

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

Il road pricing urbano: ipotesi di implementazione nell'attuale ZTL di Torino.



Relatore
Prof. Luigi Buzzacchi

firma del relatore

.....
Co-relatore
Giacomo Rosso
firma del co-relatore

.....

Candidato
Daniele Riggi

firma del candidato

.....

A.A. 2017/2018

INDICE

Introduzione.....	III
Parte 1-Road pricing: principi economici, meccanismi di applicazione ed esperienze internazionali.	1
1 Il <i>road pricing</i> : uno strumento di internalizzazione dei costi esterni della mobilità urbana.....	1
1.1 Esternalità.....	1
1.1.1 Costi esterni della mobilità	2
1.1.1.1 Costi sociali della congestione.....	6
1.1.1.2 Costi sociali dell'inquinamento atmosferico.....	13
1.2 Road pricing	17
1.2.1 Tariffa ottima	18
1.2.2 Modalità di applicazione.....	23
1.2.3 Altri effetti.....	25
1.3 Stima dell'elasticità della domanda di mobilità.....	28
2 Esperienze internazionali	33
2.1 Londra	33
2.2 Stoccolma.....	36
2.3 Milano.....	37
2.4 Analogie e differenze	38
Parte 2: Ipotesi di applicazione di una policy di <i>road pricing</i> al caso studio di Torino.	46
3 Stato attuale della mobilità.....	46
3.1 Caratteristiche dell'area.....	46
3.2 Permessi ed esenzioni.....	48
3.3 Ingressi in ZTL.....	51
3.3.1 Ingressi ripetuti	57
3.4 Sosta in ZTL	61
3.4.1 Parcheggi a raso	61
3.4.1.1 Parcometri Parkit.....	63
3.4.1.2 Parcometri Strada.....	64
3.4.1.3 SostApp.....	64
3.4.1.4 Titoli cartacei	65

3.4.1.5	Risultati.....	66
3.4.2	Parcheeggi in struttura	69
3.4.3	Riepilogo Parcheeggi.....	75
3.5	Uscite dalla ZTL	77
4	Possibili impatti del Road Pricing.....	81
4.1	Differenziazione della domanda di mobilità.....	81
4.1.1	Ingressi in ZTL.....	83
4.1.2	Soste a pagamento in ZTL	84
4.1.3	Traffico di attraversamento	86
4.1.4	Sosta gratuita in ZTL.....	87
4.1.5	Riepilogo Risultati	88
4.2	Scenari futuri.....	89
5	Stima dei costi di congestione e inquinamento	94
5.1	Congestione	94
5.2	Inquinamento	96
	Conclusioni.....	100
	Ringraziamenti	102
	Appendice.....	104
	Bibliografia e sitografia.....	112

Introduzione

La progressiva crescita della propensione al movimento ha fatto sì che la mobilità sia diventata una delle questioni più complesse che la società moderna si trova ad affrontare. La dipendenza dall' utilizzo dell'auto privata, soprattutto nella mobilità urbana, ha contribuito all'intensificarsi di problemi ambientali legati a consumi energetici ed emissioni, oltre a originare fenomeni di congestione contribuendo a peggiorare la qualità della vita in città.

Nonostante la mobilità costituisca un fattore significativo della crescita economica e permetta lo sviluppo di un mercato globale, il trasporto stradale soprattutto quello urbano è causa di diverse esternalità negative ovvero costi sostenuti da tutta la collettività e non solo da chi usufruisce del servizio. Sono quindi costi che non vengono presi in considerazione dal singolo utente nel processo di decisione e sono quindi detti costi esterni. Fenomeni di esternalità negative sono peraltro amplificati in aree densamente popolate e attraenti, come i centri storici.

Spesso, in passato, problemi come quello della congestione del traffico è stato affrontato costruendo nuove strade, migliorando il controllo del traffico e adottando avanzati sistemi informativi sui viaggiatori. Tuttavia questi provvedimenti hanno reso la guida più economica e piacevole, incoraggiando guide aggiuntive e non eliminando il problema. Si pone quindi la questione di analizzare soluzioni alternative, tecnologicamente innovative ed economicamente sostenibili.

Nel progetto di ricerca PROSPECTS (*Procedures for Recommending Optimal Sustainable Planning of European City Transport Systems*), finanziato dalla Commissione Europea, si legge (Minken et al, 2003, p.13):

"Un sistema di trasporto urbano e di uso del suolo *sostenibile*:

- fornisce accesso a beni e servizi in modo efficiente per gli abitanti dell'area urbana,
- protegge l'ambiente, il patrimonio culturale e gli ecosistemi per la presente generazione, e

- non mette in pericolo le opportunità delle generazioni future di raggiungere almeno lo stesso livello di benessere di coloro che vivono ora, incluso il benessere, l'ambiente naturale e il patrimonio culturale."

Secondo l'*Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2012, p.42), la mobilità di tipo *sostenibile* è quella "che non mette in pericolo la salute della popolazione o degli ecosistemi e concilia la soddisfazione del bisogno di accessibilità con:

- l'uso di risorse rinnovabili in un tempo uguale o inferiore a quello che esse impiegano per rigenerarsi;
- l'uso di risorse non rinnovabili in misura uguale o inferiore al tasso di sviluppo di risorse alternative che siano rinnovabili."

In quest'ottica negli ultimi anni sono state introdotte, in tutto il mondo, strategie dette *Travel Demand Management* (TDM) con l'obiettivo ultimo di modificare il comportamento dei cittadini nei confronti della mobilità. Tra i tratti comuni delle strategie TDM vi è l'ampliamento e l'efficientamento dell'offerta di trasporto pubblico e limitazioni all'accesso e all'uso di mezzi privati.

L'enciclopedia online del TDM (Victoria Transport Policy Institute, 2011) individua quattro macrocategorie, tra le quali "Incentivi all'uso di alternative modali e riduzione della guida" comprende le policy di *road pricing*.

Con il termine *road pricing* si intende quell'insieme di strumenti di tariffazione dell'uso di una infrastruttura stradale che consente di internalizzare i costi esterni della mobilità, ovvero far sì che entrino nel processo di *decision making* dell'utente per modificarne i profili d'uso e promuoverne l'efficienza.

Il *road pricing* è tema specifico di questo elaborato, che si pone l'obiettivo di spiegarne i principi economici, i meccanismi di applicazione, presentando delle esperienze pratiche e ipotizzando un'applicazione nel contesto torinese.

In particolare il documento si compone di due parti principali.

Nella prima sono descritte le esternalità legate alla mobilità urbana, i costi relativi e i principi di funzionamento delle policy di *road pricing*. Si analizzano inoltre tre

applicazioni di *road pricing* urbano, ovvero i casi di Londra, Stoccolma e Milano. Nella seconda parte si sviluppa l'analisi del caso studio di Torino, dapprima presentando i dati a disposizione per la descrizione dello stato attuale e le lavorazioni effettuate sui dati stessi poi una previsione circa l'impatto di una policy di *road pricing* applicata alla ZTL di Torino. Segue, infine, una stima dei costi di congestione e inquinamento generato dal traffico veicolare all'interno dell'area considerata.

Parte 1-Road pricing: principi economici, meccanismi di applicazione ed esperienze internazionali.

1 Il *road pricing*: uno strumento di internalizzazione dei costi esterni della mobilità urbana

Questo capitolo è una rassegna della letteratura circa le esternalità della mobilità e del *road pricing* come strumento per internalizzarle. In particolare si definisce il concetto di esternalità e i costi che da esse si originano, focalizzando l'attenzione su congestione e inquinamento atmosferico derivante dal traffico veicolare. Viene poi introdotto il *road pricing* spiegandone i principi economici sottostanti, i meccanismi di applicazione e i suoi impatti.

1.1 Esternalità

La microeconomia neoclassica afferma che l'uguaglianza tra i costi ed i benefici marginali rappresenta una condizione di efficienza di un sistema economico, in quanto garantisce la massimizzazione del benessere totale. La presenza di un'esternalità altera questo equilibrio e porta ad una sovra- o sottoproduzione del bene, a seconda che l'esternalità sia positiva o negativa. Secondo la definizione di Baumol et al. (1988, p.17-18): “un effetto esterno esiste ogniqualvolta le funzioni di utilità o di produzione di un individuo (A) includono una o più variabili reali i cui valori sono determinati dal comportamento di altri soggetti (B). Questi ultimi nel loro processo decisionale non considerano gli effetti del loro comportamento sul benessere di A. Il soggetto B non riceve (o non paga) come compensazione per il suo operato una somma pari in valore ai benefici (costi) apportati ad A”. Ovvero, un'esternalità si verifica quando il comportamento di qualcuno influisce direttamente sul benessere degli altri e non attraverso le variazioni dei prezzi di

mercato. In particolare, le esternalità negative consistono in costi, anche non monetari, che ricadono su soggetti al di fuori della relazione produzione-consumo. Ciò determina una distorsione del mercato dovuta alla produzione di costi non pagati né dal produttore né dal consumatore e che ostacola il processo di raggiungimento dell'ottimo sociale.

Le esternalità sono quindi "fallimenti di mercato" (Bator, 1958), nel senso che in presenza di esternalità l'allocazione delle risorse, anche se in un mercato perfettamente competitivo, risulta inefficiente e, dal punto di vista del benessere collettivo, sarebbe desiderabile un intervento pianificato, così da moderare gli effetti delle decisioni individuali.

Ribaltando tali definizioni nel mondo dei trasporti, le scelte individuali di mobilità accrescono l'utilità di chi le effettua, ma generano esternalità, ovvero modificano il benessere degli altri individui della collettività all'interno della quale viene utilizzato il mezzo di trasporto, senza che questi ultimi possano governare tale effetto né ricevano compensi (positivi o negativi).

1.1.1 Costi esterni della mobilità

La mobilità, sia urbana che extraurbana, genera differenti categorie di costi che gravano su diversi attori coinvolti. Si distinguono tre tipologie principali di costi:

- costi di produzione del servizio,
- costi di uso del servizio e
- costi esterni.

I *costi di produzione* sono legati alla realizzazione, manutenzione e gestione delle infrastrutture di trasporto (ferrovie, aeroporti, strade, ecc.), all'acquisto e alla manutenzione dei veicoli di trasporto collettivo (treni, autobus, aerei, ecc.) e alla gestione dei sistemi di trasporto collettivo (carburanti, lubrificanti, costo del personale, spese generali, ecc.). Essi possono essere sostenuti da Enti Pubblici, da aziende pubbliche o private o da amministrazioni locali. I *costi di uso* del servizio gravano sugli utenti del sistema di trasporto e sono quelli relativi all'acquisto, alla manutenzione e alla gestione dei veicoli privati, o le tariffe per l'utilizzo di infrastrutture pubbliche come il trasporto pubblico. I *costi esterni*, invece, pur

essendo generati dall'uso dei sistemi di trasporto, ricadono sulla collettività nel suo complesso, cioè anche su chi non ne usufruisce.

Si noti che una parte dei costi di produzione del servizio, come i costi di costruzione e manutenzione delle strade pubbliche, ricadono sulla collettività. Tali costi però sono già, totalmente o in parte, internalizzati nel sistema dei trasporti poiché coperti da altre forme di tassazione che gravano sugli utenti come le accise sui carburanti e le tasse sui veicoli.

Le principali categorie di *costi esterni* sono relativi a:

- emissione di gas serra,
- altri inquinanti dell'aria,
- inquinamento acustico,
- congestione,
- incidenti,
- danni alle infrastrutture,
- inquinamento dell'acqua,
- vibrazioni,
- intrusione visiva,
- barriere per ciclisti e pedoni,
- eccessivo uso di spazio per parcheggi,
- effetti isola di calore,
- problemi di drenaggio.

Adottando un approccio *Willingness To Accept* (WTA) per tradurre questi costi in unità monetarie è come se ci si chiedesse quale importo possa "compensare" tutti gli individui della collettività da tali costi al punto da renderli indifferenti tra i due scenari nei quali a) tali costi sono eliminati, e b) tali costi sono mantenuti, ma gli individui, che subiscono gli effetti delle decisioni, ricevono il compenso.

La stima dei costi esterni è un processo molto complesso e costellato da molte incertezze. Le difficoltà che si incontrano hanno a che fare con la caratteristica dei costi e benefici esterni di coinvolgere *beni pubblici* (ambiente e capitale umano), privi, per definizione, di diritti di proprietà e quindi non scambiati e valutati sul

mercato, con caratteristiche di rivalità e di non escludibilità e con l'esistenza di fenomeni di *free riding*.

Tuttavia, c'è consenso a livello scientifico riguardo approcci di best practice per valutare i costi esterni del trasporto. La Tabella 1 fornisce una panoramica per componente di costo dei principali problemi legati alla valutazione e i driver di costo.

Tabella 1 Costi esterni della mobilità (fonte: Ricardo, (2014))

Componente di costo	Elementi del costo	Problemi di valutazione critici	Funzione di costo	Dati necessari	Principali driver di costo
Costi di congestione	Costi del tempo e operativi. Costi ambientali e di sicurezza aggiuntivi.	Relazioni con la velocità del flusso. Valutazione del valore del tempo economicamente rilevante.	Costi marginali crescenti con la quantità di traffico, a seconda del tempo del giorno/settimana /anno e luogo.	Velocità del flusso. Livello del traffico e capacità della strada.	Tipo di infrastruttura. Livelli di traffico e capacità dipendono principalmente da ora del giorno, location, incidenti e costruzioni.
Costi di scarsità (trasporto schedulato)	Costi per ritardi. Costi opportunità. Perdite di tempo per altri utenti del traffico.	Approccio di valutazione dei costi.	Costi marginali crescenti con la quantità di traffico, a seconda del tempo del giorno/settimana /anno e luogo.	Livello di traffico. Capacità dell'infrastruttura di trasporto.	Tipo di infrastruttura. Livelli di traffico e capacità dipendono principalmente da ora del giorno, location, incidenti e costruzioni.
Costi per incidenti	Costi medici. Perdite di produzione. Perdita di vite umane.	Valutazione della vita umana. Eternalità degli incidenti individuali nel trasporto individuale. Allocazione degli incidenti (colpevole/vitt	Correlazione limitata tra quantità di traffico e incidenti. Altri fattori (es. fattori di rischio individuale, tipo di infrastruttura, ecc.).	Database degli incidenti. Definizione di incidenti mortali e infortuni lievi/pesanti.	Tipo di infrastruttura. Volume di traffico. Velocità dei veicoli. Caratteristiche e dei guidatori (es. età, condizioni mediche,

		ima).			ecc.). Altri.
Inquinamento dell'aria	Costi per la salute. Anni di vita persi. Perdite nei raccolti. Danni agli edifici. Costi per natura e biosfera.	Valutazione degli anni di vita persi. Prezzi di mercato per i raccolti. Valutazione dei danni agli edifici. Valutazione dei rischi di lungo termine per la biosfera.	Correlazione con quantità di traffico, livello delle emissioni e location.	Dati di emissioni e esposizione (es PM, NO _x , SO ₂ , VOC).	Popolazione e densità di insediamento. Sensibilità dell'area. Livello di emissioni in base a tipo e condizioni del veicolo, lunghezza del viaggio, tipo di infrastruttura, location, caratteristiche di velocità.
Costi del rumore	Perdite di affitti. Costi di noia. Costi per la salute.	Valutazione della noia.	Curva dei costi marginali decrescente in relazione alla quantità di traffico.	Dati sull'esposizione al rumore.	Popolazione e densità di insediamento. Livello delle emissioni al rumore in base al tipo di infrastruttura, al tipo e alle condizioni del veicolo.
Cambiamento climatico	Costi di prevenzione per ridurre il rischio di cambiamenti climatici. Costi dei danni dovuti all'innalzamento delle temperature.	Rischi di lungo termine dei cambiamenti climatici.	Proporzionale alla quantità di traffico e di carburante utilizzato (costo marginale simile al costo medio).	Livelli delle emissioni.	Livello di emissioni in base a tipo di veicolo ed equipaggiamento aggiuntivo (es. aria condizionata), caratteristiche di velocità, stile di guida, utilizzo e tipologia di carburante.
Costi per natura e ambiente	Costi per ridurre effetti di separazione. Costi di compensazione per assicurare la biodiversità.	Approccio di valutazione.	Molti dei costi sono relativi all'infrastruttura e non variano molto con i volumi di traffico.	Informazioni GIS sull'infrastruttura.	Tipo di infrastruttura. Sensibilità dell'area.

Costi ambientali aggiuntivi (acqua, suolo)	Costi per assicurare la qualità dell'acqua e del suolo.	Approccio di valutazione	Complessa: curva di costo marginale crescente con i volumi di traffico	Informazioni GIS sull'infrastruttura, livelli di emissione.	Livello delle emissioni. Tipo di infrastruttura.
Costi aggiuntivi per le aree urbane	Costi di separazione per i pedoni. Costi di scarsità per il traffico non motorizzato	Approccio di valutazione.	Curva dei costi marginali crescente in relazione alla densità di traffico.	Dati delle infrastrutture e urbane (dati sul network, dati sul traffico lento)	Tipo di infrastruttura. Livello del traffico.

In questa sezione si fa riferimento particolare alla congestione e all'inquinamento atmosferico, le quali risultano essere le due principali classi di costi esterni evidenziate dalla letteratura che ne modella le determinanti, ne descrive la natura specifica e li traduce in costi monetari.

1.1.1.1 Costi sociali della congestione

Goodwin (2004, p.7) definisce la *congestione* come "l'impedenza che i veicoli si impongono l'uno con l'altro a causa del rapporto flusso-velocità, in condizioni in cui l'utilizzo di un sistema di trasporto si avvicina alla sua capacità".

La congestione può essere considerata come un bene *club*, ovvero una classe intermedia tra beni pubblici e beni privati in quanto, come i beni pubblici sono elementi di consumo congiunto, ma sono caratterizzati, come i beni privati, da costi di esclusione.

I costi della congestione si compongono quindi di una componente interna e una esterna. I costi *interni* (o *privati*) sono quelli sostenuti dal singolo utente in termini di tempo perso in strada quando si avvicina o si supera la capacità del sistema. La componente *esterna* è quella a carico della collettività ovvero il tempo perso dal resto degli utenti, dovuta all'ingresso nel sistema del singolo. Quest'ultima componente non viene considerata dal singolo utente ed è quindi la causa della distorsione del processo decisionale individuale che porta al non raggiungimento dell'ottimo sociale.

Esistono due tipologie di congestione (Milne et al., 2000):

- Congestione "*collo di bottiglia*": rilevante negli incroci stradali, i costi generati dall'utente marginale dipendono dalla capacità e dal tempo di smaltimento della struttura e dagli effetti di accodamento;
- Congestione "*di flusso*": denota il superamento della domanda di trasporto sulla capacità dell'infrastruttura.

Nei network urbani spesso le due tipologie di congestione coesistono.

1.1.1.1 Effetti della congestione

La congestione è connessa al disturbo che gli utenti si causano reciprocamente "competendo" per la capacità limitata del sistema di trasporto. L'eccesso di domanda può produrre diversi effetti in base alle modalità di trasporto, tipo di utenti, caratteristiche dell'infrastruttura, tempo di viaggio ed attività alternative (Maibach et al., 2008):

- aumento del tempo di viaggio: costituisce la componente più significativa della congestione e, oltre a essere un danno effettivo sia per il singolo utente che per la collettività, la variazione di tempo di viaggio incide profondamente sulle decisioni dei singoli individui e quindi sulla domanda;
- riduzione di affidabilità: derivante dall'inaffidabilità della previsione dei tempi di viaggio provoca un'importante riduzione dell'utilità dell'utente;
- aumento dei costi operativi per l'utilizzo di veicoli: nei viaggi congestionati si assiste all'aumento dell'usura dei mezzi e maggiori costi legati al consumo di carburante dei veicoli in condizioni di *stop-and-go*, superiore al consumo di carburante in condizioni di traffico a flusso libero;
- aumento dello stress degli utenti, aumento degli incidenti, inquinamento acustico, ecc.

1.1.1.2 Il valore economico della congestione

La congestione è, secondo i maggiori studi condotti, l'esternalità più costosa nel trasporto stradale urbano. In letteratura sono presenti molte metodologie per convertire tale fenomeno in termini economici. Esse si basano sul principio che il

costo legato alla congestione deriva dal prodotto del *valore del tempo* (Value Of Time, VOT) per il tempo aggiuntivo necessario per effettuare il viaggio, calcolato sulla base del *flusso di traffico* osservato e dalle *curve flusso-velocità*. Dato che l'effetto di aumento del tempo di viaggio incide per il 90% del totale dei costi di congestione, la maggior parte delle stime sono state effettuate trascurando gli altri effetti. Analizzando ciascuna delle tre componenti:

- il *flusso di traffico* è definito da quantità di veicoli su strada, distanze percorse e tempi di viaggio. La letteratura in questo ambito si suddivide in due filoni: gli studi che modellizzano il flusso in modo che possa poi essere trattato analiticamente e quelli che realizzano modelli di previsione. Per quanto riguarda i primi, Hoogendoorn (2001) distingue tra modelli *microscopici*, che considerano il comportamento spazio-temporale dei singoli conducenti sotto l'influenza di veicoli nelle loro vicinanze (ad esempio i modelli *particle pedestrian psycho-spacing* e *safe-distance*), modelli *mesoscopici*, che analizzano il comportamento dei conducenti senza distinguere esplicitamente le loro tempistiche e il loro comportamento nello spazio (come i modelli *cluster*, *reduced gas-kinetic* e *multiclass multilane*) e infine modelli *macroscopici*, che si pongono dal punto di vista del flusso veicolare collettivo (ad esempio i modelli *cell-transmission*, *LWR* e *semi-discrete*). Inoltre, in area urbane, è utile sintetizzare le informazioni riguardo i flussi veicolari in una matrice *origine-destinazione*. Il modello di domanda di trasporto più utilizzato è il *modello a quattro stadi*, che oltre a generare una matrice origine-destinazione e in grado di fornire informazioni aggiuntive circa scelte modali e rotte percorse. Gli step da seguire sono:
 1. *Trip generation*: identificare quanti viaggi sono originati (*trip production*) o terminano (*trip attraction*) in ogni nodo del network;
 2. *Trip distribution*: trovare per ogni coppia O-D il numero di viaggi;
 3. *Modal split*: assegnare a ciascun viaggio la scelta del mezzo di trasporto;

4. *Route assignment*: identificare per ciascun viaggio la rotta percorsa.

Per quanto riguarda i modelli di previsione dei flussi di traffico, Smith (1997) distingue tra modelli *parametrici* e *non parametrici* e presenta una rassegna delle metodologie per analisi di serie storiche. Anche i modelli a quattro stadi possono essere utilizzati per predire i volumi di traffico con il vantaggio di includere nelle previsioni fattori come demografia o condizioni del sistema di trasporto.

- La *curva flusso-velocità* (o *flusso-tempo di percorrenza*) descrive l'effetto marginale dell'introduzione nel traffico di un veicolo. Le relazioni flusso-velocità sono determinate dalle caratteristiche dell'infrastruttura, dalla topografia, dalle condizioni meteorologiche, dalla disposizione della rete, dalle alternative di viaggio disponibili, dalle normative (controllo della velocità, ecc.) e dalle abitudini di guida. Le curve di flusso-velocità su tutta la rete possono essere ricavate dalle osservazioni sui volumi di traffico e sulle velocità di spostamento in varie ore del giorno, giorni della settimana, mese o anno. Modelli convenzionali, come quello *Pigouviano*, si basano su un approccio deterministico alla relazione tra velocità e flusso. Un modello convenzionale, anche se molto semplificato, è la *funzione BPR* (Bureau of Public Roads) che tenendo conto della *capacità della strada* (Cap) e delle altre *caratteristiche* (α , β) lega il *flusso di traffico* (Q) al *tempo di viaggio* (t).

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{Cap} \right)^\beta \right]$$

dove t_0 è il tempo di percorrenza a flusso nullo.

Queste curve comunque mostrano come si raggiunga un punto critico quando il flusso del traffico raggiunge i limiti di capacità della strada, tuttavia in caso di forte congestione il modello non riesce a stimare in maniera soddisfacente i tempi di percorrenza. Studi recenti, inoltre, adottano un approccio *stocastico* (Treiber e Helbing 1999, Treiber,

Kesting e Helbing 2010; Kerner 2009) che enfatizza le transizioni di fase tra condizione di flusso libero, in cui le auto si muovono lungo la strada quasi alla massima velocità, e le code che emergono stocasticamente. Mentre per l'approccio *deterministico* vi è una vasta letteratura sulle relazioni di flusso di velocità, non esiste letteratura utile che permetta di calibrare la funzione di costo nell'approccio *stocastico*.

- Il *valore economico del tempo*. In letteratura vi sono molti studi che si propongono di assegnare un valore del tempo degli individui (VOT) o valore del tempo di viaggio (VTTS), attribuendo un costo-opportunità a tale variabile. Il costo-opportunità può essere inteso come il mancato guadagno che si sarebbe potuto ottenere svolgendo un'attività produttiva nel corso del tempo che invece viene trascorso sul veicolo. Diversi autori hanno proposto metodologie per la valorizzazione del VOT. La rassegna di Cherlow (1981) riporta come le prime ricerche esprimessero il VOT come percentuale del salario (Beesley, 1965); poi gli studi hanno cominciato ad indagare come il VOT vari a seconda dello scopo del viaggio (maggiore per viaggi lavorativi), delle caratteristiche dell'utente e della scelta del mezzo utilizzato (Quarmby, 1967; Dalvi e Lee, 1971; Evans, 1972). In particolare la letteratura evidenzia la relazione tra VOT e reddito, generalmente intesa come disponibilità dell'utente a pagare per ridurre il tempo di viaggio, per cui a redditi maggiori corrisponde una maggiore disponibilità a pagare per ridurre gli sprechi di tempo. Naturalmente il VOT è legato fortemente alla percezione del singolo utente, da qui lo sviluppo di un approccio comportamentale alla stima del VOT. Negli ultimi anni sono stati prodotti diversi report e articoli che, tramite l'utilizzo di questionari che utilizzano metodologie di *contingent valuation*, riportano stime fatte in diverse realtà europee. Tra questi si richiamano quelli realizzati da Fiorello e Pasti (2003), i cui principali riscontri sono riportati in Tabella 2 (Stime del valore dei risparmi di tempo per viaggi in Italia (€/ ora)), e da Wardman et al (2012). In questi

contributi viene distinto il VOT in base agli obiettivi, al mezzo di trasporto, alla lunghezza del viaggio e al reddito degli individui.

Tabella 2 Valore del tempo (fonte: Fiorello e Pasti (2003))

Tutti i motivi di spostamento				
<i>Fase dello spostamento</i>	<i>Gruppo di popolazione</i>	<i>Modo utilizzato</i>	<i>VOT</i>	
Tempo a bordo	Totale popolazione	Auto	1.65	
		Bus/metro	2.01	
Tempo di accesso	Totale popolazione	Bus/metro	3.93	
Tempo di parcheggio	Totale popolazione	Auto	6.2	
Spostamenti per lavoro				
<i>Fase dello spostamento</i>	<i>Gruppo di popolazione</i>	<i>Modo utilizzato</i>	<i>VOT</i>	
Tempo complessivo	Totale popolazione	Non specificato	3.1	
		Auto	5.63	
		Treno	3.41	
		Alto reddito	Auto	4.13
		Basso reddito	Auto	3.1
		Tempo a bordo	Alto reddito	Non specificato
Tempo di accesso	Totale popolazione	Basso reddito	Non specificato	
		Auto	4.47	
		Bus/treno	4.33	
		Alto reddito	Bus/metro	4.65
		Basso reddito	Bus/metro	1.55
		Totale popolazione	Auto	8.34
Tempo di attesa	Totale popolazione	Bus/treno	10.38	
		Auto	4.55	
	Totale popolazione	Bus/treno	4.5	
Spostamenti per studio				
<i>Fase dello spostamento</i>	<i>Gruppo di popolazione</i>	<i>Modo utilizzato</i>	<i>VOT</i>	
Tempo a bordo	Totale popolazione	Non specificato	0.93	
Tempo di accesso	Totale popolazione	Bus/metro	1.14	
Spostamenti per turismo				
<i>Fase dello spostamento</i>	<i>Gruppo di popolazione</i>	<i>Modo utilizzato</i>	<i>VOT</i>	
Tempo a bordo	Totale popolazione	Auto	2.22	
		Bus/metro	2.53	
Tempo di accesso	Totale popolazione	Bus/metro	1.19	
Spostamenti per altro motivo				
<i>Fase dello spostamento</i>	<i>Gruppo di popolazione</i>	<i>Modo utilizzato</i>	<i>VOT</i>	
Tempo complessivo	Totale popolazione	Non specificato	1.7	
Tempo a bordo	Totale popolazione	Non specificato	2.32	
		Auto	5.11	

Tempo di accesso	Totale popolazione	Bus/treno	4.54
	Totale popolazione	Bus/metro	3.56
Tempo di attesa	Totale popolazione	Auto	8.31
	Totale popolazione	Auto	4.21
	Totale popolazione	Bus/treno	4.78

Per dare un ordine di grandezza circa il valore economico della congestione si riporta la Tabella 3 che mostra le stime dei costi per la congestione presente nell'"Update of the handbook on external costs of transport". I calcoli si basano sul *modello FORGE* (DfT, 2005, 2009) applicato per uno studio analogo nel Regno Unito. Le stime si riferiscono all'area geografica dell'Unione Europea e i costi sono espressi in centesimo di euro (2010), per veicolo, per kilometro. Le bande di congestione sono divise in:

- *free flow*: flusso/capacità < 0.25;
- *near capacity*: 0.75 < flusso/capacità < 1;
- *over capacity*: flusso/capacità > 1.

Le aree *Metropolitan* hanno una popolazione maggiore ai 250 000, le aree *Urban* sono quelle con popolazione compresa tra i 10 000 e i 250 000 abitanti, mentre tutte le altre aree sono *Rural*.

Tabella 3 Costo marginale esterno della congestione (fonte: Ricardo, (2014))

Vehicle	Region	Road Type	Free Flow	Near Capacity	Over Capacity
Car	Metropolitan	Motorway	0	26.8	61.5
		Main Roads	0.9	141.3	181.3
		Other Roads	2.5	159.5	242.6
	Urban	Main Roads	0.6	48.7	75.8
		Other Roads	2.5	139.4	230.5
	Rural	Motorway	0	13.4	30.8
		Main Roads	0.4	18.3	60.7
		Other Roads	0.2	42	139.2
	Rigid Truck	Metropolitan	Motorway	0	50.9
Main Roads			1.8	268.5	344.4
Other Roads			4.7	303	460.9
Urban		Main Roads	1.2	92.5	144.1
		Other Roads	4.7	264.9	438

	Rural	Motorway	0	25.4	58.4
		Main Roads	0.8	34.8	115.3
		Other Roads	0.4	79.8	264.5
Articulated Truck	Metropolitan	Motorway	0	77.6	178.4
		Main Roads	2.7	409.8	525.6
		Other Roads	7.2	462.5	703.5
	Urban	Main Roads	1.8	141.1	219.9
		Other Roads	7.2	404.4	668.6
	Rural	Motorway	0	38.8	89.2
Bus	Metropolitan	Main Roads	1.2	53.1	176
		Other Roads	0.6	121.9	403.8
		Motorway	0	66.9	153.8
	Urban	Main Roads	2.3	353.3	453.1
		Other Roads	6.2	398.7	606.4
	Urban	Main Roads	1.6	121.7	189.6
		Other Roads	6.2	348.6	576.3
	Rural	Motorway	0	33.5	76.9
		Main Roads	1	45.8	151.7
		Other Roads	0.5	105	348.1

1.1.1.2 Costi sociali dell'inquinamento atmosferico

Gli impatti ambientali della mobilità veicolare urbana sono da addebitarsi al degrado della qualità dell'aria dovuto alle emissioni del traffico. I diversi modelli di calcolo delle emissioni si distinguono a seconda del grado di specificità con cui analizzano il problema (*microscopico*, *mesoscopico* o *macroscopico*). I tre modelli principali, proposti da Yu (2009), sono:

- il *travel-based emission model*, un modello applicato a livello macroscopico che combina i fattori di emissione, calcolati in alcune aree, con i dati di viaggio di una regione, per generare inventari delle emissioni;
- il *fuel-based model*, un modello macroscopico che, basandosi le misurazioni tradizionali delle emissioni, calcola le emissioni per unità di combustibile utilizzato. Si genera dunque un inventario delle emissioni basato sul carburante combinando i tassi di emissione e i dati sul consumo di carburante;

- il *modal and instantaneous emission models*, un modello microscopico o mesoscopico, che permette di effettuare previsioni sui gas di scarico del tubo di scappamento del veicolo secondo per secondo, in funzione della modalità di funzionamento del veicolo.

1.1.1.2.1 Effetti dell'inquinamento atmosferico

Gli studi sui costi dell'inquinamento atmosferico distinguono in generale tra le seguenti categorie di impatto:

- *costi sanitari*: l'aspirazione di particelle fini (PM_{2.5}, PM₁₀ e altri inquinanti atmosferici), presenti nei gas di scarico dei veicoli, mette in pericolo la salute umana. Il cosiddetto particolato è causa di danni dai più lievi, come l'irritazione di occhi e gola, ai più gravi come disturbi cardiovascolari e respiratori. Inoltre nel 2013 l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) ha classificato il particolato come sostanza cancerogena certa. La ricerca sui costi sanitari è molto più avanzata rispetto a quella relativa ad altre componenti di costo e diversi progetti di ricerca hanno fornito valide stime, soprattutto a livello UE;
- *danni materiali*: l'inquinamento atmosferico ha effetti deterioranti su edifici e materiali. Tra questi, i più importanti sono lo sporco di superfici (determinata da particelle e polvere) e la degradazione dovuta a processi corrosivi, azionata da inquinanti acidi, come NO_x e SO₂;
- *perdite in agricoltura e impatti su biodiversità ed ecosistemi*: gli impatti sul suolo e sulle acque sono principalmente causati dall'eutrofizzazione e dall'acidificazione, conseguenze della deposizione di ossidi di azoto e dalla contaminazione con metalli pesanti, presenti nei gas di scarico.

1.1.1.2.2 Il valore economico dell'inquinamento atmosferico

Per la stima dei costi economici dell'inquinamento si procede considerando il *flusso di traffico*, tenendo presente le *caratteristiche emissive* dei veicoli e la quantificazione del *costo per unità di emissione* di ogni specifico inquinante. Analizzando più nello specifico le singole componenti che intervengono nella stima dei costi:

- *Gli inquinanti e le caratteristiche dei veicoli*: Maibach et al. (2008) presentano nella loro rassegna i principali inquinanti, spiegando come essi si originano. I più significativi sono: anidride carbonica (CO₂), monossido di carbonio (CO), ossido di azoto (NO), biossido di azoto (NO₂), ossido nitroso (N₂O) e materiale particolato (PM). La quantità delle emissioni è ovviamente dipendente dalle caratteristiche del veicolo, come dimensioni, peso, tipologia di motore, di carburante, di trasmissione, presenza di materiale ausiliario e caratteristiche aerodinamiche (Smit et al., 2009). La relazione tra quantità di emissione e le caratteristiche delle vetture è presentata in una serie di direttive europee sugli standard di emissione imposte a livello comunitario (dal 1970 a oggi).
- Il *flusso di traffico*: la letteratura in tema di flusso di traffico è la medesima presentata nel paragrafo 1.1.1.1.2.
- Il *costo per unità di emissione*: ovvero il costo stimato per chilogrammo o tonnellata di inquinante emesso con i gas di scarico. Litman (2009) presenta due metodologie per la quantificazione dei costi: i *damage cost*, che intendono i costi delle emissioni come i costi dei danni e dei rischi connessi, e i *control cost*, che riflettono i costi da sostenere per ridurre le emissioni. Gli studi stimano i costi unitari dei diversi inquinanti mettendo in risalto come essi dipendano da:
 - mortalità e malattie causate dall'esposizione a sostanze inquinanti;
 - numero di persone esposte;
 - valore attribuito alla vita e alla salute;
 - gamma di costi aggiuntivi e danni.

La letteratura esamina le diverse criticità ed assunzioni che devono essere introdotte per ottenere stime puntuali. Gli studi sui danni ambientali sulla salute, dimostrano l'assoluta necessità di politiche differenziate a livello territoriale. Il costo sociale stimato della combustione di un litro di carburante all'interno di aeree urbane e urbane metropolitane è di gran lunga superiore rispetto alle aeree

non costruite: ciò dipende dal ristagno degli inquinanti nelle aree urbane e dalla densità della popolazione-bersaglio. In altri termini, i danni alla salute a parità di emissioni in un contesto inquinato urbano sono sensibilmente superiori, rispetto a quelli generati in zone a più bassa densità di popolazione e di traffico.

Pertanto una tassa uniforme tra le diverse zone, come le tasse sui carburanti è utile a fronteggiare altri problemi ambientali, come quelli globali o continentali, ma non a riflettere il diverso costo sociale dell'inquinamento.

Al fine di fornire dei valori che possano permettere una stima dei costi esterni dell'inquinamento atmosferico dovuto alle emissioni veicolari viene riportata la Tabella 4. In particolare sono evidenziati i dati di emissione dei principali inquinanti per tipologia di veicolo e il costo per tonnellata degli stessi.

Tabella 4 Emissioni e costi per tipologia di inquinante (fonti:Inventario Inemar; Delft, November(2011))

Inquinante		SO2	NOx	COV	CO2	PM2.5	PM10
Costo (€/tonn)		8 700	9 500	1 100	122	426 700	170 700
Combustibile	Classe EURO	mg/km	mg/km	mg/km	g/km	mg/km	mg/km
benzina verde	0	1	2 084	1 621	190	16	27
	1	1	712	588	183	16	27
	2	1	359	157	174	16	27
	3	1	80	15	177	14	26
	4	1	50	10	183	14	26
	5	1	26	3	178	15	26
	6	1	30	4	180	15	26
diesel	0	1	688	159	185	226	238
	1	1	680	62	185	84	96
	2	1	723	58	182	65	76
	3	1	782	25	171	49	61
	4	1	578	8	155	49	60
	5	1	619	11	158	16	28
	6	1	215	11	192	15	27
metano/GPL	0	0	2 344	1 234	170	16	27
	1	0	442	679	168	16	27
	2	0	169	167	168	16	27
	3	0	97	32	170	14	26

	4	0	66	32	168	14	26
	5	0	35	21	168	15	26
	6	0	40	22	168	15	26

1.2 Road pricing

L'esternalità è un esempio di interazione tra agenti che avviene al di fuori mondo economico ovvero fuori mercato e senza il meccanismo dei prezzi. Le alternative per eliminare le esternalità sono:

- (a) far rientrare l'interazione nel mondo economico ridefinendo i diritti di proprietà,rendendo possibile la negoziazione (il suggerimento di Coase, 1960);
- (b) intervenire con istituzioni che regolano il funzionamento del mercato (lo Stato, nella soluzione prospettata da Pigou) oppure
- (c) intervenire con istituzioni extra-economiche (per esempio legali) che hanno effetto sul comportamento degli agenti economici.

La prima soluzione è praticabile quando il numero di utenti è limitato, i costi di transazione sono bassi ed il bene non riveste caratteristiche tali da renderne inaccettabile la compravendita (es. rischi gravi alla salute). La terza via ha invece natura extra-economica.

La seconda soluzione racchiude due differenti tipologie di strumenti:

- i) *misure di comando e controllo*, cioè un intervento diretto attraverso una regolamentazione;
- ii) *strumenti di mercato* (ad esempio tasse, tariffe, ecc.), ovvero un intervento indiretto attraverso *incentivi*.

Ribaltando tali concetti al mondo della mobilità urbana, esempi di provvedimenti del primo tipo sono il metodo delle targhe alterne o i blocchi indiscriminati del traffico. Tali interventi presentano, in base ad alcune stime, un costo in termini di benessere sociale, tra sei e quindici volte maggiore dei benefici intesi come minori danni alla salute. Anche prendendo in considerazione i costi esterni della mobilità diversi dalla catena aria-salute (incidenti, rumore, congestione), i benefici non

arrivano alla metà dei costi. La scelta di rinunciare ai blocchi o limitarli a giornate festive (in cui i costi della rinuncia al traffico privato sono molto minori), come le "domeniche ecologiche", risulta giustificata dall'analisi costi-benefici.

Le policy di *road pricing* fanno invece riferimento alla seconda tipologia di strumenti. La teoria economica alla base del *road pricing* risale a Pigou (1920) e Knight (1924), che scrissero circa la cattiva allocazione delle risorse risultante dall'accesso gratuito nelle strade pubbliche. Sotto l'aspetto economico si tratta di un'inefficienza poiché genera un eccesso di domanda nei confronti di una risorsa scarsa e un bene prezioso come lo spazio stradale. La non ottimalità deriva dal gap tra costo percepito dal singolo utente e costo per la collettività; una circostanza che si verifica spesso nei servizi gratuiti in quanto, senza un prezzo che regoli la domanda, ne apre l'utilizzo anche a utenti che hanno scarsa utilità nell'impiego. L'idea di base quindi si fonda sui classici principi economici, ovvero aumentando il prezzo di un bene si ha una diminuzione della domanda ad esso connessa, in quest'ottica il pagamento di un pedaggio agevola l'allineamento tra domanda ed offerta di mobilità. Sempre dal punto di vista economico, il pagamento di una tariffa rappresenta un prelievo diretto in capo a chi produce le esternalità negative.

1.2.1 Tariffa ottima

Molti studi sul *road pricing* si occupano della progettazione della tariffa da esigere per internalizzare le esternalità ovvero trovare un modo per includere i costi esterni all'interno del processo decisionale individuale, in modo che gli esiti decisionali individuali siano compatibili con le istanze sociali.

La microeconomia classica afferma che una tassa efficiente, cosiddetta di *first best*, è pari ai costi marginali esterni (Rouwendal e Verhoef, 2006), in quanto assicura il raggiungimento del benessere sociale massimo. Molti progetti di ricerca a livello UE, si basano sul concetto economico del pricing effettuato considerando il *costo sociale marginale*. Tali contributi hanno dimostrato che l'internalizzazione di tali costi portano a:

- migliorare l'efficienza del trasporto;

- garantire equità tra le modalità di trasporto;
- migliorare la sicurezza e ridurre i rischi ambientali.

Si consideri un network composto soltanto da un'origine O e una destinazione D, si indichi con x il *flusso* di veicoli per unità di tempo che percorrono il collegamento O-D, con $B(x)$ i *benefici totali* di tutti i driver presi insieme e con $C(x)$ i *costi sociali totali*.

L'*eccedenza totale* (o *surplus totale*) sul mercato dei viaggi in auto tra O e D è uguale alla differenza tra *benefici totali* e *costi sociali totali*:

$$S_T = B(x) - C(x)$$

che è massimizzato quando:

$$\frac{dB(x)}{dx} = \frac{dC(x)}{dx}$$

Il lato sinistro dell'equazione è la funzione del *beneficio marginale*, che equivale alla *funzione di domanda*; il lato destro rappresenta invece la funzione di *costo marginale* o *funzione di offerta*. In circostanze ordinarie, il *flusso di traffico* x , non è quello che massimizza il *surplus totale*, ma a causa della sovrapproduzione di traffico, i *costi marginali sociali* (MSC) eccedono i *benefici marginali*. Ciò porta alla c.d. *dead-weight welfare loss*, ovvero una perdita netta di benessere.

Esprimendo i *costi sociali totali* come:

$$C(x) = a x + x c(x) + m x$$

dove:

- a = *costo marginale della risorsa*, per la proprietà e uso del veicolo per unità di tempo;
- $c(x)$ = *costo marginale del tempo di viaggio*, per veicolo per un flusso di veicoli pari a x per unità di tempo;
- m = *costi marginali ambientali e altri costi sociali*, per veicolo per unità di tempo.

I *costi marginali sociali* saranno:

$$MSC(x) = \frac{dC(x)}{dx} = a + \frac{dc(x)}{dx} + m$$

La Figura 1 mostra come l'*equilibrio socialmente ottimo* si trovi nel punto H, a cui equivale il flusso di traffico x_1 . Tuttavia ciascun viaggiatore, nel processo decisionale, non prende in considerazione il *costo marginale sociale (MSC)*, ma il *costo privato marginale (MPC)*.

$$MPC(x) = a + c(x) + b$$

dove:

- a = costo marginale delle risorse;
- $c(x)$ = costo marginale privato del tempo;
- b = costo marginale della tassazione.

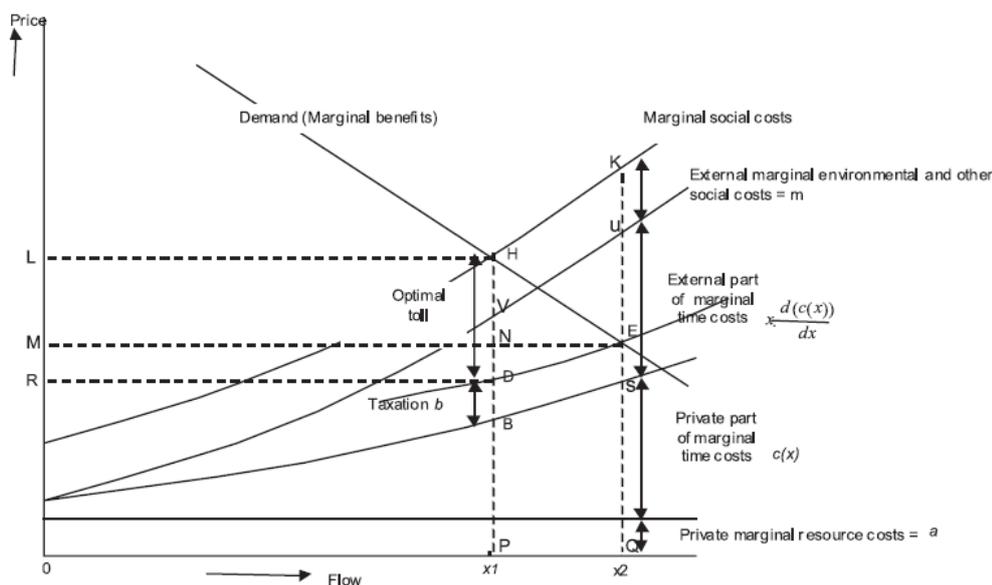


Figura 1 Punto di equilibrio ottimo per una coppia O-D (fonte: Tampère et al. (2009))

Il punto di equilibrio si troverà quindi nel punto E, a cui corrisponde un flusso di traffico x_2 maggiore di quello socialmente auspicabile. L'imposizione di un pedaggio pari ai *costi marginali esterni* (ovvero alla differenza tra *MSC* e *MPC*) riporterebbe il punto di equilibrio di mercato nel punto *socialmente ottimo*, con un guadagno di benessere sociale (area del triangolo HEK). I benefici/perdite derivanti dall'introduzione del pedaggio sono così distribuiti:

- i viaggiatori x_1 che decidono di intraprendere il viaggio, hanno un beneficio dal tempo risparmiato (ND), e pagano il pedaggio HD, con una perdita pari all'area MNHL;
- i viaggiatori x_2-x_1 , che decidono di non intraprendere il viaggio, perdono il beneficio pari all'area PQEH ma risparmiano spese pari all'area PQEN, con una perdita pari all'area NEH;
- i gruppi sociali che sopportano i danni ambientali hanno un beneficio pari all'area HKUV;
- la Pubblica Amministrazione, ha un beneficio dal pedaggio pagato dai viaggiatori x_1 pari all'area RDHL, e perdono i ricavi dalla tassazione dai viaggiatori x_2-x_1 pari all'area BSED.

Il modello esposto è semplificato per una coppia OD, ma le reti urbane hanno un numero elevato di coppie OD. Ciascuna di esse può essere vista come un mercato separato con una *funzione di domanda* correlata. Inoltre, poiché i percorsi tra le diverse coppie OD si sovrappongono in parte, esiste una forte interazione tra questi mercati. Lindsey e Verhoef (2000) dimostrano che analogamente ad una rete con una sola coppia origine-destinazione, la massima efficienza si ottiene imponendo una tassa (pedaggio più eventuale tassazione esistente) su ogni rotta utilizzata tra tutte le coppie OD. Il prelievo totale dovrebbe essere uguale alla somma dei *costi esterni marginali* su tutti i collegamenti utilizzati in quella rotta. Questo, a sua volta, può sempre essere realizzato imponendo un prelievo su ciascun collegamento pari ai *costi esterni marginali* su quel collegamento. Tuttavia i costi della congestione e degli incidenti variano ampiamente a seconda del tempo del giorno, tipo di strada e volume del traffico. Inoltre in molti paesi in via di sviluppo o già sviluppati, con redditi crescenti, il valore del tempo sta aumentando e i costi della congestione stanno aumentando più velocemente degli altri costi.

A complicare tale approccio di calcolo della *tariffa ottima* c'è il fatto che gli utenti sono molto differenziati al proprio interno ciò significa che per stabilire il pedaggio, il regolatore dovrebbe conoscere sia la *curva dei costi* sia la *curva di domanda* di ciascun utente. Purtroppo in un mondo di informazioni imperfette tale

livello di differenziazione è irraggiungibile e una soluzione di *mercato efficiente* non è ottenibile.

Inoltre la soluzione di *first best* progettata in modo da raggiungere un equilibrio socialmente ottimo su uno specifico mercato (*equilibrio economico parziale*) potrebbe generare effetti distorcenti su altri mercati, e bisognerebbe quantificare e gestire i costi di queste distorsioni su tutti i mercati nei quali si generano *costi esterni*. Ad esempio, ipotizzando di quantificare ed internalizzare i *costi esterni* prodotti dalla congestione, la tariffa potrebbe non essere ottima in quanto non considera le variazioni delle valutazioni sul mercato immobiliare e gli effetti sulle attività commerciali. Un altro aspetto importante relativo ad una policy di *road pricing* sono i *costi di transazione*, ovvero i costi di implementazione del sistema, dato che tali costi devono essere detratti dai benefici del sistema.

Tutto ciò porta il regolatore a ripiegare su una soluzione di *second best*, cioè un ottimo di secondo rango (Lipsey e Lancaster, 1956). L'approccio del *second best* ha l'obiettivo di individuare le strategie di prezzo che consentono il raggiungimento di un'allocatione ottimale, tenuto conto che esistono vincoli che ostacolano l'efficienza del mercato. Generalmente le tariffe di *second best* tendono ad essere inferiori a quelle di *first best* (Rouwendal e Verhoef, 2006), tuttavia si potrebbero generare distorsioni come effetti redistributivi non voluti.

Per il regolatore è fondamentale effettuare una scelta, in termini di categoria di *road pricing*, importo della tariffa applicata e impiego dei ricavi, che tenga conto delle condizioni trasportistiche e sociali del territorio in cui viene implementato. Questo perché a seconda di come viene ideata ed elaborata, risponde ad obiettivi diversi e colpisce o premia differenti categorie di utenti, lavoratori, commercianti e consumatori. È sempre compito del regolatore, monitorare i risultati dopo l'introduzione in quanto essi sono soggetti a:

- effetti di "*conoscenza*": ovvero i conducenti si abituano al pedaggio;
- effetti di "*rimbalzo*": ovvero nuovi conducenti sono attratti dai minori livelli di congestione.

Potrebbe quindi essere necessario, per mantenere l'impatto desiderato, operare un aggiustamento delle tariffe.

Un altro tema da affrontare, indipendentemente dallo schema di pricing che si vuole adottare, è l'*accettabilità* del sistema. Nonostante i problemi ambientali causati dall'uso delle auto costituiscano una grave minaccia per la salute umana e il benessere, tali sistemi risultano generalmente impopolari e vengono visti come strumenti iniqui che limitano l'accesso solo ad alcune fasce di utenti. Pertanto è necessario individuare un sistema di pricing tale da raggiungere gli obiettivi prefissati senza che l'utente lo percepisca come una ulteriore tassazione o come strumento che contribuisce ad aumentare il divario tra le classi sociali.

1.2.2 Modalità di applicazione

I sistemi di *road pricing* ad oggi più diffusi sono i pedaggi sulla rete autostradale o per attraversamento di ponti e gallerie. Le spinte verso una migliore qualità della vita e la crescente sensibilità dell'opinione pubblica verso temi ambientali, hanno permesso che si iniziassero ad attuare sistemi di tariffazione anche all'interno di centri urbani per contrastare l'incremento, costante e continuo, del traffico su gomma. Tra le modalità di applicazione del *road pricing*, le principali sono:

- "*Road toll*", ovvero ticket che consentono l'utilizzo dell'infrastruttura (autostrade, ponti e gallerie) e i cui ricavi finanziano i costi dell'infrastruttura stessa. Il pedaggio costituisce una tassa per il servizio reso ed i proventi vengono utilizzati, in primis, per mantenere e incrementare il servizio offerto. Tale strumento è spesso utilizzato quando si effettuano delle privatizzazioni dei collegamenti stradali, poiché consentono al privato, che sostiene i costi di realizzazione e di gestione, di avere un ritorno economico tale da coprire tali costi e ottenere un rendimento sull'investimento effettuato.
- "*Cordon (Area) Toll*", ovvero ticket che consentono l'accesso a zone interne a un perimetro, solitamente urbano, denominato "*cordone*" che delimita l'area della città entro la quale è richiesto il pagamento. Solitamente i due obiettivi sono la diminuzione del traffico e della

congestione e il contrasto all'inquinamento atmosferico in determinate aree sensibili (ad esempio il centro città).

Le modalità di pagamento dei ticket sono molteplici e la tariffazione può essere applicata *flat* o *differenziata*, "discriminando" in senso economico tra utenti, per conseguire gli obiettivi prefissati attraverso gli effetti incentivanti tipici della letteratura microeconomica di *price discrimination*. In funzione della variabile su cui è strutturata la tariffa si distingue tra:

- *Pollution pricing*, cioè una tariffazione diversificata in base alla tipologia del veicolo, con particolare riferimento alle sue prestazioni in termini di emissioni. Solitamente le tariffe si differenziano a seconda delle diverse classi di emissioni dei veicoli (Classe EURO) con l'obiettivo di disincentivare l'utilizzo dei veicoli privati con un'enfasi crescente per quelli più inquinanti.
- *Congestion pricing*, cioè una tariffazione il cui profilo varia in funzione del livello di traffico. Sulla base del principio che tutti i mezzi privati, anche quelli a emissioni nulle, occupano spazio, la cui disponibilità limitata, soprattutto in un contesto urbano, costituisce il vincolo fondamentale. Con questa modalità si mira alla riduzione dei picchi di traffico, cercando di modificare le preferenze dei consumatori (fasce orarie, periodi dell'anno, modalità di trasporto). Per essere più efficace, la tariffazione dovrebbe essere estremamente dinamica ovvero dovrebbe variare, in ogni istante di tempo, in funzione del livello di congestione effettivamente misurato sulla rete stradale. Uno studio condotto da Bracher e Bogenberger (2017) sviluppa un algoritmo dinamico di determinazione del prezzo in un contesto micro. Ma vista la complessità di una tale soluzione applicata in un contesto urbano metropolitano, nella pratica delle esperienze osservate la tariffa è tendenzialmente costante.
- *Distance-based pricing*, cioè una tariffazione proporzionale alla distanza percorsa. Questo sistema fu proposto nel 2002 dalla Commissione dei Trasporti inglese che riprendeva il concetto di PAYD (*pay as you drive*),

sviluppato negli anni Sessanta a seguito del suggerimento del premio Nobel William Vickrey (si veda <http://www.vtpi.org/tm/tm79.htm>) in relazione alle modalità di pagamento dell'assicurazione RC. La ratio sottostante è che sarebbe efficiente far diventare variabili i costi della mobilità che i consumatori tendono inefficientemente a percepire come fissi. In questo modo, domanda e offerta di mobilità troverebbero un equilibrio più efficiente ed i costi imposti alla collettività verrebbero attribuiti direttamente agli utenti che li generano, in modo da disincentivare l'utilizzo di veicoli privati e contemporaneamente incentivare l'utilizzo del trasporto pubblico. Tuttavia la realizzazione di un sistema in grado di monitorare le distanze percorse di tutti gli utenti e fare le dovute elaborazioni, richiederebbe uno sforzo notevole in termini di costi e gestione dell'infrastruttura.

1.2.3 Altri effetti

L'introduzione di un sistema di *road pricing* ha evidentemente molteplici impatti. Se l'impatto su congestione e inquinamento atmosferico quasi sicuramente porterebbe a un miglioramento della situazione pre-introduzione, altri impatti potrebbero avere effetti di segno opposto (Small et al., 2007). Per ciascuno di essi la letteratura fornisce valutazioni e stime, principalmente sviluppate sulla base di specifiche esperienze di *road pricing* già implementate. Uno studio di fattibilità di applicazione del *road pricing* dovrebbe valutare la possibile presenza di questi effetti (Levinson, 2010). I principali effetti da prendere in considerazione sono i seguenti:

- *Effetti di congestione sul sistema di trasporti esterno a quello di applicazione.* Il pagamento di una tariffa potrebbe influenzare la domanda di mobilità in cinque modi differenti. L'utente potrebbe decidere di effettuare il viaggio in un diverso orario, attraverso una rotta diversa, per un'altra destinazione, con altri mezzi di trasporto o non effettuarlo. Ad esempio in un sistema di *cordon toll*, è pensabile che gli individui che rinunciano ad entrare nell'area delimitata dal cordone con veicolo privato

possano scegliere di muoversi con i mezzi pubblici o in alternativa utilizzino il mezzo proprio su percorsi alternativi. Ciò andrebbe ad erodere la capacità residua dei mezzi pubblici e/o ad aumentare la congestione nelle aree immediatamente esterne al cordone.

- *Effetti sulle infrastrutture.* Le infrastrutture di trasporto hanno costi di gestione e manutenzione che dipendono dai volumi sopportati, e inevitabilmente il *road pricing* tende a scaricarne alcune a danno di altre che invece subiscono un aggravio di congestione. Si assiste quindi ad una redistribuzione dei costi che deve essere valutata.
- *Effetti sulle attività commerciali.* Nella letteratura economica si analizza come il contesto urbano influenzi la profittabilità sia delle attività commerciali localizzate entro l'area oggetto della limitazione sia quelle all'esterno che, immaginando che la politica non modifichi sensibilmente i consumi aggregati, avranno un impatto di segno opposto. Tuttavia la letteratura non converge sulle valutazioni e si trovano dati contrastanti circa il segno di tali effetti. Se da un lato una riduzione del flusso di individui che transitano in prossimità degli esercizi commerciali ovviamente ne riducono il volume dei negozi stessi, dall'altro un contesto caratterizzato da minore congestione di veicoli a motore, potrebbe incentivare una clientela disposta a pagare per raggiungere l'attività commerciale, ma che beneficia di una riduzione dei tempi di viaggio.
- *Effetti sui valori immobiliari.* Evidenze empiriche mostrano che l'applicazione di misure di *road pricing* possono influenzare i valori immobiliari nelle zone interessate (quella a traffico limitato e quella contigua). Ad esempio, per il contesto di Area C, a Milano, Percoco (2014a) individua una tendenza al rialzo dei valori immobiliari all'interno del cordone. Tuttavia, come già detto in precedenza, nella valutazione di costi e benefici di una policy di *road pricing* va comunque considerato che i sottesi benefici a vantaggio dei proprietari immobiliari sono plausibilmente legati alla riduzione di congestione ed inquinamento, e

quindi una loro contabilizzazione potrebbe determinare una sovrastima (*double counting*) dei benefici (o eventualmente costi, nel caso di riduzione dei valori). Questa osservazione ha in realtà valenza generale e andrebbe tenuta in considerazione in tutti i casi di stima del valore dei costi e dei benefici indiretti.

- *Effetto distributivo*. Una policy di *road pricing* essendo rivolta a categorie eterogenee di individui, può avere effetti molto differenziati, sia nell'entità che nel segno. Ovvero si assiste, necessariamente, a spostamenti di benessere tra categorie di individui (ad esempio, nei sopracitati effetti sulle attività commerciali, tra commercianti localizzati all'interno e quelli posti all'esterno del cordone). Anche la scelta di una semplice tariffa *flat* potrebbe trasferire benessere tra cittadini più o meno abbienti, così come i *costi esterni* del traffico potrebbero gravare diversamente su individui che vivono in aree vicine o lontane dall'area di applicazione, che vivono in zone più o meno servite dal trasporto pubblico, ecc. Eliasson e Mattsson (2006) evidenziano che per alcuni gruppi i benefici netti siano necessariamente negativi. Dato che nelle zone periferiche delle città europee si verifica normalmente una maggiore concentrazione di soggetti appartenenti alle classi meno abbienti e di norma le zone in cui si applicano policy di *road pricing* sono localizzate nel centro città, si ritiene che spesso tali misure nei centri urbani abbiano effetti regressivi. In realtà tali effetti potrebbero essere ribaltati con l'introduzione di altre politiche, eventualmente implementate utilizzando i ricavi del *road pricing* (per esempio rinforzando i collegamenti del trasporto pubblico con le aree urbane periferiche). Inoltre, i costi sostenuti dagli automobilisti rappresentano un ricavo per la Pubblica Amministrazione o per la società di gestione del sistema. Pertanto a livello di sistema l'incremento dei costi per i consumatori dovrebbe essere bilanciato da un incremento delle entrate per la Pubblica Amministrazione. Quindi, l'impatto complessivo sui consumatori dipende in larga parte dall'utilizzo dei fondi raccolti. Se i ricavi fossero utilizzati per ridurre il livello di tassazione in settori affini o

in altri settori, o per incrementare la qualità del servizio offerto, non si avrebbero effetti a livello complessivo di sistema, altrimenti si configurerebbe il caso di doppia tassazione con un aggravio per i redditi dei consumatori a vantaggio delle entrate per la Pubblica Amministrazione.

1.3 Stima dell'elasticità della domanda di mobilità

La *domanda di mobilità* si riferisce alla quantità e al tipo di viaggio che le persone sceglierebbero in determinate situazioni. Vari fattori demografici, geografici ed economici possono influenzare le richieste di viaggio, come sintetizzato nella Tabella 5.

Tabella 5 Fattori che influenzano la domanda di mobilità (fonte: Litman, 2017)

Demografici	Attività commerciali	Opzioni di trasporto	Uso del suolo	Gestione della domanda	Prezzi
Numero di persone (residenti, impiegati e visitatori)	Numero di impieghi	Camminata	Densità	Prioritizzazione e dell'uso stradale	Prezzi e tasse del carburante
Tasso di occupazione	Attività di business	Bici	Pedonabilità	Pricing	Tasse sui veicoli
Ricchezza/redditi	Trasporto merci	Trasporto pubblico	Connettività	Gestione dei parcheggi	Pedaggi stradali
Età	Attività turistiche	Ride sharing	Prossimità di servizi pubblici	Informazione agli utenti	Tariffe dei parcheggi
Stile di vita		Automobile	Design stradale	Campagne promozionali	Assicurazione dei veicoli
Preferenze		Taxi			Tariffe trasporto pubblico
		Servizi di consegna			

Naturalmente risulta necessario avere una conoscenza quanto più accurata possibile dei fattori che condizionano le preferenze dei soggetti cui la politica è indirizzata, al fine di tarare le variabili operative che possano conseguire gli specifici obiettivi che la politica di *road pricing* si prefigge.

In particolare, è indispensabile stimare quantitativamente la reazione degli utenti alla variazione dei prezzi ed alle caratteristiche del servizio. Tale stima può essere sinteticamente definita come "stima della variazione della domanda di mobilità" e si svolge in due specifiche fasi. Nella prima fase si effettua una accurata misura della *situazione corrente*, ovvero del livello corrente di "consumo" di mobilità. Stimata la domanda corrente e come essa sia caratterizzata, è necessario stimare *l'effetto sulla domanda* di una variazione di contesto, in questo caso l'introduzione della tariffa.

La misura della domanda corrente di mobilità deve essere circoscritta opportunamente, identificando una serie di variabili lungo le quali misurare il fenomeno. Le quattro dimensioni della domanda, generalmente prese in considerazione, sono:

- origine del viaggio (il numero totale di viaggi partono da un'area),
- destinazione del viaggio (il numero totale di viaggi arrivano in un'area),
- scelta modale (i mezzi di trasporto utilizzati),
- assegnazione del viaggio (il percorso effettuato).

Sarebbe auspicabile misurare le quattro dimensioni in funzione di altre variabili quali le caratteristiche dell'utente (reddito, occupazione, veicolo posseduto) e le caratteristiche del viaggio (finalità, orario, parcheggio). Naturalmente il grado di approfondimento dell'analisi varia a seconda del dettaglio che si vuole raggiungere e della disponibilità delle informazioni.

La seconda fase del processo richiede una stima della *elasticità della domanda di traffico al prezzo* (Graham e Glaister, 2004). In microeconomia, con il concetto di *elasticità della domanda rispetto al prezzo*, si indica quella misura che mette in relazione la variazione percentuale della quantità domandata con la variazione percentuale del prezzo, data una certa funzione di domanda e ipotizzando si mantenga costante ogni altra variabile che, al di fuori del prezzo variato, possa anch'essa influire sulla quantità domandata in esame.

L'elasticità al prezzo può essere misurata in qualsiasi punto della *funzione di domanda* come:

$$\varepsilon = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta p}$$

dove Q è la *quantità domandata* e p è il *prezzo*.

Una misura alternativa dell'elasticità è l'*elasticità d'arco*, che misura l'elasticità tra due punti su una curva:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q}{\Delta p} \times \frac{(p_1 + p_0)/2}{(Q_1 + Q_0)/2}$$

Riferendosi a Q e a p , rispettivamente come *volumi di traffico* e *tariffa applicata*, allora:

- Q_1 è il *volume di traffico* in seguito all'introduzione della policy;
- Q_0 è il *volume di traffico* antecedente l'introduzione della policy;
- p_1 è il *livello tariffario*;
- p_0 è zero.

In teoria i viaggiatori dovrebbero essere indifferenti a quale componente di costo di un viaggio varia, ovvero l'*elasticità del traffico al prezzo* di un singolo componente, come il carburante, dovrebbe essere la stessa di qualsiasi altro componente, come una tassa sulla congestione. C'è una vasta letteratura sull'elasticità della domanda per quanto riguarda i prezzi dei carburanti, le tariffe dei parcheggi, i costi degli incidenti e delle assicurazioni e altri costi della guida (Goodwin, 1992; Oum, Walters and Yong, 1992; TRACE, 1998).

I valori tipici di *elasticità del traffico*, misurati in numero di viaggi in auto o in km percorsi, al prezzo della benzina sono compresi tra -0.1 e -0.15 nel breve periodo e tra -0.19 e -0.3 nel lungo periodo. TfL (2008b) stima l'elasticità del modello di trasporto nazionale britannico per quanto riguarda i costi del carburante tra -0.17 e -0.24.

In realtà l'introduzione di una policy di *road pricing* sembra pesare più dell'aumento del prezzo della benzina o di altri costi nella percezione dei conducenti.

Si noti che l'*elasticità al prezzo* da utilizzare per calibrare opportunamente una politica di *road pricing*, è in realtà una elasticità aggregata di soggetti differenti: chi utilizza l'infrastruttura per recarsi al lavoro, o per fare shopping, l'elasticità del soggetto ad alto e basso reddito, ecc. Inoltre la compresenza di altre politiche e misure mirate alla riduzione del traffico può rendere difficile distinguere gli effetti attribuibili alla tariffazione.

Si aggiunge anche che molti altri fattori influenzano il traffico in un periodo. Tra questi: fattori di attività economica (come reddito pro capite, dinamica della popolazione e tasso di occupazione), fattori comportamentali (come il numero di persone per auto) e fattori infrastrutturali (come la disponibilità di transito). Anche il prezzo reale di un viaggio è influenzato da inflazione, prezzo della benzina e altri costi di utilizzo dell'auto, prezzo del trasporto pubblico e regolamentazione fiscale relativa alla deducibilità della tassa.

In generale, la stima puntuale degli effetti del *road pricing* si ottiene misurando la domanda sia nel periodo prima dell'attuazione della politica, sia in quello successivo (Cain et al., 2001).

Avendo a disposizione solamente i dati precedenti all'applicazione del *road pricing*, ci si può affidare alle stime riportate per esperienze di *road pricing* già realizzate oppure si ci può aspettare che tali valori di elasticità siano simili ai valori di elasticità del traffico ai pedaggi.

Nei sistemi di pedaggio stradale, non urbano, analizzati nella letteratura economica, la gamma di valori di elasticità tipica è compresa tra -0.20 e -0.50 (cfr. Wuestefeld e Regan, 1981; White, 1984; Goodwin, 1992; 2004; Jones e Hervik, 1992; Harvey, 1994; Hirschman et al., 1995; Mauchan and Bonsall, 1995; Gifford and Talkington, 1996; Cain et al., 2001; Burris, 2003; Matas and Raymond, 2003).

Per Londra, Transport for London (2008) stima un'elasticità di -0.47. Per Stoccolma, Börjesson et al. (2012) forniscono una stima dell'elasticità da -0.70 nel 2006 a -0.85 nel 2009 in poi. Per Milano, le misure (Crocì, Ravazzi, 2015) indicano un'elasticità riferita al sistema Ecopass che varia tra -0.46 e -0.66 (in base alle diverse classi di emissioni dei veicoli). Questi valori sono

sistematicamente più alti dell'elasticità rispetto al prezzo del carburante e persino ai pedaggi tradizionali per strade e ponti. In tutti i casi non vi è evidenza di una diminuzione dell'elasticità nel tempo.

Ad ogni modo, la conoscenza dei comportamenti degli individui prima e dopo l'introduzione della politica di *road pricing* è indispensabile per una stima dell'impatto sociale della politica, considerando che l'auspicato incremento del benessere collettivo che la misura introduce non si distribuisce uniformemente sulla popolazione, ma può anzi generare sussidi incrociati tra categorie di soggetti, la cui analisi non può prescindere dalle valutazioni della politica.

2 Esperienze internazionali

Il report "Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities" (Smeed, R.J. (1964)) è stato il primo studio, commissionato da una Pubblica Amministrazione, il Ministero dei Trasporti britannico, che proponesse l'introduzione del *road pricing* come strumento per gestire la congestione urbana. Nel 1976 un report della World Bank (Watson, Holland, 1976), illustrava il sistema di *road pricing*, denominato Area Licensing Scheme (ALS), introdotto in Singapore e che aveva permesso una riduzione del traffico veicolare del 76% durante il picco mattutino. Lo sviluppo della tecnologia adatta ad un *road pricing* "elettronico", ha permesso sempre a Singapore nel 1998, l'applicazione del sistema più sofisticato al mondo di gestione della domanda di traffico. I primi schemi di *road pricing* urbano in Europa iniziano a nascere nei primi anni 2000, soprattutto in grandi città in cui le esternalità legate al traffico avevano una maggiore rilevanza. In questo lavoro di tesi sono presi in esame tre casi significativi di *road pricing*: Londra, Stoccolma e Milano.

2.1 Londra

Londra è stata la prima città europea ad introdurre uno schema di *congestion charge*, nonostante una vivace discussione politica sul tema. In seguito alla rinascita economica degli anni '80 e '90, la città ha vissuto un considerevole aumento della congestione, soprattutto per la configurazione strutturale, nel centro città. A seguito della sua elezione a sindaco di Londra nel 2000, Ken Livingstone, con la "bozza della Strategia dei trasporti" del gennaio 2001, sottolinea la volontà di ridurre la congestione nel centro cittadino. Si commissiona dunque a Transport for London (Tfl), agenzia che si occupa del sistema locale dei trasporti, un rapporto sulla possibilità di introdurre il *road pricing* nella capitale. Il rapporto afferma che lo schema dovrebbe essere il più efficace ai fini della riduzione del traffico, con effetti sulla congestione all'interno e all'esterno della zona, sulla velocità degli autobus e sulla qualità della vita nel centro di Londra. Sul sito della stessa Tfl si legge che nel 2000:

- Londra soffriva la peggiore congestione del traffico di tutto il Regno Unito e tra le peggiori d'Europa;
- i guidatori, nella zona centrale, trascorrevano più del 50% del tempo in coda;
- ogni mattina, l'equivalente di 25 corsie autostradali trafficate entravano nella zona centrale;
- ogni settimana, venivano persi dai 2 ai 4 milioni di sterline in termini di tempo perso dovuto alla congestione.

Gli sviluppi della tecnologia ANPR (*Automatic number plate recognition*), divenuta sufficientemente affidabile, ha portato all'introduzione nel 2003 del *London Congestion Charge* (Figura 2), una tariffa *flat*. Questa faceva parte di una serie di misure per migliorare il sistema dei trasporti a Londra e si combinava con i miglioramenti del trasporto pubblico e con una più stretta applicazione delle norme sul parcheggio e sulla circolazione.

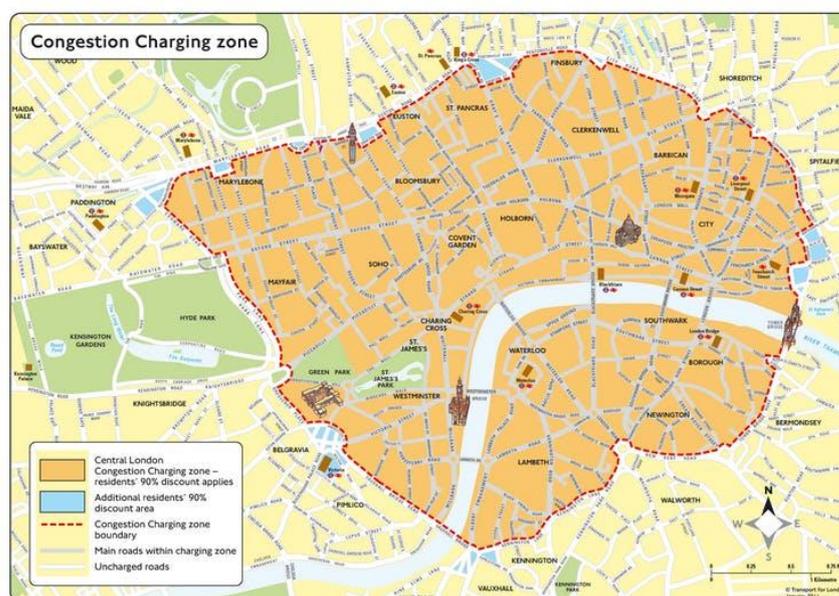


Figura 2 Central London Congestion Charging Zone (fonte: Transport for London)

Si affermava inoltre che il miglioramento dei flussi di traffico avrebbe reso Londra più attraente per gli investimenti delle imprese, e si prevedeva che l'applicazione del sistema avrebbe prodotto rilevanti entrate nette, che sarebbero

state reinvestite nel sistema dei trasporti. L'introduzione non è stata particolarmente complicata data la minore quota di auto di proprietà del territorio londinese rispetto al resto del Regno Unito, attestata al 54% nel 2005, rispetto al 73% dell'intero territorio nazionale (Road Use Statistics Great Britain 2016, Department for Transport) e la bassa percentuale di auto private in accesso alla zona centrale di Londra pari al 12% nell'ora di picco mattutino, al momento dell'introduzione della tariffazione (Tfl, 2003). Ciò è confermato dal fatto che la quota di cittadini intervistati che si dichiaravano contrari alla policy è scesa dal 43% di Gennaio 2003 (un mese prima dell'introduzione) al 28% dell'Ottobre 2003 (Congestion Charging Central London, Impacts Monitoring Second Annual Report, April 2004).

L'evoluzione del caso di Londra è altresì paradigmatica nel mettere in risalto il possibile peso politico di un intervento di *road pricing*. L'introduzione e le successive modifiche allo schema di Londra sono state infatti fonte di dibattito politico e punti cardine dei programmi elettorali durante le elezioni del sindaco. Modificata nel tempo, sia nella tariffa applicata (rimasta sempre *flat*) che nell'area geografica di applicazione (estesa e poi ridotta nuovamente), ha mantenuto l'obiettivo primario di riduzione del traffico da auto privata nelle zone centrali e incentivo all'utilizzo del trasporto pubblico o di alternative modali più sostenibili. La relazione sugli impatti del 2008 (Tfl) afferma che gli effetti immediati derivanti dall'introduzione della policy sono stati migliori del previsto, con una riduzione dei ritardi del 20-30%, ma tali benefici sono stati in parte erosi dalla riallocazione della capacità della rete per altri scopi e l'aumento dei lavori sull'infrastruttura stradale. I risultati mostrano anche una caduta dei volumi di traffico di auto private, sebbene non dovuto solamente all'introduzione della tariffa, ma anche dal miglioramento dell'offerta di trasporto pubblico, che ha visto un aumento di capacità e performance.

Un recente report tuttavia ha rivelato che lo schema attuale non è più idoneo al raggiungimento degli obiettivi dichiarati, con i volumi di traffico ritornati ai livelli pre-introduzione, e nella strategia trasportistica dell'attuale Sindaco vi è la

possibilità di modifica dello schema di *road pricing* applicato su tutta la rete stradale che tenga conto di posizione, tempo e distanza del viaggio, oltre al potenziamento della *Ultra Low Emission Zone*.

2.2 Stoccolma

Stoccolma ha attuato il proprio schema di pricing (Figura 3) a partire dal 2007. L'intervento di Stoccolma nasce come applicazione sperimentale e dimostrativa di misure di tassazione dell'infrastruttura stradale (richieste per legge nazionale), per rispondere a problemi di congestione, supportando un piano di potenziamento del trasporto pubblico. Gli altri obiettivi dichiarati sono il miglioramento della qualità ambientale e delle condizioni di accessibilità.

L'applicazione ha fatto seguito ad un periodo di prova di sei mesi per testare il sistema e un referendum, per valutare l'impatto sociale. L'esperimento pilota è stato realizzato in modo che l'obiettivo più probabile fosse una riduzione del traffico di circa 10-15%. I risultati sono stati ancora migliori del previsto, con una riduzione dei volumi del 22% e una riduzione delle emissioni del 30%. Il referendum successivo ha avuto esito positivo rispetto all'introduzione della policy, con una percentuale del 53%. La scelta è ricaduta su una tariffa diversificata a seconda della fascia oraria, e l'utilizzo della tecnologia ANPR per il riconoscimento dei veicoli in accesso.

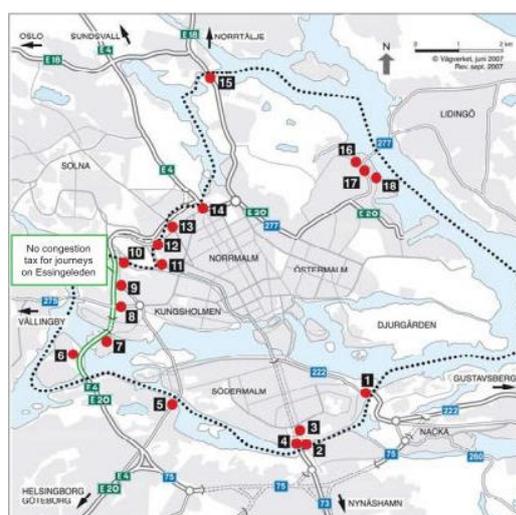


Figura 3 CBD di Stoccolma (fonte: The Swedish Transport Agency)

Gli obiettivi dichiarati sono in primo luogo la gestione della congestione e secondariamente la raccolta dei ricavi per investirli nel miglioramento del trasporto in tutta l'area metropolitana. Si è previsto inoltre un'esenzione per cinque anni dei veicoli alimentati con carburanti alternativi, per incoraggiarne l'acquisto. Ciò ha portato la proporzione di tali veicoli dal 3% al 15% a Stoccolma nello stesso periodo di tempo. L'analisi costi benefici condotta da Eliasson (2009) mostra che il surplus sociale generato dal sistema di pricing è abbastanza da coprire sia i costi di investimento che i costi operativi. Anche a causa dell'alto gradimento pubblico del sistema adottato, esso non ha subito cambiamenti rilevanti a partire dalla sua introduzione.

2.3 Milano

L'applicazione del *road pricing* a Milano ha subito un cambiamento sostanziale dalla sua introduzione, in quanto è passato dal sistema "Ecopass", uno schema di tipo *pollution charge*, introdotto nel 2008, al sistema "Area C" (Figura 4), uno schema *congestion charge*, introdotto nel 2013. Tale cambiamento è stato favorito dall'esito del referendum di giugno 2011, in cui l'80% dei votanti ha dichiarato di essere favorevole a un approccio più restrittivo rispetto all' Ecopass, nell'ottica di un miglioramento delle condizioni in città. A differenza dei casi di Londra e Stoccolma, l'obiettivo primario dichiarato dell'Ecopass di Milano è stato la riduzione dell'inquinamento atmosferico, in relazione ad una condizione iniziale particolarmente critica da questo punto di vista (Rotaris et al., 2010). Tra gli altri dati, si evidenzia come nel momento di introduzione del *road pricing* Milano abbia gravi condizioni di inquinamento atmosferico e una concentrazione di automobili tra le più alte al mondo, pari a 0.6 automobili per abitante (Percoco, 2014b; AMMA, 2002). La strategia dell'interesse ambientale viene peraltro indicata spesso come espediente per favorire l'accettazione della tariffa.

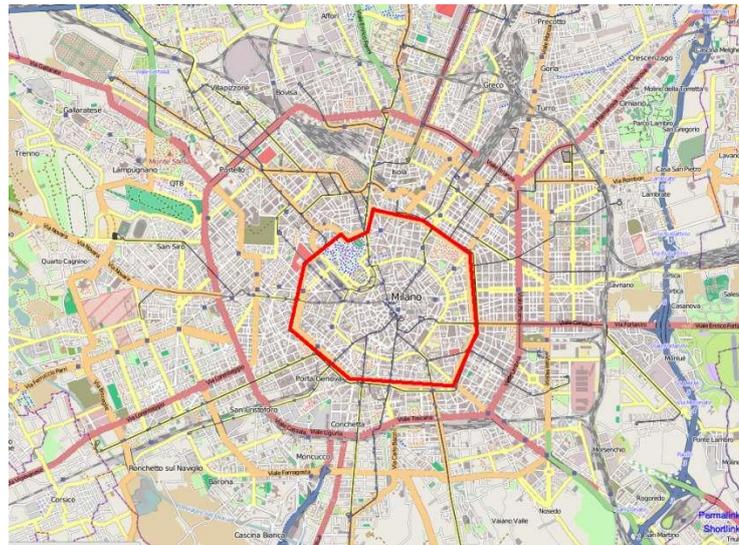


Figura 4 Area C, Milano

Come per Londra, la trasformazione dello schema nel tempo si è intrecciata alle vicende politiche locali ed ai programmi elettorali dei candidati a sindaco.

Gli obiettivi dell'Area C sono:

- riduzione della congestione;
- protezione ambientale;
- miglioramento dell'attrattività e dell'accessibilità urbana;
- capacità di finanziamento di nuove infrastrutture di trasporto.

È interessante notare come nel periodo in cui lo schema di pricing è stato sospeso, per poi essere reintrodotta, si è assistito ad un aumento del traffico.

2.4 Analogie e differenze

Tabella 6 Struttura delle Aree di applicazione (fonte: Croci (2016). Anche per le Tabelle 7, 8 e 9)

	Londra	Stoccolma	Milano
Superficie	21km ² (1.3% della superficie)	30km ² (16% della superficie)	8km ² (4.5% della superficie)
Nome area	Inner Ring Road	CBD	Cerchia dei Bastioni
Residenti	136 000	<300 000	76 077
Densità	6 476 ab./km ²	<10 000 ab./km ²	9 510 ab./km ²

Lavoratori	1 100 000	318 000	172 288
Volumi di traffico (Pre-intervento)	400 000 (viaggi interni e accessi)	>400 000 (accessi e uscite)	150 000 (Accessi)
Punti di ingresso	197	18	43

Nonostante le città in esame abbiano dimensioni diverse, con Londra che distacca abbondantemente per superficie ed abitanti i comuni di Stoccolma e Milano, i casi sono accomunati da un'alta densità abitativa (Tabella 6), con un centro più antico e di importanza commerciale, oltre che turistico e culturale, un sistema di trasporto pubblico molto sviluppato e volumi di traffico all'interno dell'area soggetta a tariffazione comparabili.

Nel caso di Londra, l'attuale zona di applicazione del *road pricing* è la parte racchiusa dalla circonvallazione interna della città, denominata *Inner Ring*. Seppur di notevole estensione, l'area rappresenta soltanto l'1.3% della superficie della città; essa include sia la *City* di Londra, centro storico e distretto finanziario, sia il *West End*, area commerciale e di intrattenimento. È, dunque, un'area prevalentemente dedicata al commercio e ai servizi, nella quale il numero di lavoratori supera di gran lunga il numero di residenti.

La CBD di Stoccolma è, tra i casi citati, l'area più estesa e la più popolata in termini di numero di residenti. Un vantaggio geografico per la sua riconoscibilità è dato dalle isole su cui si estende l'area, e gli studi preliminari hanno permesso di semplificare lo schema degli accessi, anche in termini di varchi di ingresso. La *Essingeleden bypass*, circonvallazione che funge da perimetro all'area e di fondamentale importanza per il traffico di attraversamento tra nord e sud, è stata mantenuta gratuita.

A Milano si è scelta la Cerchia dei Bastioni come perimetro di applicazione, e racchiude un'area che risulta essere la minore delle tre. Si tratta della circonvallazione interna che ricalca il tracciato delle Mura Spagnole e contenuta in una sola zona amministrativa di Milano, denominata "Zona 1 - Centro storico". Il centro storico milanese presenta un reticolo viario più antico e articolato rispetto al resto della città e in fase di definizione del cordone, come nel caso di

Stoccolma, si è presentata la necessità di semplificare lo schema riducendo il numero delle vie d'accesso all'area.

Tabella 7 Principali caratteristiche delle policy

	Londra	Stoccolma	Milano
Tipo di schema	Cordone	Cordone	Cordone
Obiettivo primario	Riduzione dell'utilizzo dell'auto privata per 15-20%	Riduzione della congestione	Riduzione della congestione
Data inizio	Febbraio 2003	Gennaio 2006 (periodo di trial di 7 mesi) Agosto 2007	Gennaio 2008 (ECOPASS) Gennaio 2012 (Area C)
Studi preliminari	Analisi di modelli, rassegna di schemi esistenti, stima di impatti sociali, stima di impatti legislativi, stima dei costi.	Analisi del network tramite modelli, semplificazione dello schema e delle tariffe, programma di valutazione con analisi del trial.	Valutazione degli obiettivi, rassegna di schemi esistenti, studio e confronto di alternative.
Livello tariffario	£ 5 £ 8 (da luglio 2005) £ 10 (da gennaio 2011) £11.5 (da giugno 2014)	SEK 20 (Durante i periodi di picco 7:30-8:30, 16:00-17:30), SEK 15 (30 minuti prima e dopo i periodi di picco) SEK 10 (nella fascia 6:30-18:30) Massimo importo giornaliero SEK 60	Proporzionale alla classe di emissione dei veicoli, € 0, 2, 5 o 10 al giorno (ECOPASS) Tariffa flat €5 al giorno (Area C)
Tariffazioni speciali	Esenti : motocicli, taxi, trasporto pubblico, emergenze, disabili, altri. Sconti: residenti (90%), altre convenzioni	Esenti : motocicli, taxi, trasporto pubblico, emergenze, disabili,veicoli ecologici. Sconti: auto aziendali.	Esenti : motocicli, taxi, trasporto pubblico, emergenze, disabili, altri. Sconti: residenti, accessi frequenti.

Applicazione della tariffa	Tariffa giornaliera Pagamento per ingresso e uscita dall'area e viaggi all'interno dell'area	Tariffa per singolo passaggio (con limite giornaliero) Pagamento per ingresso e uscita dall'area	Tariffa giornaliera Pagamento per ingresso nell'area
Periodo di applicazione	Giorni Feriali, 7:00-18:00	Giorni Feriali, 6:30-18:30	Giorni Feriali, 7:30-19:30
Altre misure implementate in parallelo	300 nuovi autobus	16 nuove linee di autobus, 197 nuovi autobus, parcheggi per il park and ride	Isole ambientali, 1 300 corse di autobus in più, restrizioni ai parcheggi, estensione delle corsie preferenziali

I tre casi adottano uno schema a *cordone* (Tabella 7), soluzione di *road pricing* più consona all'applicazione nei centri urbani, con l'obiettivo di ridurre la congestione, mentre le scelte sui livelli tariffari sono state diverse.

Stoccolma, opera una differenziazione dei prezzi in base agli orari (soluzione suggerita dalla letteratura), applicando tariffe maggiori in corrispondenza dei picchi di traffico mattutino e serale, quest'ultimo più esteso per intercettare una domanda più flessibile (Eliasson et al., 2009). Un'altra peculiarità del caso di Stoccolma è l'applicazione della tariffa ad ogni passaggio attraverso i diversi cordoni, sia in entrata che in uscita e non, come nell'esperienza milanese, una tariffa giornaliera al momento dell'accesso alla *charge zone*. Il limite dei pagamenti giornalieri è fissato a SEK 60.

Londra ha sempre mantenuto sin dall'inizio una tariffa *flat*, che tuttavia ha subito diverse modifiche nell'importo. Inoltre la tariffa viene pagata una sola volta al giorno, nel caso in cui si entri, si esca o si faccia un viaggio all'interno dell'*Inner Ring*.

Diverso è il caso di Milano, dove nella prima esperienza di *road pricing*, ovvero l'Ecopass, i livelli tariffari differenziavano secondo le classi di emissioni dei veicoli, basate sulla classificazione EURO. Tale scelta era legata alla prevalenza

dell'obiettivo del contrasto all'inquinamento atmosferico rispetto che la riduzione della congestione (Rotaris et al., 2010). Con Area C è avvenuta una semplificazione del piano tariffario, ovvero l'introduzione di una tariffa unica.

I tre casi sono accomunati da un adattamento dell'infrastruttura, della policy, e quindi della viabilità urbana, a esigenze che cambiano nel tempo anche in relazione ai risultati ottenuti. Altra analogia tra i casi presentati è l'integrazione del *road pricing* con altri interventi, finalizzati al medesimo obiettivo, già avviati o finanziati attraverso i ricavi della tariffazione. Tali interventi sono mirati soprattutto al miglioramento del servizio di trasporto pubblico, e alla gestione della sosta. In particolare a Londra, sono state introdotte ulteriori limitazioni dei parcheggi su strada e aumentate le tariffe, con la conseguenza di un maggiore uso da parte dei pendolari degli snodi del trasporto intermodale esterni al centro (Tfl, 2007). Strategie simili sono state adottate a Milano (Rotaris et al., 2010), mentre a Stoccolma si è deciso di potenziare i parcheggi di interscambio, che hanno portato ad un aumento del 29% di utilizzo dei servizi di *park-and-ride* (City of Stockholm, 2006).

Tabella 8 Principali risultati

	Londra	Stoccolma	Milano
Riduzione dell'intero traffico rispetto all'anno di riferimento	-14% (2003) -16% (2006) -21% (2008)	-21%(2006) -19%(2007) -18%(2008) -18%(2009) -19%(2010) -20%(2011)	ECOPASS: -20.8% (2008) -17% (2009) -19.3% (2010) -10.8% (2011) Area C: -38.5% (2012) -37.6% (2013) -36.8% (2014)
Riduzione della congestione	-30% (2003) -22% (2005) -8% (2006) 0% (2007)	n/d	n/d
Riduzione del traffico potenzialmente tassabile	-33% (2003) -36% (2006) -53% (2007)	n/d	-60.5% (2008) -79.8% per ticket da €2 (2011)

			-63.2% per ticket da €5 (2011)
Spostamento modale	Spostamento dall'auto privata al trasporto pubblico (circa il 10% di passeggeri in più per metro e bus con destinazione interna all'area)	Il 99% dei pendolari che rinunciano all'auto privata si spostano con il trasporto pubblico	Spostamento dall'auto privata al trasporto pubblico (circa il 12.5% di passeggeri in più in uscita dalle stazioni della metro interne all'area)
Riduzione degli incidenti nell'area	-9% nel primo anno (dal 2 al 5% in più rispetto al trend)	n/d	-21.3% (dal 2007 al 2011)
Riduzione delle emissioni nell'area	-13% NO _x -15% PM ₁₀ -16% CO ₂	-13% PM ₁₀ -13% CO ₂	-15% PM ₁₀ (dal 2007 al 2011) -18% PM ₁₀ (2012 rispetto al 2011)

I risultati delle tre esperienze (Tabella 8) evidenziano impatti confrontabili e in linea con i principali obiettivi del *road pricing*. Se effetti, come la riduzione delle emissioni sono strettamente proporzionali alla diminuzione dei volumi di traffico, altri effetti, come l'aumento delle velocità, sono in determinati casi meno evidenti, o comunque meno direttamente addebitabili all'intervento di *road pricing*.

Ad esempio, nel caso di Milano, Rotaris et al. (2010) ipotizzano una diminuzione della congestione significativamente correlata alle misure collaterali relative a trasporto pubblico e parcheggi. Nella stessa ricerca si segnala un limitato aumento delle velocità, rispetto le altre esperienze, spiegato sia dalla geometria della rete, caratterizzata da un tessuto storico che contribuisce ai rallentamenti, che da una condizione iniziale priva di stati acuti di congestione (AMMA, 2009), ma anche da una dimensione della *charge zone* considerata troppo poco estesa per avere effetti significativi sulle velocità di transito su scala urbana.

Significativo in tutti i casi è, invece, lo *spostamento modale* dal trasporto privato al trasporto pubblico.

Tabella 9 Dati su flussi di cassa

	Londra	Stoccolma	Milano
Investimento iniziale	160M £ (203.5M €)	1 900M SEK (207.2M €)	7M € (esclusi i costi affondati)
Costi operativi annuali	90M £ (114.4M €)	220M SEK (23.9M €)	14M €
Ricavi annuali (escluse le multe)	Da 138M £ a 227M £ nel 2012 (da 175.5M € a 288.6M €)	763M SEK (83.2M €)	Da 12M € nel 2008 a 5.9M € nel 2011 (ECOPASS) 30M€ nel 2012 (Area C) 29.9M € nel 2013 (Area C- dati provvisori) 21.4M € nel 2014 (Area C- dati provvisori)
Rapporto costi/rivavi operativi	39% (nel 2008, in caduta dal 65% iniziale)	28%	>100 % per ECOPASS 65% per Area C (in aumento dal 46% iniziale)

La Tabella 9 mostra i risultati di un'analisi economica, soltanto dal punto di vista dei flussi di cassa per la Pubblica Amministrazione. Per i casi di Londra e Stoccolma, dove il *road pricing elettronico* era alle prime applicazioni, i costi di implementazione sono risultati i più rilevanti, mentre sono notevolmente più bassi a Milano, dove il nuovo schema si appoggiava alla preesistente infrastruttura elettronica della ZTL.

Sempre a Milano, i ricavi da pedaggi risultano più bassi che negli altri casi europei, per via delle dimensioni della ZTL e di un pedaggio medio più basso; risulta invece particolarmente alto il numero di sanzioni, con proventi derivanti dalle multe superiori a quelli relativi ai pedaggi. Questo dato può testimoniare una comunicazione poco efficace del sistema di tariffazione e della ridefinizione della viabilità. Al contrario, il caso di Stoccolma, come suggeriscono i dati su reclami e chiamate per assistenza, può essere considerato, da questo punto di vista, come esempio virtuoso.

Tuttavia, l'analisi dei costi e dei ricavi mostrata in Tabella 9 risulta essere insufficiente per una valutazione complessiva della policy, in quanto devono essere presi in considerazione i *benefici*, che non generano flussi di cassa diretti, legati alla riduzione dei costi di congestione, degli incidenti, delle emissioni e di tutte le altre esternalità legate ai minori volumi di traffico.

Molte analisi costi-benefici sono state sviluppate, ottenendo risultati anche in forte contrasto che si differenziano essenzialmente per il valore attribuito al tempo (di viaggio) e per le stime degli impatti al di fuori della ZTL. C'è altresì una convergenza sul fatto che i benefici calcolati per il tempo risparmiato sono tra i più significativi, e nei casi di Londra e Milano superano gli introiti dei pedaggi (Eliasson 2009, Rotaris et al 2010). Di minore impatto, ma comunque rilevanti sono le riduzioni sui costi sociali legate all'inquinamento e al numero di incidenti.

Parte 2: Ipotesi di applicazione di una policy di *road pricing* al caso studio di Torino.

3 Stato attuale della mobilità

Questo lavoro di tesi fa seguito a un periodo di tirocinio effettuato presso la 5T S.r.l, società, a totale partecipazione pubblica, che offre consulenza strategica e di business per avviare e gestire nuovi servizi e progetti legati alla mobilità, supportando i clienti in ogni fase a partire dall'analisi dei requisiti fino alla realizzazione. 5T eroga anche servizi in outsourcing e promuove innovazione negli ambiti della gestione del traffico, del trasporto pubblico, dell'infomobilità e del ticketing, con l'obiettivo di semplificare la mobilità delle persone, dei veicoli e delle merci. Gran parte del business di 5T deriva da commesse delle Pubbliche Amministrazioni, soprattutto nel contesto Torinese e Piemontese. Durante il tirocinio sono stati acquisiti dati, direttamente da 5T o da partner commerciali della stessa, che hanno permesso di desumere le considerazioni presenti nei capitoli successivi.

Specificatamente in questo capitolo è descritto lo stato attuale della mobilità nell'area, quella dell'attuale ZTL Torinese, in cui si ipotizza l'implementazione di una policy di *road pricing*, avendo cura di presentare i dati acquisiti e le rielaborazioni effettuate. I dati riguardano le principali caratteristiche dell'area, la policy di mobilità vigente, i veicoli in ingresso e uscita dall'area e le soste al suo interno.

3.1 Caratteristiche dell'area

Torino, con 884 733 abitanti (al 31/12/2017, Servizio Statistica e Toponomastica della Città dell' Archivio Anagrafico della Città di Torino), è il quarto comune italiano per popolazione e costituisce un immenso patrimonio economico, artistico e culturale per l'intera nazione. In particolare il centro città è un concentrato di monumenti e luoghi storici, oltre a università, scuole e attività commerciali. Per la tutela dell'area e in seguito ai problemi di natura ambientale dovuti anche al

traffico urbano, dal 1994 si iniziano ad attuare politiche di limitazione alla circolazione del traffico veicolare. Il primo provvedimento prevedeva l'introduzione della *Zona a Traffico Limitato* (delibera della Giunta Comunale del 15 luglio 1994 (mecc. 9405715/06)), con un'estensione di 1.03 km² valida dalle 7:30 alle ore 10:30, dal lunedì al venerdì. L'area e le modalità di applicazione delle limitazioni hanno subito negli anni successivi una serie di modifiche, sempre con l'obiettivo ultimo di contrasto all'inquinamento atmosferico legato al traffico veicolare. Ad esempio, le deliberazioni del 21 settembre 2004 (mecc.0407536/006) e del 7 dicembre 2004 (mecc.0411479/110) stabilivano la costituzione della *Zona a Traffico Limitato Ambientale*, disposizioni attuate successivamente con ordinanze dirigenziali ed in ultimo disciplinate con l'Ordinanza n.120 del 10 gennaio 2007. Questa stabiliva il divieto di transito nella *ZTL Ambientale* dalle 7.00 alle 19.00 per autovetture con omologazioni precedenti alle direttive EURO 3. D'altronde quello dell'inquinamento è un problema cronico per la città di Torino in cui la mobilità è fortemente legata all' utilizzo dell'auto privata. Solo nel comune di Torino vi sono 631 838 autovetture (CSI, Parco Auto Circolante Piemonte), ovvero una densità di circa 0.7 auto per abitante, addirittura superiore al caso, già critico, di Milano al momento dell'introduzione di Ecopass.

L'attuale ZTL Centrale di Torino (Figura 5), istituita in seguito alle deliberazioni della Giunta Comunale del 12 febbraio 2010 (mecc.201000659/119) e del 27 aprile 2010 (mecc.201002058/119), ha un'estensione pari a circa 2.68 km² e un perimetro di 8.57 km e prevede le seguenti limitazioni:

- ZTL Ordinaria, attiva dalle ore 07:30 alle 10:30 nei giorni feriali dal lunedì al venerdì;
- ZTL Romana, attiva dalle 21:00 alle 07:30 tutti i giorni;
- Strade riservate al Trasporto Pubblico dalle 07:00 alle 20:00, tutti i giorni;
- Aree pedonali, chiuse al transito dalle 00:00 alle 24:00, tutti i giorni.

La ZTL ricade interamente all'interno dell'ex Quartiere Centro, che ha una popolazione di 42 111(al 31/12/2017) di cui si stima che circa 33 000 siano

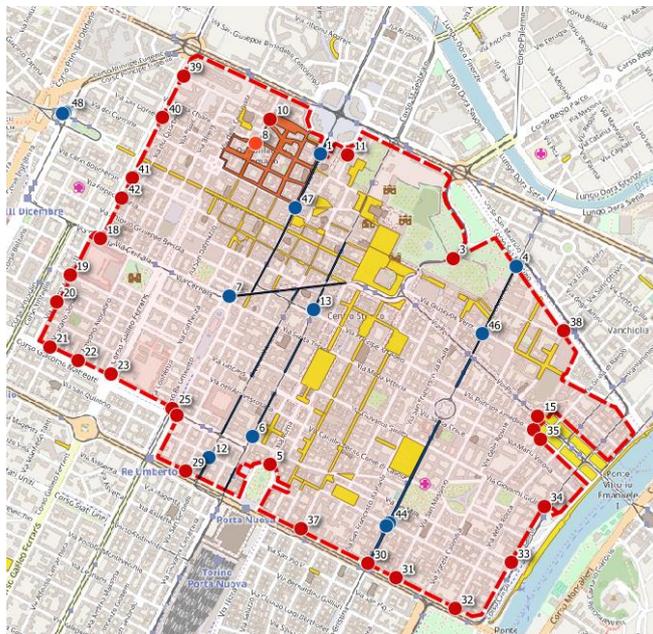


Figura 5 Attuale ZTL di Torino: in rosso i varchi di ZTL Centrale Ordinaria (07:30-10:30); in blu i varchi per il controllo delle Strade Riservate e le strade; in giallo le aree pedonali; in arancio la ZTL Area Romana (fonte:5T)

residenti dentro il perimetro che delimita la ZTL.

Gli esercizi commerciali sono 3 963 (al 16/01/2018, piattaforma open data AperTO), di cui la maggiore quota sono relativi alla vendita a dettaglio di prodotti extralimentari (25.2%), negozi di abbigliamento e calzature (14.7%), vendita di prodotti alimentari (13.9%), bar/pub (11.9%) e ristoranti (5.4%). Sono inoltre presenti 54 sedi amministrative principali, 14 sedi di Università o Scuole di Istruzione Superiore e di Specializzazione, 48 tra scuole primarie, secondarie ed asili e un ospedale.

3.2 Permessi ed esenzioni

Dall'analisi dei processi di rilascio dei permessi, che consentono l'accesso in ZTL anche nell'orario in cui è attiva la limitazione del traffico, emerge un'organizzazione molto disgregata, frutto di una difficile armonizzazione delle politiche degli accessi e delle soste in ZTL. I permessi di accesso infatti danno diritti differenti, tra cui il diritto alla sosta, a seconda della natura del possessore.

5T, che si occupa tra le altre cose di individuare i trasgressori del divieto di accesso, riceve l'elenco di coloro che possiedono un permesso dai rilascianti (GTT e Comune) e stila quindi una *white list*. Dall'analisi dei permessi validi (al 31/12/2017), emerge che vi sono 39 diverse categorie in gran parte gestite da GTT e, in parte minore, dall'Ufficio Permessi della Città di Torino, per un totale di 90 544 permessi. Si noti tuttavia che le categorie di permesso *ROSSO*, *ARGENTO* e *VIOLA* sono state abolite, e quindi i permessi ancora attivi non saranno più rinnovabili.

Tabella 10 White-list

Codice Permesso	Categoria	Numero Permessi	% su Totale
1	ROSSO	28	0.03%
2	VERDE	414	0.46%
3	VIOLA	82	0.09%
4	ARGENTO	1	0.00%
5	INVALIDI H	30 963	34.20%
6	FOTOCINE	156	0.17%
7	BLU A	7 692	8.50%
8	BLU B	669	0.74%
9	CANTIERE	1 276	1.41%
19	SCUOLE	1 068	1.18%
20	ARANCIONE	4 972	5.49%
21	LILLA	9	0.01%
22	BLU	2 013	2.22%
23	DISCO	69	0.08%
24	GTT Parcheggio per residenti in ZTL	12 721	14.05%
25	GTT Parcheggio per dimoranti in ZTL	1 087	1.20%
26	ABBONATI PARCHEGGI	49	0.05%
30	SANITARIO	25	0.03%
101	Trasporto pubblico	2 753	3.04%
102	Veicoli di assistenza e manutenzione	221	0.24%
104	Taxi	3 515	3.88%
106	Veicoli di trasporto collettivo	4 078	4.50%
107	Veicoli della Città di Torino	18	0.02%
109	Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	1 273	1.41%
110	Veicoli di servizio degli enti pubblici	7 906	8.73%
111	Veicoli dell'ARPA	916	1.01%

113	Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	495	0.55%
114	Car Sharing	1 816	2.01%
115	Istituti di Vigilanza	410	0.45%
116	Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	55	0.06%
117	Veicoli delle Poste Italiane e concessioni	120	0.13%
118	Veicoli per la raccolta rifiuti	64	0.07%
120	Residenti in p.zza della Repubblica	5	0.01%
121	VEP - Mezzi pesanti	690	0.76%
122	Esenti - auto particolari	2 565	2.83%
150	Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	235	0.26%
151	Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE riservate	1	0.00%
152	Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	113	0.12%
155	Esenti a posteriori - accesso Area Verde Valentino	1	0.00%
TOTALE		90 544	100.00%

Dai dati riportati in Tabella 10 si osserva che:

- la categoria più numerosa è quella degli *Invalidi H*, con quasi 31 000 permessi rilasciati;
- sommando i permessi riservati ai mezzi dedicati al trasporto (pubblico o privato) di persone e alla fornitura di servizi vari di valenza pubblica (salute, istruzione, sicurezza, amministrazione, ecc.) si ha la seconda categoria più rappresentata;
- i residenti e i dimoranti all'interno della ZTL che richiedono il permesso che dà diritto di parcheggio nelle "strisce blu" sono in totale 13 808 (15.25% del totale), mentre coloro che non hanno richiesto il diritto al parcheggio ma solo di accesso, ovvero la categoria *BLU*, sono 2 013;
- i permessi *BLU A* e *BLU B* destinati ad alcune categorie di lavoratori privati e appartenenti al Pubblico Impiego rappresentano più del 9% del totale;

- vi sono 4 972 individui che hanno dimostrato di possedere un posto auto all'interno della ZTL e hanno richiesto il diritto di accesso anche in orario di attivazione della ZTL (permesso *ARANCIONE*).

3.3 Ingressi in ZTL

Al perimetro della ZTL sono installati i varchi per il controllo automatico degli accessi. Ciascun varco è generalmente dotato di una telecamera a infrarossi per il controllo delle infrazioni, con tecnologia ANPR, da una telecamera a colori per la verifica del contesto e da un pannello a messaggio variabile per la ZTL (definito VMS-Z, *Variable Message Sign ZTL*). Il sistema di controllo degli accessi è costituito attualmente da un totale di 46 telecamere, di cui:

- 30 telecamere su 27 varchi al perimetro della ZTL Centrale (ZTL ordinaria);
- 14 telecamere per il controllo delle Strade riservate al trasporto pubblico, di cui 10 all'interno dell'area ZTL;
- 1 telecamera per l' Area ZTL Romana, all'interno della ZTL Centrale.
- 1 telecamera per la ZTL Valentino.

In particolare l'analisi, in questo lavoro di tesi, è focalizzata agli ingressi che riguardano la ZTL ordinaria. La 5T si occupa di rilevare le targhe in ingresso, dalle 7:30 alle 10:30, e verificare se la targa appartiene alla *white list*. Se ciò non avviene, 5T comunica al Corpo della Polizia Municipale l'avvenuta infrazione. In media si rilevano circa 400 autovetture al giorno passibili di sanzione per essere entrati in ZTL senza un permesso che ne dia il diritto. Le telecamere ai varchi non rimangono attive soltanto negli orari in cui la ZTL è attiva, infatti 5T monitora i flussi di traffico in ingresso durante tutto l'arco della giornata. I dati sul numero di ingressi è storicizzato e quindi è stato possibile ricavare la media degli ingressi, riferiti alla mezz'ora, per un giorno tipo *feriale scolastico*. La media si riferisce al periodo gennaio-aprile 2018 (79 giorni feriali scolastici), la Figura 6 ne mostra l'andamento lungo l'arco della giornata, mentre in Appendice A 1 vi sono i dati puntuali.

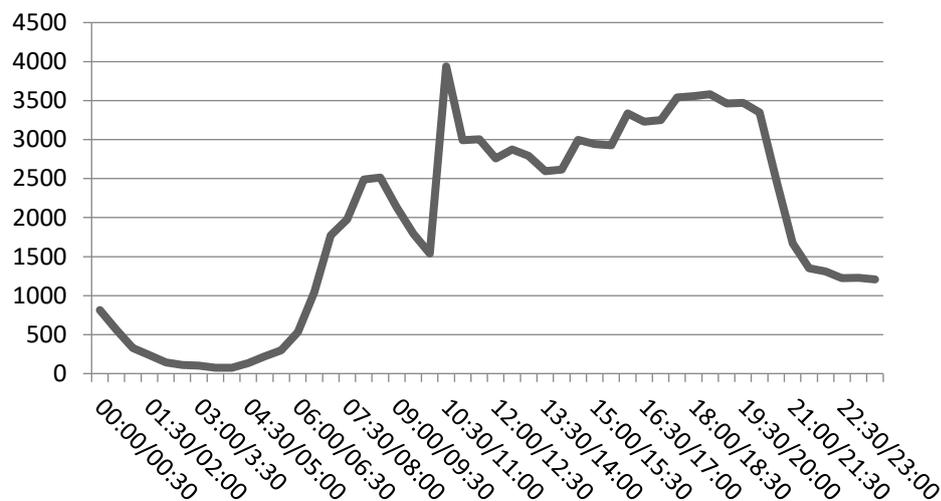


Figura 6 Ingressi medi in ZTL ordinaria

Il numero di ingressi totali durante tutto il giorno è 92 590. Il numero non tiene conto di veicoli quali moto e motocicli, in quanto la tecnologia ANPR installata non è in grado di riconoscerne la targa. L'andamento mostra un picco in corrispondenza della fascia oraria 10:30-11:00 (quasi 4 000 accessi), dovuto all'apertura dei varchi ZTL anche a chi non possiede il permesso, l'altro picco è riconducibile invece al ritorno serale dei residenti nelle proprie abitazioni. Allo scopo di differenziare gli individui in ingresso all'area in esame, è necessario identificare per ciascun di esso se sia o meno possessore di un permesso, ovvero incrociare le targhe in ingresso con le targhe presenti in *white list*. I dati incrociati tuttavia non vengono storicizzati ma utilizzati solamente per il processo sanzionatorio delle infrazioni. Dunque 5T ha potuto fornire tali dati soltanto per il giorno, feriale scolastico, 17 maggio 2018.

La Tabella 11 illustra come è organizzato il dataset per un singolo record. L'*Id* è un identificativo della targa; la *Mezz'ora* indica la fascia oraria in cui è stato rilevato l'ingresso (nell'esempio 23 indica la fascia oraria 11:30-12:00); il *Codice permesso* identifica se alla targa è associato un permesso (nell'esempio 109 indica che si tratta di un mezzo delle *Forze Armate*); il *Varco* indica il codice che identifica da quale varco è avvenuto l'ingresso, se come nel caso in esempio vi sono stati più ingressi dello stesso mezzo, il dato si riferisce al primo

attraversamento; il *Numero di ingressi* indica il numero di ingressi del veicolo considerato nella fascia oraria a cui si fa riferimento.

Tabella 11 Esempio di ingresso rilevato incrociato con la white-list

Id	Giorno	Mezz'ora	Codice permesso	Varco	Numero di ingressi
7756214	17/05/2018	23	109	34	2

Aggregando i dati per categoria di permesso e prendendo in considerazione soltanto i varchi della ZTL ordinaria si ottiene la Tabella 12 che mostra, appunto, per ciascun permesso il numero di ingressi totali e la percentuale sul totale. Inoltre è possibile ottenere la distribuzione degli ingressi per fascia oraria per tipologia di permesso (Appendice A 2).

Tabella 12 Ingressi in ZTL ordinaria del 17 Maggio 2018, per tipologia di permesso

Categoria	Ingressi	%
NON DEFINITO	51 896	56.19%
GTT Parcheggio per residenti in ZTL	12 540	13.58%
Taxi	4 977	5.39%
ARANCIONE	4 694	5.08%
BLU A	3 709	4.02%
INVALIDI "H"	3 314	3.59%
Trasporto pubblico	2 676	2.90%
BLU	1 407	1.52%
SCUOLE	1 202	1.30%
GTT Parcheggio per dimoranti in ZTL	916	0.99%
Car Sharing	801	0.87%
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	784	0.85%
Veicoli di trasporto collettivo di persona	718	0.78%
Veicoli di servizio degli enti pubblici	422	0.46%
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	297	0.32%
Altri permessi	2 008	2.17%
Totale	92 361	100.00%

Il totale degli ingressi per l'intera giornata è stato di 92 361, tuttavia il dato rilevante da questa elaborazione è la composizione percentuale dei permessi sul totale. Infatti, ribaltando tali percentuali sui dati di ingressi medi del giorno tipo

feriale scolastico, è possibile ricavare una stima degli ingressi giornalieri medi per permesso (Tabella 13).

Tabella 13 Stima ingressi medi per tipologia di permesso, per il giorno tipo feriale scolastico

Categoria	Ingressi	%
NON DEFINITO	52 025	56.19%
GTT Parcheggi per residenti in ZTL	12 571	13.58%
Taxi	4 989	5.39%
ARANCIONE	4 706	5.08%
BLU A	3 718	4.02%
INVALIDI "H"	3 322	3.59%
Trasporto pubblico	2 683	2.90%
BLU	1 410	1.52%
SCUOLE	1 205	1.30%
GTT Parcheggi per dimoranti in ZTL	918	0.99%
Car Sharing	803	0.87%
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	786	0.85%
Veicoli di trasporto collettivo di persona	720	0.78%
Veicoli di servizio degli enti pubblici	423	0.46%
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	298	0.32%
Altri permessi	2 013	2.17%
Totale	92 590	100.00%

Si ottiene inoltre la stima degli ingressi suddivisa per fascia oraria per ciascun permesso (Appendice A 3). Si noti che la categoria più numerosa è la *NON DEFINITO*, tale categoria comprende sia coloro che non possiedono un permesso sia una percentuale, che la 5T suggerisce essere attorno al 10%, di targhe non leggibili, e che quindi potrebbero avere un permesso o no. Si è quindi proceduto distribuendo il numero stimato di targhe non leggibili tra tutte le categorie (compresi ai *Senza Permesso*) secondo le percentuali osservate. Inoltre dall'analisi statica della *white list*, in due giorni consecutivi, si ricava che in media 928 utenti, considerati tra i *NON DEFINITO* nella fascia oraria 7:30-10:30, sono in realtà *esenti a posteriori*, ovvero richiedono in seguito all'accesso senza averne il diritto, l'esenzione della sanzione, o perchè hanno parcheggiato in un parcheggio autorizzato o perchè hanno in qualche modo dimostrato di avere il diritto ad accedere in ZTL (ad esempio l'hotel di alloggio interno alla ZTL). Si è proceduto

quindi travasando tali individui dai *NON DEFINITO* agli *Esenti a posteriori - accesso solo ZTL*. La stima degli ingressi giornalieri per tipologia di permesso, in seguito a tale rifinitura, è mostrata in Tabella 14.

Tabella 14 Stima ingressi medi per tipologia di permesso, per il giorno tipo feriale scolastico, con rifinitura dei dati

Categoria	Ingressi
Senza permesso	48 990
GTT Parcheggio per residenti in ZTL	13 283
Taxi	5 265
ARANCIONE	4 902
BLU A	3 883
INVALIDI "H"	3 504
Trasporto pubblico	2 830
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	1 745
BLU	1 494
SCUOLE	1 252
GTT Parcheggio per dimoranti in ZTL	971
Car Sharing	847
Veicoli di trasporto collettivo di persona	756
Veicoli di servizio degli enti pubblici	443
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	313
Altri permessi	2 112
Totale	92 590

Ovviamente la lavorazione suddetta non cambia il fatto che coloro che non possiedono un permesso sono coloro che accedono con più frequenza in ZTL; con 48 990 ingressi medi rappresentano il 52.91% del totale. Si noti come la categoria di permessi che in *white list* risulta essere la più numerosa, ovvero quella riservata agli *invalidi*, risulta essere soltanto la sesta in quanto ingressi generati, ciò significa che solo una piccola parte dei possessori sfrutta il proprio permesso. Diverso è il discorso dei *residenti*, dei *dimoranti* e di coloro che possiedono un posto auto all'interno della ZTL (*ARANCIONE*), per i quali il rapporto tra ingressi effettuati e permessi rilasciati è prossimo a uno. Tale rapporto cresce se si fa riferimento alla categoria dei *Taxi* che, data l'elevata attrattività del centro, effettuano un numero consistente di viaggi attraversando i varchi ZTL. In

Appendice A 4 si riporta il dettaglio della stima degli ingressi suddivisa per fascia oraria per le principali categorie di permesso mentre la Figura 7 ne mostra l'andamento giornaliero.

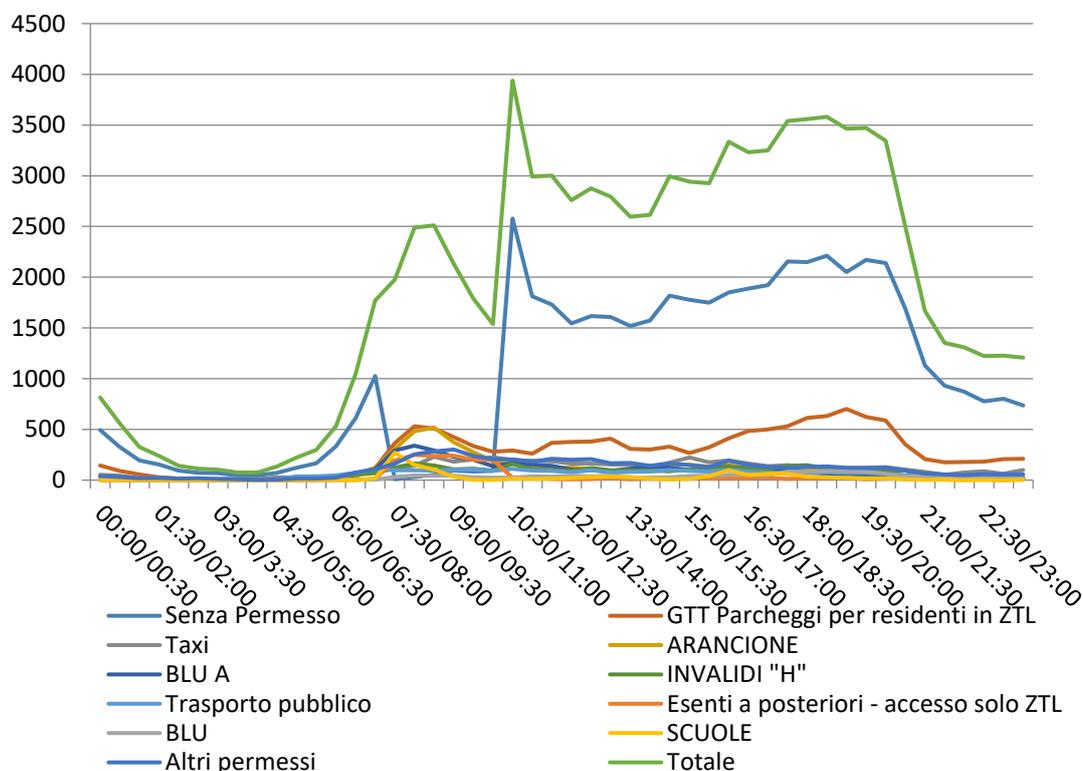


Figura 7 Andamento giornaliero degli ingressi per le principali categorie di permesso

Come facilmente prevedibile l'andamento di coloro che non possiedono un permesso presenta un picco prima dell'attivazione della limitazione (7:30) e uno alla disattivazione (10:30), mentre gli ingressi negli orari in cui è attiva la ZTL corrispondono a coloro che vengono multati, che secondo le stime sono in media pari a 362. L'andamento di coloro che invece possiedono un permesso presenta un picco mattutino all'interno della fascia 7:30-10:30, con circa 5 000 ingressi dalle 8:00 alle 9:00. Nel resto della giornata gli andamenti di coloro che non hanno un permesso e di coloro che lo possiedono è simile, con un trend per lo più crescente dalle 12:00 alle 20:00 seguito da un costante calo degli ingressi fino alle 4:30. Poi, il trend ritorna ad essere crescente fino alle 7:30.

3.3.1 Ingressi ripetuti

L'analisi degli ingressi al paragrafo precedente considera come ingresso ciascuna targa rilevata dalle telecamere presente ai varchi. Tuttavia per avere una stima della *domanda di mobilità*, i dati al punto precedente non sono adatti in quanto non tengono conto del fenomeno degli *ingressi ripetuti*. Ovvero, un utente potrebbe accedere più volte nell'arco di poco tempo all'interno della ZTL, ad esempio per cercare un parcheggio. Gli ingressi risulterebbero una sovrastima della reale *domanda di mobilità*. Inoltre se l'ipotesi di *road pricing* si basa sull'applicazione di un ticket con validità giornaliera, è indispensabile avere una stima degli ingressi in termini di *targhe* differenti in ingresso durante tutto il giorno. Si è quindi proceduto ad una rilevazione aggiuntiva effettuata il 14 giugno 2018, per acquisire i dati necessari per depurare il numero degli ingressi da tale fenomeno e avere una fotografia più realistica della domanda. Si noti che il giorno in questione è un giorno *feriale non scolastico*, quindi utilizzare tale giorno risulta essere un'approssimazione. Tuttavia la rilevazione ha permesso di individuare, per ogni targa, il numero di ingressi effettuati in ciascuna fascia oraria (24 fasce orarie di un'ora ciascuna) e di associarne l'eventuale codice del permesso. La Tabella 15 illustra come è organizzato il dataset per un singolo record.

Tabella 15 Esempio di rilevazione relativa al 14 Giugno 2018 (fonte:5T)

Targa	0x3C3537B3006CB63EBA33C94BEEB9D043
Giorno	14/06/2018
Codicepermesso	104
Totale ingressi	3
00:00/01:00	0
01:00/02:00	0
02:00/03:00	0
03:00/04:00	0
04:00/05:00	0
05:00/06:00	0
06:00/07:00	0
07:00/08:00	0
08:00/09:00	0
09:00/10:00	1
10:00/11:00	0
11:00/12:00	0
12:00/13:00	1

13:00/14:00	0
14:00/15:00	1
15:00/16:00	0
16:00/17:00	0
17:00/18:00	0
18:00/19:00	0
19:00/20:00	0
20:00/21:00	0
21:00/22:00	0
22:00/23:00	0
23:00/00:00	0

Per depurare il numero totale di ingressi dagli ingressi ravvicinati si è posto *uno* come limite massimo di ingressi per fascia oraria, ovvero si è assunto che tutti gli ingressi nell'arco di una stessa ora siano da attribuirsi ad un medesimo *viaggio*. Due sono le approssimazioni (di segno opposto, ma di ardua quantificazione) che possono essere introdotte da questa assunzione: da un lato, ingressi effettivamente appartenenti ad uno stesso *viaggio* possono essere attribuiti a spostamenti distinti se gli ingressi ravvicinati avvengono a cavallo di due fasce orarie; dall'altro è possibile che spostamenti effettivamente distinti ricadano all'interno di una stessa ora (per esempio la molteplicità di viaggi di un taxi). Pur nella difficoltà di valutazione di questa approssimazione, sembra ragionevole ritenere che gli *ingressi multipli* associati ad uno stesso *viaggio* siano da questa assunzione stimati per difetto. La Tabella 16 mostra i risultati della depurazione descritta, sotto la voce *Ingressi netti*. La colonna *Numero targhe* invece è il conteggio delle targhe distinte in ingresso nell'arco delle 24 ore.

Tabella 16 Ingressi, Ingressi netti e Numero targhe del 14 Giugno 2018

Categoria	Ingressi	Ingressi netti	Numero targhe	Ingressi/Ingressi netti	Ingressi netti/Numero targhe
Senza Permesso	49 630	45 947	37 498	1.080158	1.225319
ROSSO	14	12	5	1.166667	2.4
VERDE	90	83	57	1.084337	1.45614
VIOLA	26	23	17	1.130435	1.352941
INVALIDI "H"	2 617	2 424	1 727	1.07962	1.40359
FOTOCINE	22	22	15	1	1.466667

BLU A	3 386	3 083	1 909	1.098281	1.614982
BLU B	147	126	54	1.166667	2.333333
CANTIERE	155	142	83	1.091549	1.710843
SCUOLE	738	674	427	1.094955	1.578454
ARANCIONE	3 930	3 658	2 410	1.074358	1.517842
LILLA	3	2	2	1.5	1
BLU	1 275	1 176	774	1.084184	1.51938
DISCO	46	39	20	1.179487	1.95
GTT Parcheggi per residenti in ZTL	10 323	9 197	5 440	1.122431	1.690625
GTT Parcheggi per dimoranti in ZTL	768	664	454	1.156627	1.462555
ABBONATI PARCHEGGI	95	88	67	1.079545	1.313433
SANITARIO	12	12	10	1	1.2
Trasporto pubblico	1 533	1 375	271	1.114909	5.073801
Veicoli di assistenza e manutenzione	35	29	18	1.206897	1.611111
Taxi	3 059	2 543	996	1.20291	2.553213
Veicoli di trasporto collettivo di persona	227	217	130	1.046083	1.669231
Veicoli della Città di Torino	0	0	0	1	1
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	144	123	81	1.170732	1.518519
Veicoli di servizio degli enti pubblici	316	286	173	1.104895	1.653179
Veicoli dell'Azienda Regionale per la Prot. Civile	95	89	60	1.067416	1.483333
Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	130	125	101	1.04	1.237624
Car Sharing	726	665	410	1.091729	1.621951
Istituti di Vigilanza	95	82	40	1.158537	2.05
Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	10	10	6	1	1.666667
Veicoli delle Poste Italiane e concessionari	120	94	54	1.276596	1.740741
Veicoli per la raccolta rifiuti	129	100	50	1.29	2
VEP - Mezzi pesanti	15	13	9	1.153846	1.444444
Auto particolari	140	125	78	1.12	1.602564
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	702	669	514	1.049327	1.301556
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE riservate	2	2	1	1	2
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	57	42	15	1.357143	2.8
Esenti a posteriori - accesso Area Verde Valentino	24	24	13	1	1.846154
Totale	80 836	73 985	53 989	1.0926	1.370372

I rapporti tra *Ingressi* e *Ingressi netti*, e tra *Ingressi netti* e *Numero targhe* permettono di cogliere le tipicità dei differenti soggetti. In particolare, si osserva l'ovvia molteplicità di ingressi per i mezzi volti a fornire servizi pubblici e anche dei residenti. Anche per i soggetti *Senza permesso*, tuttavia, si evidenziano fenomeni di *ingressi multipli*. Si noti che per le categorie per cui non sono stati

rilevati ingressi nella giornata del 14 giugno si sono posti pari a uno i due rapporti. Il calcolo di questi ultimi consente di stimare *Ingressi netti* e *Numero targhe* riferiti alla media dei giorni *feriali scolastici*, assumendo che tali dati siano stabili e simili tra periodo scolastico e non scolastico. La Tabella 17, ottenuta prima dividendo il numero di *Ingressi* per il primo rapporto e successivamente il numero di *Ingressi netti* per il secondo rapporto, mostra i risultati.

Tabella 17 Ingressi, Ingressi netti e Numero targhe relativi al giorno feriale scolastico

Categoria	Ingressi	Ingressi netti	Numero Targhe
Senza Permesso	48 990	45 355	37 014
ROSSO	34	30	12
VERDE	151	139	96
VIOLA	21	18	14
INVALIDI "H"	3 504	3 246	2 313
FOTOCINE	59	59	40
BLU A	3 883	3 536	2 189
BLU B	238	204	87
CANTIERE	222	203	119
SCUOLE	1 252	1 144	725
ARANCIONE	4 902	4 562	3 006
LILLA	11	7	7
BLU	1 494	1 378	907
DISCO	54	46	24
GTT Parcheggi per residenti in ZTL	13 283	11 834	7 000
GTT Parcheggi per dimoranti in ZTL	971	839	574
ABBONATI PARCHEGGI	116	107	81
SANITARIO	37	37	31
Trasporto pubblico	2 830	2 538	500
Veicoli di assistenza e manutenzione	52	43	27
Taxi	5 265	4 377	1 714
Veicoli di trasporto collettivo di persona	756	723	433
Veicoli della Città di Torino	2	2	2
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	313	268	176
Veicoli di servizio degli enti pubblici	443	401	243
Veicoli dell'Azienda Regionale per la Prot. Civile	118	111	75
Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	135	130	105
Car Sharing	847	776	478
Istituti di Vigilanza	137	118	58
Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	19	19	11
Veicoli delle Poste Italiane e concessionari	182	142	82

Veicoli per la raccolta rifiuti	203	157	79
VEP - Mezzi pesanti	31	27	19
Auto particolari	212	190	118
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	1 745	1 663	1 277
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE riservate	1	1	1
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	67	49	18
Esenti a posteriori - accesso Area Verde Valentino	10	10	5
Totale	92 590	84 489	59 659

Tali risultati mettono in evidenza l'importanza della stima. Basare le considerazioni sugli *Ingressi*, intesi come numero di rilevazioni delle 30 telecamere poste ai varchi, sarebbe stato fuorviante o almeno non si sarebbe colto un fenomeno decisivo della mobilità in ZTL, cioè che il numero di utenti differenti che ogni giorno accede in ZTL, non è 92 590, ma poco meno di 60 000, e che quindi ciascuna targa accede più di 1.5 volte in ZTL durante il giorno. Inoltre la possibilità di conoscere se alla targa è associato un permesso, permette di rilevare i comportamenti dei vari individui e di individuarne le peculiarità, analizzando ad esempio come è distribuita la frequenza degli accessi, ovvero conoscere quanti accedono una, due o più volte, in quali orari avvengono i primi ingressi, i secondi, ecc. Non essendo un dato fondamentale ai fini di questo documento e per non compromettere la linearità espositiva, non vengono riportate tali valutazioni.

3.4 Sosta in ZTL

Per una analisi dello stato attuale della mobilità e capire il comportamento degli utenti è indispensabile esaminare la distribuzione della sosta. La prima distinzione, che coincide con le due scelte che coloro che accedono in ZTL con la finalità di sostarci possono operare, è tra i parcheggi a raso e i parcheggi in struttura.

3.4.1 Parcheggi a raso

I parcheggi a raso, cioè quelli sulla superficie stradale, sono distribuiti su tutta l'area della ZTL, escluse le aree pedonali vietate al transito e alla sosta dalle 0 alle

24 di tutti i giorni (compresi i festivi). Il pagamento della sosta è obbligatorio dalle 8:00 o alle 19:30 della sera e la tariffa per un'ora di sosta è 2.50€. Nella ZTL si contano 5 425 parcheggi disponibili come mostrato in Figura 8.

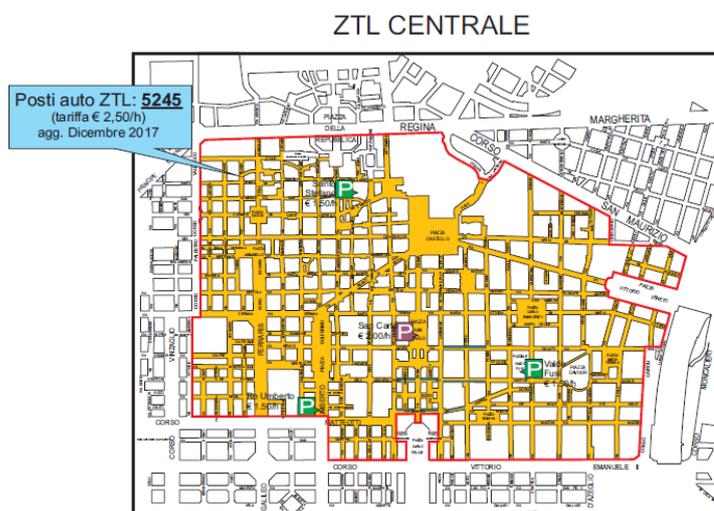


Figura 8 Parcheggi a raso interni alla ZTL (fonte:GTT)

Non sono soggetti a pagamento i veicoli i cui proprietari sono persone con disabilità abilitate o non abilitate alla guida, i quali hanno diritto al rilascio gratuito dei permessi *Invalidi H* e possono usufruire dei 314 stalli presenti nella ZTL. Il pagamento della sosta può essere effettuato tramite diverse modalità:

- *Parcometro*: pagamento effettuabile con tutti i tagli di moneta €/cent, Bancomat del circuito Maestro e carte di credito dei circuiti Visa e MasterCard. Vi sono due tipologie di parcometri uno denominato *Parkit* e un altro denominato *Strada*, entrambi forniscono il classico tagliando per la sosta
- *Rivendite autorizzate, personale addetto ai parcheggi e Centri di Servizi GTT*: i quali forniscono i *titoli cartacei* (voucher e carnet);
- *SostApp*: servizio di pagamento della sosta sulle *strisce blu* mediante cellulare o smartphone.

È importante considerare, che tali posti auto sono destinati sia a chi paga la sosta nelle cosiddette *strisce blu* sia ai possessori del permesso GTT destinato ai *residenti* e ai *dimoranti*. Tuttavia non è possibile tenere traccia delle soste dei

detentori del permesso ma soltanto di coloro che sostano pagando tramite *parcometri* o tramite *App*. Non è possibile sapere inoltre il reale andamento delle soste di coloro che acquistano i *titoli cartacei*, poiché spendibili a partire da qualsiasi momento dopo il loro acquisto, e delle soste che avvengono interamente fuori dall'orario 8:00-19:30, in quanto sono gratuite e non richiedono l'acquisto del tagliando. Così come per gli ingressi in ZTL anche per la sosta le valutazioni sono relative al giorno tipo *feriale scolastico*. I successivi paragrafi sono di presentazione dei dati acquisiti mentre il paragrafo 3.4.1.5 riporta i risultati ottenuti in seguito alle lavorazioni sugli stessi dati.

3.4.1.1 *Parcometri Parkit*

I dati relativi ai parcometri della tipologia *Parkit* forniti dalla GTT fanno riferimento al periodo marzo-dicembre 2017. Ciascun record del dataset è organizzato come in Tabella 18.

Tabella 18 Esempio di pagamento della sosta effettuato tramite parcometro Parkit

Macchina	876
Sito	1077
Indirizzo	Via Giolitti - Via Carlo Alberto
Data di inizio validità	01/06/2017 03.08
Data di fine validità	01/06/2017 09.19
Tipo	Valuta
Importo	€ 3.30
Numero di transazione Macchina	610
Durata pagato	1019
Minuti	79
Durata totale	6011
Minuti	371
Dati	Pagamento Utenza 1
Immatricolazione	-
Terminale CCC	-
Numero di transazione CCC	-

Ovvero ciascun record fa riferimento ad una singola sosta. Si è proceduto quindi al calcolo della media di *entrate* e *uscite* per fascia oraria (Tabella 21), prendendo in considerazione esclusivamente giorni *feriali scolastici*, dove per *entrate* e *uscite* si intende rispettivamente il numero di soste che hanno inizio e fine nella

fascia oraria considerata. I dati a disposizione hanno inoltre permesso il calcolo della durata media della sosta risultata essere pari a 75 minuti con un importo medio pagato di 2.53€. Si noti che l'importo medio pagato non corrisponde alla durata della sosta media moltiplicata per la tariffa oraria, in quanto la sosta può avere luogo in parte in orari in cui la sosta è gratuita.

3.4.1.2 *Parcometri Strada*

Come per i parcometri della tipologia *Parkit*, anche per i parcometri *Strada* la GTT ha fornito i dati relativi alle singole soste (Tabella 19), per il periodo gennaio-dicembre 2017.

Tabella 19 Esempio di pagamento della sosta effettuato tramite parcometro Strada

Codice parcometro	2043
Income	€ 1.00
Tipo di pagamento	Monete
Circuito	T3
Desc.	2043 - v. BERTOLA.v. S. DALMAZ. FR. N° 24
Utente	Utente 1
Tempo totale	01g 03o 14m 53s
Tempo pagato	24m 01s
Data (Fuso orario parcometro)	01/11/17 - 5.09

Si è potuto ricavare quindi l'aggregazione per fascia oraria di inizio e fine sosta e la media per il giorno ferialo scolastico (Tabella 21), la durata media della sosta (82 minuti) e l'importo medio pagato (2.37€).

3.4.1.3 *SostApp*

La Tabella 20 mostra l'esempio di un record relativo al dataset dei pagamenti della sosta tramite *App*.

Tabella 20 Esempio di pagamento della sosta effettuato tramite SostApp

id_sosta	460989100
inizio_sosta	23/2/17 14.38
fine_sosta	23/2/17 15.08
Importo	1.25
Zona	702

Il dataset contiene i pagamenti dell'intero 2017. Come nel caso dei parcometri i dati di inizio e fine sosta sono stati aggregati per fascia oraria e mediati (Tabella 21), sono stati calcolati durata media della sosta, pari a 74 minuti, e importo medio pagato, 3.05€.

3.4.1.4 Titoli cartacei

La GTT, per le soste pagate con *titoli cartacei*, ha fornito i dati di incasso differenziati per tipologia di titolo, per l'intero anno 2017 e nello specifico per i mesi del bimestre luglio-agosto (Figura 9).

ANNO 2017			
DOCUMENTO	TARIFFA	INCASSO	INCASSO
		IVA INCLUSA	IVA ESCLUSA
VOUCHER ZONA CENTRALE	2,50	153.755	126.029
CARNET 10 VOUCHER ZONA CENTRALE	22,50	136.058	111.523
GIORN. ZONA CENTRALE	17,00	68.255	55.947
TRIMESTRALE TARIFFA CENTRALE	395,00	11.850	9.713
ANNUALE TARIFFA CENTRALE	1.385,00	19.390	15.893
CARNET 4 SETT. TAR. CENTRALE 45 ORE	125,00	4.250	3.484
CARNET 10 SETT. TAR. CENTRALE 45 ORE	255,00	11.475	9.406
TOTALI		405.033	331.994

PERIODO LUGLIO-AGOSTO			
DOCUMENTO	TARIFFA	INCASSO	INCASSO
		IVA INCLUSA	IVA ESCLUSA
VOUCHER ZONA CENTRALE	2,50	14.045	11.512
CARNET 10 VOUCHER ZONA CENTRALE	22,50	9.518	7.801
GIORN. ZONA CENTRALE	17,00	5.457	4.473
TRIMESTRALE TARIFFA CENTRALE	395,00	1.185	971
ANNUALE TARIFFA CENTRALE	1.385,00	1.385	1.135
CARNET 4 SETT. TAR. CENTRALE 45 ORE	125,00	635	520
CARNET 10 SETT. TAR. CENTRALE 45 ORE	255,00	1.785	1.463
TOTALI		34.010	27.877

Figura 9 Dati di incasso da titoli cartacei per il pagamento della sosta

Avendo focalizzato l'analisi sul giorno tipo *feriale scolastico*, ai dati annuali sono stati sottratti i dati dei due mesi estivi. Si è poi proceduto con una serie di assunzioni per stimare un flusso orario di parcheggi con pagamento cartaceo. Le assunzioni fatte sono:

- sosta media pari a 75 minuti;
- i possessori dei titoli trimestrali, annuali e giornaliero sostano una volta per ogni giorno di validità del proprio titolo;
- i tassi di ingresso e uscita per fascia oraria sono una media di quelli relativi alle soste a raso effettuati con le altre forme di pagamento.

I risultati in termini di *entrate* e *uscite* medie per fascia oraria, ovvero inizio e fine sosta sono mostrati in Tabella 21.

3.4.1.5 Risultati

La Tabella 21 riassume i dati delle diverse forme di pagamento per i parcheggi a raso, dove i flussi di *entrata* sono quindi il numero di individui che hanno parcheggiato il proprio mezzo e i flussi di *uscita* rappresentano il numero di individui che lasciano il parcheggio nell'arco di una specifica ora. La Figura 10 fornisce una visualizzazione grafica dell'andamento medio di tali soste lungo l'arco della giornata.

Tabella 21 Numero di entrate ed uscite, per le diverse modalità di pagamento, per i parcheggi a raso

Fascia Oraria	APP		PARKIT		STRADA		TITOLI CARTACEI		TOTALE	
	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite
00:00/01:00	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0
01:00/02:00	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
06:00/07:00	1	0	3	0	2	0	1	0	6	0
07:00/08:00	4	6	12	1	15	1	4	0	34	7
08:00/09:00	19	15	29	42	39	45	10	15	98	117

09:00/10:00	26	25	52	37	66	47	17	13	162	121
10:00/11:00	58	53	161	60	232	80	57	20	508	213
11:00/12:00	66	63	175	169	261	256	63	61	564	549
12:00/13:00	63	55	149	164	204	237	51	58	466	514
13:00/14:00	58	61	133	136	193	191	47	47	431	434
14:00/15:00	62	59	149	137	214	195	53	47	477	438
15:00/16:00	61	65	161	150	226	217	56	53	505	484
16:00/17:00	60	63	157	164	212	229	54	57	483	513
17:00/18:00	54	57	138	159	184	216	47	54	424	486
18:00/19:00	38	49	93	140	105	182	29	47	265	418
19:00/20:00	5	3	12	74	11	79	3	22	32	178
20:00/21:00	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0
21:00/22:00	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
22:00/23:00	0	0	1	0	2	0	0	0	4	0
23:00/00:00	0	1	2	0	2	0	1	0	5	1
Totale	577	578	1 431	1 431	1 975	1 974	494	494	4 476	4 476

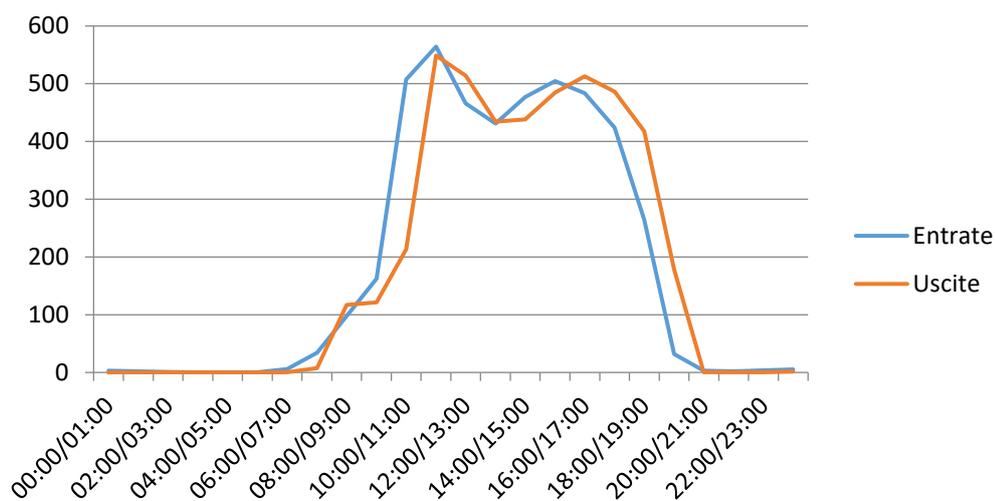


Figura 10 Andamento soste nei parcheggi a raso

Ponderando le durate medie calcolate ai punti precedenti con i volumi di sosta generati da ciascuna forma di pagamento (esclusi i titoli cartacei), si è ricavata una sosta media di 79 minuti e un importo medio pagato di 2.53€. Questo dato è qualitativamente individuabile anche dalla Figura 10, nella quale le due curve hanno un profilo simile ma la curva delle *uscite* è tendenzialmente traslata rispetto alla curva degli *ingressi*. Nell'arco di un'intera giornata *feriale scolastica*

mediamente il flusso di *ingresso* dei parcheggi a raso pari al flusso di *uscita* è 4 476 veicoli. I dati forniti dalla GTT sono stati anche utilizzati per la stima dell'*occupazione media* dei parcheggi nelle diverse fasce orarie. La stima è stata ottenuta tramite i seguenti passi:

- calcolo della media di soste attive alla 8:00 di ciascun giorno feriale scolastico per le diverse forme di pagamento; ovvero il numero medio delle soste con inizio sosta prima delle 8:00 del mattino e fine sosta dopo le 8:00 (per i titoli cartacei è stata effettuata un stima in base ai volumi dato che non c'è il dato puntuale dei pagamenti): il dato rappresenta lo *stock* di auto parcheggiate a pagamento alle 8:00 del mattino;
- somma dei flussi in ingresso, al netto dei flussi in uscita, avvenuti nelle successive fasce orarie: si ricavano i dati di *stock* all'inizio e alla fine di ciascuna fascia oraria;
- calcolo della media tra *stock* iniziale e finale per ciascuna fascia oraria: si ottiene l'*occupazione media* per ciascuna fascia oraria.

La Figura 11 mostra i risultati. Sono riportate soltanto le stime per la fascia 8:00-20:00 in quanto è la fascia in cui vige la sosta a pagamento e l'*occupazione media* si riferisce soltanto ai veicoli che hanno pagato la sosta. Questa è peraltro solo una parte del totale: come già affermato, alle auto paganti si sommano i detentori di permesso di parcheggio e le soste evase.

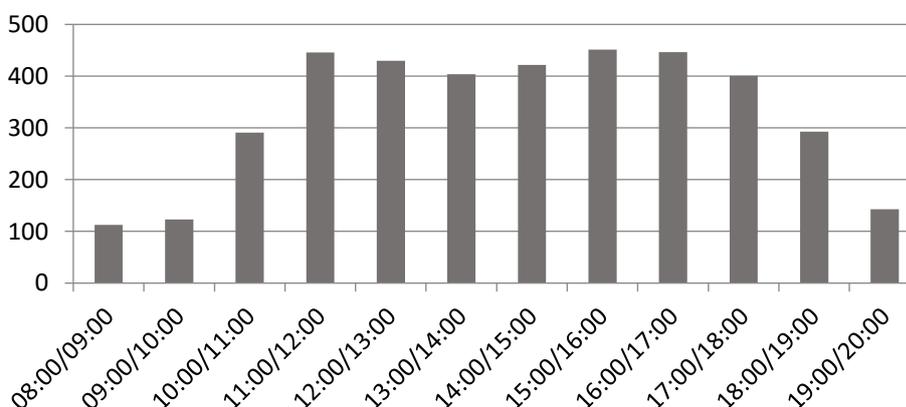


Figura 11 Occupazione media parcheggi a raso

I dati di *stock*, mostrano come prevedibile un forte aumento dei veicoli in sosta nelle ore immediatamente successive agli orari di apertura della ZTL, che persiste attestandosi attorno alle 400-450 unità in tutte le ore pomeridiane fino alle 19:00. Se ne ricava che il parcheggio a pagamento rappresenta non più del 10% degli spazi disponibili lungo tutta la giornata.

3.4.2 Parcheggi in struttura

I parcheggi in struttura interni alla ZTL, sono sette, con una *capienza* complessiva di 2 689 posti, che in realtà si riduce a 2 503 di *capienza effettiva*. La Tabella 22 riporta l'elenco dei parcheggi, la relativa *capienza*, l'ente che gestisce il parcheggio e le vie di accesso al parcheggio.

Tabella 22 Parcheggi interni alla ZTL

Parcheggi interni alla ZTL	Capienza	Gestore	Accessi
Valdo Fusi	458 (436)	GTT	Via Giolitti e Via Cavour
Santo Stefano	377 (343)	GTT	Via Porta Palatina
Roma-San Carlo-Castello Bodoni	802 (784)	GTT	Piazza Castello ang. via Viotti ,Via Gobetti e Piazza Carlo Felice
Bodoni	468 (459)	ACI	Piazza Bodoni
Emanuele Filiberto	210 (107)	APCOA	Piazza E. Filiberto
Cernaia	94 (94)	Best in Parking	Corso Galileo Ferraris incrocio Via Davide Bertolotti
Giolitti	280 (280)	ACI	Via Giolitti
TOTALE	2 689 (2 503)		

GTT ha fornito i dati riguardo *entrate* e *uscite* dai parcheggi che gestisce. Per il parcheggio Roma-San Carlo-Castello i dati sono relativi ai mesi di febbraio e marzo 2018 mentre per i parcheggi Valdo Fusi e Santo Stefano i dati sono relativi al semestre ottobre 2017-marzo 2018. Le *entrate* e le *uscite* sono aggregate per ora e si riferiscono alla somma settimanale di quelli avvenuti nei giorni feriali (esempio in Tabella 23) e separatamente i dati relativi al sabato e alla domenica.

Tabella 23 Esempio dati relativi ai giorni 11-15 Dicembre per il parcheggio Valdo Fusi (fonte: GTT)

Ora	Entrate	Uscite
1	17	187
2	14	38
3	3	16
4	1	1
5	0	6
6	6	1
7	66	23
8	288	119
9	611	262
10	538	251
11	583	142
12	581	345
13	390	461
14	398	367
15	492	416
16	484	483
17	480	556
18	433	655
19	538	721
20	660	693
21	775	365
22	208	317
23	117	469
24	75	564

Avendo preso come oggetto di studio il giorno tipo *feriale scolastico*, si è proceduto mediando i valori relativi ai giorni *feriali* tralasciando il sabato e la domenica, per i tre parcheggi gestiti da GTT (Tabella 24).

Tabella 24 Flussi di entrata ed uscita medi per i parcheggi gestiti da GTT.

Fascia Oraria	San Carlo-Roma-Castello		Santo Stefano		Valdo Fusi	
	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite
00:00/01:00	4	39	3	11	3	30
01:00/02:00	1	8	1	3	2	8
02:00/03:00	0	2	1	1	1	2
03:00/04:00	0	0	0	0	0	1

04:00/05:00	0	0	0	0	0	1
05:00/06:00	3	2	0	1	1	1
06:00/07:00	13	5	2	2	12	3
07:00/08:00	86	46	41	12	55	26
08:00/09:00	316	105	105	25	108	48
09:00/10:00	319	135	66	20	88	42
10:00/11:00	252	154	60	23	90	27
11:00/12:00	176	183	58	39	99	56
12:00/13:00	191	200	44	48	69	74
13:00/14:00	170	179	37	39	70	63
14:00/15:00	197	189	34	48	82	75
15:00/16:00	213	210	35	51	82	78
16:00/17:00	193	228	32	75	81	92
17:00/18:00	172	292	30	77	75	114
18:00/19:00	180	302	31	63	69	129
19:00/20:00	187	235	42	48	78	115
20:00/21:00	160	100	59	24	120	49
21:00/22:00	55	78	24	18	52	41
22:00/23:00	23	132	8	32	24	71
23:00/00:00	11	106	6	35	14	84
Totale	2 921	2 931	718	697	1 278	1 230

Non potendo reperire gli stessi dati per i parcheggi gestiti da ACI, APCOA e Best in Parking si è proceduto operando una stima. La stima (Tabella 25) è stata effettuata seguendo i seguenti passi:

- calcolo del tasso di *ingresso* e di *uscita* per ciascuna fascia oraria, per i parcheggi conosciuti, rispettivamente come rapporto tra flussi in *entrata* e capienza e flussi in *uscita* e capienza;
- calcolo della media dei tassi dei tre parcheggi di cui si hanno a disposizione dati storici, per ciascuna fascia oraria;
- calcolo delle stime per ciascuno dei quattro parcheggi non gestiti da GTT, come prodotto tra i coefficienti calcolati al punto precedente e la *capienza (effettiva)* del parcheggio considerato.

Tabella 25 Stima dei flussi in entrata ed uscita per i parcheggi non gestiti da GTT

	Bodoni	Emanuele Filiberto	Cernaia	Giolitti
--	---------------	---------------------------	----------------	-----------------

Fascia Oraria	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite
00:00/01:00	3	23	1	5	1	5	2	14
01:00/02:00	2	6	0	1	0	1	1	3
02:00/03:00	1	2	0	0	0	0	0	1
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	1	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	1	1	0	0	0	0	1	1
06:00/07:00	8	3	2	1	2	1	5	2
07:00/08:00	54	23	13	5	11	5	33	14
08:00/09:00	146	49	34	11	30	10	89	30
09:00/10:00	123	50	29	12	25	10	75	31
10:00/11:00	108	50	25	12	22	10	66	31
11:00/12:00	95	73	22	17	19	15	58	44
12:00/13:00	81	86	19	20	17	18	49	53
13:00/14:00	74	75	17	17	15	15	45	45
14:00/15:00	82	85	19	20	17	17	50	52
15:00/16:00	86	91	20	21	18	19	53	56
16:00/17:00	80	110	19	26	16	23	49	67
17:00/18:00	74	131	17	31	15	27	45	80
18:00/19:00	73	132	17	31	15	27	45	81
19:00/20:00	83	108	19	25	17	22	50	66
20:00/21:00	100	47	23	11	20	10	61	29
21:00/22:00	40	38	9	9	8	8	24	23
22:00/23:00	16	65	4	15	3	13	10	40
23:00/00:00	10	66	2	15	2	13	6	40
Totale	1 339	1 315	312	306	274	269	817	802

La Tabella 26 sintetizza i dati delle sette strutture e la Figura 12 ne mostra l'andamento.

Tabella 26 Flussi di entrata ed uscita per i parcheggi in struttura interni alla ZTL

Fascia Oraria	Entrate	Uscite
00:00/01:00	17	127
01:00/02:00	8	30
02:00/03:00	3	9
03:00/04:00	1	2
04:00/05:00	1	3
05:00/06:00	6	6
06:00/07:00	43	16
07:00/08:00	293	132

08:00/09:00	829	278
09:00/10:00	724	300
10:00/11:00	623	308
11:00/12:00	526	426
12:00/13:00	469	498
13:00/14:00	428	434
14:00/15:00	481	486
15:00/16:00	507	526
16:00/17:00	471	620
17:00/18:00	429	752
18:00/19:00	430	766
19:00/20:00	476	619
20:00/21:00	542	269
21:00/22:00	212	215
22:00/23:00	89	369
23:00/00:00	51	359
Totale	7 660	7 551

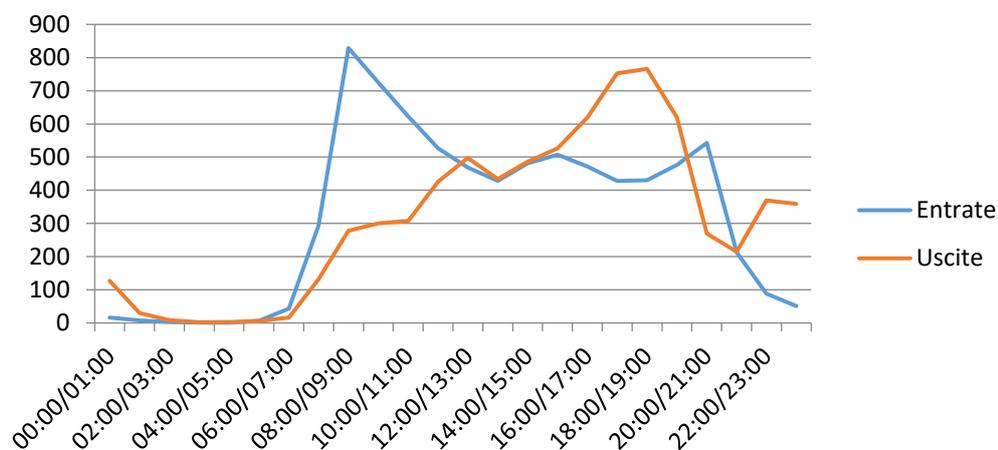


Figura 12 Andamento di entrate ed uscite dai parcheggi in struttura

Ipotizzando inoltre un tasso di *ingresso* e *uscita* uniforme all'interno della fascia oraria si è calcolato il tempo di sosta medio che è risultato essere di 90 minuti.

Dalla Figura 12 si può notare un picco degli *ingressi* nei parcheggi in struttura al mattino, in corrispondenza dell'inizio della giornata lavorativa, flusso che dopo il picco iniziale risulta essere costante nell'arco della giornata e sostanzialmente nullo nelle ore precedenti al picco. Il flusso di *uscita* mostra il suo picco in

corrispondenza della fine della giornata lavorativa. Sembrerebbe dunque che, con proporzione superiore di quanto si verifica per i parcheggi a raso, il parcheggio in struttura sia utilizzato da individui che si trattengono all'interno dell'area ZTL per l'intera giornata lavorativa. Ciò è confermato dal tempo medio di sosta più elevato di oltre dieci minuti. Nell'arco di un'intera giornata feriale scolastica mediamente il flusso di *ingresso* nei parcheggi in struttura è pari a 7 660 veicoli, invece il flusso di *uscita* è di 7 551 veicoli.

Si tenga in mente, in ottica di considerazioni successive, che il flusso totale di *entrata* dei parcheggi comprende coloro che detengono un permesso *ABBONATI* (avendo questi diritto a un parcheggio, ma conteggiati nei flussi di entrata) e coloro inclusi tra gli *esenti a posteriori* (coloro che hanno parcheggiato dentro la ZTL nella fascia oraria 7:30-10:30 senza avere un permesso, ma compilando l'apposito modulo evitano la multa).

Oltre ai dati di *flusso*, è importante analizzare i dati di *stock*, ovvero quanti posti auto sono occupati durante l'arco della giornata. Per i parcheggi in struttura 5T ha fornito dati attendibili per i parcheggi San Carlo-Roma-Castello, Santo Stefano, Valdo Fusi, Bodoni e Emanuele Filiberto mentre per i parcheggi Giolitti e Cernaia i dati non sono significativi. Per questi ultimi due parcheggi si è proceduto tramite una stima dell'occupazione per fascia oraria come *occupazione media* degli altri parcheggi. I dati in mano alla 5T sono forniti dagli stessi gestori che comunicano il dato dei posti disponibili e occupati ogni 5 minuti. Si è proceduto quindi ad una aggregazione per mezzora per visualizzare appropriatamente i risultati, e si è calcolata una media, per il giorno tipo *feriale scolastico*, prendendo le serie storiche a partire da gennaio 2017 fino a aprile 2018. Come si può notare dalla Figura 13 la capacità totale dei parcheggi in struttura non viene saturata completamente, ma viene occupata, tra la tarda mattina e la fine della giornata lavorativa, con quote anche superiori all'80%. Il pattern dell'occupazione è simile a quello dei parcheggi a raso, ma cresce più gradualmente subito dalla prima mattina, oltre a presentare un picco serale (dopo le 20:30), che data la loro gratuità non è riscontrabile per i parcheggi a raso.

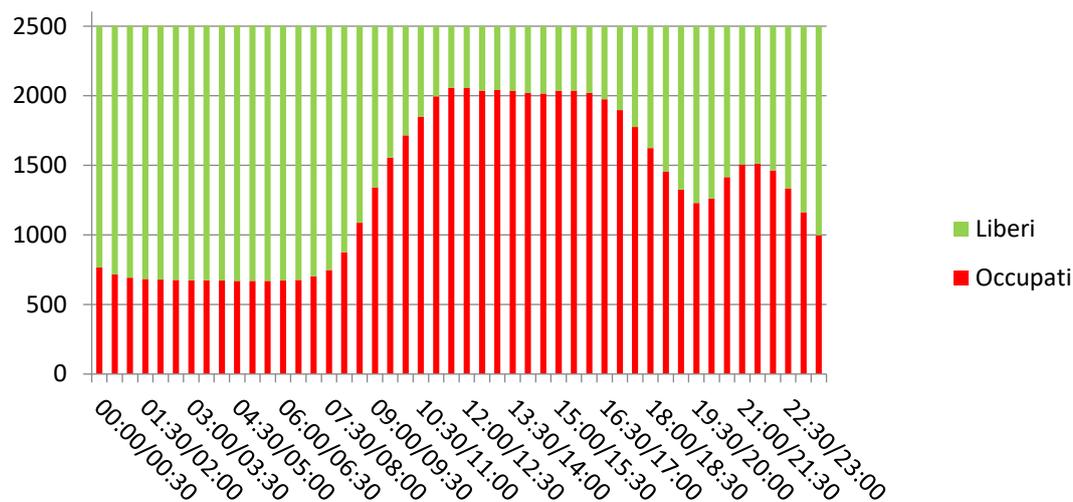


Figura 13 Occupazione media parcheggi in struttura

3.4.3 Riepilogo Parcheggi

La Tabella 27 mostra come sono ripartite le soste a pagamento all'interno della ZTL. Le strutture nonostante abbiano una *capacità*, in termini di posti auto, molto minore rispetto ai posti auto cosiddette *strisce blu*, generano un numero di soste a pagamento molto maggiore. Ciò è dovuto al fatto già citato che nei parcheggi a raso hanno diritto alla sosta i possessori dei permessi GTT *residenti e dimoranti*, che sono pari a 13 808 (Tabella 10).

Tabella 27 Soste giornaliere

Tipologia parcheggio		Entrate giornaliere	
Struttura		7 660	
	San Carlo-Roma-Castello		2 921
	Santo Stefano		718
	Valdo Fusi		1 278
	Bodoni		1 339
	Emanuele Filiberto		312
	Cernaia		274
	Giolitti		817
Superficie		4 477	
	Parcometri		3 406
	<i>di cui</i>	<i>Strada</i>	1 975
		<i>Parkit</i>	1 431

	App	577
	Titoli Cartacei	494
Totale		12 136

Le Figure 14 e 15 mostrano l'andamento di inizio e fine sosta, mentre i dati puntuali sulle quantità sono mostrati in Appendice A 5. Entrambi mostrano due picchi di cui uno più marcato. L'inizio sosta ha un picco maggiore nella fascia oraria 10:00-11:00, con circa 1 130 utenti che sostano, e un altro picco di minore entità nella fascia 15:00-16:00. La fine sosta ha un picco meno marcato nella fascia 12:00-13:00, e un picco massimo nella fascia 17:00-18:00, con in media 1 238 utenti che finiscono la sosta.

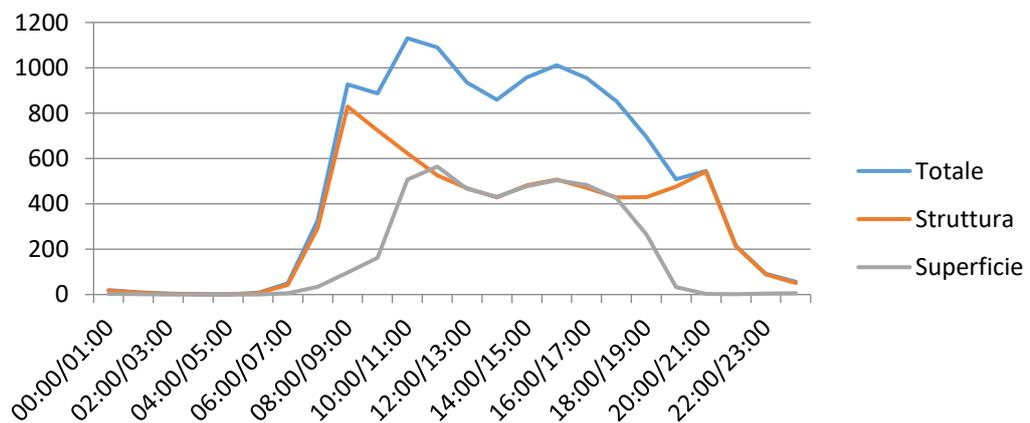


Figura 14 Andamento medio inizio sosta

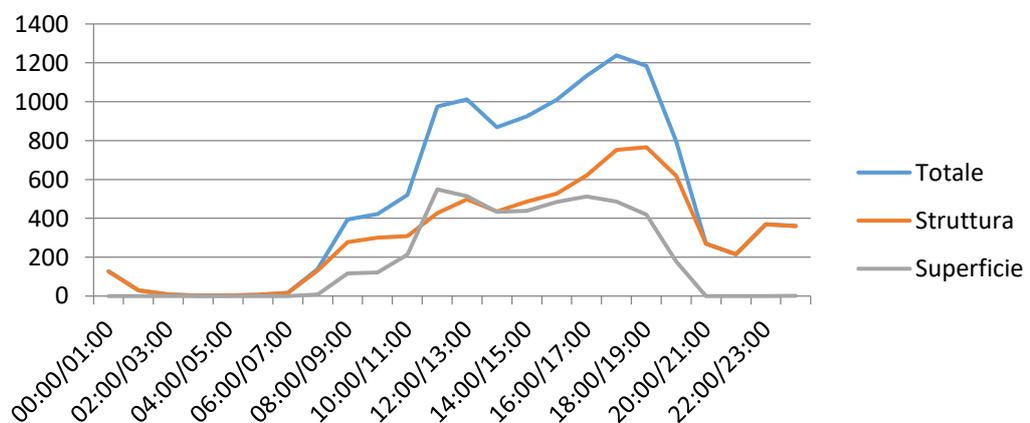


Figura 15 Andamento medio fine sosta

3.5 Uscite dalla ZTL

L'infrastruttura tecnologica legata alla ZTL non permette di rilevare le *uscite* dalla stessa, in quanto le telecamere presenti sono posizionate soltanto per captare le targhe in ingresso. Per acquisire tali informazioni 5T ha deciso di eseguire dei rilevamenti a campione, con apparecchiatura mobile, nelle giornate dal 28 giugno 2018 all'11 luglio 2018, su 11 uscite, ritenute più rilevanti (Figura 16).

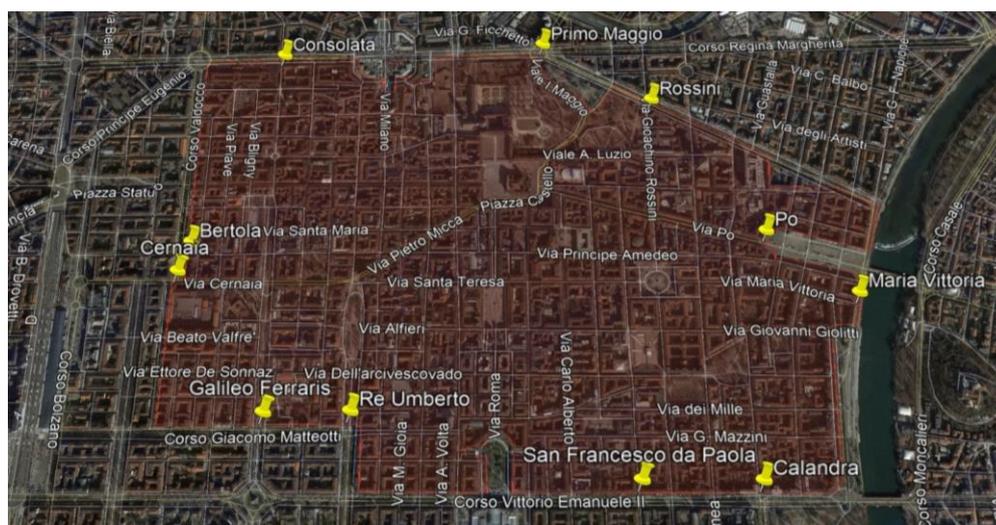


Figura 16 Uscite dalla ZTL monitorate (Immagine Google Earth)

Si noti che si trattano di giorni *feriali non scolastici*, tuttavia i risultati che si ottengono sono utilizzati per ottenere delle stime sul giorno tipo *feriale scolastico*. Questo implica un'approssimazione e la necessità di effettuare nuove rilevazioni, per correggere eventuali distorsioni. La Tabella 28 mostra il luogo, la data, gli orari e i volumi dei rilevamenti.

Tabella 28 Elenco rilevazioni

Uscita	Giorno	Ora inizio	Ora fine	Targhe rilevate
Re Umberto	28/06/2018	07.00	11.10	1 064
Primo Maggio	04/07/2018	07.35	10.57	474
Po	04/07/2018	07.39	10.44	185
Maria Vittoria	02/07/2018	07.49	10.54	39
Bertola	03/07/2018	07.58	11.02	270
Consolata	05/07/2018	08.17	12.34	1 800
Calandra	10/07/2018	08.30	12.30	982
Galileo Ferraris	06/07/2018	08.30	12.30	998

Cernaia	06/07/2018	08.37	12.28	581
Rossini	09/07/2018	08.59	13.00	443
Re Umberto	02/07/2018	11.57	15.32	1 147
Consolata	09/07/2018	15.39	19.31	1 186
Bertola	05/07/2018	15.50	19.32	675
Primo Maggio	05/07/2018	15.58	19.39	856
San Francesco da Paola	02/07/2018	16.00	17.54	411
Calandra	09/07/2018	16.06	19.51	1 067
Cernaia	04/07/2018	16.07	18.04	406
Galileo Ferraris	10/07/2018	16.24	19.26	1 156
Po	10/07/2018	16.30	19.30	495
Rossini	02/07/2018	16.47	19.16	348

Le rilevazioni hanno come fine quello di indagare quale sia il *traffico di attraversamento*, ovvero coloro che attraversano la ZTL senza sostare all'interno. Si è quindi proceduto all'incrocio tra i dati delle targhe in uscita e i dati delle targhe in ingresso. In particolare per le targhe il cui ingresso è avvenuto al massimo 15 minuti prima dell'uscita, ritenuto appunto *traffico di attraversamento*, si hanno i dati circa l'eventuale permesso posseduto, il varco di ingresso e l'orario di ingresso in ZTL (Tabella 29).

Tabella 29 Esempio rilevazione targa

Uscita	Primo Maggio
Targa	0xB0F20C7C9BF58C7171CE198F00C59583
Codice permesso	24
Data e ora di ingresso	2018-07-04 09:32:08.000
Data e ora di uscita	2018-07-04 09:42:27.000
Numero varco	5
Tipo varco	2
Varco ingresso	Roma
Tempo di attraversamento	619

Naturalmente per avere tutti gli *attraversamenti* in una specifica fascia oraria sarebbe necessario sommare tutti i passaggi in uscita da un qualsiasi varco. Nel caso in questione, nelle fasce orarie 8:59-10:30 (orario che ricade interamente all'interno della ZTL) e 16:47-17:54 (non influenzata dai divieti imposti dalla

ZTL) è stato possibile sovrapporre i rilevamenti in uscita da tutte le uscite identificate (tranne per l'uscita *Maria Vittoria* dove il flusso è poco significativo), anche se in giornate differenti. Poiché passaggi in uscita e percorsi di attraversamento nei diversi giorni non sono assimilabili a un fenomeno stazionario, i limiti della campagna di rilevamento effettuata si traducono in volumi complessivi imprecisi. Tuttavia tali dati, essendo stati acquisiti a campione, sono utili per individuare la composizione percentuale dei transiti e non il valore assoluto degli stessi.

I dati grezzi provenienti dalle rilevazioni sono stati così ripuliti:

- gli *attraversamenti* con varco d'ingresso coincidente con l'uscita con tempo di attraversamento inferiore al minuto vengono eliminati, in quanto probabilmente sono targhe rilevate in uscita, ma che in realtà stavano accedendo alla ZTL, e quindi si tratta di un errore nella rilevazione;
- targhe ripetute, ovvero rilevate in uscita più volte nel giro di pochi secondi, vengono considerate una sola volta;
- le rilevazioni con varco di ingresso coincidente con l'uscita non sono considerati *attraversamenti*;
- transiti con tempo di attraversamento (anche se minore ai 15 minuti) di molto maggiore al tempo teorico di attraversamento non vengono considerati come *attraversamenti*.

La Tabella 30 mostra i risultati, dove gli *attraversamenti ZTL Ordinaria* indica il numero di viaggi interni alla ZTL inferiori ai 15 minuti che hanno origine da un varco della ZTL ordinaria.

Tabella 30 Targhe rilevate e attraversamenti per le fasce orarie 8:59-10:30 e 16:47-17:54

	8:59-10:30	16:47-17:54
Targhe rilevate	2 116	2 183
Attraversamenti totali	849	942
Attraversamenti ZTL Ordinaria	670	880

La Tabella 31, specifica per gli attraversamenti ZTL Ordinaria la tipologia di permesso, se lo possiedono, degli utenti. Si noti che nella fascia oraria 8:59-10:30 la percentuale di coloro che non possiedono un permesso è molto più bassa rispetto alla fascia oraria 16:47-17:54, in quanto essendo attiva la ZTL questi sono passibili di multa. Si è inoltre calcolato il tempo medio degli attraversamenti che è risultato essere 4.9 minuti per la fascia mattutina e 5.2 minuti per la fascia pomeridiana.

Tabella 31 Attraversamenti ZTL ordinaria per codice permesso

Categoria	Codice	8:59-10:30	%	16:47-17:54	%
VERDE	2	3	0.45%	2	0.23%
INVALIDI "H"	5	65	9.70%	33	3.75%
BLU A	7	104	15.52%	33	3.75%
BLU B	8	2	0.30%		0.00%
CANTIERE	9	3	0.45%	1	0.11%
SCUOLE	19	7	1.04%	4	0.45%
ARANCIONE	20	59	8.81%	21	2.39%
LILLA	21	1	0.15%		0.00%
BLU	22	16	2.39%	10	1.14%
GTT Parcheggio per residenti in ZTL	24	156	23.28%	78	8.86%
GTT Parcheggio per dimoranti in ZTL	25	10	1.49%	3	0.34%
ABBONATI PARCHEGGI	26	1	0.15%	1	0.11%
Trasporto pubblico	101	32	4.78%	3	0.34%
Veicoli di assistenza e manutenzione	102	1	0.15%		0.00%
Taxi	104	78	11.64%	18	2.05%
Veicoli di trasporto collettivo di persona	106	5	0.75%		0.00%
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	109	4	0.60%	1	0.11%
Veicoli di servizio degli enti pubblici	110	9	1.34%		0.00%
Veicoli dell'Azienda Regionale per la Prot. Civile	111	3	0.45%		0.00%
Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	113	4	0.60%		0.00%
Car Sharing	114	15	2.24%	4	0.45%
Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	116		0.00%	1	0.11%
Veicoli delle Poste Italiane e concessionari	117	2	0.30%	2	0.23%
Veicoli per la raccolta rifiuti	118	2	0.30%		0.00%
Auto particolari	122	6	0.90%		0.00%
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	150	4	0.60%	3	0.34%
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	152	1	0.15%		0.00%
Senza Permesso		77	11.49%	662	75.23%
Totale		670	100.00%	880	100.00%

4 Possibili impatti del Road Pricing

Lo scopo del seguente capitolo è la generazione di possibili *scenari futuri* di mobilità urbana, riguardo l'ipotesi di introduzione di una policy di *road pricing*, specificatamente di tipo *Cordon Toll*, applicata all'area della attuale ZTL Torinese. In quest'ottica è necessario identificare le principali tipologie di utenti che accedono attualmente alla ZTL, associate a diverse finalità/comportamenti e che si presume quindi possano determinare condotte ed effetti distinti una volta introdotto il meccanismo di *road pricing*. Le stime che seguono fanno riferimento alla fascia oraria 11:00-20:00. I motivi di tale scelta sono che la fascia oraria in questione:

- non è influenzata, in modo rilevante, dall'attuale policy di limitazione del traffico;
- rientra nella fascia oraria in cui una nuova ipotetica policy di *road pricing* sarebbe attiva;
- tranne per l'intervallo 19:30-20:00, è attiva la sosta a pagamento, e quindi si hanno informazioni su coloro che entrano in ZTL per sostarci.

4.1 Differenziazione della domanda di mobilità

La segmentazione della domanda che si è deciso di operare si basa su una doppia classificazione, la prima si basa sulla *tipologia* dell'utente, la seconda riguarda il *comportamento* dell'utente stesso ovvero la finalità del viaggio che l'utente intraprende all'interno della ZTL. Riguardo la prima classificazione, è utile ai fini della valutazione degli impatti distinguere tra:

- *Permesso con parcheggio*, include coloro che detengono un permesso di accesso alla zona centrale (durante l'orario di attivazione della ZTL) e possono sostare gratuitamente in essa o perché hanno un permesso che dà diritto anche alla sosta (dietro pagamento o gratuitamente) o perché sono in possesso di un posto auto privato. A tale categoria sono associati i possessori dei permessi: *ROSSO, VERDE, VIOLA, INVALIDI 'H', CANTIERE, ARANCIONE, LILLA, BLU, DISCO, GTT Parcheggi per residenti in ZTL, GTT*

Parcheeggi per dimoranti in ZTL, ABBONATI PARCHEGGI, SANITARIO, TRASPORTO PUBBLICO, VEICOLI DI ASSISTENZA E MANUTENZIONE, TAXI, VEICOLI DI TRASPORTO COLLETTIVO DI PERSONA, VEICOLI DELLA CITTÀ DI TORINO, FORZE ARMATE POLIZIA DI STATO CARABINIERI, VEICOLI DI SERVIZIO DEGLI ENTI PUBBLICI, VEICOLI DELL'AZIENDA REGIONALE PER LA PROT. CIVILE, VEICOLI DEI CONCESSIONARI DEI SERVIZI PUBBLICI, CAR SHARING, ISTITUTI DI VIGILANZA, CORPO DIPLOMATICO DELLA CITTÀ DEL VATICANO, VEICOLI DELLE POSTE ITALIANE E CONCESSIONARI, VEICOLI PER LA RACCOLTA RIFIUTI, VEP - MEZZI PESANTI, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO AREA VERDE VALENTINO, oltre al 20% dei possessori dei permessi BLU A, BLU B, AUTO PARTICOLARI, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO SOLO ZTL, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO ZTL + VIE RISERVATE, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO ZTL + VIE + CORSIE.

- *Permesso senza parcheggio*, include coloro che detengono un permesso di accesso alla zona centrale (durante l'orario di attivazione della ZTL), ma non il diritto a sostare gratuitamente, per cui se devono parcheggiare sono obbligati a pagare la sosta sulle *strisce blu* o la sosta in struttura. A tale categoria appartengono l'80% dei possessori dei permessi *BLU A, BLU B, AUTO PARTICOLARI, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO SOLO ZTL, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO ZTL + VIE RISERVATE, ESENTI A POSTERIORI - ACCESSO ZTL + VIE + CORSIE* e il 100% dei possessori dei permessi *FOTOCINE* e *SCUOLE*.
- *Senza Permesso*, ovvero coloro che non hanno nessun permesso né per l'accesso (negli orari di limitazione del traffico) né di sosta gratuita all'interno della ZTL.

Tali soggetti possono accedere alla ZTL per:

- *sostare a pagamento*: ovvero pagare la sosta su strisce blu o nei parcheggi in struttura (i soggetti appartenenti alla categoria *Permesso senza parcheggio* non assumeranno tale comportamento dato che possiedono il diritto a sostare gratuitamente);

- *sostare gratuitamente*: nelle *strisce blu* o in struttura, perché ne hanno il diritto, o perché evadono la sosta a pagamento oppure perché possiedono un posto auto privato;
- *attraversare la ZTL*: se la destinazione del viaggio non è interna alla ZTL.

La Tabella 32 riassume le diverse categorie presentate.

Tabella 32 Differenziazione della domanda di mobilità

Permesso con parcheggio	<i>Sosta gratuita</i>
	<i>Attraversamento</i>
Permessi senza parcheggio	<i>Sosta a pagamento</i>
	<i>Sosta gratuita</i>
Senza permesso	<i>Attraversamento</i>
	<i>Sosta a pagamento</i>
	<i>Sosta gratuita</i>
	<i>Attraversamento</i>

4.1.1 Ingressi in ZTL

Dai dati sugli ingressi medi, per fascia oraria, per tipologia di permesso (Appendice A 4) è possibile ricavare il numero di *ingressi* secondo la classificazione per tipologia di utente per la fascia oraria 11:00-20:00 (Tabella 33).

Tabella 33 Ingressi medi per la fascia 11:00-20:00

Categoria	Ingressi
Permesso con parcheggio	20 185
Permesso senza parcheggio	2 593
Senza permesso	33 148
Totale	55 927

Tuttavia come descritto nel capitolo precedente è indispensabile depurare il dato degli ingressi dal fenomeno degli *ingressi multipli*. Si è quindi proceduto calcolando i coefficienti (come in Tabella 16), per ciascuna tipologia di permesso,

Ingressi/ Ingressi netti e Ingressi netti/ Numero targhe per la fascia oraria 11:00-20:00 del 14 giugno 2018 (Appendice A 6). Tale operazione permette di stimare gli *Ingressi netti* e il *Numero targhe* per ciascuna tipologia di permesso (Appendice A 7) e quindi per ciascuna categoria di utente (Tabella 34).

Tabella 34 Ingressi netti e Numero targhe medi per la fascia 11:00-20:00

Categoria	Ingressi netti	Numero targhe
Permesso con parcheggio	18 084	12 383
Permesso senza parcheggio	2 333	1 733
Senza permesso	30 832	26 567
Totale	51 249	40 682

I *Senza permesso* rappresentano più del 60% del totale degli *Ingressi netti* e più del 65% del *Numero targhe*, mentre entrambe le percentuali sono inferiori al 5% se si fa riferimento alla categoria dei *Permesso senza parcheggio*.

È utile, anche ai fini di considerazioni successive, il calcolo dei fattori *Ingressi/ Ingressi netti* e *Ingressi netti/ Numero targhe* relativi alle tre categorie (Tabella 35). Tali rapporti confermano che il fenomeno degli *ingressi ripetuti* ha una maggiore entità per coloro che possiedono un permesso, ma che non è trascurabile per coloro che non lo possiedono.

Tabella 35 Ingressi/ Ingressi netti e Ingressi netti/ Numero targhe per la fascia 11:00-20:00

	Ingressi/Ingressi netti	Ingressi netti/Numero targhe
Permessi con parcheggio	1.1162	1.4604
Permessi senza parcheggio	1.1113	1.3462
Senza permesso	1.0751	1.1606

4.1.2 Soste a pagamento in ZTL

Lo scopo di questo paragrafo è quello di identificare le categorie *Permesso senza parcheggio-sosta a pagamento* e *Senza permesso-sosta a pagamento*, ovvero identificare il numero di *Ingressi netti* destinati alla *sosta a pagamento*, distinguendo tra chi ha un permesso e chi no. I dati presentati nella sezione 3.4.3

mostrano il numero di soste a pagamento durante l'arco della giornata; isolando la fascia oraria 11:00-20:00 si ottiene la somma delle due categorie ignote, a meno del fattore dei possessori del permesso *ABBONATI*. Questi infatti rientrano nei dati di ingresso ai parcheggi tuttavia hanno il diritto di sostare entro la ZTL e rientrano nella categoria *Permesso con parcheggio*. Assumendo che l'ingresso in ZTL dei possessori di questo titolo coincida con l'ingresso in un parcheggio in struttura, si ottiene che la sosta a pagamento dei *Permesso senza parcheggio* e dei *Senza permesso* segue l'andamento in Tabella 36 .

Tabella 36 Soste a pagamento per la fascia 11:00-20:00

Fascia oraria	Sosta a pagamento
11:00/12:00	1 079
12:00/13:00	931
13:00/14:00	855
14:00/15:00	957
15:00/16:00	1 011
16:00/17:00	946
17:00/18:00	847
18:00/19:00	692
19:00/20:00	505
Totale	7 823

Tuttavia non avendo a disposizione dati che indichino la natura degli utenti che sostano a pagamento, non è possibile distinguere tra coloro che sostano avendo un permesso e coloro che non lo possiedono. Bisogna quindi procedere per scenari:

- S1, scenario di massimo delle soste dei *Senza Permesso* (minimo delle soste dei *Permesso senza parcheggio*);
- S2, scenario di minimo delle soste dei *Senza Permesso* (massimo delle soste dei *Permesso senza parcheggio*);
- SM, scenario medio tra S1 e S2.

La Tabella 37 mostra i risultati degli scenari. L'ipotesi di lavoro che si assume per le valutazioni successive è quella relativa allo scenario medio, in quanto sembra essere il più rappresentativo della realtà. Il totale di 7 823 soste a pagamento

effettuate in media si divide in 6 657 soste effettuate da chi non ha un permesso e il restante da chi ha un permesso senza diritto alla sosta gratuita.

Tabella 37 Scenari di sosta

Scenario	Categoria	Sosta a pagamento
S1	Permesso senza parcheggio	0
	Senza permesso	7 823
S2	Permesso senza parcheggio	2 333
	Senza permesso	5 490
SM	Permesso senza parcheggio	1 166
	Senza permesso	6 657

4.1.3 Traffico di attraversamento

Per *attraversamenti* si intendono quei viaggi che hanno origine e destinazione al di fuori della ZTL, ma la cui rotta passa per la ZTL. L'unica fonte di dati per analizzare il fenomeno sono le rilevazioni presentate nel paragrafo 3.5. Come già esposto, l'utilizzo di questi dati per effettuare delle stime può essere rischioso in quanto si tratta di rilevazioni eseguite in un campione piuttosto ristretto, che peraltro fanno riferimento a giornate *feriali non scolastiche*. Inoltre, dato che l'obiettivo è stimare il flusso di attraversamento nella fascia oraria 11:00-20:00, sono utilizzabili soltanto i dati relativi alle rilevazioni pomeridiane (fascia 16:47-17:54). Le targhe rilevate nelle 10 vie di uscita monitorate sono risultate essere 2 183. Tuttavia queste uscite si riferiscono a targhe che potrebbero essere entrate da qualsiasi tipologia di varco. È necessario dunque stimare la parte di uscite che fanno riferimento a ingressi da ZTL Ordinaria. Si è proceduto quindi calcolando gli ingressi medi nel periodo gennaio-aprile 2018 riferiti a tutte le tipologie di varco di ingresso. Ne risulta che gli ingressi medi sono pari a 106 855 e che gli accessi da ZTL Ordinaria (92 590) siano pari all'86.65% degli ingressi totali. Ciò permette di stimare che le uscite rilevate riferite ad ingressi da ZTL ordinaria siano pari all'86.65% delle 2 183 targhe rilevate, ovvero 1 892. La Tabella 38 è l'aggregazione della Tabella 31 secondo la nuova classificazione di domanda, dove la percentuale è espressa sul totale delle auto rilevate in uscita con ingresso da ZTL Ordinaria (1 892).

Tabella 38 Attraversamenti rilevati

Categoria	Attraversamento	%
Permesso con parcheggio	185	9.79%
Permesso senza parcheggio	33	1.73%
Senza permesso	662	35.00%
Totale	880	46.52%

Si noti che il 46.52% del volume di traffico fa riferimento a un flusso di attraversamento. Ribaltando tali percentuali per il giorno *feriale scolastico* medio (fascia 11:00-20:00) si ottengono le stime in Tabella 39, che si riferiscono al numero di *Ingressi netti* finalizzati all'*attraversamento*.

Tabella 39 Stima del flusso di attraversamento nella fascia oraria 11:00-20:00

Categoria	Attraversamento
Permesso con parcheggio	5 018
Permesso senza parcheggio	889
Senza permesso	17 936
Totale	23 842

Dei 51 249 *Ingressi netti*, 23 842 sono *attraversamenti* e più del 75% di questi sono effettuati dai *Senza permesso*.

4.1.4 Sosta gratuita in ZTL

La categoria *sosta gratuita* è quella di più difficile identificazione e comprende soggetti con comportamenti diversi; ad esempio vi sono:

- coloro che evadono il pagamento della sosta,
- coloro che sostano in posti auto non autorizzati,
- coloro che sostano in un posto auto privato, proprio o di terzi,
- coloro che hanno diritto a sostare gratuitamente all'interno della ZTL.

La stima (Tabella 40) dei soggetti che assumono questo comportamento diviso per la classificazione tipica di questa sezione è effettuata per differenza. Ovvero sottraendo al totale di ogni categoria (Tabella 34), i valori ricavati per i

comportamenti di tipo *Sosta a pagamento* (Tabella 37) e *Attraversamenti* (Tabella 39).

Tabella 40 Stima di Ingressi netti destinati alla sosta gratuita

Categoria	Sosta gratuita
Permesso con parcheggio	13 066
Permesso senza parcheggio	278
Senza permesso	6 240
Totale	19 584

Gli ingressi destinati alla *sosta gratuita* sono circa il 38.21% del totale. Ovviamente i *Permesso con parcheggio* sono i più numerosi in questa categoria, mentre la quota dei *Permesso senza parcheggio* è inferiore al 2%.

4.1.5 Riepilogo Risultati

La Tabella 41, che riprende la Tabella 32 popolandola con le stime in termini di volumi di traffico, mette insieme i risultati ricavati nei paragrafi precedenti, nella colonna denominati *Ingressi netti*. La colonna *Numero targhe* è invece calcolata dividendo la colonna *Ingressi netti* per i rispettivi coefficienti *Ingressi netti/Numero targhe* (Tabella 35), cioè netta i valori degli *Ingressi netti* degli *ingressi multipli*.

Tabella 41 Ingressi netti e Numero targhe differenziati per le diverse categorie di domanda, nella fascia 11:00-20:00

Categoria		Ingressi netti	Numero targhe
Permesso con parcheggio	<i>Sosta gratuita</i>	13 066	8 947
	<i>Attraversamento</i>	5 018	3 436
Permesso senza parcheggio	<i>Sosta a pagamento</i>	1 167	867
	<i>Sosta gratuita</i>	278	206
	<i>Attraversamento</i>	889	660
Senza permesso	<i>Sosta a pagamento</i>	6 657	5 736
	<i>Sosta gratuita</i>	6 240	5 377
	<i>Attraversamento</i>	17 936	15 454
Totale		51 249	40 682

4.2 Scenari futuri

Come illustrato nel Capitolo 1, l'architettura di una policy di *road pricing* è differente a seconda degli obiettivi che l'Amministrazione Pubblica si pone e, viceversa, gli impatti sulla mobilità dipendono da come la policy è progettata e implementata. L'ipotesi di *road pricing* che si introduce in questo lavoro di tesi è un semplice ticket di ingresso in ZTL, valido per la fascia oraria 11:00-20:00, che oltre al diritto di accedere nell'area identificata, dà il diritto a sostare gratuitamente per un massimo di due ore all'interno della stessa. In realtà, un'applicazione di *road pricing* partirebbe verosimilmente dalle 7:30 e non dalle 11:00, andando a sostituire l'attuale policy di limitazione del traffico. I numeri della Tabella 41 stimano quindi i flussi su un sottoinsieme dell'intervallo di interesse: la copertura giornaliera del ticket manca infatti del periodo 7:30-11:00. In questo periodo entrano attualmente nella ZTL pochi soggetti *Senza permesso* (in media 362) durante l'intervallo di traffico limitato (7:30-10:30), e plausibilmente pagano una multa, più un picco di individui (circa 2 500) tra le 10:30 e le 11:00 che si concentrano nell'intervallo immediatamente successivo alla riapertura dell'area. Durante questa finestra di 3.5 ore, quindi, il traffico osservato è inutilizzabile a fini predittivi dato che l'introduzione del ticket cambia radicalmente la situazione. La migliore osservazione che è possibile fare al riguardo è che le stime sull'orizzonte dell'intera giornata potrebbero essere ricavate dalle stime in Tabella 33, considerando che i valori nella tabella considerano 9 ore sole rispetto all'intera giornata composta da 12.5 ore. Si tratterebbe quindi semplicemente di moltiplicare i dati per un fattore $12.5/9$, cioè circa 1.39.

Detto questo, effettuare delle previsioni sui comportamenti degli utenti è un compito arduo anche conoscendo nel dettaglio la struttura della policy, a maggior ragione in un contesto non definito sarebbe un esercizio inefficace e privo di ogni capacità predittiva. È invece utile ipotizzare degli scenari futuri di impatto plausibili, con differenti elasticità della domanda.

Gli scenari futuri che vengono proposti sono di tipo parametrico, cioè definiscono ex-ante differenti sensibilità per categorie distinte di domanda, e se ne valuta

l'effetto netto. Ciò a conferma del fatto che l'applicazione di politiche sul traffico urbano ha effetti non lineari e non uniformi sull'intera popolazione interessata. Si utilizzano quindi le ripartizioni operate nei paragrafi precedenti, assumendo che la configurazione dei permessi e delle esenzioni nel futuro rimanga la stessa. I soggetti dotati di un permesso ne potranno usufruire, e quindi non subiranno un impatto diretto dall'introduzione della policy. Ne segue che saranno coloro che appartengono alla categoria dei *Senza permesso* gli individui il cui comportamento risulterà modificato a seguito dell'introduzione del ticket d'ingresso. Il numero di individui non dotati di un permesso di accesso (e non aventi il diritto di sostare gratuitamente sulle strisce blu) che varcano il cordone della ZTL tra le 11:00 e le 20:00 in un giorno ferialo scolastico, suddiviso per le diverse tipologie di comportamento, è stato stimato nel paragrafo precedente e riportato nella Tabella 42.

Tabella 42 Ingressi netti e Numero targhe dei Senza permesso

Categoria	Ingressi netti	Numero targhe
(a) Sosta a pagamento	6 657	5 736
(b) Sosta gratuita	6 240	5 377
(c) Attraversamento	17 936	15 454
Totale	30 832	26 567

Per ciascuna categoria rappresentata in Tabella 42 si sono immaginate variazioni plausibili di domanda, coerenti con quello che potrebbe essere il comportamento degli individui a seguito dell'introduzione di un ticket: in termini tecnici si è supposta una particolare elasticità della domanda di traffico al prezzo per ciascun possibile tipo di viaggio. L'elasticità misura la variazione normalizzata di domanda per variazione unitaria del prezzo. Un'elasticità maggiore di 1 indica che una variazione percentuale unitaria del prezzo dello spostamento genera una variazione della quantità domandata proporzionalmente superiore all'unità percentuale. I casi internazionali riportati sono caratterizzati da peculiarità che non consentono confronti puntuali, ma che consentono di apprezzare esclusivamente l'ordine di grandezza dell'effetto. In generale quindi si osserva

un'elasticità con valori assoluti compresi tra 0.46 e 0.85 (paragrafo 1.3). Va notato altresì che queste misure di elasticità mediano l'elasticità di tutta l'eterogenea popolazione, mentre nell'analisi che segue si assumono elasticità differenti per differenti segmenti di individui.

Si può concludere che ci si aspetta reazioni ben differenziate dei soggetti all'introduzione del ticket. In particolare:

- i soggetti che *sostano e pagano* (a), rappresentano la parte di domanda di traffico meno influenzata dalla variazione di prezzo. È plausibile pensare che il comportamento del singolo individuo dipenda dal tempo di sosta in ZTL e dal numero di ingressi giornalieri. Maggiore è il tempo atteso di sosta (alla luce dell'ipotesi di concedere a colui che paga il ticket un periodo lungo di sosta compresa nel prezzo del ticket) e minore sarà l'incentivo a rinunciare all'ingresso a causa del prezzo di ingresso, e viceversa;
- i soggetti che *sostano e non pagano* (b), avranno un comportamento più variabile ed imprevedibile. Per definizione l'elasticità al prezzo del ticket di questi individui è maggiore, quale che sia la ragione per la quale essi non pagano la sosta. Anche per questi soggetti è comunque importante considerare il tempo atteso di sosta in relazione al tempo gratuito garantito dal ticket d'ingresso, nonché in numero atteso di ingressi lungo la giornata;
- i soggetti che *attraversano* (c), sono coloro più sensibili all'introduzione del ticket. Anche alla luce della dimensione sostanzialmente ridotta dell'area ZTL (e quindi il modesto aggravio di tempo per aggirare l'area con percorsi alternativi), ci si aspetta una riduzione degli ingressi di questi soggetti molto elevata.

In linea con queste considerazioni si sono realizzati tre scenari specifici. Per ciascuno scenario e per ogni tipologia di individuo sono riportati, in Tabella 43, gli effetti del ticket in termini di percentuali di ingressi che confermano lo spostamento, pagando il ticket. Gli scenari proposti ipotizzano una correlazione

positiva tra le elasticità nei diversi segmenti, cioè che gli scenari rappresentino rispettivamente effetti di alto, medio e basso impatto per tutte e tre le tipologie di spostamento.

- Lo scenario 1 riporta il caso di maggiore variazione di domanda, cioè, a seguito dell'imposizione di un ticket d'ingresso solamente il 50% dei soggetti di tipo (a) non modificheranno le proprie abitudini, continuando ad usufruire dell'accesso in ZTL, e analogamente per il 30% degli individui di tipo (b), e la completa scomparsa di accesso per gli individui di tipo (c).
- Lo scenario 2 è quello intermedio che rappresenta una permanenza della domanda di ingresso alla ZTL rispettivamente del 60%, 50% e 10% per gli individui di tipo (a), (b) e (c).
- Lo scenario 3 è quello a domanda di traffico è più anelastica. Le percentuali di permanenza salgono a 70%, 70% e 20% per gli individui di tipo (a), (b) e (c).

Tabella 43 Scenari proposti

Categoria	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Sosta a pagamento	50%	60%	70%
Sosta gratuita	30%	50%	70%
Attraversamento	0%	10%	20%

È ragionevole applicare queste percentuali agli individui (*Numero targhe*) e non agli ingressi, visto che il ticket consentirebbe l'accesso per l'intera giornata. Plausibilmente i soggetti che hanno maggiore incentivo a pagare sono quelli che si aspettano di accedere più volte nell'arco della giornata e dunque gli effetti dell'introduzione del ticket dovrebbero essere un incremento del numero di accessi medio. In Tabella 44 sono riportati gli effetti in termini di previsioni di differenti individui che accedono in ZTL.

Tabella 44 Targhe in ingresso in ZTL in seguito all'applicazione del road pricing

Categoria	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Sosta a pagamento	2 868	3 441	4 015
Sosta gratuita	1 613	2 688	3 764
Attraversamento	0	1 545	3 091
Totale	4 481	7 674	10 870

I dati ottenuti possono essere utilizzati, come si diceva, per ricavare degli ordini di grandezza della variazione del traffico dei veicoli privati all'interno della ZTL a seguito dell'introduzione del ticket di accesso. Si noti che se il ticket sarà giornaliero, il totale del *Numero targhe* rappresenta la stima del numero di ticket da pagare. In sintesi quindi, la stima proposta prevede un numero di targhe in ingresso su mezzo privato da parte di soggetti *Senza permesso*, nella fascia oraria 11:00-20:00, che scende da un totale dei circa 26 500 attuali a una stima di ticket pagati che potrebbe oscillare tra i 4 500 e gli 11 000, con un numero compreso tra 15 500 e 22 000 di soggetti che cambierebbero il proprio comportamento per non pagare il ticket giornaliero (Tabella 45).

Tabella 45 Scenari di Ticket venduti e Traffico deviato

	Ticket Venduti	Traffico 'deviato'
Scenario 1	4 481	22 086
Scenario 2	7 674	18 893
Scenario 3	10 870	15 697

Gli *Ingressi netti* dei *Senza permesso*, mantenendo lo stesso rapporto *Ingressi netti/Numero targhe*, si ridurrebbero a una quantità compresa tra 5 825 e 13 044 a cui corrisponderebbe una riduzione dei volumi di traffico totali, nella fascia 11:00-20:00, all'interno della ZTL, compresa tra il 34% e il 49%. Ciò significa che la riduzione sarebbe più marcata rispetto alle altre esperienze presentate e la motivazione potrebbe risiedere nella dimensione, significativamente minore, dell'area di applicazione.

5 Stima dei costi di congestione e inquinamento

In questo capitolo si vogliono stimare i *costi esterni* legati a congestione e inquinamento che si originano all'interno della ZTL. Le stime non possono essere puntuali, date le limitate disponibilità di dati e le difficoltà di tali valutazioni già elencate nel Capitolo 1. Dunque lo scopo è quello di dare un ordine di grandezza del fenomeno. Per fare ciò sono utilizzate le Tabelle 3 e 4 e i dati presentati nei paragrafi precedenti.

5.1 Congestione

Il fenomeno della congestione, già ampiamente descritto nel paragrafo 1.1.1.1, è la maggiore esternalità legata alla mobilità urbana, e i centri storici sono solitamente più colpiti da tale fenomeno. Tuttavia sembra non essere questo il caso di Torino. La funzione Traffico di Google Maps dà una panoramica della situazione sia del traffico in tempo reale che del traffico tipico. Quest'ultima funzione permette di conoscere la situazione del traffico veicolare medio, in un determinato giorno della settimana ad una determinata ora, in zone specifiche del globo. In particolare le strade assumono un determinato colore a seconda della situazione veicolare:

- verde: nessun ritardo dovuto al traffico;
- arancione: volume di traffico medio;
- rosso: ritardi dovuti al traffico; più scuro è il rosso, più ridotta è la velocità del traffico sulla strada.

La Figura 17 mostra le condizioni del traffico medio nella zona della ZTL torinese il lunedì alle ore 7:25, 10:40, 17:30 e 21:00. Tuttavia la situazione è sostanzialmente analoga per gli altri giorni feriali della settimana, e comunque non è mai sensibilmente peggiore del Lunedì alle 17:30. Si osserva che le strade assumono prevalentemente il colore arancione o verde e solo in piccoli tratti, al cordone della ZTL e non all'interno, il colore rosso. Ciò sembrerebbe dimostrare una capacità stradale che regge bene il carico dei volumi di traffico.

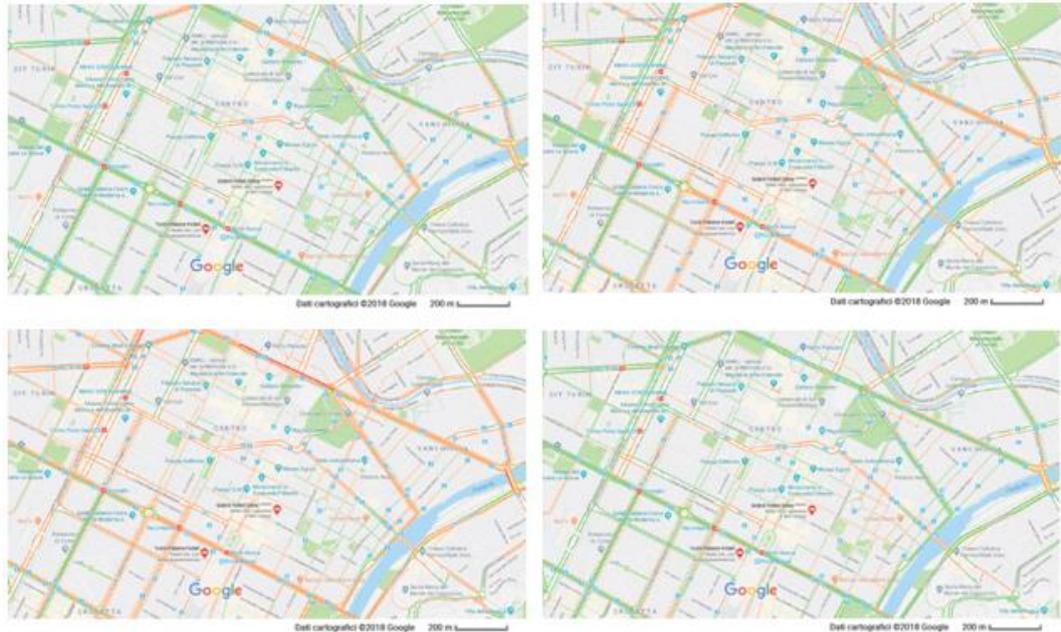


Figura 17 Situazione del traffico in ZTL, media del Lunedì, nelle ore: 7:25(alto a sinistra), 10:40 (alto a destra), 17:30 (basso a sinistra), 21:00 (basso a destra)

Tuttavia i costi esterni generati da un veicolo, non sono mai nulli nelle aree metropolitane a meno che si tratti di un'autostrada con flusso nullo (Tabella 3). Applicando le stime sui costi della congestione presentati in Tabella 3 al caso torinese è possibile ottenere una soglia minima ed una massima dei costi complessivi giornalieri legati alla congestione nella ZTL, applicando le seguenti formule:

$$C_{min} = c_{free\ flow} * d_m * n^{\circ}ingressi$$

$$C_{max} = c_{near\ capacity} * d_m * n^{\circ}ingressi$$

dove

- $c_{free\ flow}$ e $c_{near\ capacity}$ sono i *costi esterni marginali* in condizioni di *flusso libero* (flusso/capacità<0.25) e di *flusso vicino alla capacità della strada* (0.75<flusso/capacità<1), rispettivamente pari a 0.025€/vkm e 1.595 €/vkm (Tabella 3);
- d_m è la stima della *distanza media* percorsa dai veicoli all'interno della ZTL, assunta pari a 2.4 km;

- *n°ingressi* è il numero di veicoli che accedono alla ZTL (*Ingressi netti*), che in un giorno tipo *feriale scolastico* è pari a 84 489.

Si noti che sono state operate una serie di assunzioni:

- tutti i veicoli sono stati considerati come se fossero automobili;
- la *distanza media* è calcolata mediando la lunghezza dei vari percorsi di attraversamento della ZTL;
- il colore verde della strada è rappresentativo di *flusso libero* mentre il rosso di *flusso prossimo alla capacità*.

Si ricava quindi che il costo giornaliero legato alla congestione all'interno della ZTL sia compreso tra 5 069€ (costo in condizioni di perenne flusso libero) e 323 423€ (costo in condizioni di perenne flusso vicino alla capacità della strada). Seppur è presumibile che il costo sia più prossimo alla soglia inferiore (dato il prevalere dei colori verde e arancione in Figura 17), la grande variabilità della stima, fa sì che questa perda di significatività, soprattutto se questa viene effettuata in ottica di definizione di una tariffa di *first best*. L'analisi rimane indicativa di una assenza di un problema congestivo di elevate proporzioni che giustifichi, da solo, l'introduzione di una tassa *Pigouviana*.

5.2 Inquinamento

Come già detto in precedenza quello dell'inquinamento atmosferico è un problema che affligge Torino, e negli anni ha portato a prendere provvedimenti di limitazione del traffico, quali targhe alterne, blocchi del traffico, domeniche ecologiche, oltre alla ZTL nel centro città. In questa sezione si vuole quantificare, in termini monetari, il costo sostenuto dalla collettività dovuto alle emissioni da gas di scarico generate dai veicoli circolanti all'interno della ZTL, tenendone in considerazione la diversa natura dei veicoli. Per fare ciò si utilizzano i dati sui livelli emissivi e di costo per inquinante, forniti in Tabella 4. Poiché ciascuna tipologia di veicoli emette quantità diverse di emissioni, è necessario differenziare i veicoli in ingresso alla ZTL in base a carburante e alla classe EURO. Per acquisire questo dato, e in mancanza di storicizzazione dello stesso da parte della

5T, si sono incrociati i dati degli ingressi raccolti il 17 maggio 2018 con i dati forniti dal CSI sul Parco Auto Circolante Piemontese, che includono tutti i veicoli immatricolati nella regione, e comprendono la destinazione d'uso, il luogo di immatricolazione e le caratteristiche in termini di tipologia di alimentazione e classe legislativa (Appendice A 8). Si sono quindi utilizzate le percentuali (sui veicoli identificati) per ricavare le stime riferite alla media dei giorni *feriali scolastici* (Tabella 46).

Tabella 46 Ingressi netti per tipologia di veicolo

Combustibile	Classe EURO	Ingressi netti	%
Benzina verde	0	41	0.05%
	1	62	0.07%
	2	1 216	1.44%
	3	3 771	4.46%
	4	12 290	14.55%
	5	9 143	10.82%
	6	9 753	11.54%
Diesel	0	4	0.00%
	1	13	0.02%
	2	295	0.35%
	3	2 996	3.55%
	4	9 696	11.48%
	5	14 613	17.30%
	6	11 304	13.38%
Metano/GPL	0	0	0.00%
	1	0	0.00%
	2	5	0.01%
	3	105	0.12%
	4	3 687	4.36%
	5	2 823	3.34%
	6	2 671	3.16%
Totale		84 489	

Si calcola quindi il *costo complessivo* (C^z) per ciascun inquinante (z) come:

$$C^z = \sum_i \sum_j n^{\circ} \text{ingressi}_{ij} * \text{emissioni}_{ij}^z * \text{costo}^z * d_m$$

dove:

- z si riferisce alla sostanza *inquinante* (NO₂, SO_x, COV, CO₂, PM_{2.5}, PM₁₀);
- i si riferisce al *combustibile* (Benzina verde, Diesel, Metano/GPL);
- j si riferisce alla *classe EURO* (0,1, 2, 3, 4, 5, 6);
- $n^{\circ} ingressi_{ij}$ è il numero di veicoli alimentati con combustibile i di classe *EURO* j ;
- $emissioni_{ij}^z$ è la *quantità di inquinante* z emessa dai veicoli alimentati con *combustibile* i di *classe EURO* j (è necessario esprimere tale quantità in tonnellate, diversamente dai valori in Tabella 4);
- $costo^z$ è il *costo dell'inquinante* z per tonnellata emessa;
- d_m è la *distanza media* percorsa dai veicoli all'interno della ZTL, pari a 2.4 km.

Tabella 47 Costo generato all'interno della ZTL per inquinante

Inquinante	Kilogrammi emessi	Costo per tonnellata(€)	Costo giornaliero (€)
SO ₂	0.20	8 700	1.78
NO _x	53.07	9 500	504.13
COV	2.98	1 100	3.28
CO ₂	35 152.85	122	4 288.65
PM _{2.5}	4.14	426 700	1 765.43
PM ₁₀	6.46	170 700	1 102.84
		Totale	7 666.11

La Tabella 47 mostra i risultati riguardo le quantità di inquinanti giornaliere emesse e il loro costo. Tuttavia il *costo totale* (7 666.11€) è sicuramente una sottostima del reale costo sostanzialmente per le seguenti ragioni:

- non tiene conto di tutti gli inquinanti contenuti nei gas di scarico;
- il costo per tonnellata, che fa riferimento ad una stima (Delft, Novembre (2011)) effettuata per le aree metropolitane europee, non tiene conto del

fatto che la qualità dell'aria nel contesto torinese sia peggiore delle altre grandi città europee;

- è stata introdotta l'assunzione che tutto il volume di traffico sia generato da autovetture, che sono meno inquinanti rispetto agli altri veicoli.

Conclusioni

L'obiettivo primario di questo lavoro di tesi è stato quello di analizzare la possibile introduzione di una politica di *road pricing* a Torino, basando lo studio sulla letteratura e sulle esperienze di altre città europee.

Si è deciso di presentare la letteratura legata alle esternalità generate dal traffico veicolare, specificatamente urbano, e alle policy di *road pricing*, atte se non ad internalizzarle del tutto, almeno a ridurre gli impatti sulla collettività.

I tre casi internazionali presentati (Londra, Stoccolma e Milano), sono serviti a fornire esempi pratici di applicazione della policy, analizzandone le caratteristiche principali e gli impatti, evidenziandone analogie e differenze. Le tre esperienze hanno fatto scuola e sono dei casi benchmark a cui fare riferimento per l'introduzione del *road pricing* in contesti simili.

La seconda parte della tesi riassume un lavoro di ricerca, raccolta e analisi dati, propedeutico allo studio dei possibili impatti di una politica di *road pricing* in una situazione reale. Si è infatti analizzato il caso studio legato al contesto della ZTL di Torino, area candidabile a diventare ad accesso limitato a coloro che pagano un ticket. Si è quindi analizzato lo stato attuale della zona, esaminando la struttura dell'area e la situazione della mobilità. Ciò ha permesso di ipotizzare degli *scenari futuri* di impatto di una politica di *road pricing*.

È stata infine fornita una stima dei *costi esterni* legati a congestione e inquinamento atmosferico che si originano nell'area in esame. Tale stima non rientra nell'ottica di trovare la tariffa di *first best*, in quanto si dovrebbero quantificare con precisione tutti i *costi esterni*, ma per fornire un ordine di grandezza dei fenomeni in questione.

Si sono ampiamente evidenziati i limiti delle informazioni a disposizione che non consentono di valutare l'accuratezza delle stime effettuate. Nell'analisi si sono inoltre trascurati degli effetti *indiretti* causati dalle modifiche strutturali del contesto e che potrebbero modificare anche le condotte. Ad esempio si è

ipotizzato che l'impatto della policy sia soltanto su coloro che non possiedono un permesso, tuttavia se a seguito della introduzione della politica dovesse, ad esempio, ridursi la congestione del traffico e aumentare la velocità media dei mezzi pubblici, alcuni individui pur dotati di permesso potrebbero decidere di entrare in ZTL utilizzando il mezzo pubblico, preferendolo al mezzo proprio. Le valutazioni inoltre si basano su una serie di ipotesi di lavoro che potrebbero non verificarsi al momento dell'introduzione.

Anche se la flessibilità del metodo delle analisi effettuate permette di modificare agevolmente i parametri e stimare ulteriori scenari, tuttavia non è possibile conoscere preventivamente lo scenario che si realizzerà, in quanto dipendente da molte variabili, molte delle quali non ancora determinate (tariffe, modalità di comunicazione della policy e caratteristiche dell'offerta di soluzioni di trasporto alternative) o non prevedibili.

A conferma di quanto appreso dalla letteratura, è auspicabile anche nel caso di Torino, un periodo di sperimentazione che preceda, l'attuazione vera e propria del *road pricing*. Questo periodo, oltre a favorire l'accettazione dei cittadini della nuova politica, è utile per l'acquisizione dei dati di impatto, fondamentale per valutare la sua efficacia. È inoltre indispensabile monitorare attentamente la situazione anche in seguito all'introduzione, potenziando gli strumenti di acquisizione dati, per essere in grado di rilevare eventuali effetti "non desiderati" oltre a valutare tutti gli effetti collaterali all'introduzione della policy.

Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro di tesi, è doveroso porre i miei più sentiti ringraziamenti alle persone che hanno contribuito a questo risultato raggiunto dopo un percorso stupendo e indimenticabile.

Un ringraziamento sentito per la guida competente e solerte va al Prof. Luigi Buzzacchi. La mia stima per lei è dovuta, oltre che alla sua profonda esperienza e conoscenza, alla grande umanità con la quale ha saputo guidarmi negli ultimi mesi. Grazie al mio co-relatore Giacomo Rosso per avermi costantemente accompagnato e aiutato nella stesura di questa tesi. Un ringraziamento va alla 5T srl per la grande disponibilità e per tutto il materiale fornitomi indispensabile per la realizzazione di questo lavoro.

Grazie Mamma e Papà, per avermi dato la libertà e la fiducia di cui avevo bisogno. Essere stato libero di fare le mie scelte, senza perdere il vostro appoggio, mi ha permesso di raggiungere questo obiettivo. Grazie Andrea, che mi hai sempre sostenuto, incoraggiato e, quando lo meritavo, preso in giro. Questa tesi la dedico a voi che siete la mia famiglia e il mio più grande sostegno.

Grazie Giuseppe, la tua chiamata delle 20:05 era il momento di sfogo quotidiano e la tua presenza costante mi ha fatto capire di avere un Amico vero, di quelli con la A maiuscola, di quelli che lo sono per tutta la vita.

Grazie Francesca, perché mi hai detto mille volte di essere fiera di me e tutte le volte mi facevi sentire speciale ma, allo stesso tempo, mi davi la motivazione per continuare a migliorare, per sentirtelo dire di nuovo.

Grazie Marco, per la tua stima e per le nostre discussioni che non sono mai state banali, mi hanno fatto capire che ci sono prospettive diverse e non bisogna dare nulla per scontato.

Grazie Gian Marco, con la tua simpatia mi hai fatto ridere come un pazzo e mi hai insegnato a non prendermi troppo sul serio e vivere con più leggerezza.

Grazie amici "di giù", perché dopo mesi di studio era fondamentale ricaricare le batterie e voi avete fatto in modo che le mie vacanze fossero speciali.

Grazie Valerio, Luca, Antonio, Francesco, Gianluca, Marco, Elisa, Melyssa, Giulia e Chiara, compagni di gioie e dolori, di studio e divertimento, di contrasti e spensieratezze, avete reso questi anni incredibilmente belli e ricchi. La mia crescita è in gran parte dovuta a quello che ognuno di voi mi ha lasciato.

Grazie nonna Angela, nonna Teresa, zii e cugini per l'affetto che non mi avete mai fatto mancare.

Appendice

A 1-Ingressi medi giornalieri in ZTL ordinaria per fascia oraria

Fascia oraria	Ingressi	Fascia oraria	Ingressi
00:00/00:30	814	12:00/12:30	2 759
00:30/01:00	559	12:30/13:00	2 875
01:00/01:30	327	13:00/13:30	2 793
01:30/02:00	239	13:30/14:00	2 596
02:00/02:30	141	14:00/14:30	2 615
02:30/03:00	112	14:30/15:00	2 996
03:00/03:30	102	15:00/15:30	2 942
03:30/04:00	75	15:30/16:00	2 925
04:00/04:30	75	16:00/16:30	3 335
04:30/05:00	135	16:30/17:00	3 231
05:00/05:30	223	17:00/17:30	3 251
05:30/06:00	300	17:30/18:00	3 541
06:00/06:30	532	18:00/18:30	3 558
06:30/07:00	1 045	18:30/19:00	3 580
07:00/07:30	1 771	19:00/19:30	3 465
07:30/08:00	1 976	19:30/20:00	3 470
08:00/08:30	2 490	20:00/20:30	3 346
08:30/09:00	2 511	20:30/21:00	2 497
09:00/09:30	2 134	21:00/21:30	1 668
09:30/10:00	1 791	21:30/22:00	1 351
10:00/10:30	1 539	22:00/22:30	1 309
10:30/11:00	3 939	22:30/23:00	1 225
11:00/11:30	2 991	23:00/23:30	1 226
11:30/12:00	3 002	23:30/00:00	1 209
		Totale	92 590

A 2- Ingressi del 17/05/2018 per fascia oraria per permesso

Fascia Oraria	NON DEFI NITO	INV ALI DI "H"	BLU A	ARA NCI ONE	RESI DENT I/ DOMI CILIA TI CON PARC HEGG IO	TAX I	BLU	TRASP ORTO PUBBLI CO	ALTRI PERMESS I	TOTAL E
00:00/00:30	512	18	4	10	142	51	15	24	36	812
00:30/01:00	340	22	6	5	96	42	9	16	22	558
01:00/01:30	202	9	3	4	58	16	4	12	18	326
01:30/02:00	160	2	2	2	27	22	2	3	18	238
02:00/02:30	97	1	2	2	14	11	1		13	141

02:30/03:00	74				7	10	3		18	112
03:00/03:30	71	1	1		7	8	1	1	12	102
03:30/04:00	48	2			5	11		1	8	75
04:00/04:30	49	4			5	12		1	4	75
04:30/05:00	74	2	3		10	27		9	10	135
05:00/05:30	129	6	4	2	8	24		36	13	222
05:30/06:00	174	5	14	5	17	30	2	34	18	299
06:00/06:30	345	10	30	10	31	34	2	44	25	531
06:30/07:00	636	49	52	31	62	65	4	68	75	1 042
07:00/07:30	1 069	65	104	115	124	71	5	99	115	1 767
07:30/08:00	164	121	290	306	375	116	32	97	470	1 971
08:00/08:30	207	163	336	477	567	141	47	96	450	2 484
08:30/09:00	231	142	289	513	544	228	44	92	422	2 505
09:00/09:30	275	106	225	367	444	178	44	101	389	2 129
09:30/10:00	264	111	196	272	363	200	28	105	248	1 787
10:00/10:30	271	91	135	184	294	221	25	89	225	1 535
10:30/11:00	2 664	150	154	150	284	185	24	103	215	3 929
11:00/11:30	1 881	101	143	110	259	180	34	88	188	2 984
11:30/12:00	1 802	94	132	109	358	175	31	86	208	2 995
12:00/12:30	1 612	86	97	118	376	153	41	74	195	2 752
12:30/13:00	1 688	112	92	103	387	153	36	91	206	2 868
13:00/13:30	1 676	92	86	87	404	144	41	71	185	2 786
13:30/14:00	1 581	90	106	93	307	140	20	75	178	2 590
14:00/14:30	1 633	89	126	106	309	107	24	78	137	2 609
14:30/15:00	1 888	82	115	144	327	160	25	93	155	2 989
15:00/15:30	1 847	98	95	145	273	209	38	86	144	2 935
15:30/16:00	1 819	100	112	122	322	164	41	80	158	2 918
16:00/16:30	1 932	122	123	141	423	183	51	98	254	3 327
16:30/17:00	1 966	116	97	104	478	152	50	78	182	3 223
17:00/17:30	1 998	103	95	123	496	130	48	70	180	3 243
17:30/18:00	2 239	132	101	103	524	138	79	64	152	3 532
18:00/18:30	2 231	138	71	110	617	112	77	66	127	3 549
18:30/19:00	2 293	104	57	90	636	107	85	73	126	3 571
19:00/19:30	2 132	103	57	89	699	110	82	67	117	3 456
19:30/20:00	2 250	103	40	89	626	113	80	68	92	3 461
20:00/20:30	2 213	83	41	72	597	119	59	57	97	3 338
20:30/21:00	1 741	87	11	41	362	95	33	42	79	2 491
21:00/21:30	1 163	44	14	36	215	75	42	31	44	1 664
21:30/22:00	960	36	7	25	185	50	21	23	41	1 348
22:00/22:30	898	39	15	21	183	69	27	23	31	1 306
22:30/23:00	805	29	12	23	187	83	20	18	45	1 222
23:00/23:30	828	28	4	21	206	58	14	22	42	1 223
23:30/00:00	764	23	10	14	216	95	16	23	45	1 206
Totale	51 896	3 314	3 709	4 694	13 456	4 977	1 407	2 676	6 232	92 361

A 3 Ingressi medi per fascia oraria per permesso

Fascia Oraria	NON DEFI NITO	INV ALI DI "H"	BLU A	ARA NCI ONE	RESID ENTI/ DOMI CILIA TI CON PARC HEGG IO	TAXI	BLU	TRAS PORT O PUBB LICO	ALTRI PERME SSI	TOTALE
00:00/00:30	513	18	4	10	142	51	15	24	36	814
00:30/01:00	341	22	6	5	96	42	9	16	22	559
01:00/01:30	203	9	3	4	58	16	4	12	18	327
01:30/02:00	160	2	2	2	27	22	2	3	18	239
02:00/02:30	97	1	2	2	14	11	1	0	13	141
02:30/03:00	74	0	0	0	7	10	3	0	18	112
03:00/03:30	71	1	1	0	7	8	1	1	12	102
03:30/04:00	48	2	0	0	5	11	0	1	8	75
04:00/04:30	49	4	0	0	5	12	0	1	4	75
04:30/05:00	74	2	3	0	10	27	0	9	10	135

05:00/05:30	129	6	4	2	8	24	0	36	13	223
05:30/06:00	174	5	14	5	17	30	2	34	18	300
06:00/06:30	346	10	30	10	31	34	2	44	25	532
06:30/07:00	638	49	52	31	62	65	4	68	75	1 045
07:00/07:30	1 072	65	104	115	124	71	5	99	115	1 771
07:30/08:00	164	121	291	307	376	116	32	97	471	1 976
08:00/08:30	208	163	337	478	568	141	47	96	451	2 490
08:30/09:00	232	142	290	514	545	229	44	92	423	2 511
09:00/09:30	276	106	226	368	445	178	44	101	390	2 134
09:30/10:00	265	111	196	273	364	200	28	105	249	1 791
10:00/10:30	272	91	135	184	295	222	25	89	226	1 539
10:30/11:00	2 671	150	154	150	285	185	24	103	216	3 939
11:00/11:30	1 886	101	143	110	260	180	34	88	188	2 991
11:30/12:00	1 806	94	132	109	359	175	31	86	209	3 002
12:00/12:30	1 616	86	97	118	377	153	41	74	195	2 759
12:30/13:00	1 692	112	92	103	388	153	36	91	207	2 875
13:00/13:30	1 680	92	86	87	405	144	41	71	185	2 793
13:30/14:00	1 585	90	106	93	308	140	20	75	178	2 596
14:00/14:30	1 637	89	126	106	310	107	24	78	137	2 615
14:30/15:00	1 893	82	115	144	328	160	25	93	155	2 996
15:00/15:30	1 852	98	95	145	274	210	38	86	144	2 942
15:30/16:00	1 824	100	112	122	323	164	41	80	158	2 925
16:00/16:30	1 937	122	123	141	424	183	51	98	255	3 335
16:30/17:00	1 971	116	97	104	479	152	50	78	182	3 231
17:00/17:30	2 003	103	95	123	497	130	48	70	180	3 251
17:30/18:00	2 245	132	101	103	525	138	79	64	152	3 541
18:00/18:30	2 237	138	71	110	619	112	77	66	127	3 558
18:30/19:00	2 299	104	57	90	638	107	85	73	126	3 580
19:00/19:30	2 137	103	57	89	701	110	82	67	117	3 465
19:30/20:00	2 256	103	40	89	628	113	80	68	92	3 470
20:00/20:30	2 218	83	41	72	598	119	59	57	97	3 346
20:30/21:00	1 745	87	11	41	363	95	33	42	79	2 497
21:00/21:30	1 166	44	14	36	216	75	42	31	44	1 668
21:30/22:00	962	36	7	25	185	50	21	23	41	1 351
22:00/22:30	900	39	15	21	183	69	27	23	31	1 309
22:30/23:00	807	29	12	23	187	83	20	18	45	1 225
23:00/23:30	830	28	4	21	207	58	14	22	42	1 226
23:30/00:00	766	23	10	14	217	95	16	23	45	1 209
Totale	52 025	3 322	3 718	4 706	13 489	4 989	1 410	2 683	6 247	92 590

A 4 Stima ingressi medi giornalieri in un giorno feriale scolastico.

Fascia oraria	Senza Permessi	GTT Parcheggio per residenti in ZTL	Taxi	ARA NCI ONE	BLU A	INV ALID I "H"	Trasporto pubblico	Esenti a poste prioritarie	BLU	SCU OLE	Altri permessi	Totale
00:00/00:30	493	144	55	11	4	19	26	2	16	2	42	814
00:30/01:00	327	91	45	5	6	23	17	1	10	2	32	559
01:00/01:30	194	58	17	4	3	10	13	2	4	2	19	327
01:30/02:00	155	27	24	2	2	2	3	0	2	0	21	239
02:00/02:30	94	14	12	2	2	1	0	0	1	0	15	141
02:30/03:00	71	8	11	0	0	0	0	0	3	0	19	112
03:00/03:30	69	8	9	0	1	1	1	0	1	0	13	102
03:30/04:00	46	5	12	0	0	2	1	0	0	0	9	75

04:00/04:30	47	5	13	0	0	4	1	0	0	1	3	75
04:30/05:00	71	11	29	0	3	2	10	4	0	0	6	135
05:00/05:30	124	7	26	2	4	6	38	1	0	0	14	223
05:30/06:00	167	18	32	5	15	5	36	1	2	3	15	300
06:00/06:30	333	31	36	11	32	11	47	3	2	0	26	532
06:30/07:00	611	64	69	33	56	52	73	5	4	1	76	1 045
07:00/07:30	1 027	120	76	123	111	69	106	13	5	16	107	1 771
07:30/08:00	9	364	117	309	293	122	98	195	32	271	165	1 976
08:00/08:30	31	533	143	482	340	165	97	248	48	151	254	2 490
08:30/09:00	53	511	231	519	292	144	93	237	45	104	282	2 511
09:00/09:30	94	426	181	373	229	108	103	241	45	36	302	2 134
09:30/10:00	84	335	204	277	199	113	107	201	28	4	239	1 791
10:00/10:30	91	280	226	188	138	93	91	198	26	3	206	1 539
10:30/11:00	2 578	294	199	161	166	161	111	24	26	16	203	3 939
11:00/11:30	1 811	261	193	118	153	108	94	24	36	11	183	2 991
11:30/12:00	1 730	368	187	116	141	100	92	12	33	15	209	3 002
12:00/12:30	1 545	378	163	126	103	92	79	9	44	20	201	2 759
12:30/13:00	1 618	380	163	110	98	119	97	13	38	32	207	2 875
13:00/13:30	1 609	409	154	93	92	98	76	21	44	33	165	2 793
13:30/14:00	1 519	309	149	99	113	96	80	7	21	32	170	2 596
14:00/14:30	1 572	303	114	113	135	95	83	16	26	16	142	2 615
14:30/15:00	1 818	330	171	154	123	88	100	12	27	9	166	2 996
15:00/15:30	1 778	267	224	155	102	105	92	19	41	13	147	2 942
15:30/16:00	1 750	324	175	130	120	107	86	19	44	42	128	2 925
16:00/16:30	1 851	413	195	150	131	130	104	17	54	98	193	3 335
16:30/17:00	1 889	484	162	111	104	124	83	20	53	50	151	3 231
17:00/17:30	1 921	501	139	131	101	110	75	26	51	63	132	3 251
17:30/18:00	2 157	531	148	110	108	141	69	11	85	61	121	3 541
18:00/18:30	2 148	613	120	118	76	148	71	19	82	33	131	3 558
18:30/19:00	2 211	631	115	96	61	111	78	22	91	28	135	3 580
19:00/19:30	2 050	702	118	95	61	110	72	25	88	22	123	3 465
19:30/20:00	2 171	624	121	95	43	110	73	10	86	18	118	3 470
20:00/20:30	2 138	589	128	77	44	89	61	15	63	17	123	3 346
20:30/21:00	1 689	352	102	44	12	94	45	19	36	10	94	2 497
21:00/21:30	1 128	206	81	39	15	47	33	6	45	2	65	1 668
21:30/22:00	933	177	54	27	8	39	25	5	23	6	55	1 351
22:00/22:30	870	179	74	23	16	42	25	3	29	0	48	1 309
22:30/23:00	778	182	89	25	13	31	19	5	21	3	58	1 225
23:00/23:30	801	208	62	23	4	30	24	3	15	1	55	1 226
23:30/00:00	736	212	102	15	11	25	25	7	17	4	56	1 209
Totale	48 990	13 283	5 265	4 902	3 883	3 504	2 830	1 745	1 494	1 252	5 443	92 590

A 5 Inizio e fine sosta medi, parcheggi a raso, parcheggi in struttura e Totale, relativi ai posti auto interni alla ZTL.

Fascia Oraria	Raso		Struttura		Totale	
	Ingressi	Uscite	Ingressi	Uscite	Ingressi	Uscite
00:00/01:00	3	0	17	127	20	127
01:00/02:00	2	0	8	30	10	30
02:00/03:00	1	0	3	9	4	9
03:00/04:00	0	0	1	2	1	2
04:00/05:00	0	0	1	3	1	3
05:00/06:00	1	0	6	6	7	6
06:00/07:00	6	0	43	16	49	17
07:00/08:00	34	7	293	132	327	139
08:00/09:00	98	117	829	278	927	395
09:00/10:00	162	121	724	300	887	421
10:00/11:00	508	213	623	308	1 130	521
11:00/12:00	564	549	526	426	1 090	975
12:00/13:00	466	514	469	498	935	1 012
13:00/14:00	431	434	428	434	859	868
14:00/15:00	477	438	481	486	958	924
15:00/16:00	505	484	507	526	1 012	1 011
16:00/17:00	483	513	471	620	955	1 133
17:00/18:00	424	486	429	752	853	1 238
18:00/19:00	265	418	430	766	694	1 184
19:00/20:00	32	178	476	619	508	798
20:00/21:00	3	0	542	269	545	270
21:00/22:00	2	0	212	215	215	215
22:00/23:00	4	0	89	369	92	369
23:00/00:00	5	1	51	359	56	361
Totale	4 476	4 476	7 660	7 551	12 135	12 028

A 6 Ingressi, Ingressi netti, Numero targhe e relativi rapporti riferiti alla fascia oraria 11:00-20:00 del 14 Giugno 2018.

Categoria	Ingressi	Ingressi netti	Numero targhe	Ingressi/Ingressi netti	Ingressi netti/Numero targhe
NON DEFINITO	33 064	30 754	26 499	1.075112	1.160572
ROSSO	6	5	2	1.2	2.5
VERDE	48	41	34	1.170732	1.205882
VIOLA	14	11	7	1.272727	1.571429
INVALIDI "H"	1 583	1 465	1 152	1.080546	1.271701

FOTOCINE	15	15	12	1	1.25
BLU A	1 641	1 485	1 078	1.105051	1.377551
BLU B	65	53	33	1.226415	1.606061
CANTIERE	74	68	49	1.088235	1.387755
SCUOLE	390	349	278	1.117479	1.255396
ARANCIONE	1 725	1 582	1 217	1.090392	1.299918
LILLA	0	0	0	1	1
BLU	794	737	578	1.077341	1.275087
DISCO	23	21	15	1.095238	1.4
GTT Parcheggi per residenti in ZTL	6 183	5 518	4 002	1.120515	1.378811
GTT Parcheggi per dimoranti in ZTL	425	368	289	1.154891	1.273356
ABBONATI PARCHEGGI	27	24	22	1.125	1.090909
SANITARIO	1	1	1	1	1
Trasporto pubblico	826	733	196	1.126876	3.739796
Veicoli di assistenza e manutenzione	25	19	13	1.315789	1.461538
Taxi	1 643	1 418	777	1.158674	1.824968
Veicoli di trasporto collettivo di persona	127	121	89	1.049587	1.359551
Veicoli della Città di Torino	0	0	0	1	1
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	80	69	53	1.15942	1.301887
Veicoli di servizio degli enti pubblici	202	183	131	1.103825	1.396947
Veicoli dell'Azienda Regionale per la Prot. Civile	59	58	44	1.017241	1.318182
Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	85	82	67	1.036585	1.223881
Car Sharing	358	322	237	1.111801	1.35865
Istituti di Vigilanza	29	27	24	1.074074	1.125
Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	6	6	5	1	1.2
Veicoli delle Poste Italiane e concessionari	71	56	36	1.267857	1.555556
Veicoli per la raccolta rifiuti	48	38	23	1.263158	1.652174
VEP - Mezzi pesanti	4	4	4	1	1
Auto particolari	91	81	59	1.123457	1.372881
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	262	246	197	1.065041	1.248731
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE riservate	1	1	1	1	1
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	45	31	11	1.451613	2.818182
Esenti a posteriori - accesso Area Verde Valentino	18	18	12	1	1.5
Totale	50 058	46 010	37 247	1.087981	1.235267

A 7 Stima di Ingressi netti e Numero targhe, per tipologia di permesso, per la fascia oraria 11:00-20:00 di un giorno tipo ferialo scolastico.

Categoria	Ingressi	Ingressi netti	Numero targhe
Senza permesso	33 148	30 832	26 567
ROSSO	12	10	4

VERDE	75	64	53
VIOLA	10	8	5
INVALIDI "H"	1 993	1 844	1 450
FOTOCINE	29	29	23
BLU A	1 864	1 687	1 225
BLU B	119	97	60
CANTIERE	109	100	72
SCUOLE	596	533	425
ARANCIONE	2 122	1 946	1 497
LILLA	6	6	6
BLU	944	876	687
DISCO	32	29	21
GTT Parcheggi per residenti in ZTL	7 826	6 985	5 066
GTT Parcheggi per dimoranti in ZTL	531	460	361
ABBONATI PARCHEGGI	41	36	33
SANITARIO	10	10	10
Trasporto pubblico	1 502	1 333	356
Veicoli di assistenza e manutenzione	36	28	19
Taxi	2 810	2 425	1 329
Veicoli di trasporto collettivo di persona	393	374	275
Veicoli della Città di Torino	1	1	1
Forze Armate Polizia di Stato Carabinieri	185	159	122
Veicoli di servizio degli enti pubblici	249	225	161
Veicoli dell'Azienda Regionale per la Prot. Civile	78	77	58
Veicoli dei concessionari dei servizi pubblici	73	70	57
Car Sharing	404	363	267
Istituti di Vigilanza	44	41	36
Corpo Diplomatico della Città del Vaticano	11	11	9
Veicoli delle Poste Italiane e concessionari	116	92	59
Veicoli per la raccolta rifiuti	68	54	33
VEP - Mezzi pesanti	9	9	9
Auto particolari	129	115	84
Esenti a posteriori - accesso solo ZTL	301	283	227
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE riservate	0	0	0
Esenti a posteriori - accesso ZTL + VIE + CORSIE	47	32	11
Esenti a posteriori - accesso Area Verde Valentino	6	6	4
Totale	55 927	51 249	40 682

A 8 Ingressi relativi al 17 Maggio 2018 con dati CSI

Combustibile	Classe EURO	Ingressi	% (su targhe identificate)	% (su totale)
	E0	34	0.05%	0.04%

	E1	51	0.07%	0.06%
	E2	999	1.44%	1.12%
Benzina verde	E3	3 098	4.46%	3.46%
	E4	10 096	14.55%	11.29%
	E5	7 511	10.82%	8.40%
	E6	8 012	11.54%	8.96%
	E0	3	0.00%	0.00%
	E1	11	0.02%	0.01%
	E2	242	0.35%	0.27%
Diesel	E3	2 461	3.55%	2.75%
	E4	7 965	11.48%	8.90%
	E5	12 004	17.30%	13.42%
	E6	9 286	13.38%	10.38%
	E0	0	0.00%	0.00%
	E1	0	0.00%	0.00%
	E2	4	0.01%	0.00%
Metano/GPL	E3	86	0.12%	0.10%
	E4	3 029	4.36%	3.39%
	E5	2 319	3.34%	2.59%
	E6	2 194	3.16%	2.45%
Non identificato		20 056		22.42%
Totale		89 461		

Bibliografia e sitografia

- Anas, Alex, and Robin Lindsey. "Reducing urban road transportation externalities: Road pricing in theory and in practice." *Review of Environmental Economics and Policy* 5.1 (2011): 66-88.
- Bator, Francis M. "The anatomy of market failure." *The quarterly journal of economics* 72.3 (1958): 351-379.
- Baumol, William J., et al. "The theory of environmental policy." *Cambridge university press* (1988).
- Beesley, M.E. "The value of time spent in travelling: some new evidence." *Economica*, 32(126) (1965): 174-185.
- Börjesson, Maria, et al. "The Stockholm congestion charges-5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt." *Transport Policy* 20 (2012): 1-12.
- Bracher, Benedikt, and Klaus Bogenberger. "A dynamic pricing scheme for a congestion charging zone based on a network fundamental diagram." *Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 2017 5th IEEE International Conference on*. IEEE (2017).
- Cain, Alasdair, Mark Burris, and Ram Pendyala. "Impact of variable pricing on temporal distribution of travel demand." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1747 (2001): 36-43.
- Cain, Alasdair, and Peter Jones. "PRoGR€ SS Project 2000-CM. 10390." (2004).
- Calthrop, Edward, and Stef Proost. "Road transport externalities." *Environmental and Resource Economics* 11.3-4 (1998): 335.
- Cherlow, Jay R. "Measuring values of travel time savings." *Journal of Consumer Research* 7.4 (1981): 360-371.
- Coase, Ronald H. "The problem of social cost." *Classic papers in natural resource economics*. Palgrave Macmillan, London, (1960): 87-137.
- Croci, Edoardo. "Urban road pricing: a comparative study on the experiences of London, Stockholm and Milan." *Transportation Research Procedia* 14 (2016): 253-262.
- Croci, Edoardo, and Aldo Ravazzi Douvan. "Urban road pricing: the experience of Milan." (2015): 141-158.
- Croci, E., and A. Douvan. "Urban Road Pricing: A Comparative Study on the Experiences of London." *Stockholm and Milan, IEFÉ WP 85* (2016).

- Dalvi, M. Q., Lee, N. "Variations in the value of travel time: Further analysis." *The Manchester School*, 39(3) (1971): 187-204.
- Danielis, Romeo, and Lucia Rotaris. "La stima dei costi esterni dei trasporti: difficoltà teoriche e applicative." *Economia Pubblica* (2003).
- Delft, C. E. "INFRAS/Fraunhofer ISI External Costs of Transport in Europe—Update Study for 2008." *Delft, November* (2011).
- De Palma, André, Robin Lindsey, and Stef Proost. "Research challenges in modelling urban road pricing: An overview." *Transport Policy* 13.2 (2006): 97-105.
- Eliasson, John, and Mattias Lundberg. "Road pricing in urban areas." *PUBLIKATION 2002: 136E* (2002).
- Eliasson, J., Mattsson, L.G. "Equity effects of congestion pricing: quantitative methodology and a case study for Stockholm." *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(7) (2006):602-620.
- Eliasson, Jonas. "A cost–benefit analysis of the Stockholm congestion charging system." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43.4 (2009): 468-480.
- Evans, A.W. "On the theory of the valuation and allocation of time." *Scottish Journal of Political Economy*, 19(1) (1972): 1-17.
- Fiorello, Davide, and Giovanni Pasti. "Il valore del tempo di viaggio." *Guida teorica e applicativa. TRT Trasporti e Territorio Srl, Milano, Italia* (2003).
- Gallo, Mariano. "I costi esterni della mobilità: tipologie metodi di stima." *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment* 1 (2008).
- Gavanas, Nikolaos, Anastasios Tsakalidis, and Magda Pitsiava-Latinopoulou. "Assessment of the marginal social cost due to congestion using the speed flow function." *Transportation research procedia*24 (2017): 250-258.
- Gervasoni, Anna, and Massimiliano Sartori. "Il road pricing: esperienze internazionali, costi, benefici e sostenibilità finanziaria." (2007).
- Goodwin, Phil. "The economic costs of road traffic congestion." (2004).
- Graham, Daniel J., and Stephen Glaister. "Road traffic demand elasticity estimates: a review." *Transport reviews* 24.3 (2004): 261-274.

- Grant-Muller, S. M., and J. J. Laird. "Costs of congestion: literature based review of methodologies and analytical approaches." *Scottish Executive, Edinburgh*, (2007).
- Hoogendoorn, Serge P., and Piet HL Bovy. "State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 215.4 (2001): 283-303.
- Kaparias, Ioannis, and Michael GH Bell. "London congestion charging: successes, gaps and future opportunities offered by cooperative ITS." *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on*. IEEE (2012).
- Knight, Frank H. "Some fallacies in the interpretation of social cost." *The Quarterly Journal of Economics* 38.4 (1924): 582-606.
- Levinson, David. "Equity effects of road pricing: A review." *Transport Reviews* 30.1 (2010): 33-57.
- Lindsey, C. Robin, and Erik T. Verhoef. "Traffic congestion and congestion pricing." *No. 00-101/3. Tinbergen Institute Discussion Paper* (2000).
- Lipsey, Richard G., and Kelvin Lancaster. "The general theory of second best." *The review of economic studies* 24.1 (1956): 11-32.
- Litman, Todd. "Understanding transport demands and elasticities." *Victoria Transport Policy Institute* (2017).
- Maibach, Markus, et al. "Handbook on estimation of external costs in the transport sector." *CE Delft* (2008).
- Mayeres, Inge, Sara Ochelen, and Stef Proost. "The marginal external costs of urban transport." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 1.2 (1996): 111-130.
- Milne, David, Esko Niskanen, and Erik Verhoef. "Operationalisation of marginal cost pricing within urban transport. No. 63" (2000).
- Minken, H., Jonsson, D., Shepherd, S., Jaärvi, T., May, T., Page, M., Pearman, A., Ptattenbichler, P., Timms, P., Vold, A. "Developing urban land use and transport strategies, a methodological guidebook." *European Commission, Fifth Framework—EESD* (2003).
- OECD. "OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport." *Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris* (2012).

- Olszewski, Piotr, and L. Xie. "Traffic demand elasticity with respect to road pricing—some evidence from Singapore." *Proc. International Conference on Seamless and Sustainable Transport. Singapore* (2002).
- Parry, Ian WH, Margaret Walls, and Winston Harrington. "Automobile externalities and policies." *Journal of economic literature* 45.2 (2007): 373-399.
- Percoco, Marco. "The effect of road pricing on traffic composition: Evidence from a natural experiment in Milan, Italy." *Transport Policy* 31 (2014): 55-60.
- Petruccelli, Umberto. "Assessment of external costs for transport project evaluation: Guidelines in some European countries." *Environmental Impact Assessment Review* 54 (2015): 61-71.
- Pigou, Arthur C. "The economics of welfare, 4th." *London: Macmillan* (1920).
- Quarmby, D.A.. "Choice of travel mode for the journey to work: some findings." *Journal of transport Economics and Policy* (1967): 273-314.
- Ricardo, A. E. A. "Update of the handbook on external costs of transport." *Final report 1* (2014).
- Rotaris, Lucia, et al. "The urban road pricing scheme to curb pollution in Milan, Italy: Description, impacts and preliminary cost–benefit analysis assessment." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 44.5 (2010): 359-375.
- Rouwendal, Jan, and Erik T. Verhoef. "Basic economic principles of road pricing: From theory to applications." *Transport policy* 13.2 (2006): 106-114.
- Santos, Georgina, and David MG Newbery. "Urban congestion charging: theory, practice and environmental consequences." (2001).
- Santos, Georgina, and Gordon Fraser. "Road pricing: lessons from London." *Economic Policy* 21.46 (2006): 264-310.
- Small, Kenneth A., and Erik T. Verhoef. "The economics of urban transportationRoutledge." *New York* (2007).
- Smeed, R. J. "Road pricing: the economic and technical possibilities." *The Smeed Report, Ministry of Transport. London* (1964).
- Smit, R., Dia, H., Morawska, L. "Road traffic emission and fuel consumption modelling: trends, new developments and future challenges. In Traffic Related Air Pollution and Internal Combustion Engines." *Nova Publishers USA* (2009).
- Smith, B.L., Demetsky, M.J.. "Traffic flow forecasting: comparison of modeling approaches." *Journal of transportation engineering*, 123(4) (1997): 261-266.

- Tampère, Chris, Jim Stada, and Ben Immers. "Calculation of welfare effects of road pricing on a large scale road network." *Technological and Economic Development of Economy* 15.1 (2009): 102-121.
- Transport for London. "Central London Congestion Charging Scheme: ex-post evaluation of the quantified impacts of the original scheme." (2007).
- Transport for London. "Central LCC Impacts Monitoring, 6th annual report." (2008).
- Van Amelsfort, Dirk, and Viktoria Swedish. "Introduction to Congestion Charging: A Guide for Practitioners in Developing Cities." (2015).
- Vickrey, W.S. "Pricing in urban and suburban transport." *The American Economic Review*, 53(2) (1963): 452-465.
- Wardman, Mark, and J. Nicolás Ibáñez. "The congestion multiplier: Variations in motorists' valuations of travel time with traffic conditions." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 46.1 (2012): 213-225.
- Watson, Peter L., and Edward P. Holland. "Congestion pricing—the example of Singapore." *Economics* (1976): 14-18.
- Yu, L., Jia, S., Shi, Q. "Research on transportation-related emissions: current status and future directions." *Journal of the Air Waste Management Association*, 59(2) (2009): 183-195.
- <http://www.muoversi.milano.it>
- <http://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge>
- <http://www.stockholmsforsoket.se/>
- <https://transportstyrelsen.se/en/road/>
- <http://www.lavoce.info/archives/2232/area-c-un-successo-e-puo-rinascere/>
- <http://www.lavoce.info/archives/25960/ecopass-nellingorgo-del-sondaggio/>
- <http://www.lavoce.info/archives/24398/a-passo-duomo-ma-con-laria-piu-pulita/>
- <http://www.lavoce.info/archives/23815/un-ticket-per-milano/>
- <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>
- <https://support.google.com/maps/answer/3092439?co=GENIE.Platform%3DDesktop&hl=it>
- <https://www.google.it/maps>
- <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/Inventario+delle+emissioni+in+atmosfera>

- <http://www.efchina.org/Attachments/Report/reports-20140812-en/reports-20140812-en>
- <https://www.gov.uk/government/statistics/road-traffic-estimates-in-great-britain-2016>
- https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1HRD6OoC8ebdpt_0zLYWwgoyPpQo&ll=45.06632084581526%2C7.682926500000008&z=14
- <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tLpFuEE8-PEJ:content.tfl.gov.uk/impacts-monitoring-report-2.pdf+&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=it>
- https://docs.vlaamsparlement.be/docs/biblio/opensdigibib/monografie/2007/039_world_review_of_road_pricing.pdf
- http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/mobilita-elettrica/rds_par2015-213.pdf
- <https://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/Land/Documents/ASTPP-Scheme-review1.8.pdf>
- <https://www.amat-mi.it/it/documenti/dettaglio/10/>
- <http://mediagallery.comune.milano.it/cdm/objects/changeme:5882/datastreams/dataStream3893722491417575/content>
- <http://aperto.comune.torino.it/>
- <http://www.vtpi.org/tdm/>