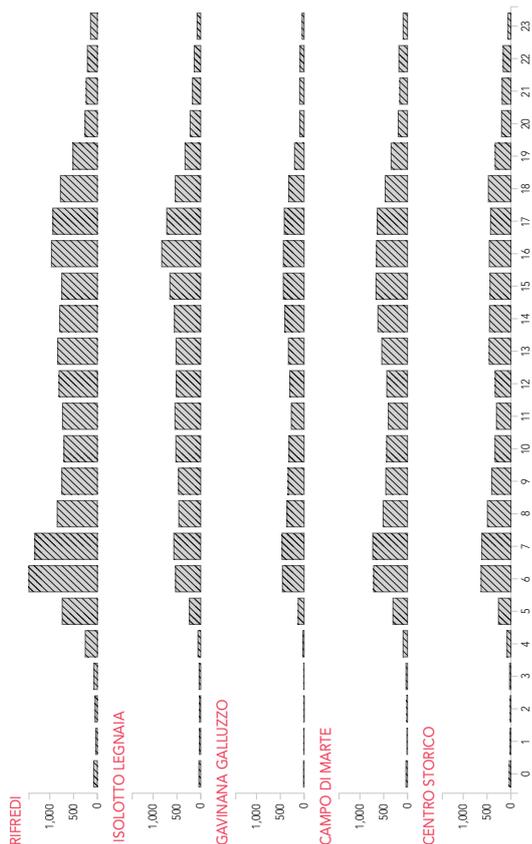
schema e dati quartieri



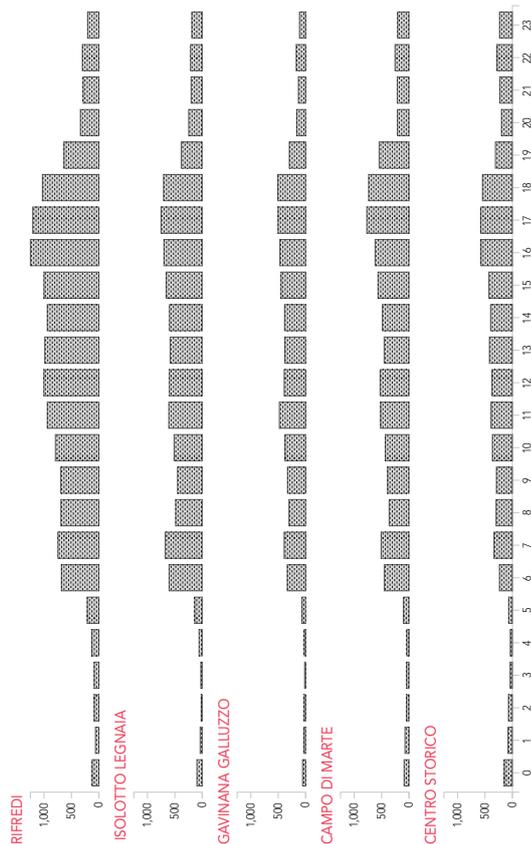


mobilità caratteristica dei vari quartieri

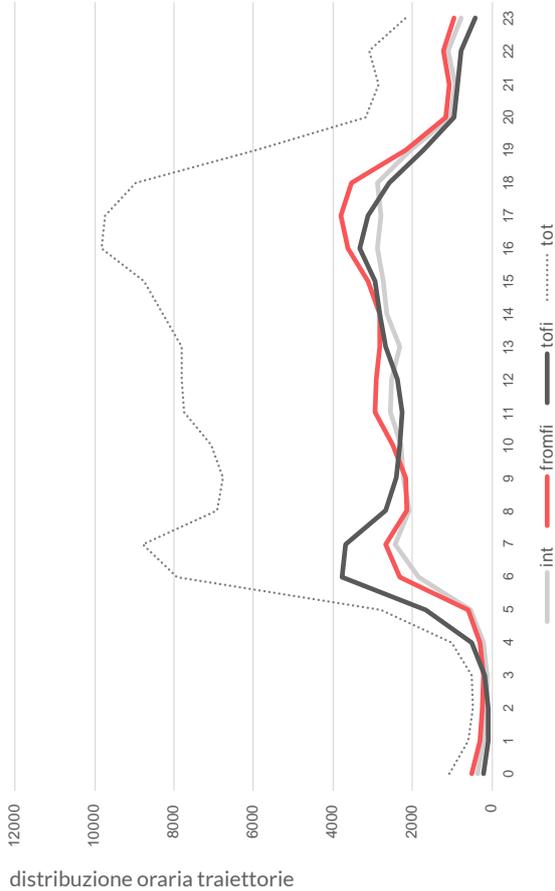
traiettorie in ingresso e in uscita dai quartieri



Analizzando però la distribuzione rispetto alle fasce orarie notiamo come il traffico sia concentrato sul quartiere di Rifredi soprattutto nelle prime ore del mattino a differenza degli altri quartieri.



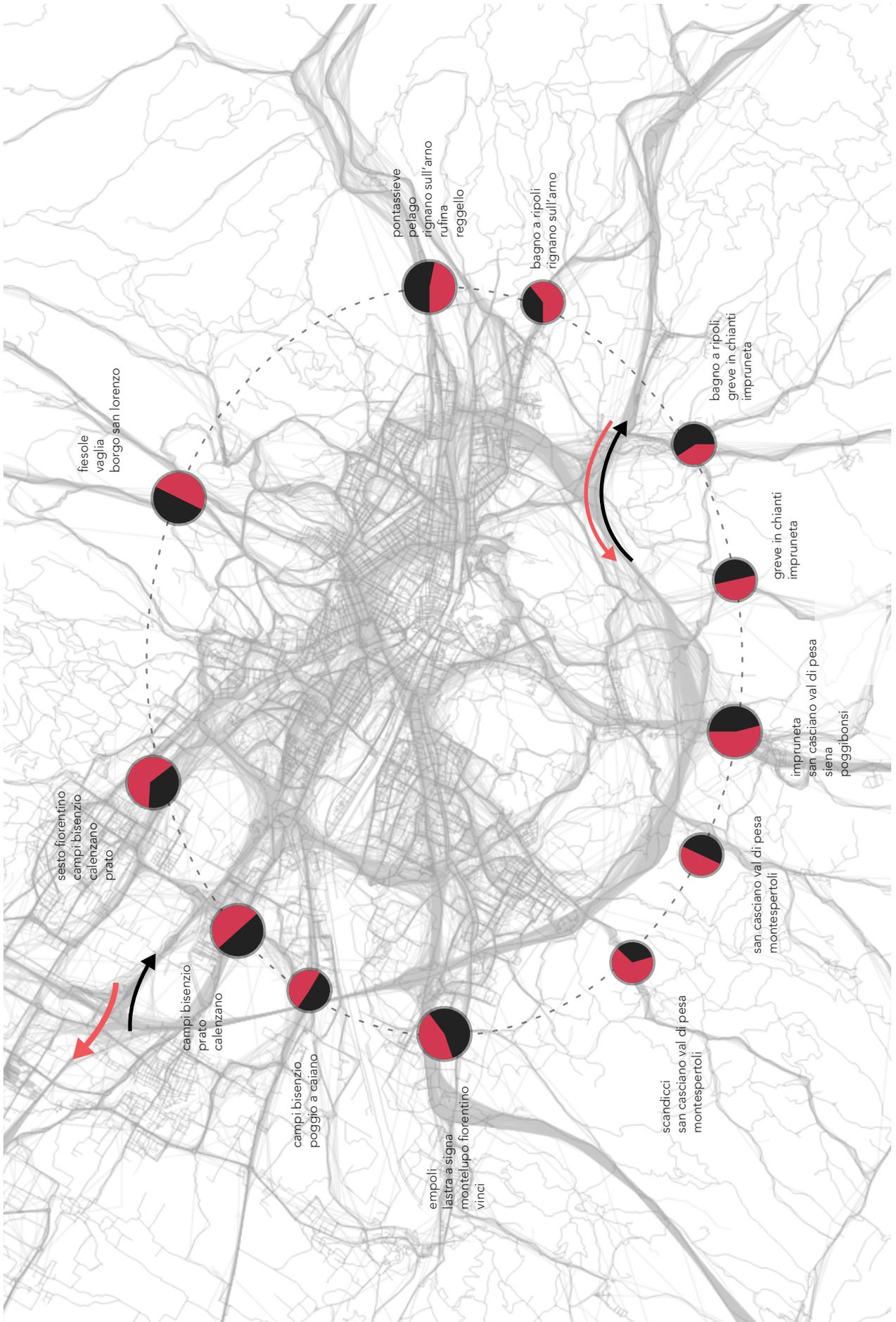
La differenza tra le due ore di punta cambia notevolmente se si analizza il flusso di traiettorie rispetto alla direzione; in particolare, si hanno notevoli differenze nelle ore del mattino: andamento più uniforme per quanto riguarda le traiettorie all'interno della città; assenza del picco della mattina se si considerano solo le traiettorie in uscita da Firenze con sostanziale cambiamento della distribuzione; distribuzione ad "M" con picchi più marcati se si considerano le traiettorie totali.



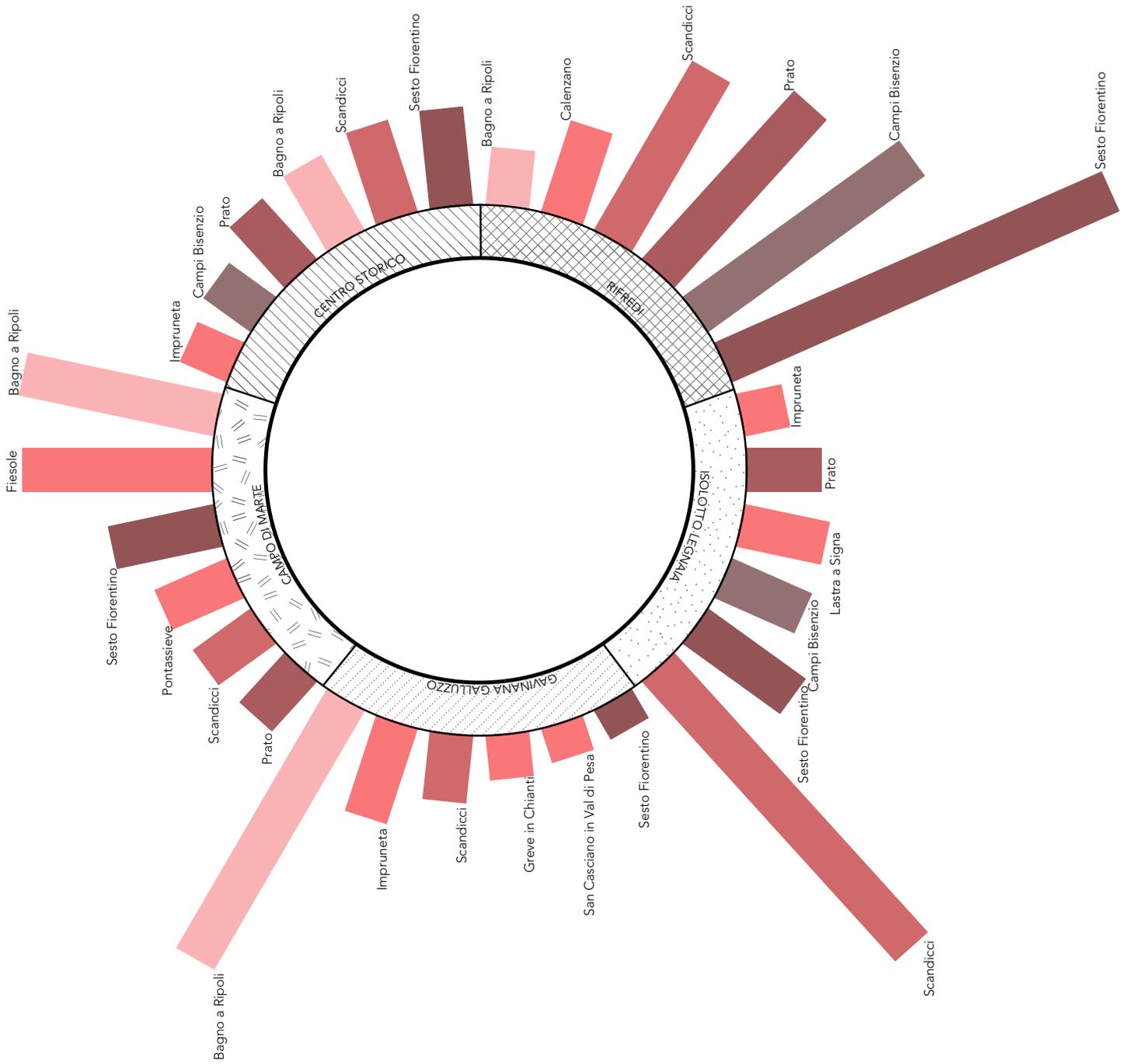
## ACCESSO ALLA CITTÀ

Esaminando nel dettaglio le località di provenienza possiamo notare come le traiettorie provenienti dalla parte sud-ovest di Firenze e in generale dai Comuni lungo l'autostrada A11 partendo da Prato costituiscono il grosso delle traiettorie in entrata e uscita da Firenze sia per il quartiere Rifredi ma anche per il Centro Storico: Sesto Fiorentino, Scandicci e Prato sono le prime località per quanto riguarda le traiettorie in entrata, e le prime mete di arrivo - assieme a Bagno a Ripoli - delle traiettorie originate all'interno di Firenze.

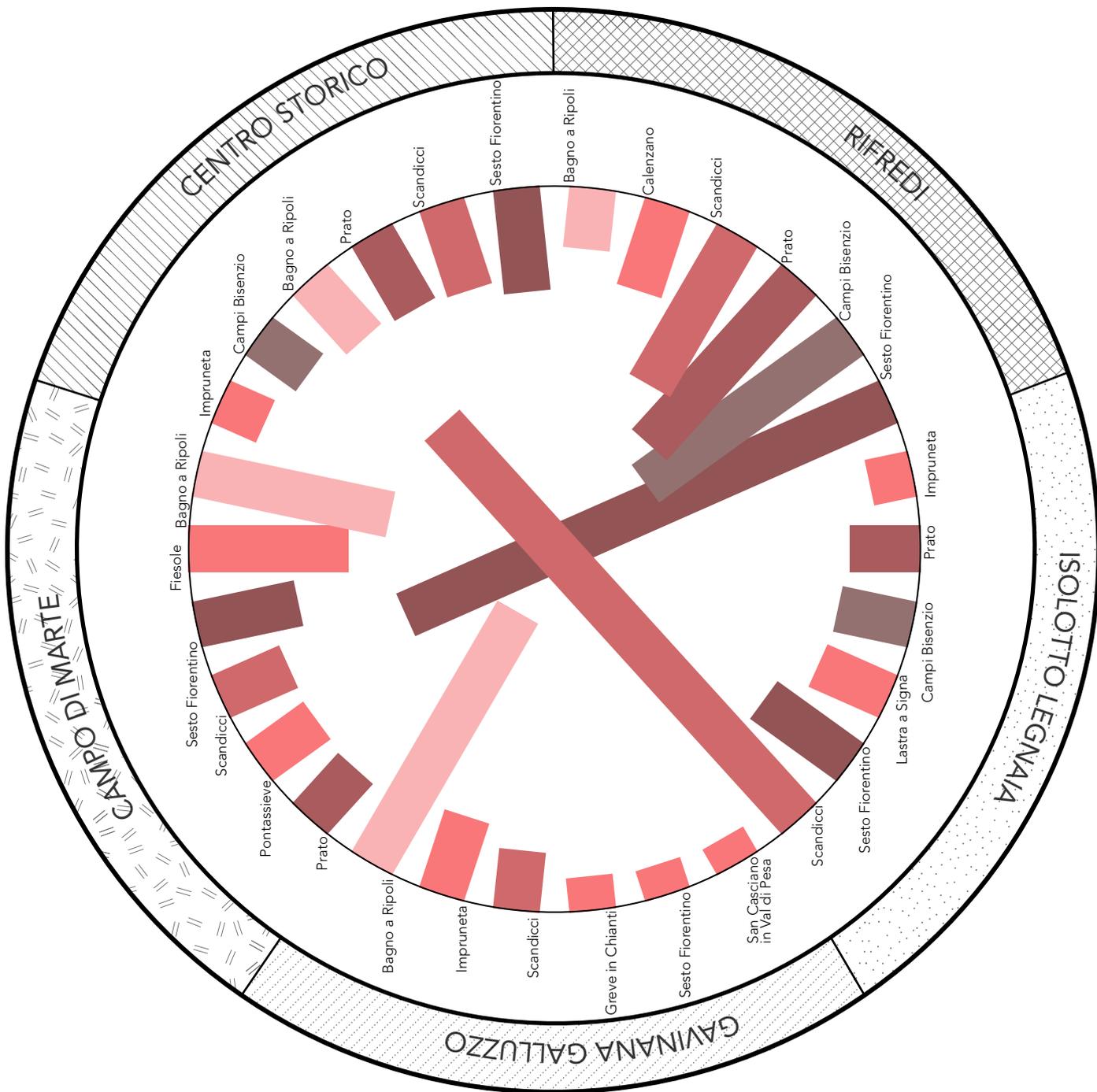
Generalizzando l'analisi sul traffico totale su ogni quartiere si nota che la quantità di traffico su ogni singolo quartiere ha una situazione del tutto analoga con i dati di incidenza precedentemente mostrati, ciò significa che la distribuzione del traffico su ogni quartiere ha una distribuzione pressoché uguale sia per il traffico interno che quello esterno.



schema punti accesso alla città con schema quantità in ingresso e in uscita



dettaglio destinazioni in uscita da Firenze



dettaglio destinazioni in entrata a Firenze

## TRAFFICO INTERNO

Il traffico interno ai confini rappresenta il 50% delle traiettorie totali, vediamo adesso come si caratterizza in riferimento alle geometrie dei singoli quartieri.

La distribuzione per fasce evidenzia la stessa gerarchia tra i quartieri per quanto riguarda l'ammontare di traffico, ma con una caratterizzazione significativamente diversa: il quartiere di Rifredi in particolare presenta tre picchi ben marcati in corrispondenza dei tipici orari della giornata lavorativa. Questo indica che le traiettorie interne in questo quartiere in gran parte di tipo sistematico <sup>4</sup>: quest'ultima caratteristica emerge nonostante l'analisi includa sia le traiettorie sistematiche che quelle occasionali.

Un ulteriore aspetto interessante lo si può osservare scomponendo il dato delle traiettorie di ogni quartiere tra interne (ai confini di ogni quartiere) ed esterne, ossia verso gli altri quartieri della città. Concentrando quindi l'attenzione sulle traiettorie interne al comune di Firenze, si può notare subito come le traiettorie autocontenute all'interno dei rispettivi quartieri rappresentano il dato prevalente, con i quartieri di Rifredi e Campo di Marte che costituiscono, da soli, il 25% delle traiettorie totali.

Unica eccezione è il quartiere Centro Storico il quale si presenta più come una zona di destinazione delle traiettorie, specialmente provenienti da Rifredi e Campo di Marte.

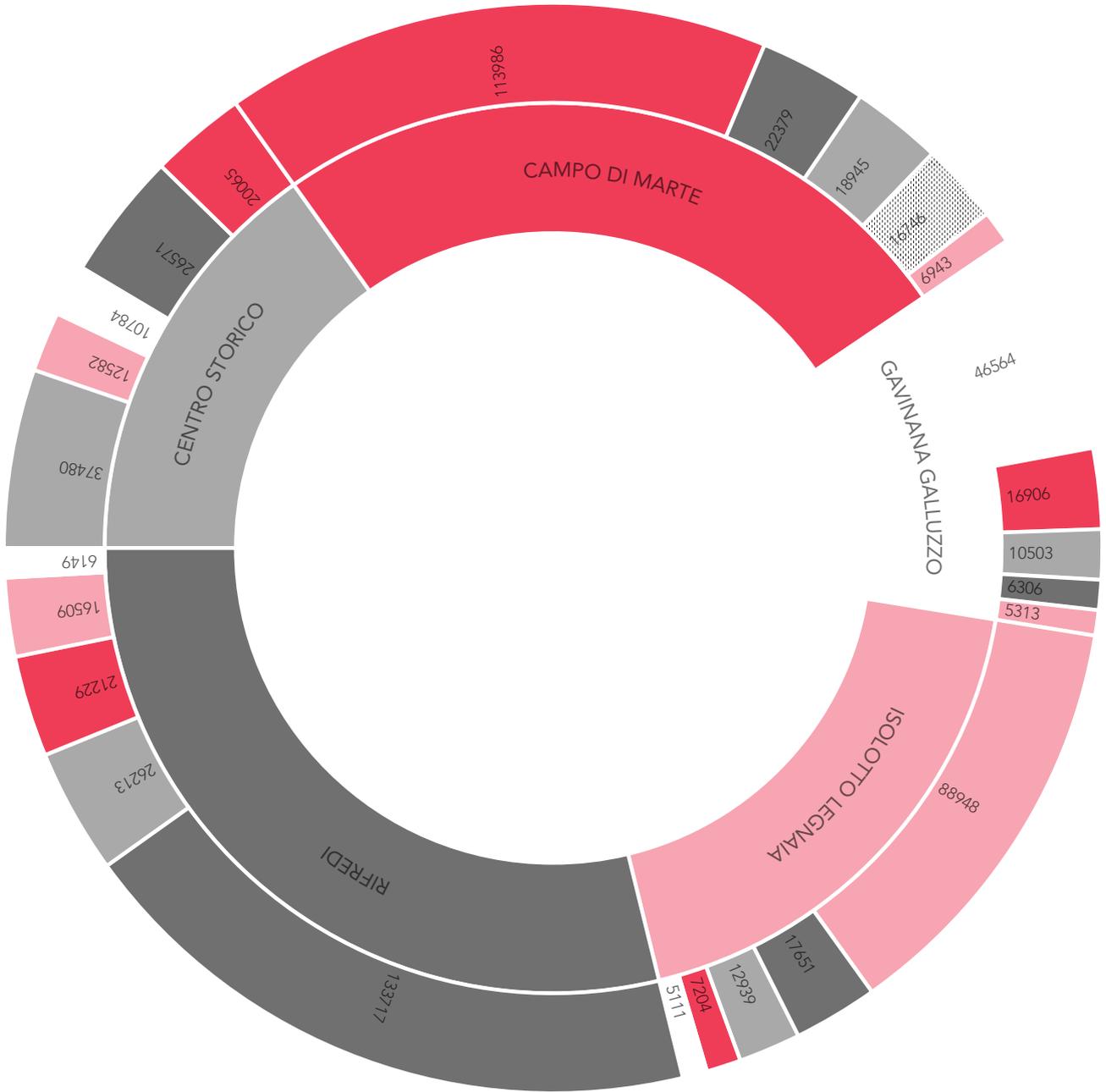
Altro dato interessante è la debole mobilità tra i due quartieri del

sud di Firenze. Se valutiamo i dati in termini relativi del flusso totale tra i due quartieri è evidente come le traiettorie verso Gavinana Galluzzo da Isolotto Legnaia e viceversa siano rispettivamente ultimi come origine e destinazione dell'altro.



distribuzione oraria traffico interno per quartiere

<sup>4</sup> per viaggi sistematici si intendono le routine ricorrenti dei singoli individui, i loro viaggi abituali. Per definire un viaggio come sistematico sarebbe necessario identificare dei veri e propri profili di utenti in base alla loro abitudine alla mobilità e al modo in cui si spostano. Data la storia di tutti gli spostamenti di un utente descritta dalle tracce GPS, si possono estrarre un insieme di routines, cioè dei comportamenti tipici, sistematici.



schema OD del traffico interno per quartiere

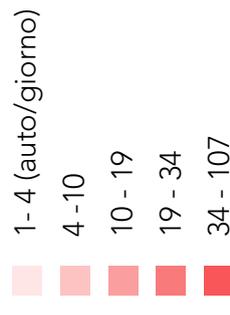
## DISTRIBUZIONE

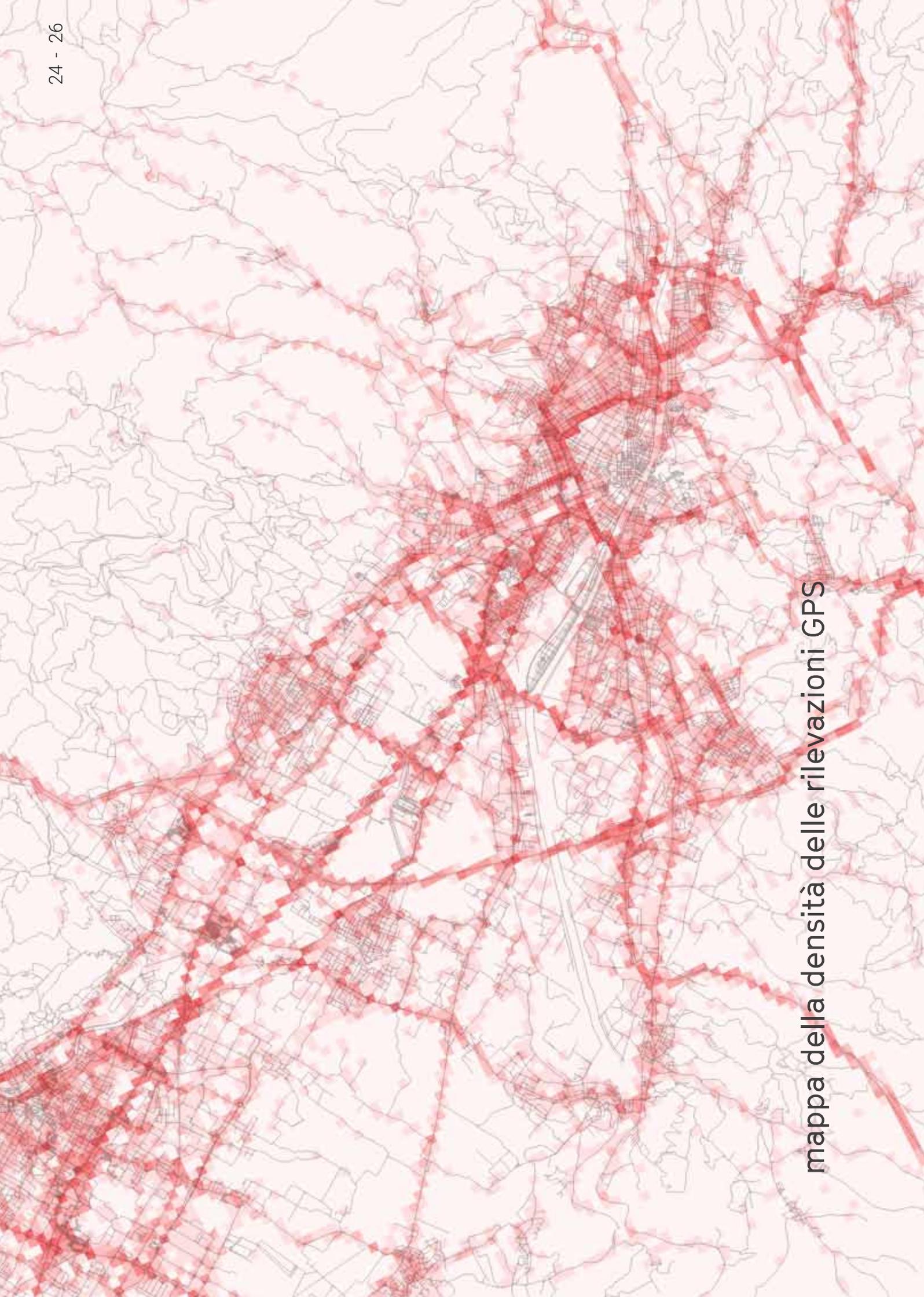
Considerando l'intera traiettoria la cosa più semplice da ricavare, senza necessità di ulteriori operazioni spaziali, è la velocità media; questa ci può dare un'idea dell'andamento dei tempi di percorrenza in città ma ha un carattere molto approssimativo. Per un risultato ottimale e preciso sarebbe necessario scomporre la traiettoria nei vari archi stradali, aggiungere nuovi punti di inizio e fine e infine ricalcolare la velocità su questi. Un dato di questo tipo ci permetterebbe di avere un quadro preciso dell'andamento dei flussi in città rivelando eventuali punti critici soggetti a frequenti rallentamenti, evidenziando i punti critici del traffico cittadino. Per ottenere questo risultato in modo più semplice e immediato sono stati ripresi i dati grezzi dai quali deriva la costruzione delle traiettorie; questi rappresentano i singoli punti di rilevamento GPS, caratterizzati da un *id* del veicolo, una posizione e la velocità nell'istante della registrazione. Isolando le rilevazioni di un giorno settimanale sono state elaborate diverse immagini a scopo illustrativo, tra cui le seguenti mappe di concentrazione.

In figura è rappresentata una mappa di densità, nei colori più scuri la concentrazione massima di veicoli. Questa è stata creata suddividendo lo spazio in una griglia regolare e contando per ogni singola cella il numero di veicoli totali in un giorno lavorativo. Si notano immediatamente gli archi autostradali, la strada di grande collegamento Fi-Pi-Li e i grandi viali di accesso alla città. Evidente inoltre, a conferma dei dati rilevati riguardo agli spostamenti rela-

tivi ai vari quartieri, la concentrazione elevata di movimento nella parte settentrionale della città. Notevole anche la concentrazione di veicoli nella città di Prato.

Nelle figure seguenti invece sono presentate una mappa per punti e una heatmap prendendo in considerazione la velocità dell'auto nell'istante del rilevamento. Le velocità più elevate si presentano chiaramente nei tratti autostradali e nelle strade di grande collegamento. Come si può osservare nella legenda, i range di valori nei primi quattro intervalli sono al di sotto dei 50 km/h, gli intervalli sono stati individuati con un criterio di uguale quantità, ciò sta ad indicare che la grande maggioranza dei punti ha una velocità piuttosto bassa. Ciò potrebbe essere considerato normale all'interno del contesto cittadino ma fa riflettere sui vantaggi dell'utilizzo di veicoli privati rispetto alla rete di trasporti pubblici o di mezzi di mobilità on-demand.



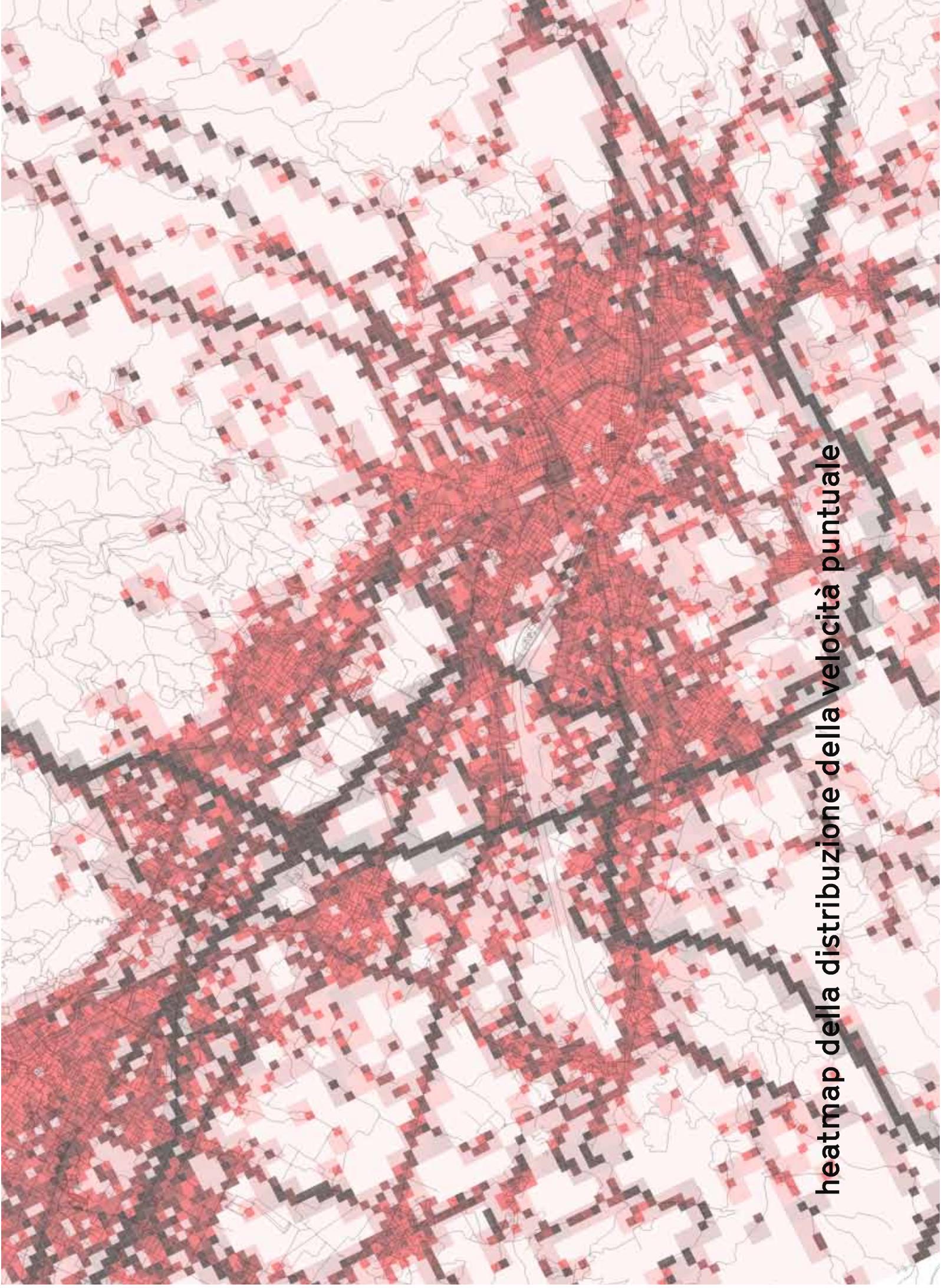


mapa della densità delle rilevazioni GPS



mapa con elevamenti velocità istantanea

- 2 - 22(km/h)
- 22 - 31
- 31 - 40
- 40 - 53
- 53 - 158



heatmap della distribuzione della velocità puntuale

### 03 L'autostrada

All'interno del campione analizzato per la ricerca sui flussi veicolari sono state selezionati anche alcuni tratti autostradali e un tratto della strada di grande comunicazione Firenze-Pisa-Livorno. In figura sono state isolate le traiettorie relative ad un giorno lavorativo selezionando soltanto quei viaggi che hanno punto di inizio e fine all'interno dell'area comunale di Firenze. Esse delineano le forme della città evidenziando chiaramente l'area ZTL. Si nota come una piccola porzione si muova anche lungo la linea dell'autostrada, a sud della città.

Nella figura della pagina seguente si evidenziano invece le traiettorie relative al solo tratto autostradale, isolate attraverso una query spaziale come illustrato in precedenza. I dati sono relativi ad una sola giornata lavorativa per chiarezza di rappresentazione ma sono da considerare esemplificativi di un comportamento costante. L'utilizzo dell'arco autostradale per spostamenti di breve estensione evidenzia i problemi della circolazione veicolare presenti all'interno del centro cittadino. Il traffico è la risposta alla domanda di movimento determinato dall'interazione tra le attività insediate. Lo spostamento del movimento verso l'esterno dell'insediamento presenta evidenti problemi negli schemi di circolazione per l'attraversamento cittadino con conseguente perdita delle attività e sovraccarico dei nodi autostradali a scapito dei pendolari e dei fruitori frequenti.



traiettorie di traffico interno nell'area urbana di Firenze



selezione di traiettorie di traffico interno sul un tratto dell'autostrada



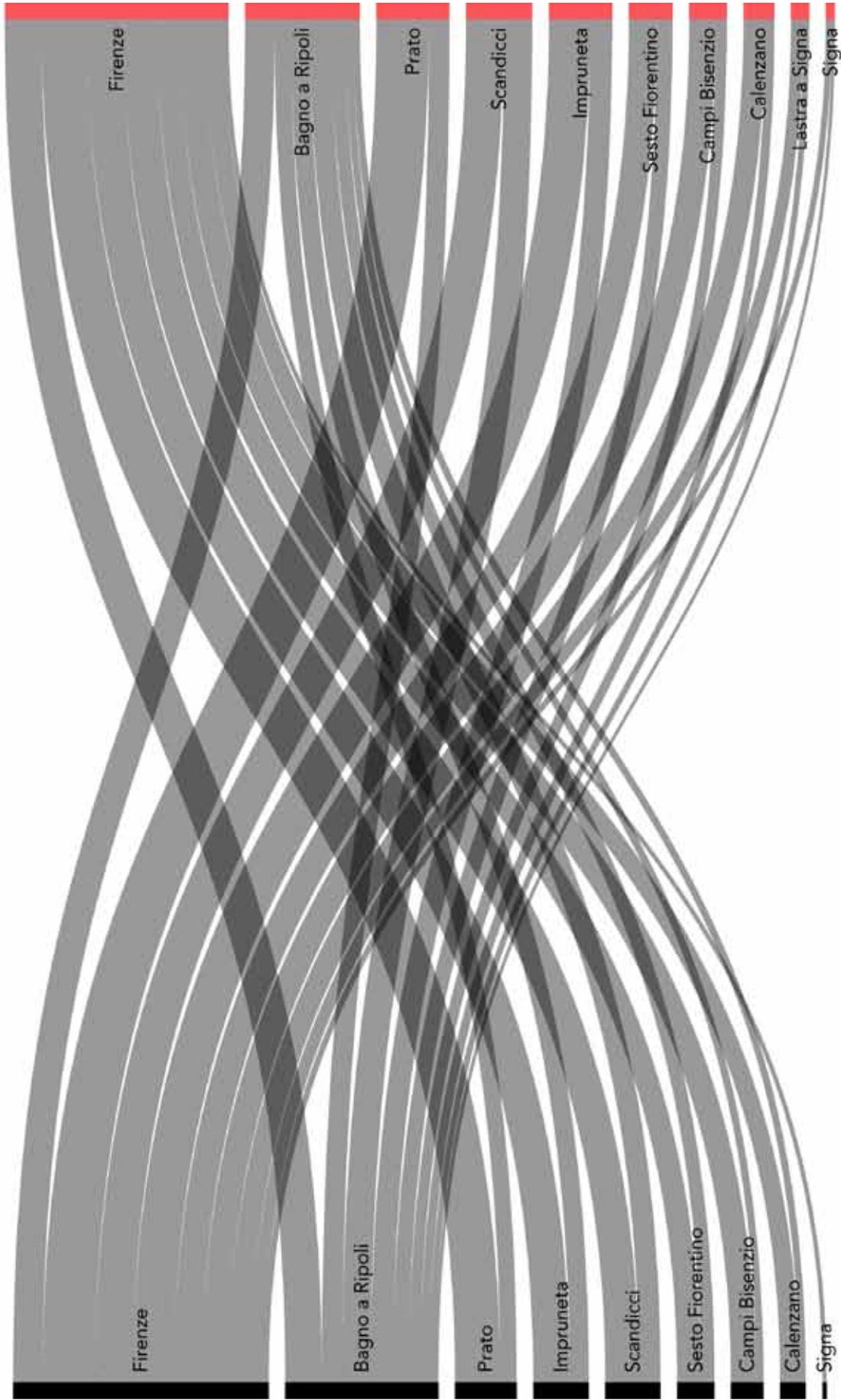


grafico origine-destinazione per il traffico sui tratti autostradali

## 04 Un atlante urbano

- Linea 1: in esercizio da ormai quasi quattro anni ha raggiunto ottimi risultati sia dal punto di vista del numero dei passeggeri trasportati che dal punto di vista della riduzione del traffico automobilistico sulla direttrice servita,
- Linea 2: in fase di costruzione per la tratta nord, risulta essere l'asse portante del sistema tramviario fiorentino. Descritto nel Piano Strutturale come un sistema articolato di tratte, delle quali, fondamentalmente, la parte in superficie garantisce il collegamento fra l'Aeroporto di Peretola, la Stazione di Santa Maria Novella e piazza San Marco, mentre la parte in sotterranea permette l'attraversamento del centro storico per la successiva prosecuzione (in superficie) verso le destinazioni finali di Rovezzano a Nord-Est e di Bagno a Ripoli a Sud-Est;
- Linea 3: in fase di costruzione, l'approvazione del progetto esecutivo intervenuta nel mese di marzo 2011 ha confermato quanto previsto nel Piano Strutturale in merito alla continuità fra Linea 1 e la Linea 3, sostituendo la tratta Rosselli con la tratta che interessa piazza della Stazione, via Valfonda e piazza Bambini e Bambine di Beslan. In tal modo la Linea 1-3 unificata può raggiungere la Stazione di SMN assicurandone il collegamento diretto con il polo ospedaliero ed universitario di Careggi.



# FERROVIA



# PARCHEGGI



- P** parcheggio di progetto (piani urbanistici)
- P** parcheggio scambiatore
- P** parcheggio di servizio o a pagamento

	n	polo universitario
		strutture ricettive
		biblioteca
		teatro/museo
		grande attrattore

- 1|Cascine – aule, biblioteche, uffici (Agraria)
- 2|Polo di Novoli – aule, biblioteche, uffici (Economia, Giurisprudenza, Scienze Politiche)
- 3|Morgagni – aule e uffici (Ingegneria, Salute Umana, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali)
- 4|Careggi – aule, biblioteche, uffici (Salute Umana)
- 5|Pieraccini – aule e uffici (Salute Umana)
- 6|Santa Marta – aule, biblioteche, uffici (Ingegneria)
- 7|Il Pellegrino – aule e uffici (Studi Umanistici e della Formazione)
- 8|Sesto Fiorentino – Polo Scientifico e Tecnologico

# ATTRATTORI



# PARCHI E VERDE



# PISTE CICLABILI E NOLEGGIO BICI



## 05 Analisi dei servizi

Come esito delle analisi svolte fino a questo punto si possono individuare alcune tipologie di punti chiave all'interno dell'area di Rifredi. Oltre ai punti denominati come attrattori, quei punti cioè che richiamano un grande numero di utenti, in questo caso sono rappresentati dai maggiori poli universitari dell'area nord-ovest di Firenze. Questi richiamano giornalmente un grande numero di persone e necessitano di essere dotati di servizi e di un buon collegamento attraverso le infrastrutture della città. A servizio di questi luoghi si vanno ad individuare dei punti pivot, punti focali della mobilità, quei nodi che per vicinanza o per qualità di integrazione svolgeranno la funzione di cerniera tra le sedi universitarie, il centro città e i flussi provenienti dall'esterno. Questi punti chiave della mobilità racchiudono al loro interno elementi già altamente qualificati che necessitano solo di accorgimenti aggiuntivi come ad esempio l'area della Fortezza e la stazione di Santa Maria Novella; altre punti sono stati individuati come nuovo potenziale sia dalle analisi svolte in questa tesi sia dai molteplici piani urbanistici. Durante la ricerca abbiamo anche esplorato l'accesso a diversi tipi di servizi all'interno del quartiere di Rifredi, dove si trovano la maggior parte dei punti attrattori identificati. La mappa mostra l'accesso alle comodità di base attorno ad alcuni dei punti. I punti tracciati visualizzano la densità di 4 tipi di elementi:

- VERDE  
parchi urbani  
alberi
- TPL  
stazioni ferroviarie  
stazioni tram
- MOBILITA'  
SOSTENIBILE  
piste ciclabili  
noleggio bici/rastrelliere  
car sharing/colonnine
- SERVIZI E ATTIVITÀ  
wifi point  
strutture ricettive  
biblioteche/musei/teatri

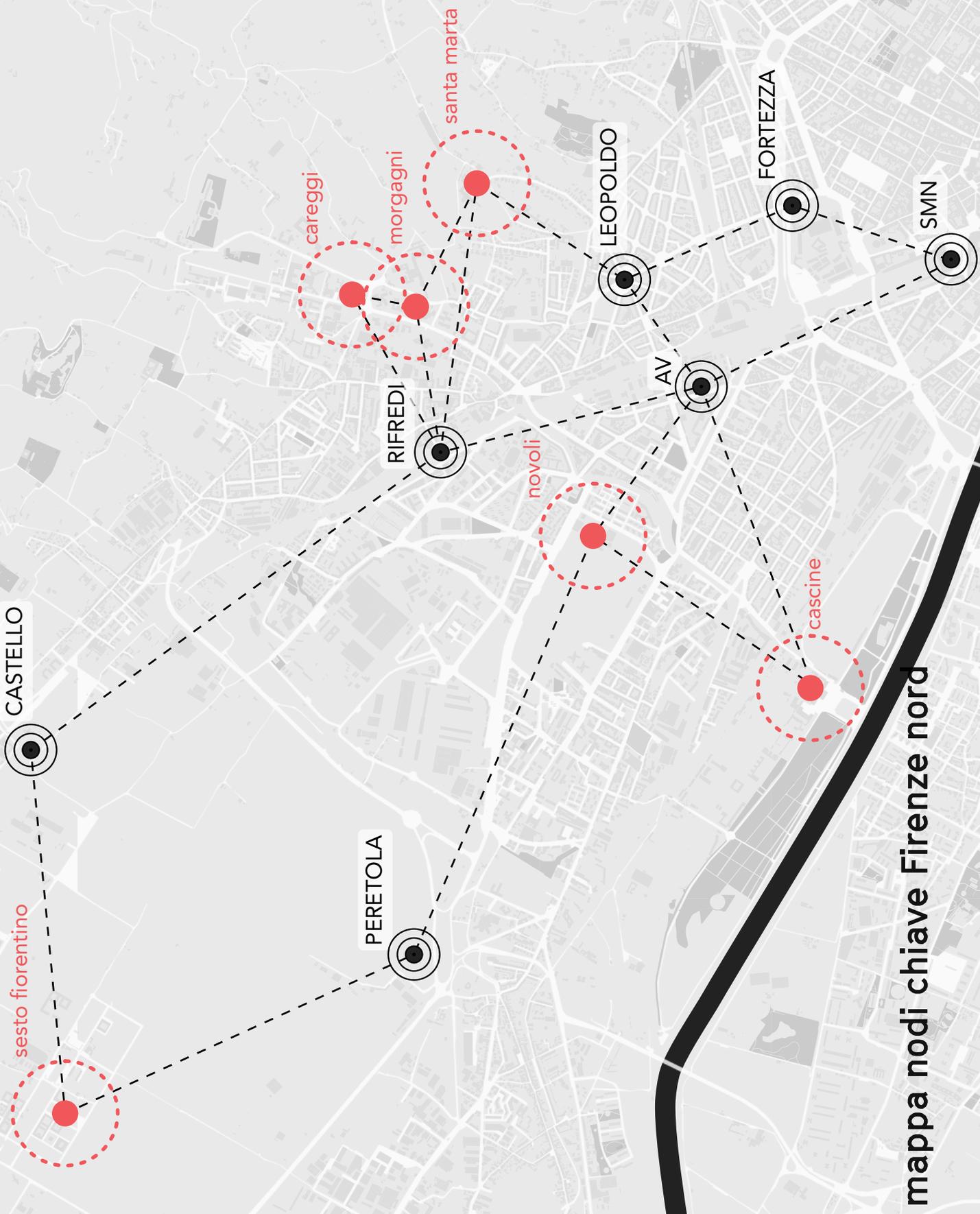
La distanza a piedi standard ha leggere variazioni in tutto il mondo, ma è considerato che una persona compie 80 metri entro un minuto di camminata. Questo è il motivo per cui una passeggiata di 10 minuti è di solito rappresentata come un cerchio di raggio di 800 metri. Le analisi sono state svolte attraverso software GIS. Un Geographic Information System è un sistema progettato per ricevere, immagazzinare, elaborare, analizzare, gestire e rappresentare dati di tipo geografico. In termini semplici, col GIS si possono unire cartografie, eseguire analisi statistiche e gestire i dati attraverso tecnologie database.



punti pivot mobilità



punti attrattori



mapa nodi chiave Firenze nord

## WALKABILITY

Le città in tutta Europa si trovano ad affrontare vari problemi di mobilità determinati dal modo in cui si sono sviluppate e adattate nel tempo alle pressioni economiche e demografiche. Mentre alcune città hanno un carattere di agglomerato con elevata densità urbana, altre hanno una composizione più estesa. I due modelli di sviluppo rappresentano sfide specifiche per la connettività dei trasporti, l'accessibilità e, in particolare, il movimento pedonale.

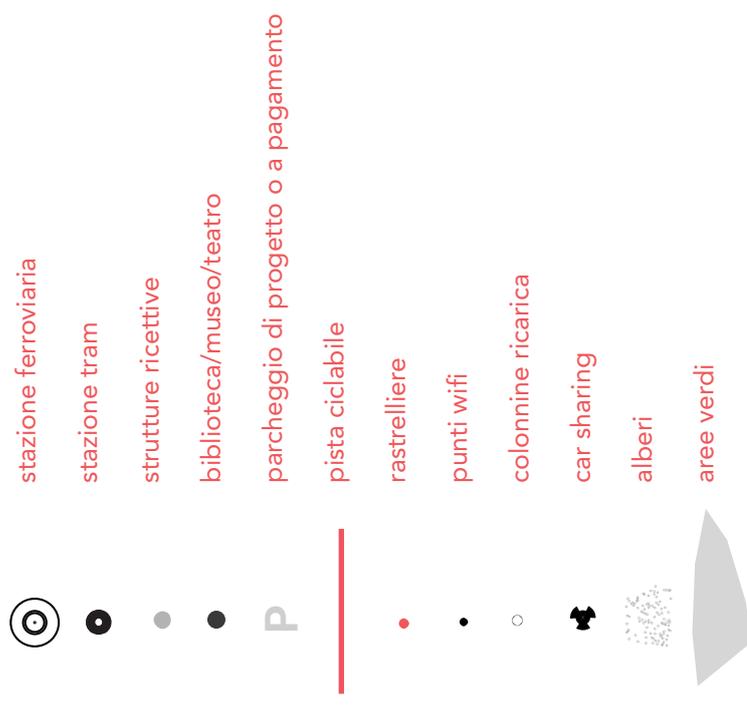
Le città dense sono vantaggiose per le attività commerciali e l'accessibilità, ma generano spesso ambienti molto congestionati che negli orari di punta non consentono la libera circolazione e sono dannosi per la vivibilità e la qualità dell'esperienza cittadina.

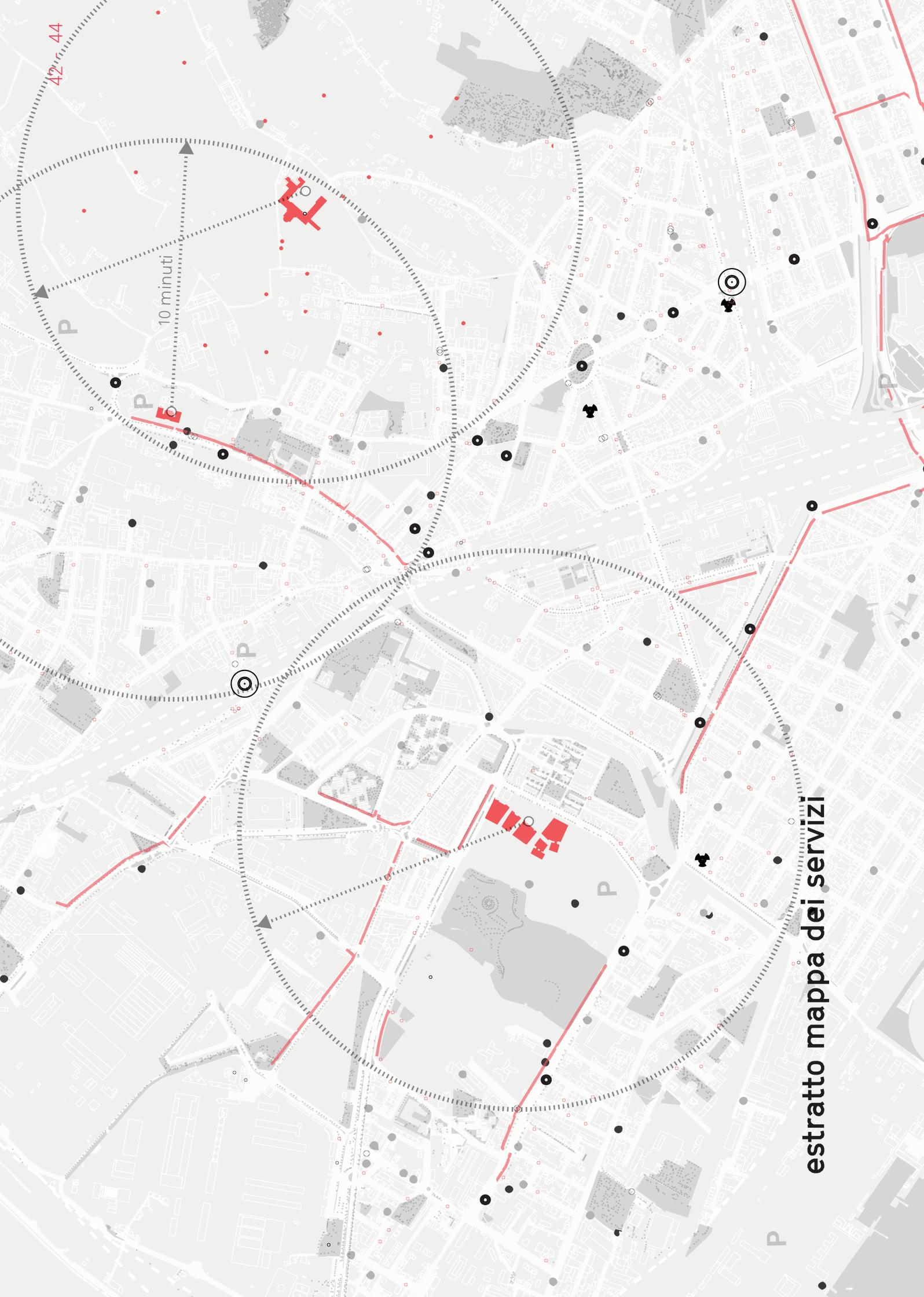
Le strade della città sono spesso dominate dall'automobile e le aree centrali soffrono o non vengono utilizzate; la vitalità dello spazio, sia in senso economico che sociale, sta decadendo.

Fortunatamente, la politica europea e italiana per i progetti pubblici riconosce investimenti per promuovere una mobilità pedonale, sia come uno strumento che come un obiettivo per ottenere migliori spazi e strade più vivibili e affrontare alcune delle inevitabili sfide risultanti dallo sviluppo.

Indipendentemente dall'approccio e dalla logica delle loro iniziative, tutti i comuni si trovano ad affrontare tre sfide principali:

- Disponibilità limitata di dati relativi ai viaggi pedonali
- Un quadro poco flessibile di pianificazione per consentire la sperimentazione e i test
- Risorse limitate per intraprendere un'azione efficace





42-44

10 minuti

estratto mappa dei servizi

L'attività pedonale è un riflesso diretto dell'attività e dell'energia della città. La varietà di fattori che influenzano le nostre preferenze di viaggio a favore della passeggiata, vanno dall'accesso ai servizi e alla densità della popolazione alla percezione della sicurezza pedonale e del design stradale. Attualmente, non esiste un approccio standard per la misurazione della pedonabilità. Tuttavia, è una credenza comune che un ambiente urbano compatto e ben connesso, che offre una diversa varietà di utilizzi, è fondamentale per consentire alle persone di camminare.

Secondo Jeff Speck, "General Theory of Walkability"<sup>5</sup>, la prima cosa da fare è offrire ai cittadini un motivo per camminare e poi rendere la passeggiata sicura, confortevole e interessante. Julie Campoli, un altro designer urbano con una passione per le 'walkable cities', ritiene che ci siano sei elementi fondamentali per il perfetto ambiente pedonale<sup>6</sup>: design; diversità; densità; distanza dal trasporto veicolare; accessibilità della destinazione e dei parcheggi. Oggi, la disponibilità, la qualità e l'accuratezza dei dati del movimento pedonale stanno migliorando rapidamente. I sensori di rilevamento wifi e bluetooth e big data anonimi di operatori di telecomunicazioni sono ampiamente utilizzati per comprendere i flussi pedonali e i movimenti senza dover fare conteggi manuali o video faticosi. Queste tecnologie, insieme all'uso di interviste e sondaggi, sono essenziali nella pianificazione della mobilità pedonale. Tuttavia, l'ostacolo principale per la raccolta dei dati rimane il costo associato elevato. Con le pressioni di bilancio molti comuni saranno costretti ad un circolo vizioso di una raccolta di dati insufficiente che porta a prove insufficienti per giustificare le decisioni

di pianificazione.

Per rompere questo cerchio, la raccolta di dati su piccola scala insieme a prove e sperimentazioni può costruire un modello e rivelare i vantaggi spesso nascosti o molto difficili da quantificare o monetizzare. I test possono variare da un nuovo design di un percorso per gli arredi urbani, chiusure, segnaletica, interventi digitali, ecc. A seconda della possibilità di applicazione, i cambiamenti temporanei nello spazio possono migliorare il design o generare nuovi approcci e soluzioni innovative.

<sup>5</sup> The general theory of walkability | Jeff Speck | TEDxMidAtlantic  
<https://www.youtube.com/watch?v=uEkgM9P2C5U>

<sup>6</sup> Julie Campoli, *Made for Walking: Density and Neighborhood Form*, Lincoln Institute of Land Policy, 2012

# PROFILI ACCESSO AI SERVIZI

PROFILI TRAFFICO giorni lavorativi e we		SANTA MARTA		NOVOLI		CAREGGI		CASCINE		SESTO FIORENTINO	
NODI											
VERDE parchi urbani alberi											
TPL stazioni ferroviarie stazioni tram											
MOBILITA' SOSTENIBILE piste ciclabili noleggio bici/rastrelliere car sharing/colonnine											
SERVIZI E ATTIVITA' wifi point strutture ricettive biblioteche/musei/teatri											
		~140000 m <sup>2</sup> 1700	~260000 m <sup>2</sup> 1800	~42000 m <sup>2</sup> 559	~655000 m <sup>2</sup> 3976	~2300 m <sup>2</sup> 310					
		0 2	0 3	0 2	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1
		~0 ml no/11 0/2	~4072 ml no/21 1/3	~840 ml no/22 0/2	~9362 ml no/17 0/2	~1020 ml no/5 0/0					
		4 6 3	2 12 4	5 8 6	33 6 2	2 2 1					

## **Allegato 5**

**Non importa che sia lontano.  
Il potere attrattivo dei grandi  
centri commerciali attraverso  
l'analisi dei Big Data**



L'area fiorentina non gode di notorietà solo per il suo immenso patrimonio culturale: secondo il report presentato a Roma da Risposte Turismo in occasione dello *Shopping Tourism Italian Monitor* lo scorso novembre, il capoluogo toscano seguirebbe subito Milano nella classifica delle città italiane preferite dai turisti dello shopping, che generano un giro di affari del valore di 261 milioni di euro.

Negli ultimi decenni sono sorti grandi centri commerciali a servire sia le zone limitrofe ai comuni su cui sorgono, sia aree più lontane. Parchi del divertimento per gli *shopping addict* di ogni tipo – che si tratti di abbigliamento, generi alimentari, arredamento. Quando è poi esploso il fenomeno degli outlet, che da quasi due decenni a questa parte ha rivoluzionato i consumi andando a creare un proficuo mercato parallelo a quello dei negozi tradizionali, l'area del fiorentino non si è trovata impreparata. In poco più di dieci anni di attività, il Barberino Designer Outlet nel Mugello e il The Mall di Reggello – il primo con la sua vasta offerta di articoli per lo sport, la casa e il vestiario, l'altro dedicato agli amanti dell'alta moda – si sono consolidati tra le realtà che propongono prodotti a prezzo molto scontato, diventando una sosta tipica di chi si reca in Toscana per affari o per piacere.

Ma se volessimo restringere il campo a coloro che risiedono in Toscana e, più nello specifico, ai comuni che fanno parte di quella che è definita "cintura metropolitana fiorentina"? Se ci volessimo domandare chi sono, come si muovono, quali sono le abitudini di questi utilizzatori? Dovremmo affidarci unicamente ai sistemi più classici, quali indagini campionarie, censimenti e altri rilevamenti statistici che riguardano i tratti socio-demografici della popolazione o esistono oggi delle alternative per lo studio dei fenomeni appena esposti? Una cosa è certa: si tratta di una moltitudine che per raggiungere ciascuno di questi colossi dello shopping si muove su vie che disegnano il reticolo stradale urbano percorso quotidianamente da numerosi veicoli, confluendo e appesantendo le arterie del sistema stradale.

### ***Nuovi strumenti per favorire la cooperazione territoriale***

Spesso le metodologie tradizionali sono molto costose, o raccolgono dati in periodi di tempo troppo lontani dalle analisi: basti pensare ai censimenti ISTAT che avvengono ogni dieci anni, o altre indagini che riguardano campioni poco numerosi. Oggi, invece, si può fare affidamento ad altre: è diventato possibile condurre studi di mobilità attraverso l'analisi di grandi quantità di dati che ci riguardano, consentendo di registrare e studiare fatti sulle abitudini delle persone con un dettaglio impensabile fino a pochi anni fa.

È in questo contesto che si inserisce una collaborazione nata tra l'ISTI-CNR di Pisa e l'IRPET di Firenze. I due centri di ricerca hanno condotto uno studio usando dati GPS, dati utili a localizzare latitudine e longitudine di oggetti e persone, in grado di rilevare continuamente i dettagli spazio-temporali e ricostruirne la posizione geografica. L'utilizzo di questi nuovi metodi ha, infatti, realizzato una sorta di "microscopio sociale" che ha stimolato le ricerche in numerosi campi con significative applicazioni in diversi ambiti, dalla sanità pubblica all'ingegneria dei trasporti, la pianificazione urbana e la progettazione delle *smart cities*.

Possiamo anche pensare alle utili ricadute che questo tipo di studi può avere in ambito di programmazione territoriale. Per fare un esempio, sappiamo che da anni si sta cercando di attuare anche in Toscana l'istituto della *perequazione territoriale* – strumento applicabile, secondo la normativa vigente, sulla base di accordi volontari tra enti amministrativi. Si tratta di favorire forme

di cooperazione fra le istituzioni nelle varie fasi che compongono l'applicazione di nuove politiche urbanistiche, al fine di mitigare la diversa distribuzione di costi e benefici tra attori economici e territori derivanti da tali scelte.

In altre parole, stiamo parlando di meccanismi di redistribuzione delle risorse economiche diretti a ripartire nel modo più equo possibile le esternalità positive (quindi le entrate finanziarie dei bilanci comunali – oneri di urbanizzazione dovuti nell'insediamento di nuove realtà, gettito ICI) e le esternalità negative (costi collettivi di vario tipo, tra cui costi ambientali, per l'eccessivo consumo del suolo e per l'aumento della mobilità privata; costi pubblici riferiti all'erogazione dei servizi connessi; costi sociali causati da una prevalenza di insediamenti monofunzionali, etc) tra territori appartenenti ad amministrazioni diverse, ma nella sostanza integrate e interdipendenti sotto gli aspetti economici e funzionali. Passare dalla concorrenzialità alla cooperazione porterebbe benefici su vari livelli, da un uso più razionale del territorio alla possibilità di sfruttare economie di scala conseguenti alla messa in comune delle risorse.

È abbastanza chiara, a questo punto, l'importanza che il coordinamento degli enti locali andrebbe a rivestire proprio nell'ambito della definizione degli assetti urbanistici delle aree produttive e commerciali, il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture volte a servirle, degli ulteriori interventi di riqualificazione che si potrebbero rendere necessari. Operare nell'ottica di uno sviluppo più razionale delle risorse armonizzerebbe i vantaggi che ne deriverebbero, ammortizzando allo stesso tempo gli svantaggi. Potrebbero essere, forse, proprio i *big data* della mobilità a convincere le istituzioni a dare una svolta alle pratiche tradizionali di progettazione urbanistica per attivare, finalmente, gli schemi di collaborazione previsti dal sistema della perequazione territoriale.

### ***I centri commerciali***

Tornando allo studio, nell'osservare gli scambi che avvengono tra i comuni del territorio toscano e, in particolare, della piana fiorentina, sono state indagate le abitudini di coloro che si recano presso sette dei più rilevanti centri commerciali dell'area. La scelta di questi centri commerciali ha riguardato una duplice criterio: volendo studiare attrattori che potessero interessare il più ampio bacino di utenza in termini di popolazione e relativa provenienza, si è guardato alle dimensioni (in particolare, ai centri commerciali "grandi", con superficie di vendita superiore ai 10.000 m<sup>2</sup>) e alla tipologia (ad esempio, il The Mall sopra citato ha dimensioni più contenute rispetto agli altri centri ma una portata attrattiva interessante determinata dal tipo di offerta che propone).

<b>Centro Commerciale</b>	<b>Comune</b>	<b>Settore Merceologico</b>	<b>Superficie di vendita</b>	<b>Anno di apertura</b>
I Gigli	Campi Bisenzio	Alimentare/Misto	43.980 m <sup>2</sup>	1997
Il Parco	Calenzano	Alimentare/Misto	10.000 m <sup>2</sup>	2003
Coop	Lastra a Signa	Alimentare/Misto	12.250 m <sup>2</sup>	1997
IKEA	Sesto Fiorentino	Non Alimentare	21.222 m <sup>2</sup>	2002
Centro Sesto	Sesto Fiorentino	Alimentare/Misto	20.030 m <sup>2</sup>	2003
The Mall	Reggello	Non Alimentare	5.000 m <sup>2</sup>	2001
Barberino Designer Outlet	Barberino del Mugello	Non Alimentare	27.000 m <sup>2</sup>	2006

*Principali caratteristiche degli attrattori commerciali studiati.*

Come emerge dalla tabella, si tratta di centri commerciali accomunati da alcune caratteristiche e che, invece, rimangono piuttosto eterogenei tra loro se guardiamo al settore merceologico e alle

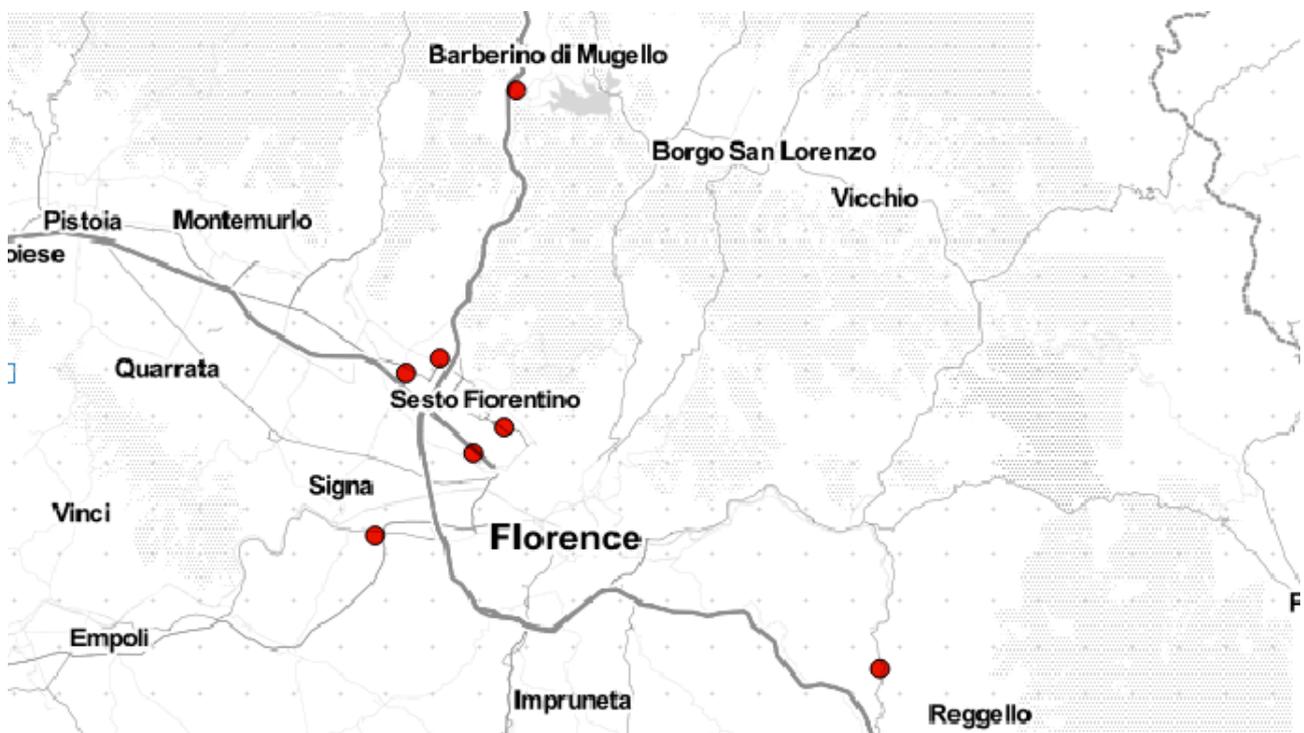
dimensioni. Da un lato i due già citati outlet di Barberino e Reggello; maggiori similitudini possono trovarsi fra tre dei grandi attrattori che compaiono nell'analisi: si tratta de Il Parco nel comune di Calenzano, la Coop di Lastra a Signa e Centro Sesto, situato a Sesto Fiorentino. In questo caso, i supermercati che ospitano questi centri sono il motivo prevalente per cui la maggior parte degli utenti si reca presso questi luoghi, supermercati che fanno comunque parte di gallerie commerciali popolate di negozi di vario genere.

Si trova nel caso opposto I Gigli, centro commerciale esteso e imponente quanto i tipici *mall* americani, che spinge la sua offerta soprattutto sul lato *retail* e della ristorazione, pur accogliendo a sua volta un grande supermercato.

Ancora, per quel che riguarda la proposta, fa caso a sé l'IKEA, senza dimenticare che il fatturato del colosso svedese dell'arredamento dipende non solo dalla vendita di mobili per la casa ma anche dal settore *food*, con una tendenza di anno in anno in forte crescita.

### ***I dati***

Per questa indagine, dunque, è stato utilizzato un dataset proveniente da una fornitura di GPS fornita da OCTO Telematics, società attiva nel mercato dell'*insurance telematics* che si occupa del tracciamento e della raccolta di dati riferiti a una flotta di veicoli tramite i dispositivi di navigazione satellitare installati a bordo delle vetture. In particolare, si tratta di mezzi privati che montano a bordo delle *black box* il cui compito è raccogliere i fatti relativi alle traiettorie degli utenti, così come previsto dai piani assicurativi a cui sono associate. Come anticipato, si tratta di dettagli spaziotemporali: possiamo dedurre la lunghezza totale della distanza percorsa tra due punti, il tempo impiegato, il giorno e l'ora in cui quel veicolo si è mosso. I dati a cui fa riferimento lo studio, inoltre, riguardano un campione di circa 250.000 veicoli che hanno transitato in Toscana tra gennaio e marzo 2014, per un arco di tempo complessivo di sette settimane.

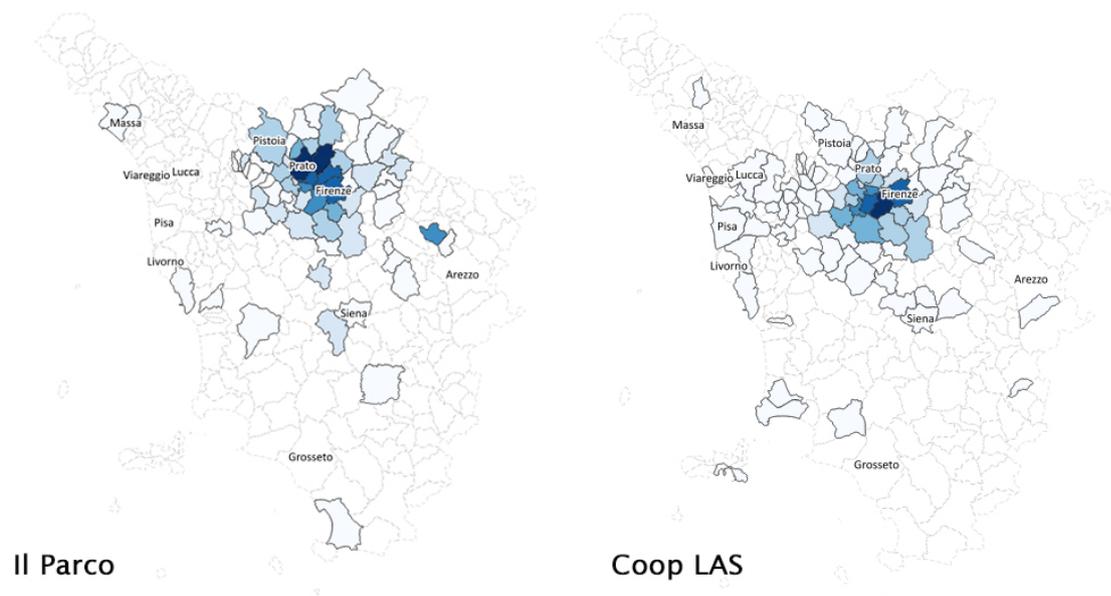


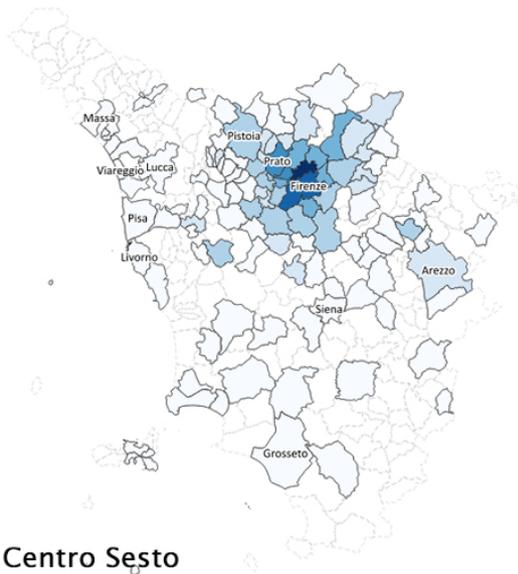
*Localizzazione degli attrattori commerciali oggetto di studio*

Dai dati grezzi, così come raccolti dalle *black box*, si possono però reperire altre informazioni. Raggrupparli, contarli, confrontarli: queste e altre manipolazioni hanno permesso di ottenere una nuova conoscenza sui luoghi generalmente più frequentati dai singoli utenti in modo da estrarre con buona approssimazione la zona di residenza; ancora, è stato possibile calcolare la sosta in un determinato luogo. Incrociando, poi, i dati delle scatole nere con le localizzazioni dei sette centri commerciali è stato possibile approfondire come ognuno degli utenti si serve di questi attrattori.

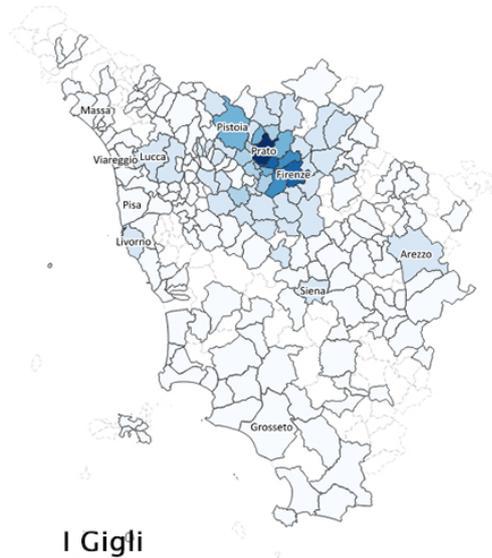
### ***L'utenza dei grandi attrattori. Non solo clienti***

È necessaria una premessa: i dati che sono stati analizzati, come anticipato, riguardano 250 mila veicoli, pari circa all'8% della popolazione veicolare circolante. Questi numeri, prima di essere rappresentati, sono stati ripesati per mezzo delle risultanze delle tabelle ACI relative alle vetture registrate in Toscana nei periodi cui si riferiscono. Partendo comunque da un campione, alcune aree – in particolar modo i comuni di dimensioni inferiori – possono risultare non rappresentate se hanno un dato di partenza pari a zero.

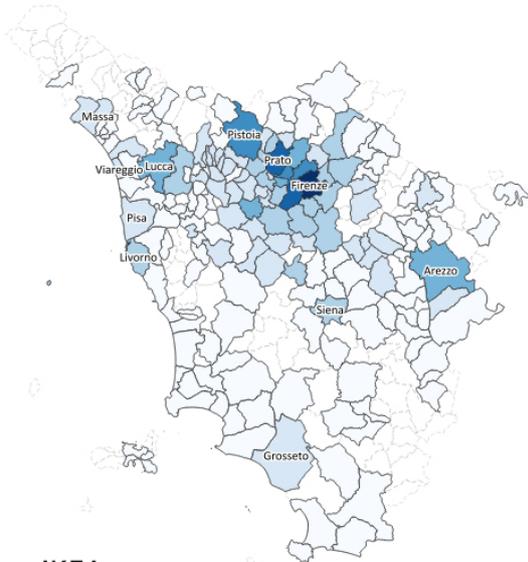




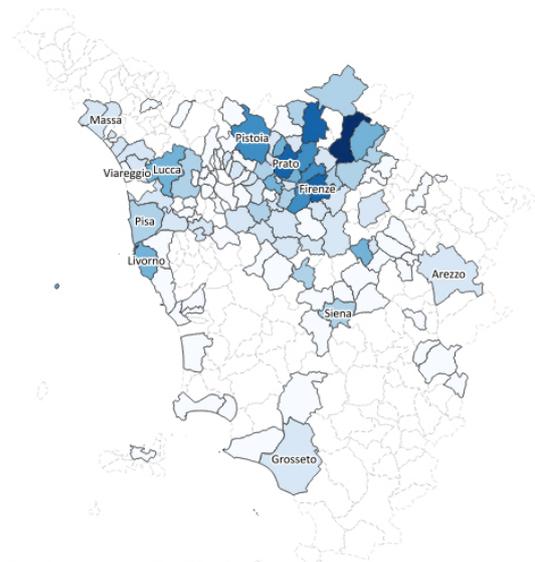
**Centro Sesto**



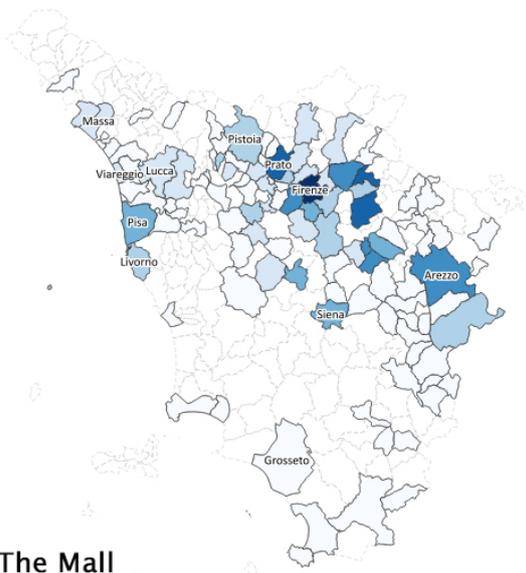
**I Gigli**



**IKEA**



**Barberino Outlet**



**The Mall**

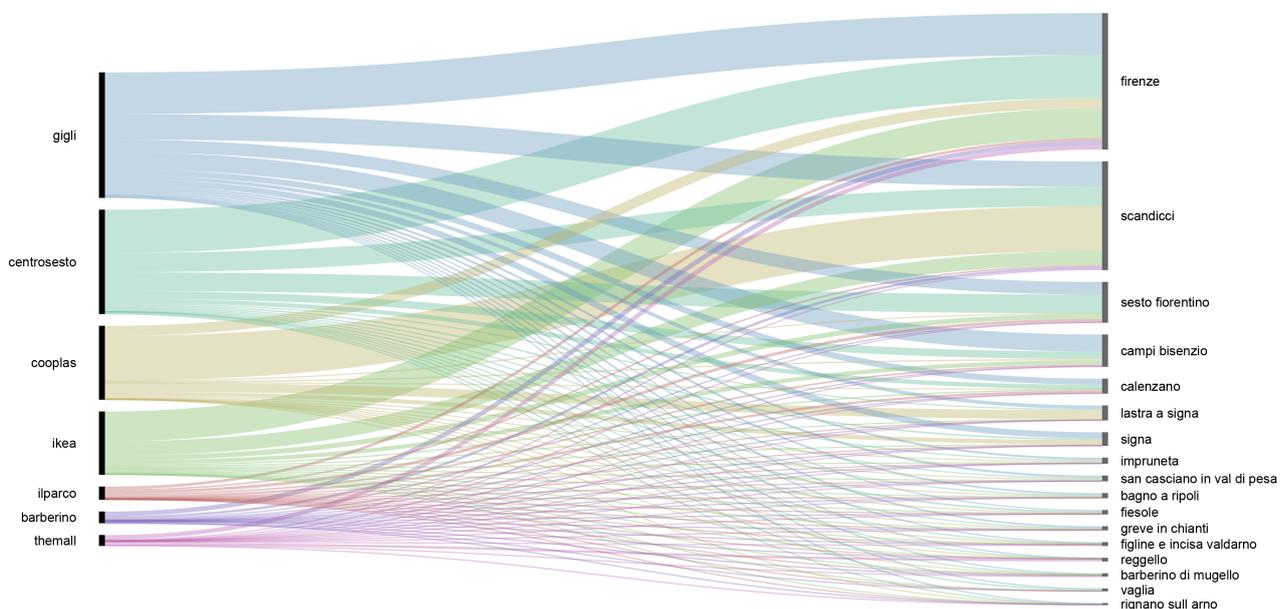
Comuni di residenza degli utenti che si sono recati presso ciascun centro commerciale nel periodo considerato.

Come ci aspetteremmo, i centri in cui la presenza del supermercato è il motivo fondamentale per visitare quello *store*, finiscono per raccogliere un bacino di utenti che in maggioranza abita nelle vicinanze di quella determinata zona. Man mano che ci spostiamo su attività che ospitano negozi di altro genere o che, in generale, hanno caratteristiche di unicità rispetto ai primi, vediamo che il raggio d'azione va a interessare luoghi sempre più lontani dai soli dintorni.

Le "mappe di calore" che vediamo mostrano aree più scure in presenza di un maggior numero di utenti, fino a diventare più chiare man mano che i visitatori scendono. E allora vediamo come Il Parco di Calenzano, il centro commerciale con la superficie di vendita inferiore tra quelli analizzati, ha visitatori concentrati nella piana fiorentina, con un'elevata affluenza proveniente dall'area dell'asse Firenze – Prato – Pistoia. Concentrazione elevata anche per la Coop di Lastra a Signa, con visitatori quasi esclusivamente dell'area sud di Firenze. Un po' più ampio, nella stessa categoria di attrattori commerciali, il raggio d'azione di Centro Sesto di Sesto Fiorentino. Legandoci a quanto introdotto prima in merito alla perequazione territoriale, è già chiaro quanto sia auspicabile il coordinamento amministrativo tra le aree su cui sorgono questi centri commerciali, dislocati in specifiche zone del territorio, strategiche dal punto di vista dell'accessibilità.

Per confermare quanto detto prima, invece, arriviamo poi al caso de I Gigli: è vero, c'è anche un *superstore* del gruppo Pam al suo interno, però coloro che si muovono alla volta dello *shopping centre* di Campi Bisenzio arrivano da numerose parti della Toscana, soprattutto quella centro-settentrionale e dei capoluoghi di provincia, e – possiamo immaginare – non soltanto per la spesa settimanale. Sicuramente sono più interessate le aree - e più frequenti, dunque, i relativi spostamenti – delle tre province che fanno parte dell'area metropolitana, ma non sono da sottovalutare le traiettorie che arrivano da tutta la regione. Fenomeno simile nel caso dell'IKEA, dove sono più intense le visite dai capoluoghi di provincia, così come nei due outlet studiati.

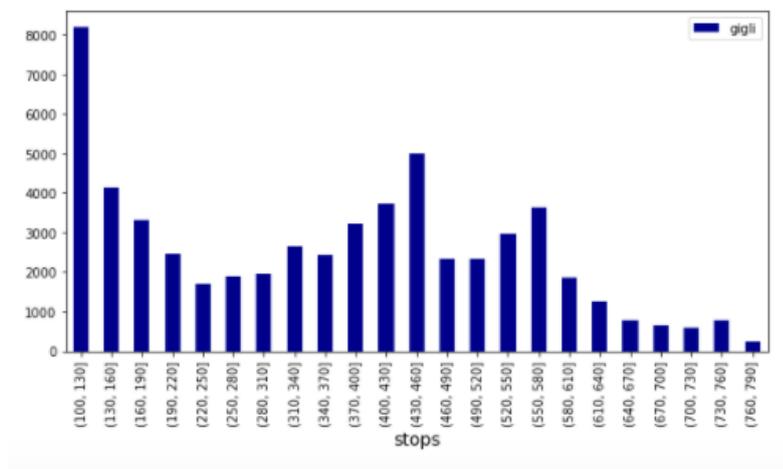
Le visualizzazioni che seguono, invece, permettono un dettaglio più focalizzato sugli scambi che avvengono tra questi grandi centri commerciali e i comuni della "cintura metropolitana fiorentina", quell'area definita dagli enti amministrativi che circondano il capoluogo toscano.



La sankey mostra come si suddivide l'utenza di ciascun centro commerciale, con riferimento alla sola cintura metropolitana fiorentina.

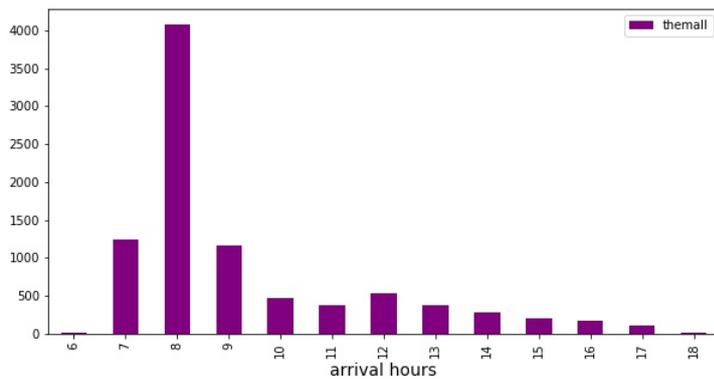
Bisogna sottolineare, a questo punto, un fatto: le informazioni che abbiamo illustrato in particolare con le sette mappe sono riferite alla totalità dei soggetti che si recano presso i centri commerciali analizzati nello studio. Come possiamo immaginare, questi si popolano non solo della loro clientela, dal momento che sono diversi e vari gli utilizzatori di queste aree che vi giungono per motivi differenti. Si tratta quindi di consumatori, ma anche di dipendenti e di corrieri che recapitano la merce ogni giorno. Se da un lato è vero che le traiettorie che si perdono sul reticolo stradale sono, in maggioranza, di coloro che si recano a fare acquisti, a un'analisi più approfondita potremmo scoprire qualcosa in più. È emerso, infatti, che ben il 26,7 % del traffico totale è generato dall'8,2 % degli utenti che utilizzano il territorio. Si tratta di coloro che compiono frequenti viaggi presso i centri commerciali, che vi sostano a lungo o, al contrario, per un breve lasso di tempo, e lo fanno in orari particolari.

Una fetta così piccola di veicoli, vuol dire, si appropria di un quarto del traffico totale. E quindi le 475 mila presenze che emergono – a vario titolo, come abbiamo capito – guardando a I Gigli durante le sette settimane analizzate non si riferiscono unicamente ai clienti delle attività commerciali presenti nel centro. Neanche gli utenti unici che vi si recano (224 mila, secondo le stime) sono solo riferite a coloro che andranno a fare acquisti nel tempo libero. Di seguito qualche statistica riferita a questi “regular users” e a come si comportano con i punti di interesse studiati.



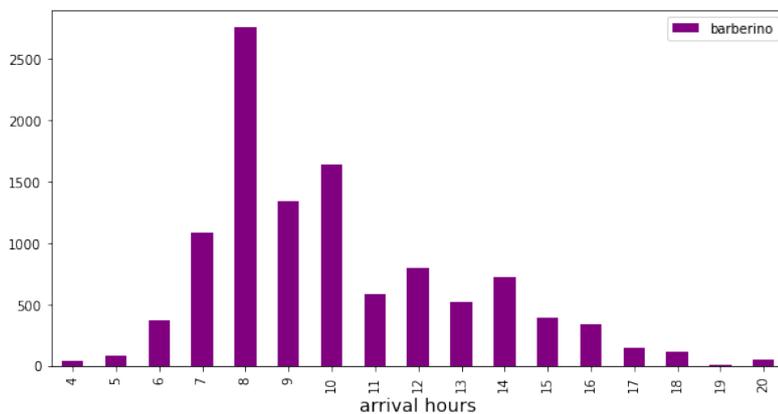
Distribuzione di frequenza sulla durata delle soste presso I Gigli espressa in intervalli di trenta minuti, riferita agli utenti più peculiari.

Nel grafico sopra rappresentato è interessante osservare il picco centrale, con molta probabilità riferito ai dipendenti (tenendo conto che 500 minuti corrispondono alle 8 ore di lavoro), mentre la coda destra individuerebbe coloro che utilizzano il parcheggio per scopi diversi dalla destinazione del polo commerciale. La coda sinistra può riguardare i corrieri e coloro che si recano più frequentemente al centro commerciale considerato, ma anche dipendenti con forme lavorative diverse rispetto al full time.



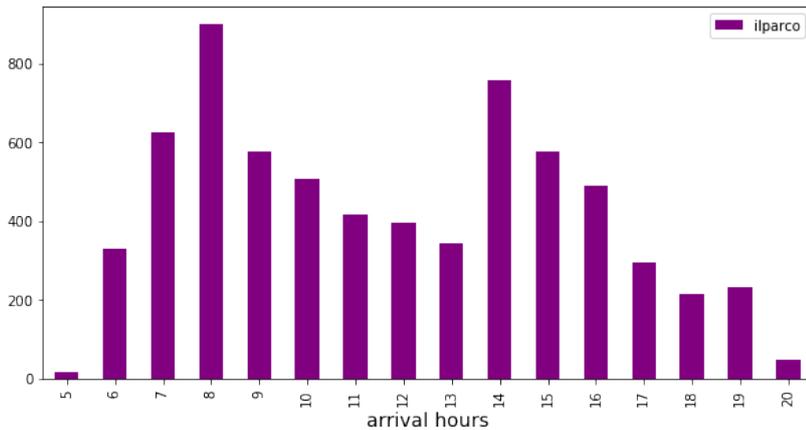
*Distribuzioni di frequenza degli orari di arrivo dei regular users presso The Mall di Reggello.*

È indicativo osservare l'orario di arrivo di questi utenti presso il The Mall. Qui il massimo è molto evidente: l'outlet del lusso apre al pubblico alle dieci, ma dipendenti e i corrieri che recapitano quotidianamente la merce iniziano a raggiungere la zona commerciale di Reggello dalle prime ore del mattino, con le otto che diventano l'ora di punta.



*Distribuzione di frequenza degli orari di arrivo dei regular users presso l'Outlet di Barberino.*

Questo comportamento emerge allo stesso modo negli altri centri commerciali, pur con delle differenze a seconda della tipologia: se anche l'outlet di Barberino denota un andamento simile, con un incremento ben definito degli arrivi presso l'area fra le sette e le dieci del mattino, negli altri poli sono più distribuiti – andamento diverso dovuto, verosimilmente, alle differenti forme contrattuali dei dipendenti che vi operano presso.

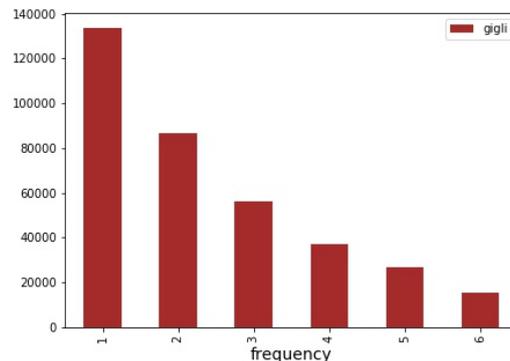
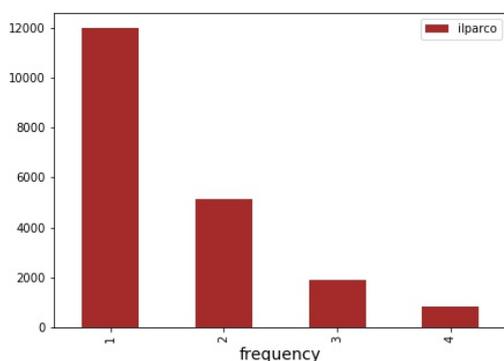
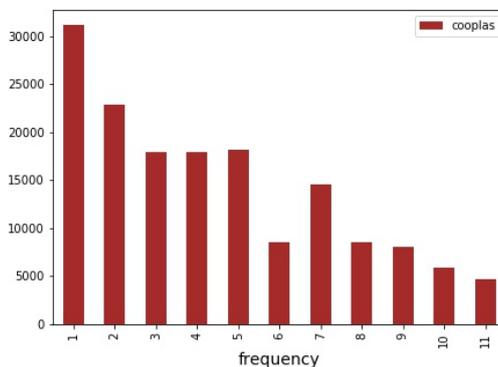
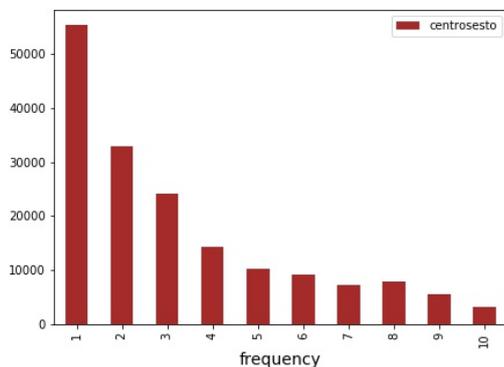


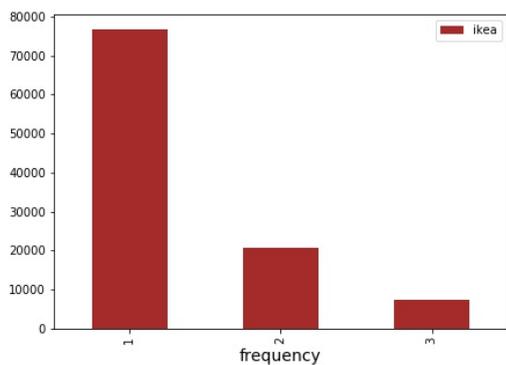
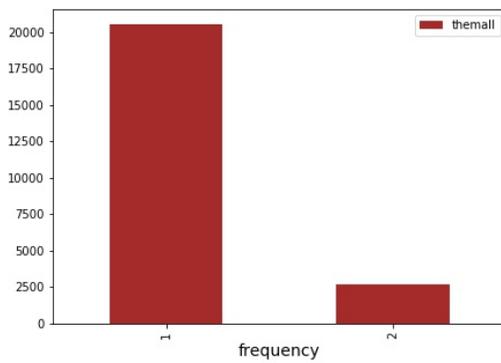
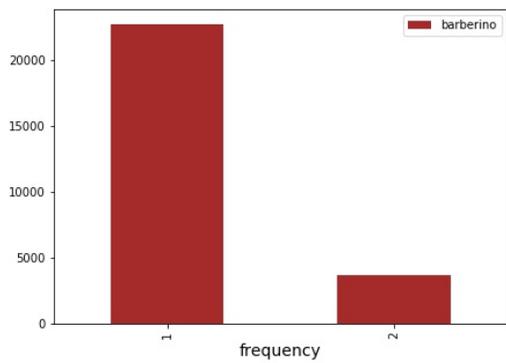
*Distribuzione di frequenza degli orari di arrivo dei regular users presso Il Parco di Calenzano.*

Nell'esempio illustrato è abbastanza evidente come gli orari di arrivo di questi utenti al centro commerciale Il Parco abbiano due momenti di massimo, corrispondenti ai due turni lavorativi. La proiezione dei dati ha, inoltre, fatto emergere una curiosità: non è affatto infrequente che i parcheggi adiacenti ai centri commerciali siano utilizzati come parcheggi scambiatori.

Questi che abbiamo tracciato finora sono aspetti legati ai veicoli che utilizzano il territorio per determinati motivi, e che generano un discreto ammontare di traffico. Sono utenti che condividono comportamenti omogenei; a partire dalla frequenza dei viaggi verso ciascuna destinazione sono stati poi studiati i loro orari di arrivo e il periodo di sosta. Ma per quel che riguarda i consumatori?

Partiamo proprio dalle distribuzioni di frequenza. Se i dipendenti e i corrieri sopra citati sono caratterizzati da frequenti viaggi verso le relative destinazioni nell'arco temporale definito, si parla di numeri diversi quando guardiamo a chi è interessato a fare acquisti.

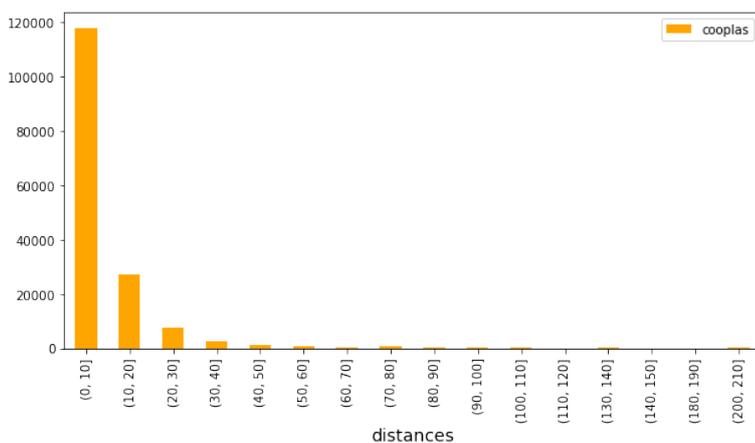


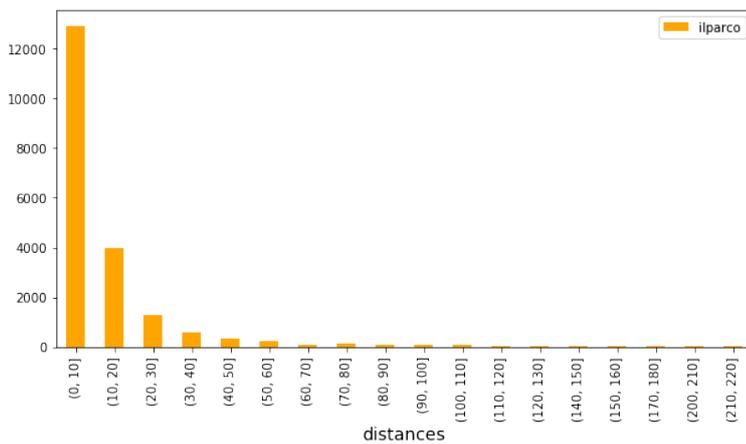
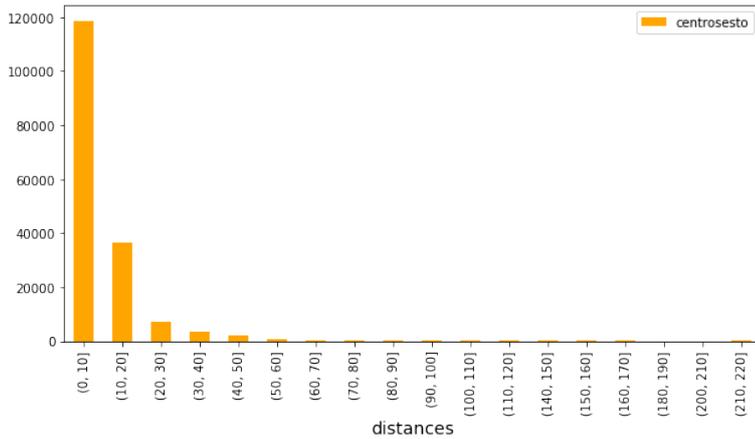


*Distribuzione di frequenza delle visite presso ciascun attrattore commerciale*

Come si evince chiaramente dalle distribuzioni in figura, i centri commerciali che ospitano un supermercato sono visitati più di frequente rispetto alle altre categorie. Gli outlet, infatti, vedono una netta prevalenza di persone che si recano a fare acquisti una volta sola nel mese e mezzo considerato, con qualche eccezione – ma, in ogni caso, tornando al massimo un'altra volta per andare a caccia di affari; discorso simile per chi è interessato ai mobili di IKEA.

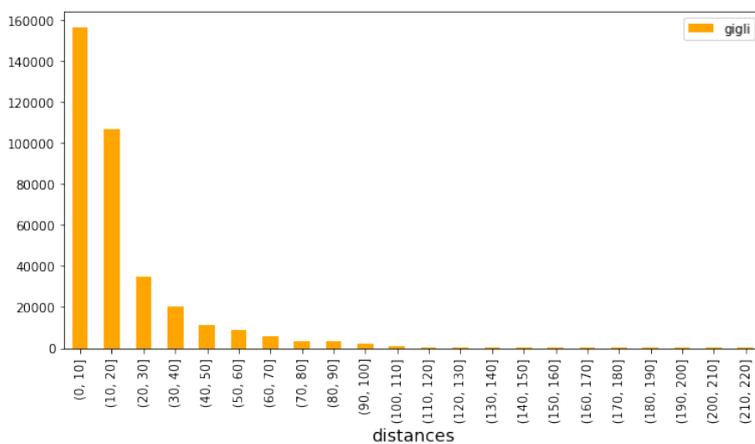
Qual è, invece, la distanza percorsa mediamente dai clienti di ogni centro commerciale? È interessante scoprire che ci sono differenze anche significative a seconda delle caratteristiche merceologiche di ciascun polo attrattivo.

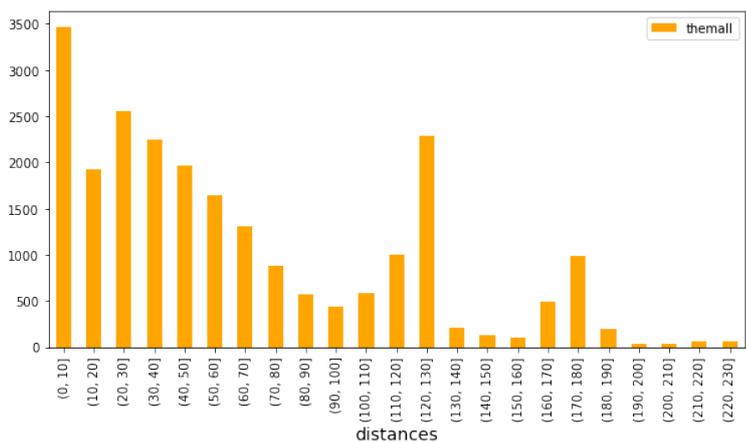
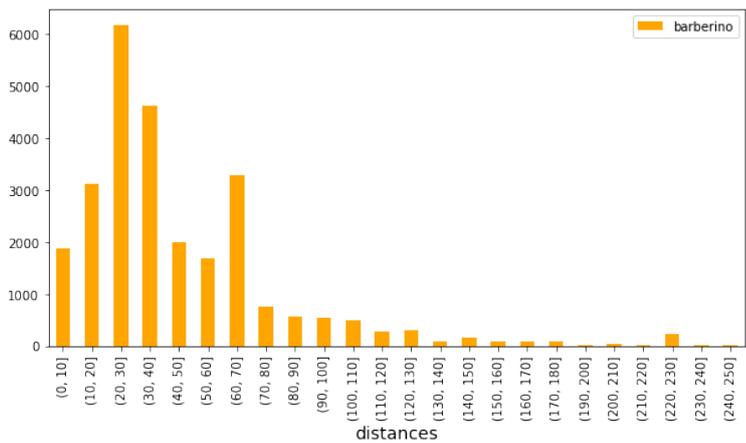
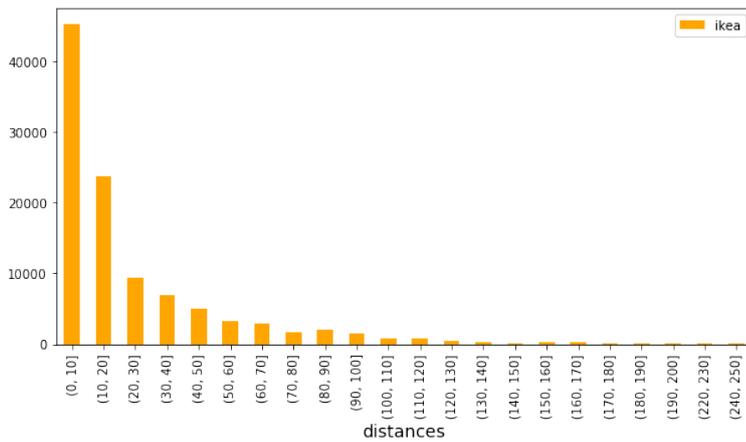




*Coop di Lastra a Signa, Centro Sesto, Il Parco: Distribuzione di frequenza delle distanze percorse km per raggiungere i centri commerciali (km)*

I luoghi dei supermercati, come al solito, mantengono un comportamento simile: i clienti risiedono nelle vicinanze, la maggioranza di loro infatti si muove entro i dieci chilometri dal comune di residenza o poco più.





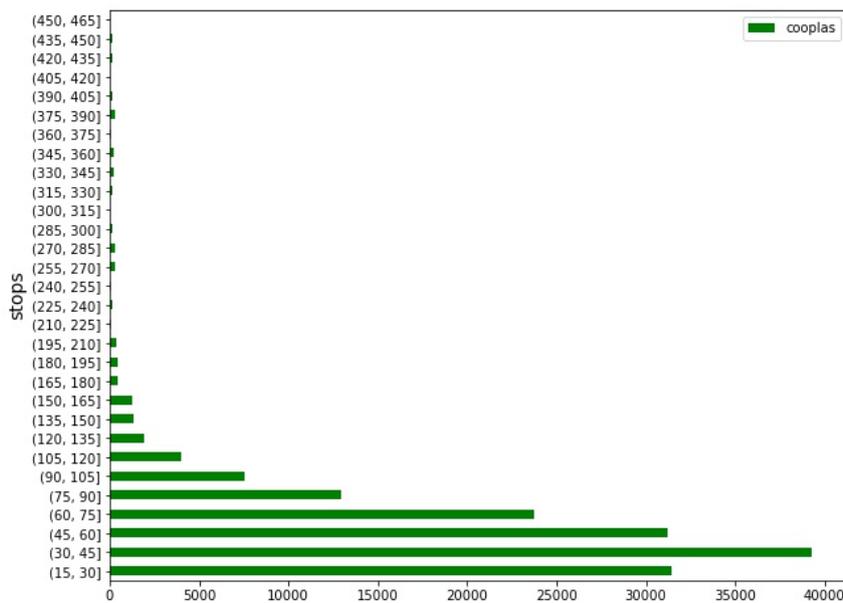
*I Gigli, IKEA, Barberino Outlet e The Mall: distribuzioni di frequenza delle distanze percorse per raggiungere i centri commerciali (km)*

La situazione inizia a cambiare nel caso di IKEA e I Gigli, con valori quasi sovrapponibili; le specialità che contraddistinguono i due centri commerciali avvicinano i clienti più lontani, fino ad arrivare in alcuni casi a cento chilometri di distanza. Distanza che aumenta visibilmente nel caso dei due outlet della piana fiorentina: non è difficile pensare che alcune di queste traiettorie siano riferite proprio a clienti che arrivano da fuori regione. Inoltre, la dislocazione di questi store è strategica perché situata proprio presso le uscite autostradali.

Se si vanno a calcolare le distanze medie si ha un'ulteriore conferma di queste evidenze. Fra i nove e i dodici chilometri per i supermercati, con un tempo di permanenza medio poco inferiore a un'ora;

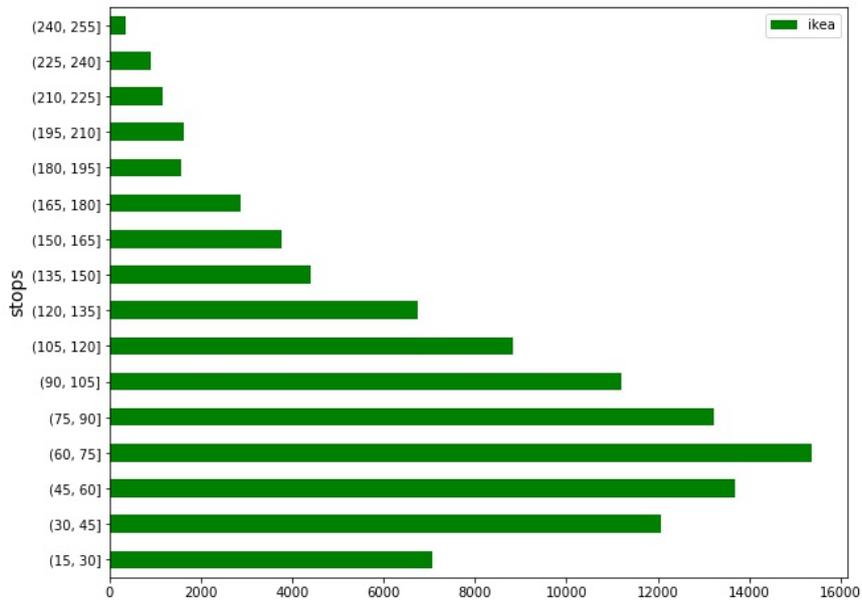
tra i diciotto e i ventiquattro chilometri per Gigli e IKEA che sembrano, così, delineare delle similitudini, soprattutto pensando che i clienti di entrambe mediamente sostano un'ora e mezzo; si passa, infine, ai quarantasei chilometri medi di Barberino Outlet e i sessantadue del The Mall, dove si stimano circa due ore di shopping per ciascun visitatore. La nicchia dell'alta moda, dunque, ripaga con una clientela disposta a percorrere più strada per raggiungere la meta.

A proposito di soste, siamo in grado di ottenere un dettaglio più specifico sui singoli centri commerciali. Ancora una volta, prendiamo – uno per tutti – l'esempio della Coop di Lastra a Signa: Così come negli altri super, la maggioranza riesce a concludere gli acquisti rimanendo ampiamente entro l'ora di tempo.



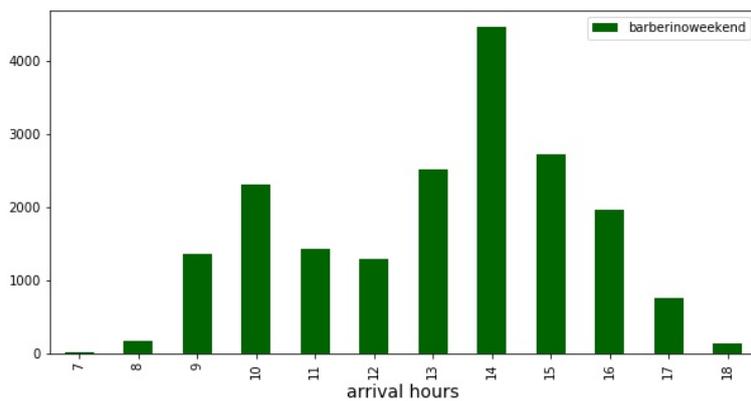
*Distribuzione di frequenza delle soste presso la Coop di Lastra a Signa, raggruppate in intervalli di quindici minuti*

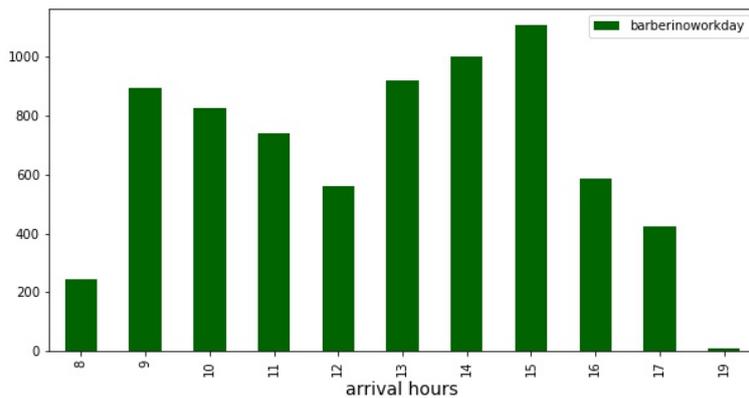
Distribuiti in modo molto differente, invece, i tempi di permanenza all'IKEA. Scegliere l'arredamento della nuova casa può portare via molte ore della giornata, senza dimenticare che chi ha la possibilità di raggiungere lo store in tempi rapidi sceglie anche di visitarlo per il suo ristorante o per acquisti che richiedono meno tempo.



*Distribuzione di frequenza delle soste presso IKEA, raggruppate in intervalli di quindici minuti*

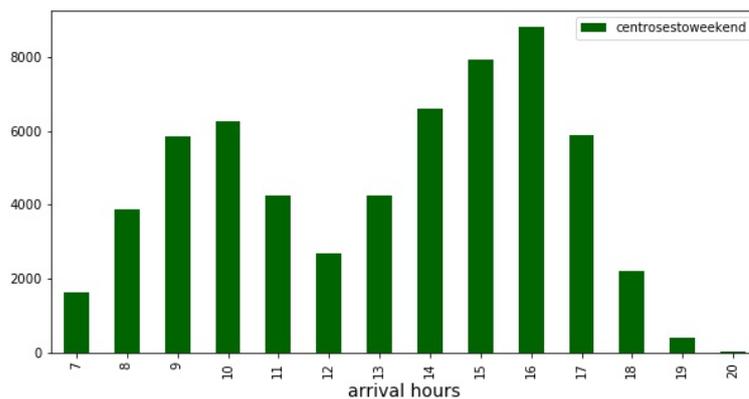
E per quel che riguarda gli orari di maggiore affluenza? Vediamo che i risultati mostrano una situazione abbastanza tipica in tutti i casi considerati.





*Distribuzione di frequenza degli orari di arrivo presso l'Outlet di Barberino, a seconda che si tratti di giorni lavorativi o weekend*

In generale, gli arrivi si distribuiscono in maniera sostanzialmente omogenea durante i giorni normali, mentre nel fine settimana coloro che si alzano presto per recarsi ai centri dello shopping sono in numero molto inferiore rispetto alle presenze che si registrano dopo l'ora di pranzo; l'esempio sopra riportato di Barberino riassume in maniera fedele quello che accade un po' ovunque. Se, poi, il nostro orario di lavoro ci tiene impegnati le classiche otto ore durante la settimana, con ritmi serrati dalle 9 alle 18, possiamo decidere qual è il momento ottimale in termini di affollamento per andare al supermercato nei giorni in cui siamo liberi. Basta dare uno sguardo al grafico seguente: vogliamo evitare file alla cassa? Secondo i risultati di Centro Sesto, a Sesto Fiorentino, conviene sbrigare la spesa settimanale il sabato o la domenica a mezzogiorno.



*Distribuzione di frequenza degli orari di arrivo del weekend presso Centro Sesto a Sesto Fiorentino*

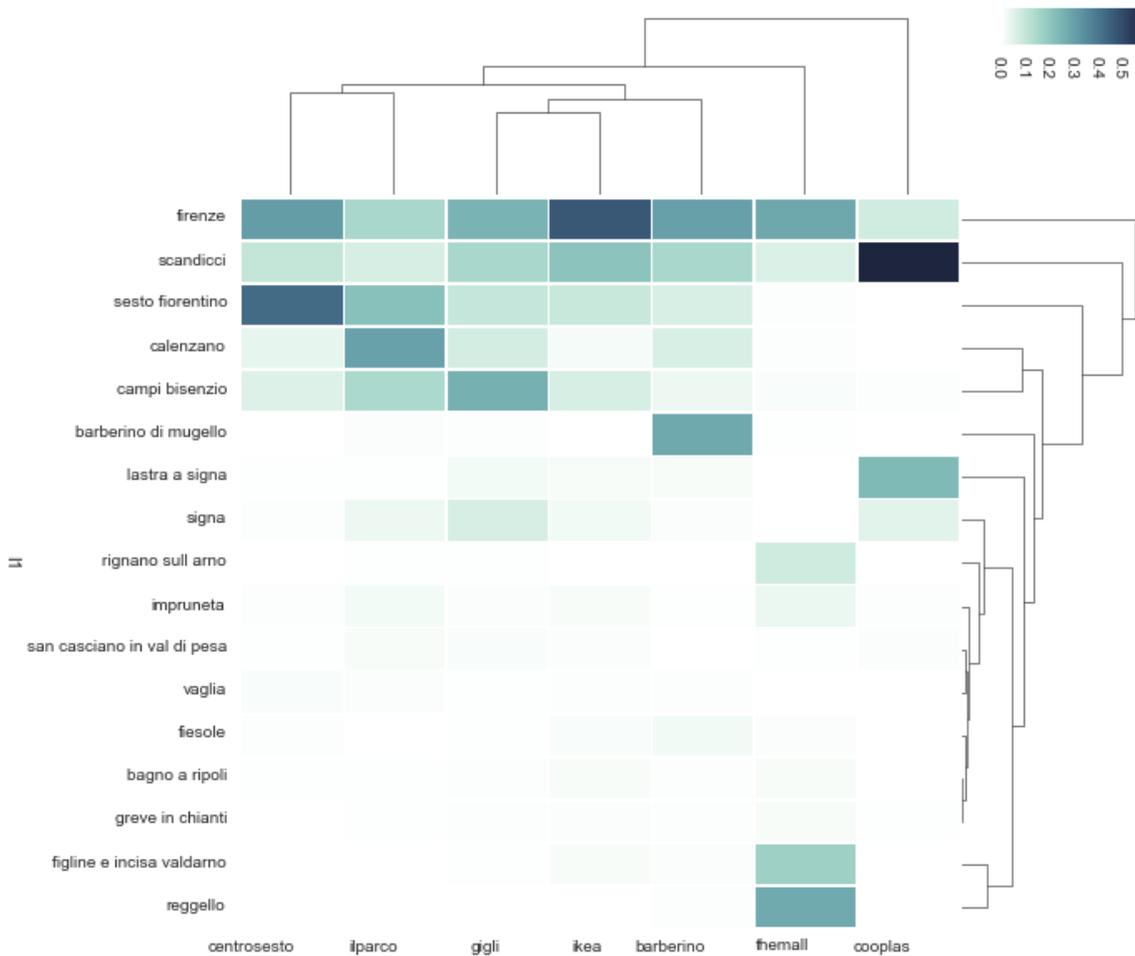
### **Machine learning e mobilità**

Finora sono stati presentati i risultati ottenuti manipolando in vario modo i *big data* della mobilità che abbiamo incontrato all'inizio; il focus si è concentrato sulle traiettorie dei veicoli a disposizione, ed è emersa la caratterizzazione di due tipi principali di utenza e un utilizzo diverso delle strutture commerciali che si differenzia, più che per la localizzazione sul territorio, per la loro offerta prevalente.

Ma questa grande mole di dati può essere esplorata anche in altro modo. È possibile, infatti, applicare metodi di *clustering* – approcci di *machine learning* che definiscono, per mezzo di algoritmi

predefiniti, come raggruppare i dati in modo da creare la maggiore similarità all'interno dei gruppi così ottenuti e, allo stesso tempo, più eterogeneità tra gli stessi. Nel nostro caso, abbiamo provato a vedere cosa succede adottando uno di questi sistemi di apprendimento automatico per scoprire se esistono relazioni significative utilizzando mezzi alternativi, e se questi validano o smentiscono i risultati ad ora presentati.

Il grafico proposto, in questo caso, a partire dai poli commerciali oggetto di studio considera le origini dei veicoli con un dettaglio sui comuni della cintura metropolitana fiorentina. Ad esempio, a partire dai numeri delle visite totali di IKEA, è stata calcolata la percentuale di utenti che visita il negozio abitando a Fiesole o a Scandicci.



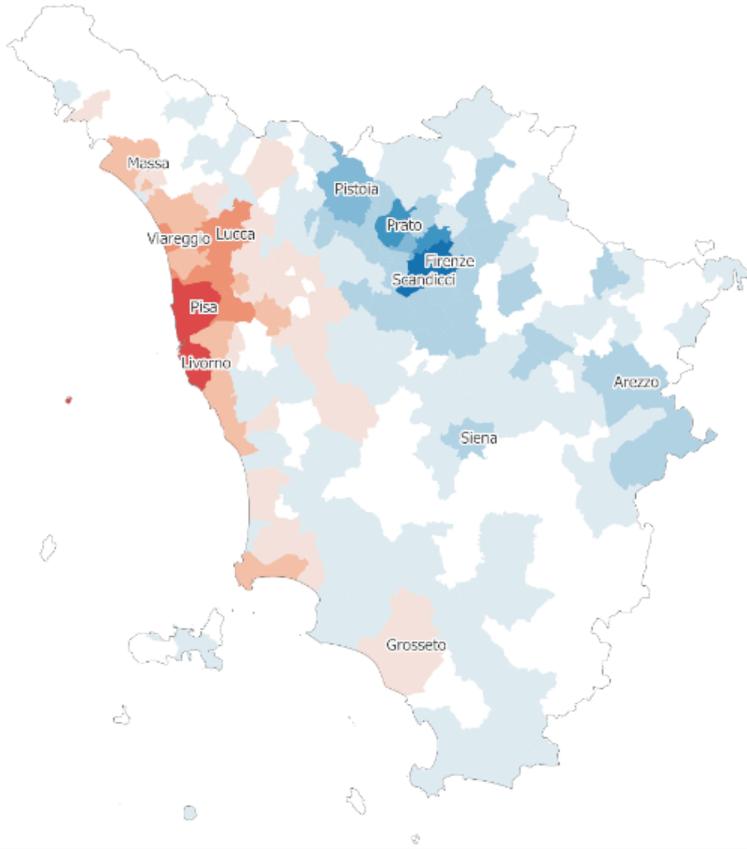
Un esempio di clustering gerarchico applicato ai comuni e agli attrattori.

Seguendo i diagrammi ad albero tracciati a margine, scopriamo che in prima istanza l'algoritmo considera parte dello stesso gruppo lo store di Centro Sesto e Il Parco, i Gigli e IKEA: questo risultato in qualche modo conferma le evidenze incontrate finora sul simile utilizzo dei due centri commerciali, finendo per considerare insieme, da una parte, i supermercati e, dall'altra, i due poli attrattori più particolari; ulteriori elaborazioni finiscono per unire l'outlet di Barberino ai secondi, e così via. In modo simile, sull'altro lato si possono leggere i comuni che, sempre secondo l'algoritmo, denotano un comportamento analogo. La heatmap che accompagna il grafico, invece, indica il volume di traffico originato da ciascun comune e diretto verso i centri commerciali; più scura è la cella, maggiori sono gli spostamenti degli abitanti di un comune verso quell'attrattore.

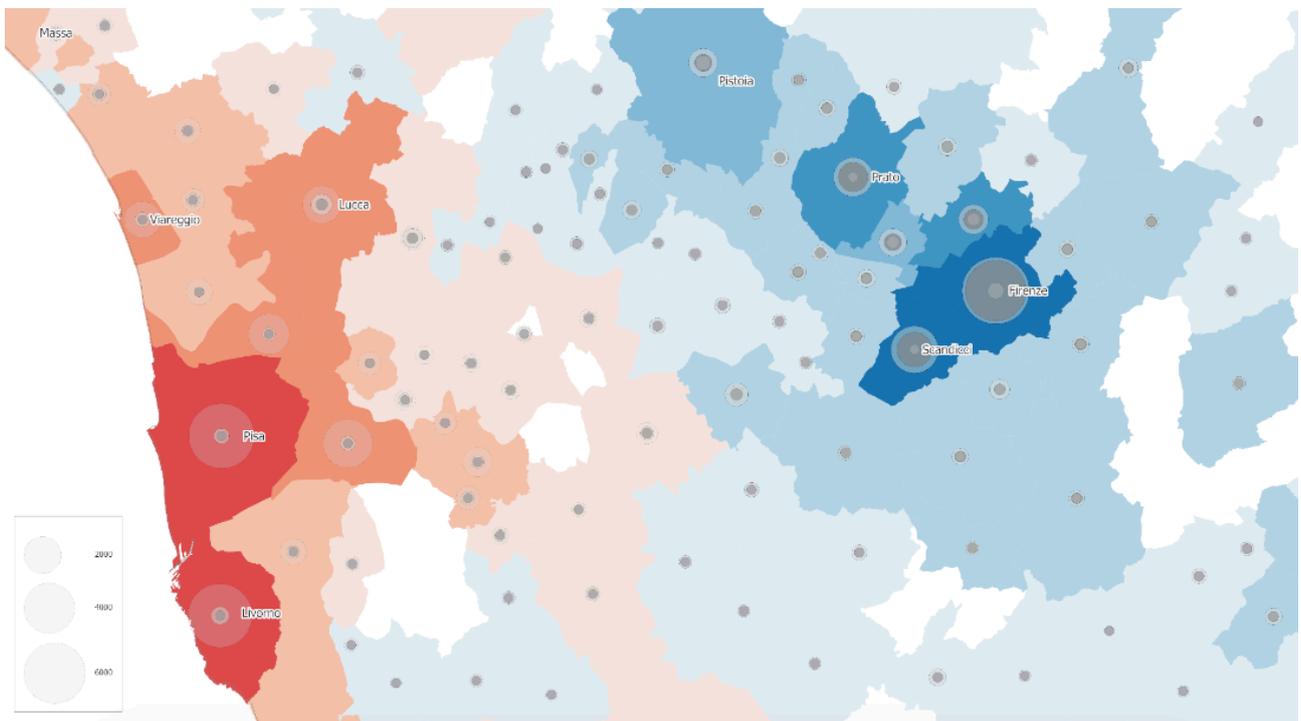
### ***Un modello per i confronti: il caso Ikea***

Le analisi finora presentate hanno dimostrato risultati interessanti, qualche volta devianti dal fatto che i centri commerciali studiati, in ogni caso, hanno caratteristiche tra loro differenti. Prevedere le preferenze degli utenti di un luogo rispetto a un altro, però, non è sempre agevole, dal momento che sono necessari dati di partenza il più possibile confrontabili. Eppure, da qualche anno, due realtà perfettamente identiche per offerta esistono sul territorio regionale. Stiamo parlando delle due IKEA toscane: a inizio 2014, infatti, ha aperto al pubblico anche lo store di Pisa. Entrambe dislocate in zona industriale, in prossimità dei rispettivi aeroporti, vicine a svincoli autostradali; una ad accogliere la clientela proveniente dalla costa e l'altra quella dall'area più a est della regione. Un certo effetto cannibalismo si è inevitabilmente verificato, portando gli interessati che abitano nelle zone limitrofe a ciascun attrattore a preferire, ovviamente, quello più vicino. Meno immediato, invece, il comportamento degli utenti provenienti da comuni equidistanti dai due capoluoghi. Sono diverse le domande che possiamo porci. La scelta di un negozio rispetto a un altro dipende solo da motivi di accessibilità? Qual è il volume di clientela che la nuova apertura ha sottratto al centro commerciale di Firenze? C'è da tenere in conto che per questo esperimento i dati a disposizione hanno riguardato un periodo limitato, circa due settimane osservate il mese precedente all'inaugurazione dell'IKEA pisana e le due settimane seguenti, e che in certi casi i volumi di traffico sono stati influenzati proprio da un "effetto novità" che si è generato. Il metodo presentato rimane comunque un modello di riferimento per ulteriori studi ed esplorazioni.

Nelle mappe si possono trovare altre informazioni. Innanzitutto, blu e rosso distinguono la propensione degli abitanti di ciascuna area a recarsi presso un negozio o l'altro. Maggiore è l'intensità del colore, più è netta la predilezione degli utenti di ciascun comune verso quella destinazione. È interessante vedere come i confini delle aree amministrative territoriali siano, in qualche modo, ridisegnati con lo studio delle traiettorie, andando a creare nuovi bacini funzionali.



Mappa di preferenza e fidelizzazione della clientela proveniente da ciascun comune verso gli store (rosso per l'IKEA pisana, blu per quella fiorentina).



Volumi di traffico che originano da ciascun comune, con focus sull'area centro-settentrionale della regione. I cerchi grigio scuri individuano gli utenti che si sono recati al negozio di Sesto Fiorentino nell'arco di tempo considerato

*prima dell'apertura di Pisa, i cerchi grigio chiari sono riferiti al periodo post apertura, mentre in trasparenza il volume di traffico riferito allo store pisano.*

Il colpo d'occhio della visualizzazione favorisce l'evidenza del giro di affari che Firenze ha perso a vantaggio del centro commerciale pisano. In realtà, osservando le mappe si potrebbero evincere altri fatti interessanti. Da una parte, infatti, è come se IKEA avesse creato un bisogno in precedenza inespreso o piuttosto debole per le località della costa Toscana. In altre parole, quei comuni che prima poco alimentavano la clientela fiorentina, adesso si sono trasformati in un'importante fetta di clientela del centro commerciale di Pisa; ne è un chiaro esempio il caso delle aree di Pontedera, Livorno, Lucca e Pisa stessa.

Dall'altra parte, gli abitanti dei comuni che prima si recavano frequentemente a Sesto Fiorentino non sono stati particolarmente interessati dall'apertura pisana, anche se si possono notare gli effetti suscitati dalla novità, appunto, come ad esempio nei casi di Pistoia e Prato, che registrano qualche viaggio anche in direzione della costa. In ogni caso, rimangono di particolare interesse le aree più chiare sulla mappa, che non prendono particolare posizione nei confronti di uno o dell'altro centro commerciale rimanendo contese dai due store. Oltre a criteri di accessibilità, la differenza potrebbe essere fatta dall'offerta data dal territorio, fuori dai quattro muri dei negozi.

In conclusione, è indubbio che studi di questo genere – pur con i relativi limiti – potrebbero apportare notevoli vantaggi durante i processi decisionali degli enti amministrativi, con un diverso punto di vista che potrebbe risolvere aspetti critici della pianificazione territoriale. Inoltre, questo lavoro potrà essere sviluppato anche in ulteriori direzioni, automatizzando il processo di analisi di nuovi dati e generalizzando il modello ottenuto per renderlo applicabile alle nuove situazioni, per evidenziare i punti di interesse che hanno un impatto negativo sul traffico locale.



**Allegato 6**

**Le presenze turistiche  
nell'Area metropolitana di Firenze,  
Prato e Pistoia attraverso i dati  
di telefonia mobile**

## Indice

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>DATI</b>	<b>3</b>
<b>RISULTATI</b>	<b>4</b>
<b>ANALISI PRESENZA PER SINGOLA ANTENNA</b>	<b>5</b>
FIRENZE	5
PRATO	7
PISTOIA	8
<b>ANALISI ANTENNE AGGREGATE</b>	<b>9</b>
FIRENZE	9
PRATO	10
PISTOIA	11
<b>CO-PRESENZA DEI TURISTI NELL'AREA DI FIRENZE</b>	<b>12</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>16</b>

## Introduzione

«Il primo di luglio prossimo andrò all'estero, in Italia, dove resterò un po' di tempo», così annunciava Dickens nel maggio del 1844 all'amico Macvey Napier.

Era l'Europa dei Grand Tour e lo scrittore inglese si apprestava a compiere il suo viaggio alla scoperta dell'Italia. La corrispondenza epistolare avrebbe dato vita all'opera 'Lettere dall'Italia', raccolta di scritti in cui Dickens documentava il proprio viaggio.

Oggi, maggio 2018, lo scrittore al suo arrivo alla stazione di Santa Maria Novella a Firenze non dovrebbe far altro che, impugnare il proprio smartphone per comunicare a Macvey Napier il proprio arrivo nella città di Dante.

Se da un lato questo ci avrebbe privato di uno dei capolavori letterari del 1800, l'illustre scrittore, così come migliaia di altri turisti in arrivo nella culla del Rinascimento, collegandosi all'antenna GSM avrebbero lasciato l'impronta digitale del proprio passaggio.

L'utilizzo delle moderne tecnologie di comunicazione ci consente di disporre di un enorme mole di dati da raccogliere, analizzare e interpretare per comprendere meglio le dinamiche sociali, culturali ed economiche.

Se nel 1800 solo nobili e letterati potevano permettersi di affrontare viaggi per l'Europa a fine ludici e culturali, oggi in un mondo sempre più interconnesso milioni di persone ogni giorno si spostano per piacere, lavoro o necessità. Diventa pertanto di fondamentale importanza per istituzioni, aziende e policy maker approfondire la conoscenza delle dinamiche di tali flussi e degli effetti che essi hanno sul territorio urbano.

Il nostro lavoro ha come obiettivo quello di interpretare i dati GSM, raccolti nell'area metropolitana di Firenze, Prato e Pistoia, per identificare i comportamenti di coloro che, più avanti definiremo 'visitatori' con l'intento di contribuire al patrimonio informativo a disposizione delle istituzioni preposte al governo del territorio.

## Dati

Negli anni recenti la diffusione dei dispositivi mobili ha portato ad un incremento del volume dei dati relativi a "dove" e "quando" le persone si spostano.

L'analisi è stata compiuta su un campione di dati GSM, ovvero dati di telefonia mobile raccolti dall'operatore telefonico durante l'uso del telefono cellulare con chiamate, SMS o traffico dati. Il fornitore dei dati è uno dei maggiori operatori nel settore delle telecomunicazioni in Italia. Per compiere le analisi di nostro interesse sono stati utilizzati i Call Data Record (CDR), ovvero record registrati durante le attività di chiamata e che contengono l'informazione temporale, un identificatore anonimo dell'utente, la cella telefonica e la durata della chiamata. Pertanto, essendo le attività dei CDR riferite a chiamate telefoniche, le analisi sono state compiute escludendo le attività di dati inerenti alla connessione Internet.

La nostra analisi vuole concentrarsi su flussi e spostamenti nell'area metropolitana di interesse da parte di soggetti che non sono ivi residenti. Per individuare nei nostri dati tali soggetti, è stato interpellato il KDDLab (ISTI – CNR, Pisa), il quale ha messo a disposizione

lo strumento del Sociometro, strumento di *data mining* che, attraverso l'analisi delle abitudini di chiamata degli utenti classifica gli stessi in categorie comportamentali.

La nostra analisi si concentra su coloro che, dal Sociometro sono classificati come "Visitor", ovvero coloro che non vivono e non lavorano/studiano nell'area di interesse, ma che occasionalmente la visitano.

Il campione risultante è composto da circa 9 milioni di record, nel range temporale che va dal 05 Ottobre al 30 novembre 2015.

User_id	Data	Ora	Antenna
---------	------	-----	---------

Per ciascuna antenna presa in esame disponiamo delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) che abbiamo utilizzato per le rappresentazioni su mappa.

## Risultati

In questa sezione presentiamo i risultati ottenuti dai dati a nostra disposizione, cercando di rispondere alle domande: come si muovono i visitatori nell'area metropolitana di Firenze, Prato e Pistoia? Esistono differenze fra centro e periferia? Come cambia la fruizione del territorio a seconda del giorno o dell'orario?

In questo lavoro, la presenza sul territorio di un visitatore in uno specifico luogo è determinato dal fatto, che questi si colleghi ad una certa antenna telefonica.

Il limite di tali dati è quello di non fornire una precisa collocazione geografica, ma di indicarci la presenza in un'area, non consentendo alla nostra analisi di scendere a un livello di maggior dettaglio.

Nei seguenti paragrafi si propongono analisi che aiutino a comprendere la mobilità di tali utenti nell'area metropolitana di Firenze, Prato e Pistoia, quali:

1. analisi per ogni antenna della presenza media oraria nei diversi giorni della settimana, al fine di identificare differenze di comportamento dei visitatori e la presenza di eventi eccezionali;
2. Abbiamo ripetuto l'analisi aggregando le antenne sulla base di caratteristiche qualitative comuni, quali la vicinanza geografica, la vicinanza ad arterie di comunicazione, la presenza di attrattori, seguendo criteri suggeriti da esperti di dominio;
3. Ci siamo infine concentrati sulla sola area di Firenze, per rappresentare su mappa le aree 'toccate' da ciascun visitatore durante la propria permanenza nella città (grafo di co-occorrenza).

## Analisi presenza per singola antenna

L'obiettivo è quello di fornire una panoramica a livello statistico delle presenze medie orarie e giornaliere degli utenti identificati dal sociometro come *visitatori*.

L'analisi è stata compiuta, attraverso lo strumento 'R', un linguaggio di programmazione e un ambiente di sviluppo specifico per l'analisi statistica dei dati. Sono state oggetto di analisi solo le antenne con il maggior numero di presenze, ovvero il maggior numero di visitatori che si sono agganciati a quell'antenna.

Di seguito riportiamo i grafici denominati '*Call intensity*', che rappresentano la media oraria delle chiamate, divise per giorno della settimana. Tale rappresentazione consente di verificare le differenze nell'utilizzo del territorio da parte dei visitatori della città.

Per esemplificare abbiamo riportato per ciascuna area in esame il grafico relativo alle antenne in cui le differenze sono maggiormente evidenti.

### Firenze

Per l'area di Firenze abbiamo selezionato le antenne:

- FI001 centro storico della città
- FI023 area stadio comunale Artemio Franchi
- FI033 area di Novoli
- FI037 area Cascine

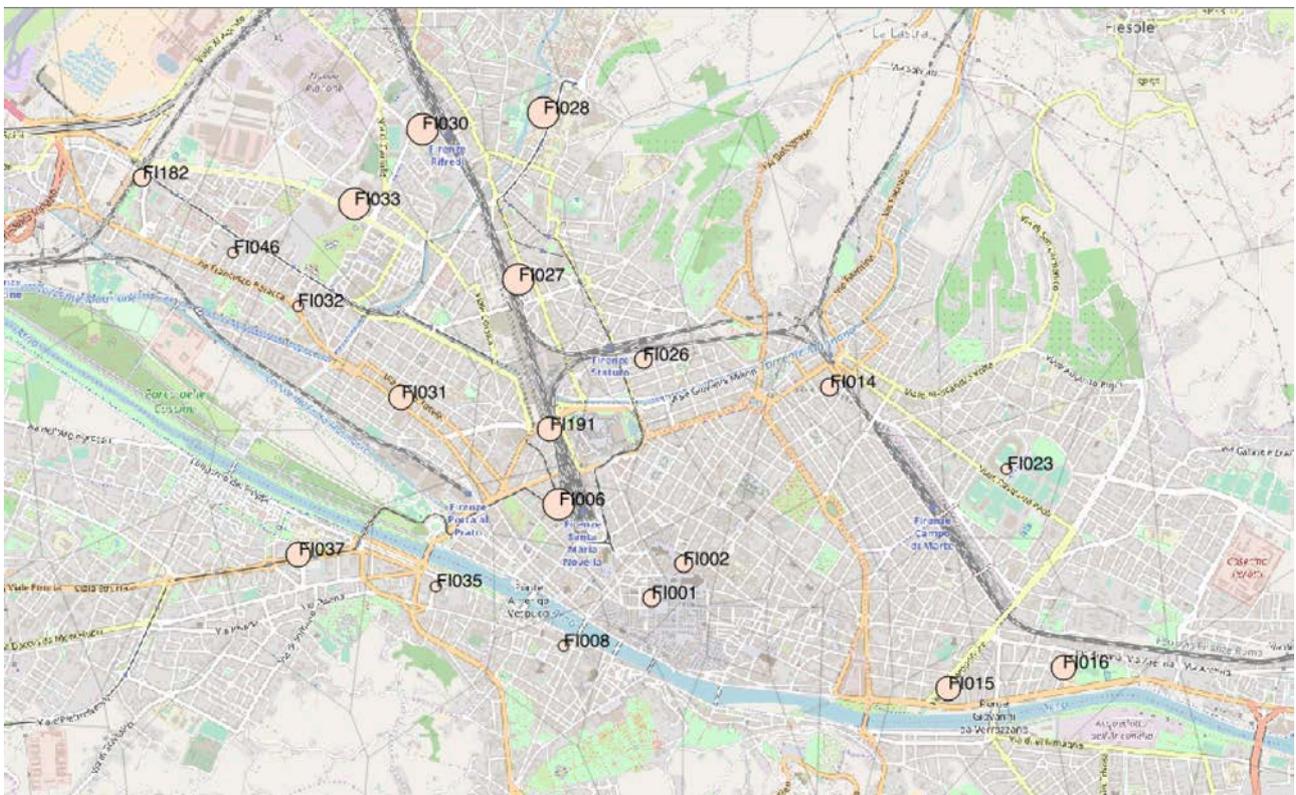


Figura 1 Top antenne di Firenze

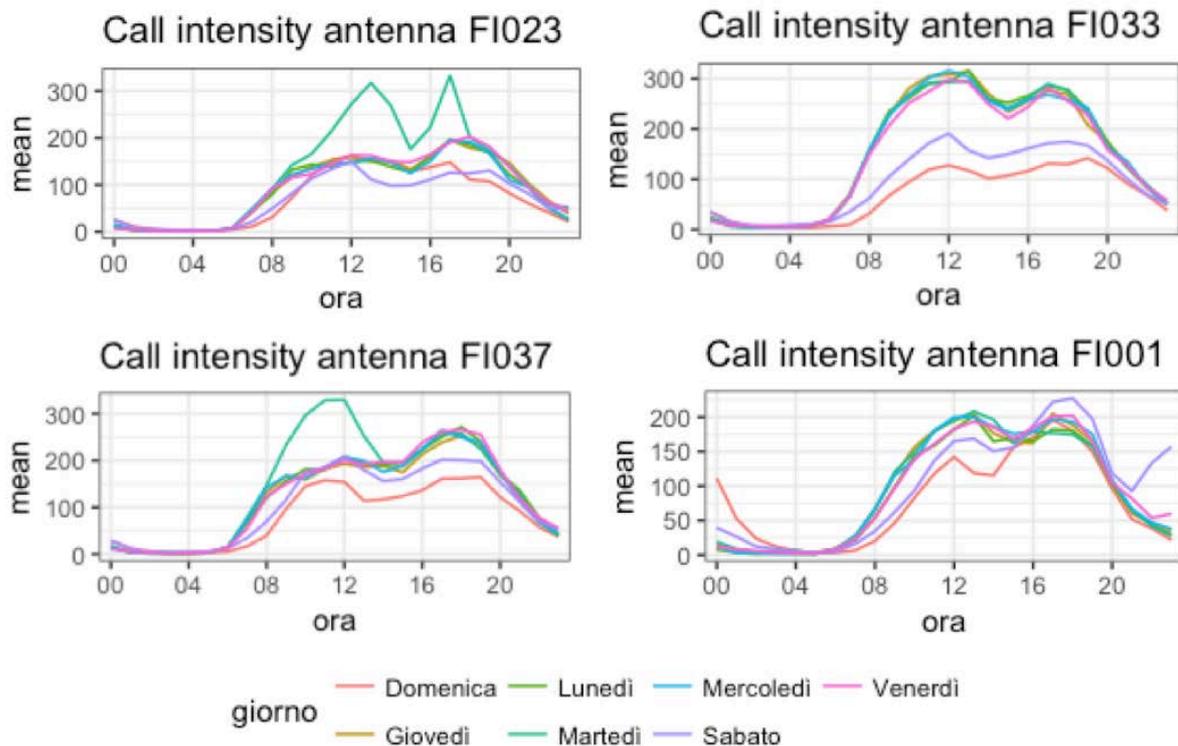


Figura 2 Call Intensity - Focus antenne Firenze

I quattro grafici mostrano differenze rispetto alle presenze di visitatori, sia per quanto riguarda i giorni della settimana che, in relazione all'orario considerato.

Nella zona del centro storico (FI001) non sembrano esserci differenze rilevanti nella presenza di visitatori fra i giorni lavorativi e week-end. È interessante notare che nel fine settimana, a differenza di altre aree, si registrano presenze di visitatori in tarda serata/notte, probabilmente trattasi di residenti al di fuori dell'area metropolitana che, raggiungono i locali del centro di Firenze per trascorrere le serate del fine settimana.

L'area di Novoli (FI033), sede sia del polo universitario che di uffici, mostra un'importante differenza fra le presenze nei giorni lavorativi e il fine settimana.

Per l'area delle Cascine (FI037) il grafico evidenzia un andamento che differisce rispetto alle altre aree nella mattinata del martedì. L'area infatti è sede del più grande mercato all'aperto di Firenze che si tiene tutti i martedì mattina.

L'antenna relativa alla zona dello stadio (FI023) riporta un andamento inatteso nel giorno di martedì. Ad una più attenta analisi tale scostamento è da imputarsi alla visita pastorale del Santo Padre tenutasi martedì 10 novembre 2015, che ha rappresentato un evento eccezionale, richiamando per l'occasione 50 mila persone durante la Santa Messa.

Prato

Per l'area di Prato abbiamo selezionato le antenne:

- PO007 centro storico della città
- PO011 SS719

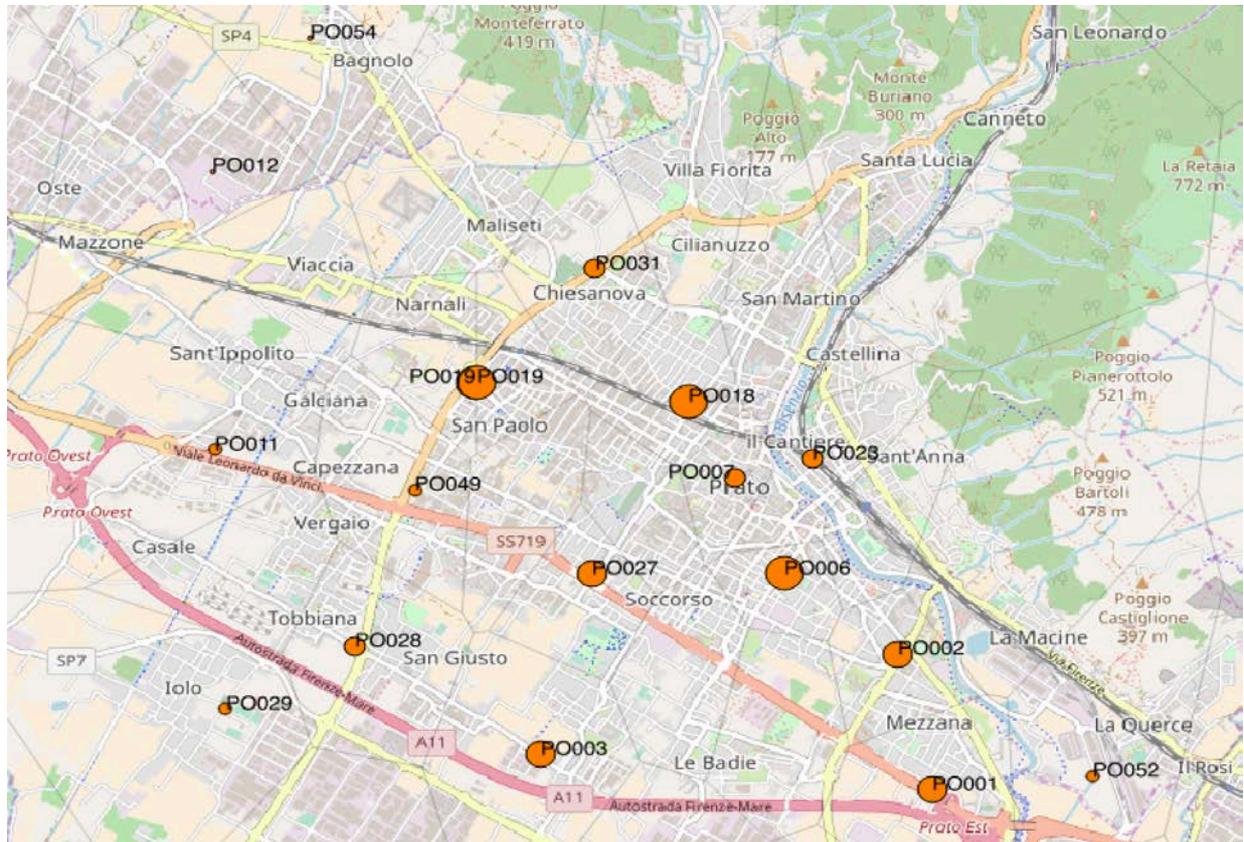


Figura 3 Top antenne di Prato

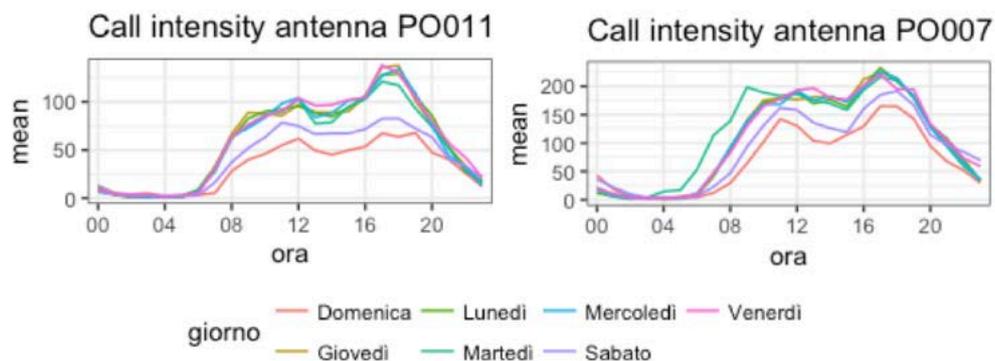


Figura 4 Call Intensity – Focus antenne Prato

La zona del centro storico di Prato (PO007) è anch'essa stata interessata dalla visita Pastorale del Santo Padre, nella primissima mattinata di martedì 10 novembre 2015. Dai dati riportati dal comune di Prato si stima fossero presenti 30 mila persone, 5 mila solo in Piazza Duomo.

Dall'area di grande comunicazione (PO011) si può osservare nei giorni lavorativi il picco di presenze dalle 16 alle 19 circa, presumibilmente l'orario di maggior congestione del traffico, specie per immettersi sull'autostrada A11.

Pistoia

Per l'area di Pistoia abbiamo selezionato le antenne:

- PT005 centro storico della città di Pistoia
- PT015 centro storico Montecatini Terme

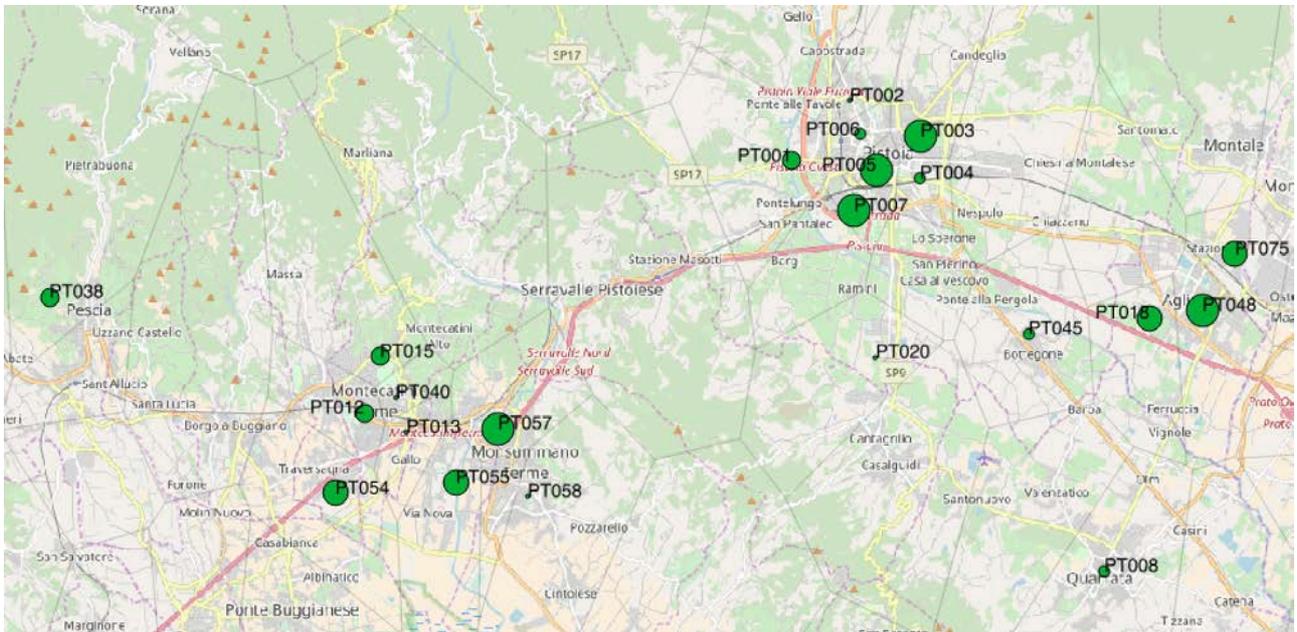


Figura 5 Top antenne Pistoia

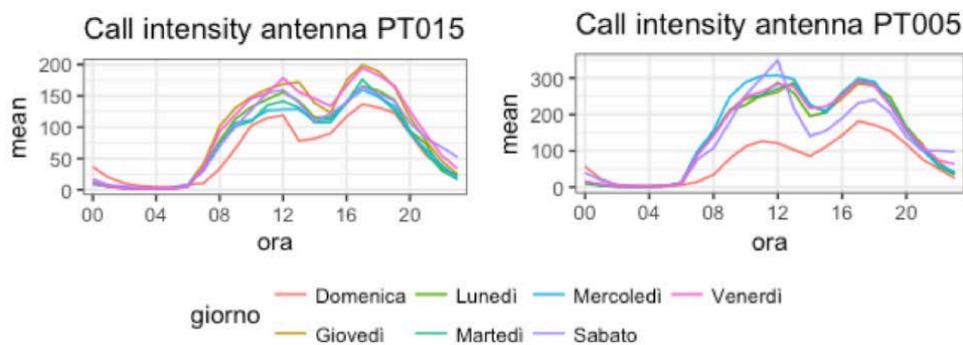


Figura 6 Call Intensity - Focus antenne Pistoia

Il centro storico di Pistoia (PT005) mostra un picco di presenze il sabato, specie nella mattina, in coincidenza del mercato settimanale.

Di particolare interesse, l'area del centro di Montecatini Terme (PT015), località a forte vocazione turistica, in cui contrariamente alle altre aree non si osservano comportamenti diversi fra i giorni lavorativi e il fine settimana, possibile evidenza che i visitatori della città si identificano con la categoria dei turisti che fanno base a Montecatini Terme per visitare la Toscana.

## Analisi antenne aggregate

In considerazione del gran numero di antenne analizzate, si è scelto di aggregare le antenne sulla base di caratteristiche qualitative, quali la vicinanza geografica e l'appartenenza ad aree in cui si collocano specifiche attività socio-economiche (i dettagli dell'aggregazione sono specificati in appendice).

Abbiamo poi rappresentato tramite *heatmap* la 'Call Intensity' media oraria per giorno della settimana.

### Firenze

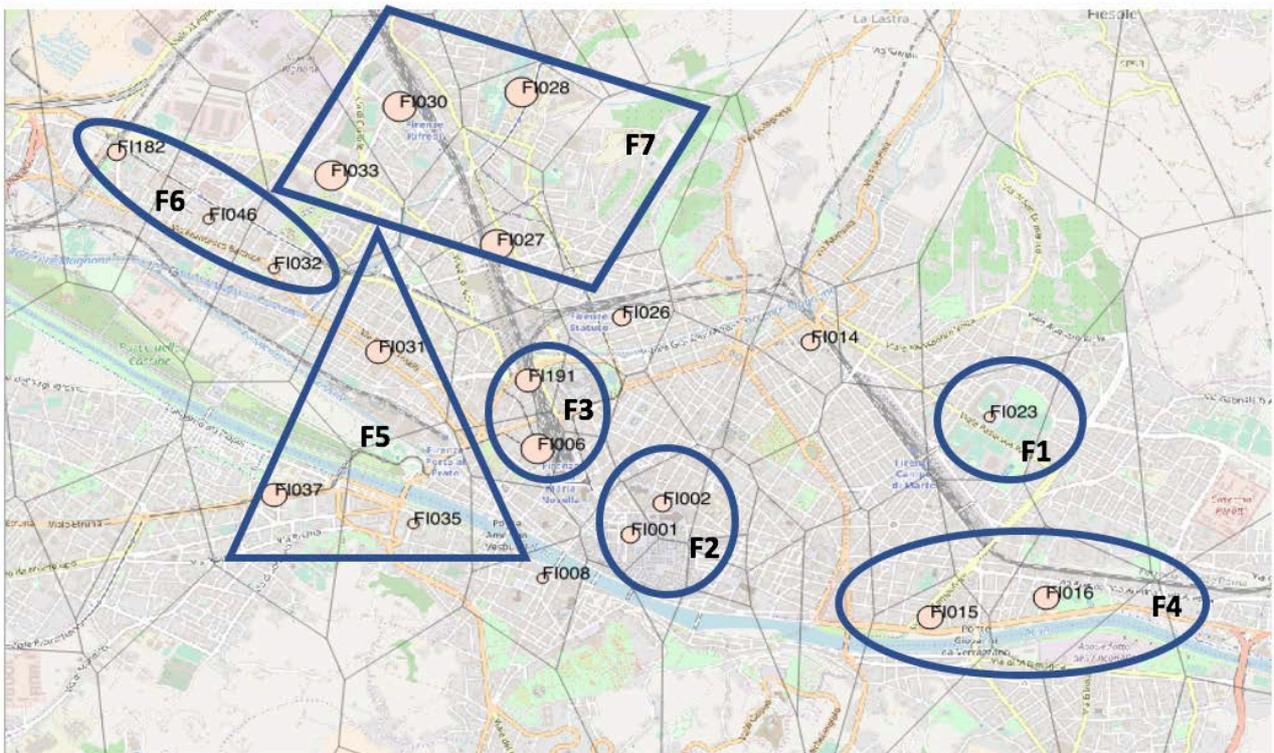


Figura 7 Antenne aggregate a Firenze

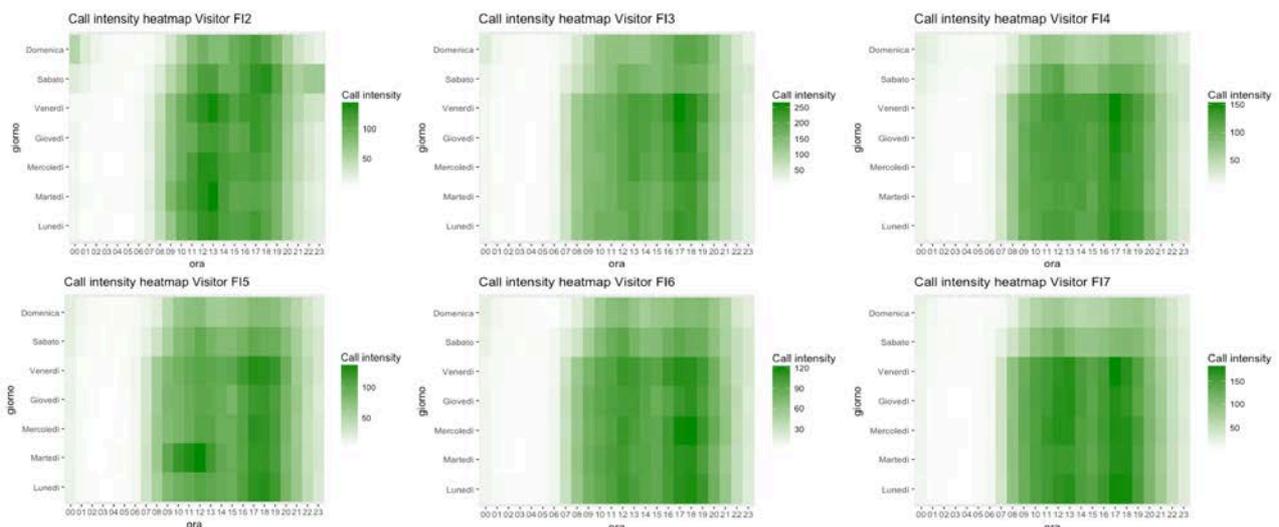


Figura 8 Heatmap Visitor Firenze

Prato

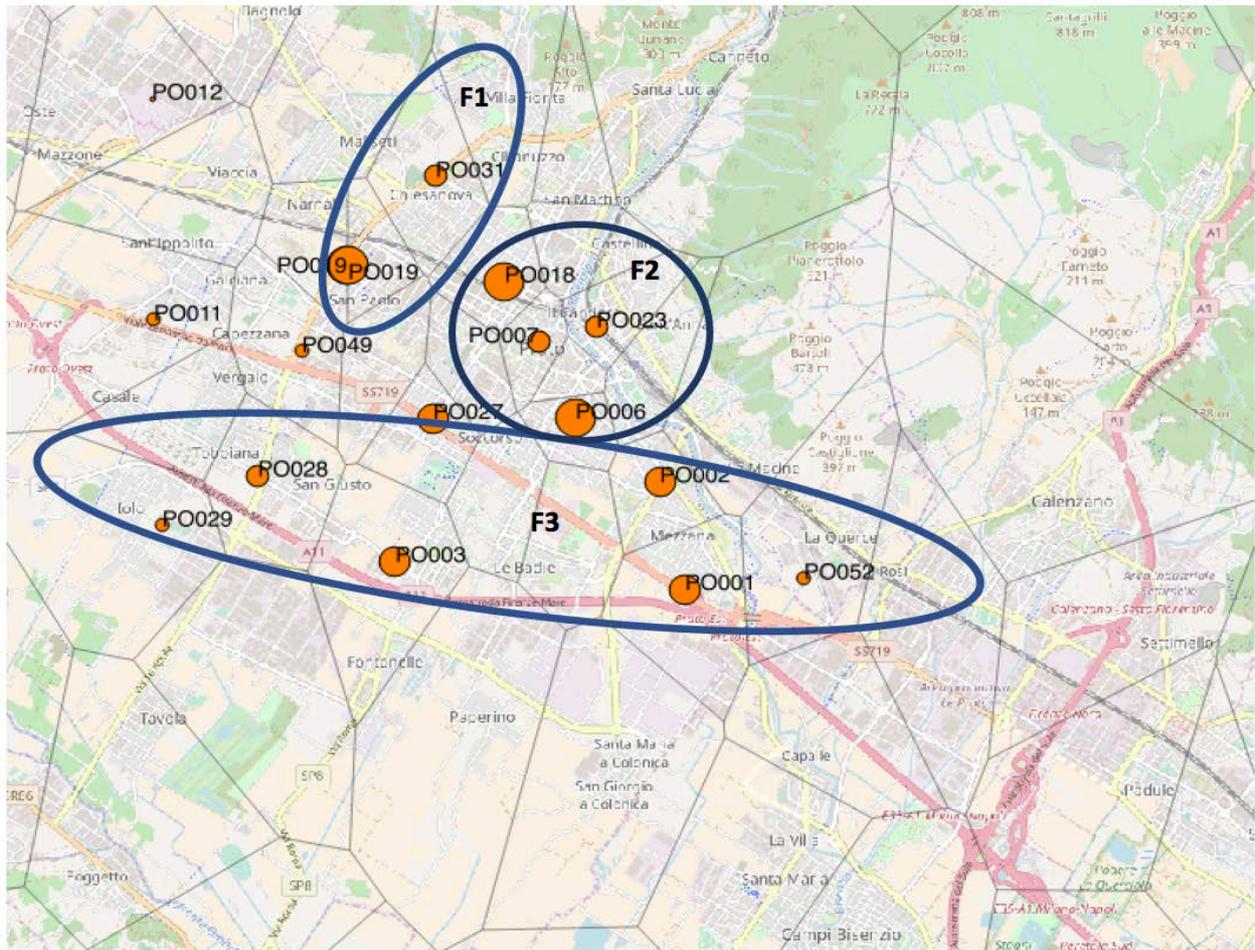


Figura 9 Antenne aggregate Prato

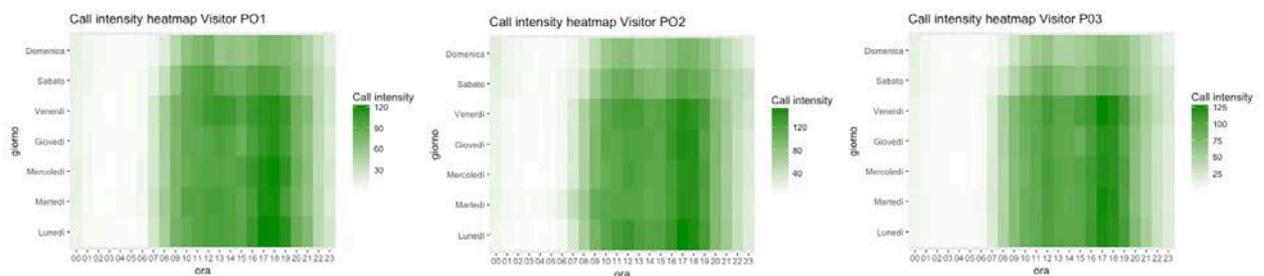


Figura 10 Heatmap Visitor Prato

Pistoia

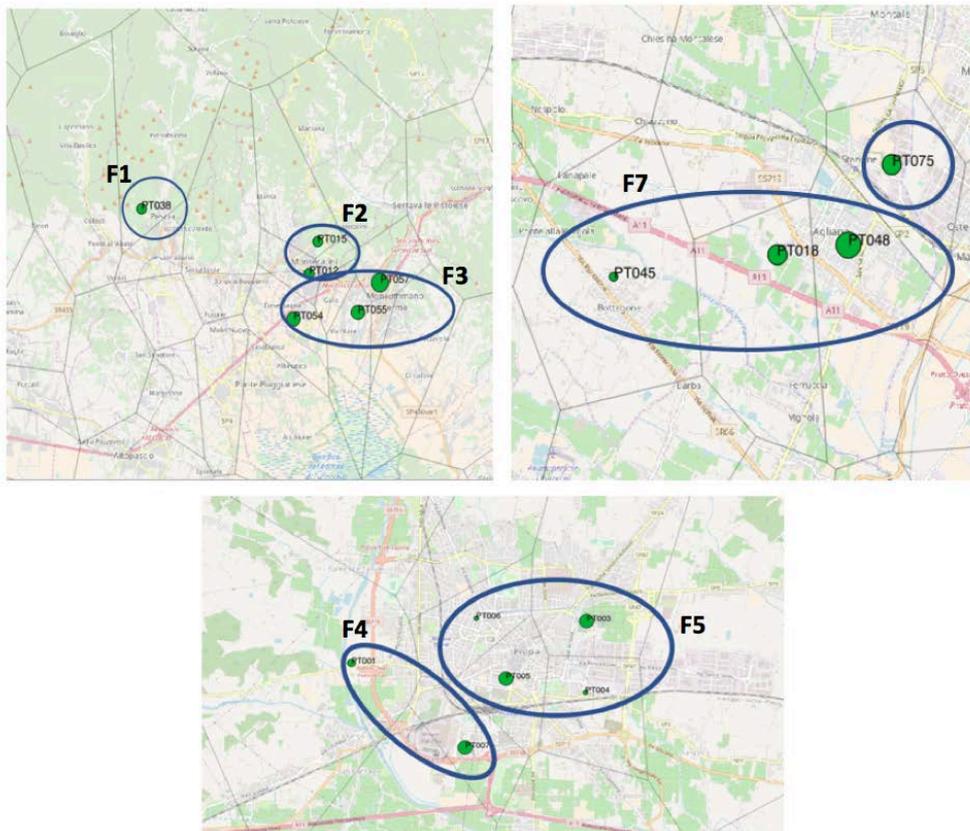


Figura 11 Antenne aggregate Pistoia

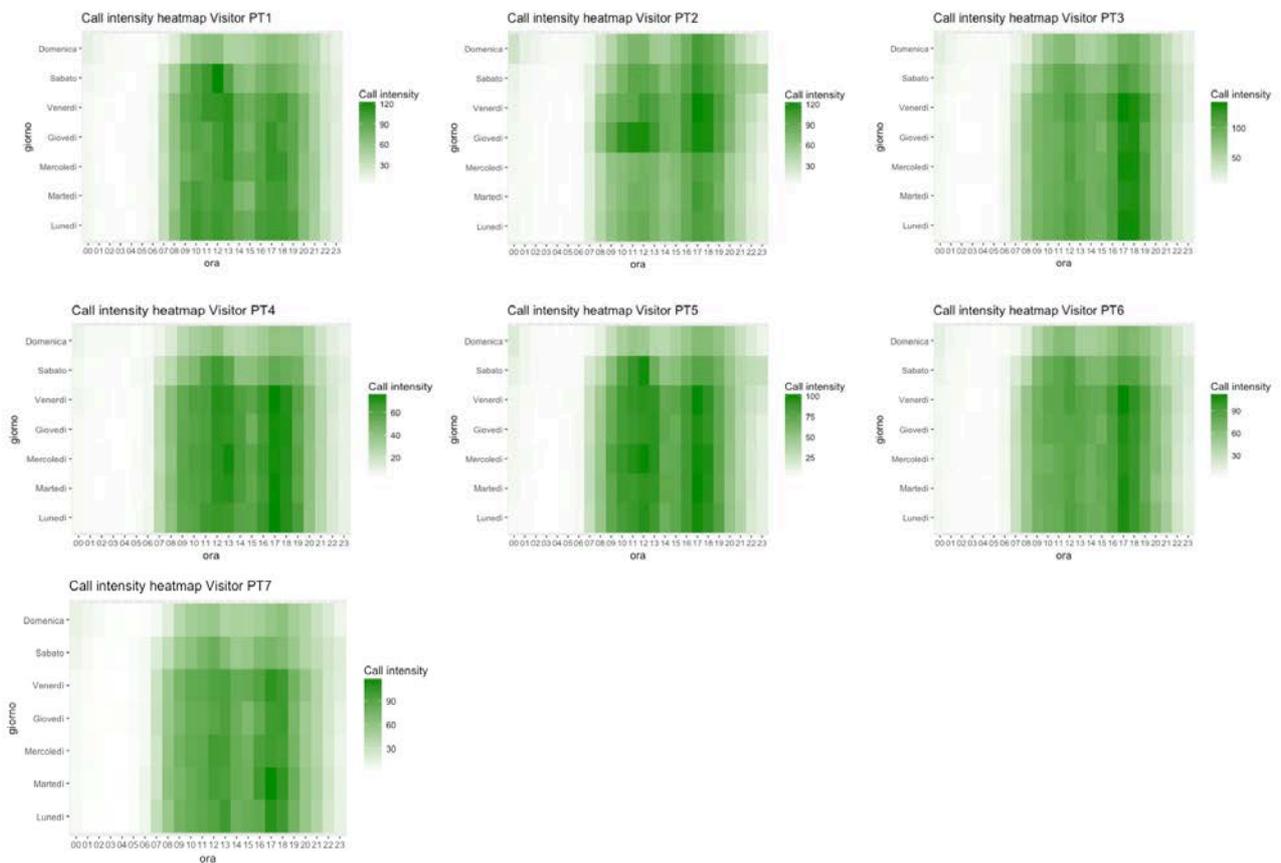


Figura 12 Heatmap visitor Prato

## Co-presenza dei turisti nell'area di Firenze

Per comprendere il comportamento degli utenti classificati come *visitatori*, nell'area di Firenze, è stata compiuta un'analisi per individuare le aree della città 'toccate' dai visitatori durante la loro permanenza.

Sono stati utilizzati i dati relativi al mese di Ottobre 2015 e per ciascun utente sono state individuate le antenne a cui si sono collegati durante il loro soggiorno.

Le osservazioni sono state rappresentate tramite un grafo di co-occorrenza, i cui nodi sono le antenne unite fra di loro, sulla base del fatto che un determinato utente, nel proprio periodo di permanenza, si sia collegato ad esse. Il peso degli archi del grafo è rappresentato dal numero di utenti che si sono agganciati ad entrambe le antenne durante il proprio soggiorno a Firenze.

È stato deciso di verificare se il comportamento dei visitatori e l'utilizzo dello spazio urbano di questi, cambi all'aumentare del periodo di permanenza e se all'interno della città si possono individuare aree all'interno delle quali il comportamento del visitatore risulti omogeneo. Per indagare tali aspetti è stata effettuata una partizione del grafo massimizzando la *modularity (Louvain Method)*, che ci ha permesso di misurare come la rete possa essere scomposta in comunità, che consentono di raggruppare le antenne nella città Firenze.

Ogni community è stata rappresentata con un colore diverso, i colori attribuiti su ciascun grafo rappresentano la numerosità della comunità stessa (ad esempio il colore blu rappresenta sempre la comunità con la dimensione maggiore).

Di seguito rappresentiamo i grafi ottenuti, considerando il periodo di permanenza di almeno 1 giorno e almeno 5 giorni.

---

<sup>1</sup> Vincent D Blondel, Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, Etienne Lefebvre, Fast unfolding of communities in large networks, in *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2008 (10), P1000.

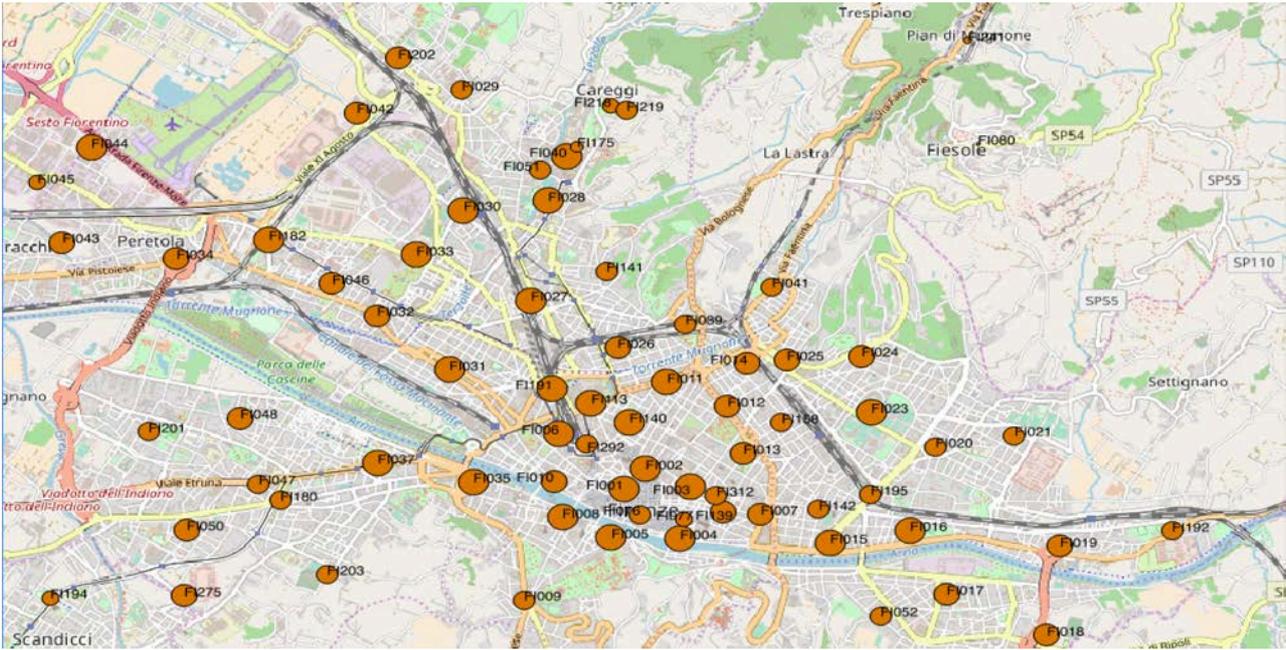


Figura 13 Count presenza antenne 1 giorni

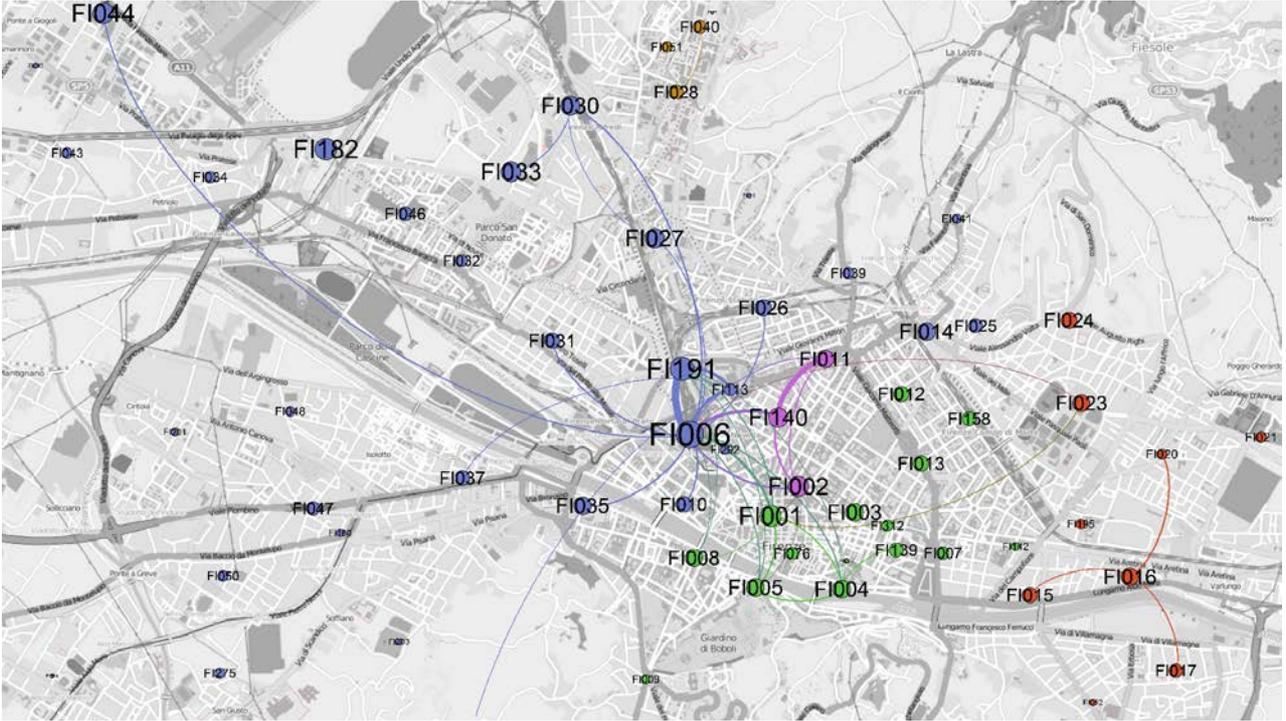


Figura 14 Grafo visitor 1 giorno

Nodes: 139  
 Edges: 1712  
 Undirected graph  
 Modularity: 0,253  
 Modularity with resolution: 0,253  
 Number of Communities: 15

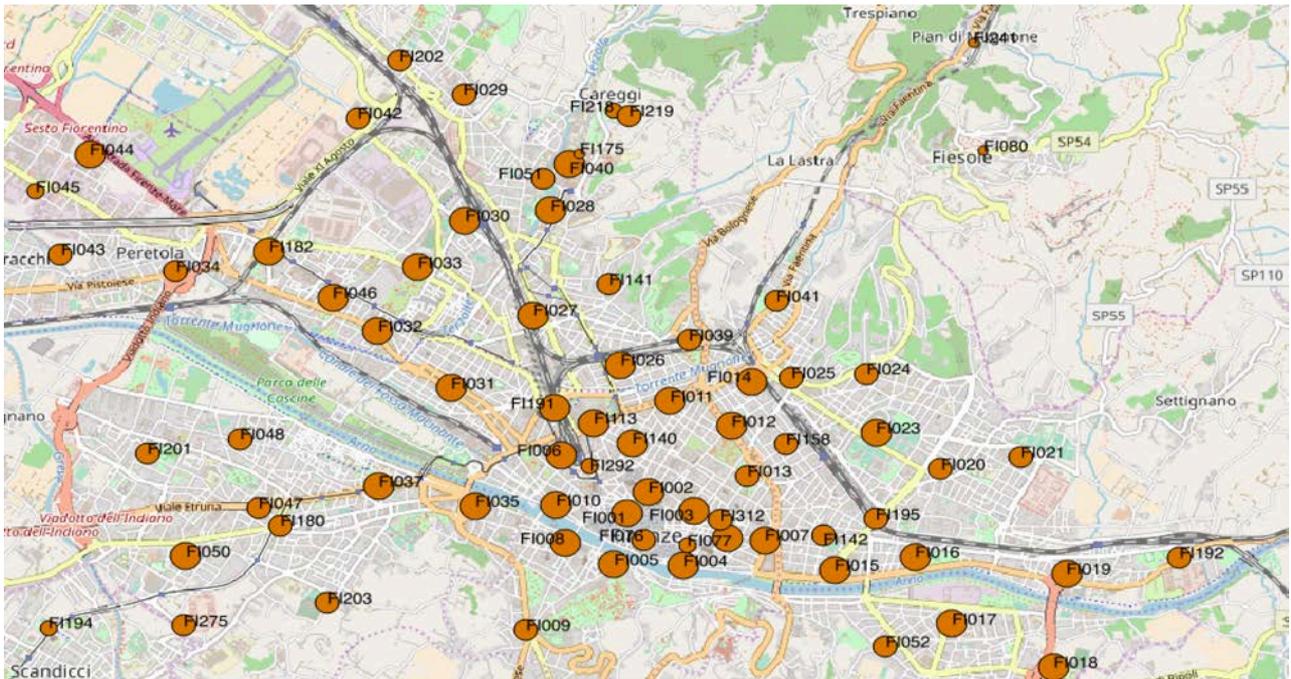


Figura 15 Count presenza antenna 5 giorni

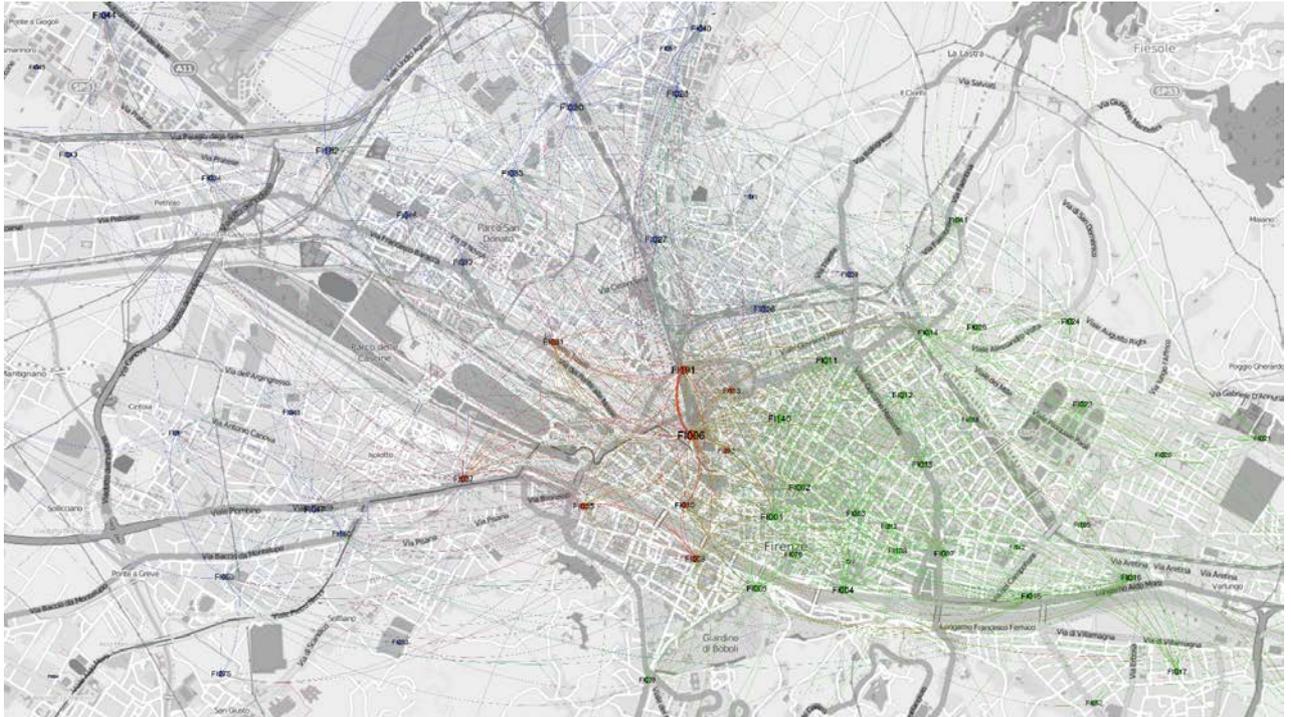


Figura 16 Grafo visitor 5 giorni

Nodes: 155  
 Edges: 3814  
 Undirected graph  
 Modularity: 0,232  
 Modularity with resolution: 0,232  
 Number of Communities: 6

La scelta di ripetere l'osservazione su periodi di permanenza incrementali (da 1 a 5 giorni) è funzionale a verificare se al prolungarsi della permanenza in città, il comportamento dei visitatori cambi e vengano coinvolte aree urbane diverse.

I grafi ottenuti sembrano confermare l'ipotesi per cui, al crescere della durata del soggiorno, cresca di conseguenza l'estensione urbana coinvolta dal flusso dei visitatori.

Pare che i visitatori che soggiornano per un periodo più breve, concentrino i propri spostamenti nel centro storico, nei dintorni della stazione e delle principali attrazioni turistiche. Al crescere della permanenza aumentano gli spostamenti che coinvolgono zone più periferiche di Firenze.

Come si può osservare dai grafi, un punto nevralgico della città è la stazione di Santa Maria Novella (antenna FI006) a testimonianza del fatto che questa ricopre un ruolo di porta di accesso per molti visitatori. La stazione risulta il nodo con il grado maggiore, ma allo stesso tempo si può notare che, al crescere della durata della permanenza, l'antenna della stazione non risulta più appartenente alla community di dimensioni maggiori.

Questo a parziale conferma, che al crescere della durata di permanenza, vengono coinvolte dal flusso dei visitatori aree diverse.

L'analisi di *community detection* pare individuare aree della città in cui i visitatori potrebbero appartenere a categorie diverse. L'area del centro storico, fortemente collegata alla stazione centrale, per la quale i principali fruitori sono visitatori che si soffermano e risultano interessanti alle principali attrazioni turistiche della città.

L'area di Firenze sud/Campo di Marte in cui si collocano i principali luoghi destinati ad eventi, come ad esempio lo stadio Artemio Franchi, l'OBI Hall e il Mandela Forum, in cui i visitatori probabilmente appartengono alla categoria di coloro che si recano a Firenze in occasione di specifici eventi.

L'area di Firenze Nord in cui si collocano sia la principale struttura ospedaliera di Careggi, che i poli Universitari, il Nuovo Palazzo di Giustizia e il principale accesso autostradale – A11, che porta a ipotizzare che i visitatori appartengono a categorie che si recano a Firenze principalmente per motivi di lavoro/studio o motivi connessi alla presenza del polo ospedaliero.

## Conclusioni

Il lavoro svolto si propone di dimostrare come i dati generati attraverso l'utilizzo dei dispositivi mobili, possa rappresentare un valido strumento per la comprensione del comportamento dei visitatori, come essi si spostino sul territorio nei diversi giorni della settimana e in fasce orarie diverse, come il comportamento possa variare in funzione delle aree coinvolte e delle caratteristiche socio-economiche di queste.

I dati GSM rappresentano solo un esempio, essi potrebbero essere integrati, con quelli provenienti da dispositivi dotati di GPS, che possono fornire un livello di granularità molto fine (ad esempio a livello di singola attrazione turistica). Dobbiamo comunque considerare che i dati GSM raccolgono una popolazione diversa rispetto ai GPS, permettendo di vedere l'uso della città a prescindere dai vincoli della rete stradale.

Anche i dati pubblici provenienti dall'utilizzo dei Social Network possono rappresentare sia una valida alternativa, in quanto meno costosi da reperire, sia un'integrazione in grado di fornire informazioni aggiuntive, ad esempio relative alle caratteristiche del visitatore (paese di provenienza, genere).

In aree urbane, che sempre più rappresentano poli di attrazione interessati da flussi di persone che si spostano per motivi di piacere, lavoro o necessità, diventa indispensabile approfondire la conoscenza e le dinamiche di tali fenomeni per poter elaborare le corrette policy di gestione, monitoraggio e governo del territorio.