



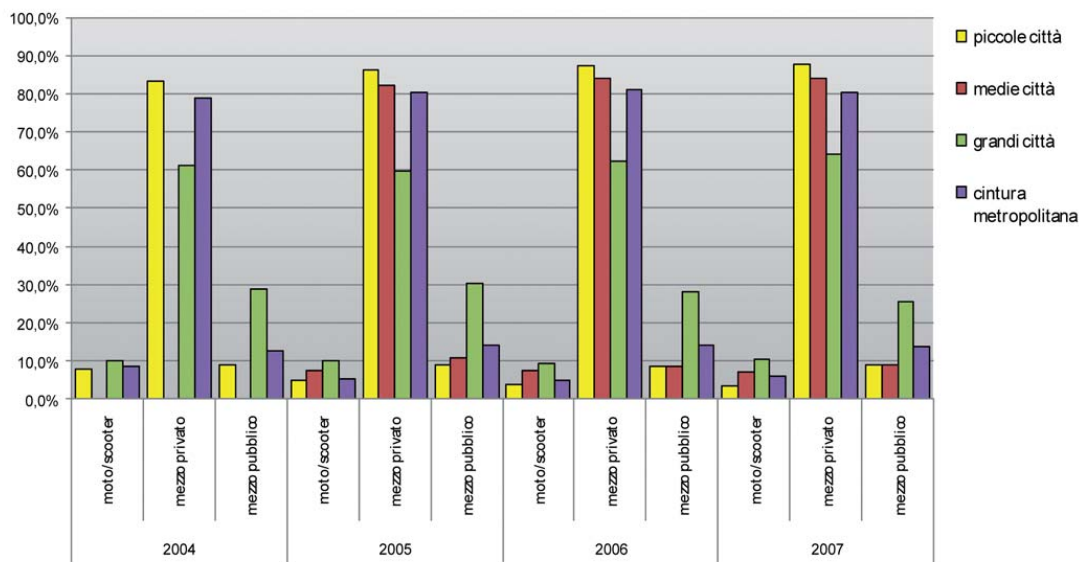
## Il tram suburbano nella città diffusa. Una applicazione

Arch. Ing. Alessandra LIBARDO – Arch. Alberta PAROLIN<sup>(\*)</sup>(1)

### 1. Introduzione

Il presente articolo sintetizza alcune attività di ricerca condotte sull'efficienza dei sistemi di trasporto collettivo a guida vincolata anche in condizioni parzialmente estranee al loro abituale uso. A partire da una ricognizione dei

ta città diffusa). L'analisi è condotta con le procedure consolidate delle tecniche benefici/costi, integrando la valutazione dei benefici diretti con le esternalità connesse ai diversi modi di trasporto utilizzati. Lo studio della domanda è stato svolto per la componente con motivazione studio e lavoro (dati pubblicati dall'ISTAT). I risultati evidenziano



(Fonte: nostra elaborazione su dati Isfort, Osservatorio "Audimob" sulla mobilità degli italiani 2004-2007).

Fig. 1 – Distribuzione modale degli spostamenti urbani dal 2004 al 2007 (quote % di spostamenti).

costi generalizzati di trasporto della mobilità sistematica nell'area veneta, in particolare nel triangolo tra Treviso, Mestre e Castelfranco, si valutano le condizioni di efficienza per l'inserimento di linee di tipo tramviario in aree non a forte densità residenziale o produttiva (la cosiddetta

una soddisfacente condizione di fattibilità, con la sola componente di domanda pendolare in diversione; ulteriori quote relative agli spostamenti non sistematici dovrebbero rendere la fattibilità della proposta ancora più convincente.

(\*) Università IUAV di Venezia, Unità di ricerca TTL - Trasporti Territorio e Logistica.

(1) Pur nella responsabilità congiunta dei risultati della ricerca, l'arch. PAROLIN ha curato il quadro di riferimento progettuale mentre l'ing. Alessandra LIBARDO ha curato le elaborazioni e l'analisi economica.

### 2. Veneto: città e mobilità - "La società urbana, non più interpretabile come formata da grandi aggregati omogenei, si disperde", (Bernardo SECCHI, 2008)

La definizione di città ha ormai perso i connotati classici, soprattutto quando ci riferiamo a territori quali il Vene-

to, oggetto dell'analisi del presente articolo, ove le attività insediative e produttive risultano territorialmente equidistribuite. Il fenomeno era già così evidente negli anni '70 da indurre le prime riflessioni sulla necessità di integrare lo sviluppo insediativo a sistemi di trasporto in grado di "assicurare a tutti i cittadini un uguale e rapido accesso al godimento delle risorse della civiltà urbana, comprese le strutture produttive" (Progetto '80, del 1968, e PGT 1986). Nonostante il fervore delle ricerche di quegli anni, ancora oggi gli strumenti di programmazione si ritrovano a dover affrontare diverse problematiche inerenti alla domanda di mobilità ed all'incremento delle destinazioni finali.

Gli spostamenti, non più legati esclusivamente ai grandi poli attrattori o a motivazioni quali studio e lavoro<sup>(2)</sup> quindi con un'unica origine ed un'unica destinazione, vanno definiti come itinerari complessi. L'unica modalità che attualmente soddisfa tali esigenze risulta essere quella privata, come ribadito anche dai più recenti censimenti sulla mobilità (Censis, Istat 2008) ove l'autovettura risulta utilizzata per l'81,9% (Isfort, 2006) degli spostamenti.

L'uso del mezzo privato è particolarmente diffuso nelle piccole e medie città e nelle cinture metropolitane (fig. 1), con percentuali superiori all'80% e tassi di crescita costanti, al contrario ove sussiste una maggiore offerta di

ancora positivo, ma più modesto, corrispondenti alla rete primaria extraurbana, fino a riscontri di una sostanziale stazionarietà dei volumi registrati nelle zone centrali dei capoluoghi. E' forse quest'ultimo il dato più sorprendente in quanto conferma l'aumento di traffico al di fuori delle centralità urbane. Il fenomeno è da ascrivere alla dispersione territoriale delle attività precedentemente descritta, con il loro trasferimento dai luoghi centrali agli ambiti più periferici e con la crescita del ruolo dei poli secondari (centri emergenti o poli di terziario e insediamenti nei comuni di seconda cintura). Da una ricerca condotta in occasione della redazione del Piano Generale del Traffico Urbano del Comune di Padova (2003) è infatti emersa una tendenziale diminuzione del traffico veicolare per le relazioni dirette all'area centrale della città (riduzione degli accessi nell'ordine del 10-20% in 5 anni), a fronte di un generale aumento della mobilità privata, che di conseguenza si distribuisce su tutto il territorio regionale<sup>(3)</sup>.

Osservando la ripartizione per mezzi di trasporto in relazione a classi di distanza, un dato che colpisce è l'aumento della quota di percorrenze brevissime effettuate in automobile (dal 24,2% del 2004 al 37,3% del 2005 per quelle fino a 2 km), a scapito del peso dei tragitti a piedi o in bicicletta (sceso dal 70,6% al 56,6%). I valori più alti

TABELLA 1

MERCATO DELLA MOBILITÀ PER MEZZO DI TRASPORTO E RAGGIO DI MOBILITÀ - ANNI 2004-2005

	Fino a 2 km		da 2 a 10 km		da 10 km a 50 km		Oltre i 50 km	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
A piedi o in bicicletta	70,6	56,6	3,2	6,5	0,3	0,7		0,4
Auto	24,2	37,3	75,4	76,2	79,2	78	65,8	66,1
Moto/ciclomotore/scooter	3,4	3,7	7,9	6,5	2,6	3,4	0,6	0,7
Mezzi pubblici urbani	1,2	2,1	10,5	8	5,7	3,3		0,8
Mezzi pubblici extraurbani	0	0,1	1	1	3,7	5,5	4,9	6,6
Treno		0	0,1	0,2	2	2,8	9,8	7,7
Altro mezzo privato, anche combinato	0,5	0,1	0,3	0,3	0,6	0,3	2	0,5
Altro mezzo pubblico, anche combinato	0,1	0,1	1,1	1,1	3,1	3,7	8,2	8,1
Combinazione di mezzi pubblico-privato	0	0,1	0,4	0,3	2,8	2,2	8,7	9,1
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Peso % delle distanze sul totale</b>	<b>34,8</b>	<b>38,2</b>	<b>47,6</b>	<b>40,8</b>	<b>16,6</b>	<b>18,7</b>	<b>1</b>	<b>2,3</b>

(Fonte ISFORT, Osservatorio "Audimob" sulla mobilità 2006).

servizi pubblici (grandi città) una percentuale minore di utenti utilizza l'auto per i propri spostamenti.

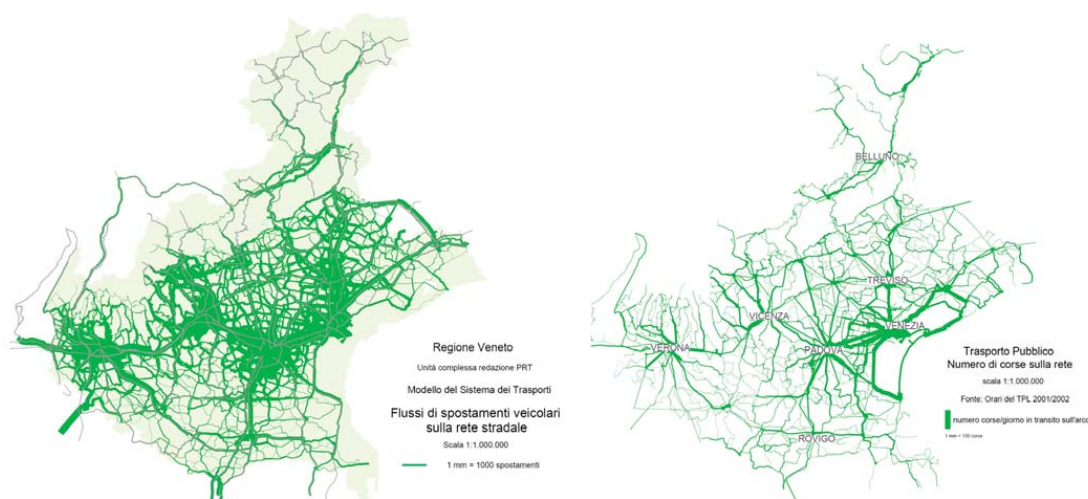
Le tendenze evolutive del traffico sulla rete stradale non sono omogenee sulle diverse direttrici regionali. Si possono osservare ambiti con variazioni positive di traffico distribuito su tutte le tratte, come accade per il settore autostradale (+75% dal 1990 al 2006); ambiti con trend,

nell'utilizzo del mezzo privato corrispondono alle classi di distanza comprese tra i 2 e i 50 km (tabella 1) ovvero gli spostamenti che corrispondono agli ambiti urbano e suburbano.

Inevitabilmente questa forte componente di mobilità genera alti livelli di traffico, non solo lungo le principali direttrici, ma anche nelle arterie minori come evidenzia-

(2) Il 30% degli spostamenti odierni sono relativi al tempo libero, il 32% per la gestione familiare (CENSIS, 2008).

(3) Regione Veneto - Direzione Sistema Statistico Regionale, Il Veneto si racconta - Cap. 6 e "La mobilità" Rapporto statistico ed. 2007.



(Fonte: Piano Regionale dei Trasporti del Veneto, 2004).

Fig. 2 – Flussi veicolari su strada e offerta di servizi pubblici.

to dai grafici d'utilizzo della rete stradale e dell'offerta di servizi pubblici (fig. 2).

Se da un lato la consistenza dei flussi veicolari è indice di un'elevata domanda di mobilità, dall'altro l'offerta del trasporto pubblico appare ancora scarsa ed inadeguata, soprattutto in quelle aree che non sono prossime alle grandi polarità regionali.

La moltiplicazione delle motivazioni che inducono alla mobilità (e quindi delle destinazioni) è riscontrabile nel numero di spostamenti medi effettuati da una persona in un giorno feriale pari a 3,12 (Isfort, 2007) per un tempo medio di mobilità giornaliera pro capite pari a 63 minuti. Di questi rimane rilevante la componente pendolare o sistematica (36% per la Regione Veneto) di cui la recente indagine del Censis (2008) sui "consumi" di mobilità riporta che la distanza media percorsa per spostamento è pari a 24,2 km. I luoghi di destinazione sono ubicati in prevalenza (per quasi l'80%) all'interno dei comuni appartenenti alla stessa provincia di residenza, solo nel 4% dei casi si tratta di percorsi extraregionali.

### 3. Spazio per il suburban tram

Ad ogni sistema di trasporto, in particolare nella regione Veneto, è possibile associare un mercato in termini di volumi di domanda e di scala territoriale:

- autostrade e ferrovie assolvono una "funzione di collegamento parabolico" (CERRUTTI e PALMA, 1974) servendo un sistema di livello gerarchico superiore (rappresentato da importanti poli-centri), ma trascurano o addirittura bypassano intere zone;
- i servizi collettivi extraurbani, in riprogrammazione,

grazie all'ampio disegno di Sistema Ferroviario Metropolitano, e la rete stradale extraurbana garantiscono gli spostamenti di livello regionale, ma coprono solo parzialmente il territorio;

- i centri urbani maggiori vedono un capillare servizio di trasporto su gomma e diverse sperimentazioni per quanto attiene forme di mobilità alternative nell'uso o nella tecnologia conseguentemente alle politiche in atto che tendono a salvaguardare i centri storici avviando un processo graduale di pedonalizzazione di questi.

Permangono, in virtù delle trasformazioni nell'uso del territorio (in termini insediativi e di fruizione dello stesso), ambiti non adeguatamente serviti; il livello irrisolto corrisponde proprio alla cosiddetta città diffusa (scala suburbana) costituita da una serie di piccoli centri e di attività, distribuiti su assi stradali a ridotta capacità, caratterizzanti lo sprawl delle origini e delle destinazioni.

Il coordinamento dell'offerta di trasporto pubblico sconta dunque una carenza: un livello gerarchico intermedio. Gli spostamenti che corrispondono a questo livello oggi sono effettuati in qualche occasione dal sistema di bus extraurbani, ma, come dimostrano le statistiche, prevalentemente con modalità privata. Ciò è dovuto anche all'assenza di alternative, in quanto soluzioni innovative tipo car sharing, car pooling o bike rent, stanno cominciando ad affermarsi solo nei centri maggiori.

La presente ricerca intende analizzare la possibilità di chiudere l'anello di offerta di trasporto pubblico nella città diffusa (congiungendo in tal modo il livello comunale a quello regionale) tramite servizi di tipo tramviario o a guida vincolata.

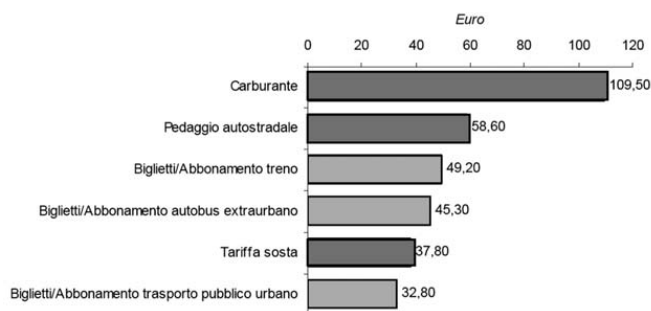


Fig. 3 – Alcuni sistemi a guida vincolata europei (foto personali e da [www.mondotram.it](http://www.mondotram.it)). 1. Bergamo-Albino; 2. Firenze; 3. Glattalbahn Zurigo; 4. Venezia-Mestre; 5. Orléans; 6. Karlsruhe.

SISTEMI A GUIDA VINCOLATA – ESTENSIONE LINEE  
IN SERVIZIO AL 2008

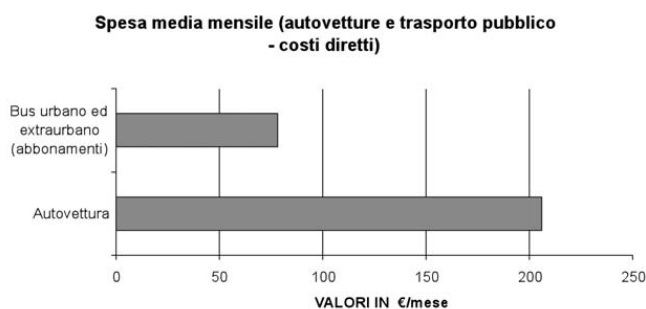
Tramvia/Sistema su gomma	km	Tramvia	km
Bergamo-Albino	13.6	Glattalbahn	12.9
Firenze	34.5	Orléans	17.7
Mestre	20	Karlsruhe	130.8

In Europa le reti tramviarie sono solitamente concepite per un servizio di tipo urbano, anche se le più recenti realizzazioni italiane tendono ad ampliare il proprio raggio di influenza, ne sono esempi la tramvia Bergamo-Albino, la tramvia di Firenze e il sistema guidato su gomma di Venezia/Mestre per l'Italia. Nel panorama europeo possiamo citare la nuovissima linea Glattalbahn di Zurigo, la rete della municipalità di Orléans in Francia e quella molto estesa del tram-treno a Karlsruhe.



(Fonte: indagine Censis, 2007)

Fig. 4a – Spesa media mensile per abitante sostenuta per gli spostamenti pendolari (euro).



(Fonte: Nostra elaborazione su dati Censis 2007).

Fig. 4b – Confronto fra costi diretti per l'utilizzo dell'automobile e l'acquisto dell'abbonamento al TPL urbano ed extraurbano (euro).

#### 4. Quanti e quali sono i costi della quotidianità

I dati emersi dalle statistiche sulla mobilità nazionale e regionale evidenziano, negli anni, un generale aumento dei trasporti motorizzati privati, il che comporta dei costi ingenti sia in termini di costi diretti (carburante, pedaggi, ticket per la sosta) sia in termini di esternalità (emissioni, congestione, incidenti). Trascurando per un momento le esternalità, la differenza, nel bilancio mensile familiare, nell'utilizzo del trasporto privato piuttosto che del mezzo pubblico è notevole: nella tabella seguente vengono comparati, a livello nazionale, i costi a cui si deve far fronte in base all'utilizzo dell'una o dell'altra modalità, nei movimenti casa-lavoro e casa-studio<sup>(4)</sup>.

(4) I calcoli sono stati effettuati sulla base della distanza media percorsa per raggiungere la sede lavorativa o l'ente scolastico dalla propria abitazione: 48,4 km andata-ritorno.

Nel caso di utilizzo dell'autoveicolo privato l'ammontare della spesa sostenuta dall'utente per il rifornimento di carburante si aggira sui 110 euro mensili (fig. 4), a questi bisogna aggiungere poi la tariffa per la sosta ed una spesa media per il pedaggio autostradale<sup>(5)</sup>. Pertanto chi effettua lo spostamento con il mezzo privato dovrà affrontare una spesa mensile compresa tra 110,00 e 206,00 € comprensiva di carburante, pedaggio autostradale e spesa per la sosta. Chi invece utilizzerà solo il trasporto pubblico dovrà sostenere una spesa mensile dai 45,00-49,00 € (nel caso in cui si avvalga solo dell'abbonamento extraurbano) ai 78,00-82,00 € (nel caso in cui possieda entrambi gli abbonamenti: urbano ed extraurbano). E' possibile quindi confrontare i costi annuali sostenuti dagli utenti del sistema di trasporto pubblico e da quelli del trasporto privato stimando valori minimi e massimi gravanti su un ipotetico pendolare, ovvero raffrontando spostamenti equivalenti in termini di distanza sulla base delle indicazioni dei valori medi di percorrenza effettuati giornalmente (25 km per spostamento). Ne risulta che la spesa annua per il mezzo privato<sup>(6)</sup> arriva a 2.265,00 €<sup>(7)</sup>, escluse le spese fisse (assicurazione, bollo e ammortamento del veicolo). Un'analisi più approfondita, che tiene in conto i costi di possesso, oltre che di uso dell'autovettura<sup>(8)</sup> consente di definire un campo di variabilità della spesa annuale per un possessore di auto tra i 4.754 € e i 6.796 €, in relazione a differenti valori di percorrenze (14.000 km/anno e 18.000 km/anno) e dalla tipologia di veicolo (classi di costo tra i 18.000 € e i 24.000 € compresi gli oneri finanziari). L'esborso monetario annuale per un abbonato del trasporto extraurbano risulta invece pari a

(5) Da una ricerca Autostrade S.p.a. Settembre 2006 è emersa una distribuzione dei viaggi molto concentrata sulle brevi distanze: sulla rete principale il 60,5% degli spostamenti leggeri ed il 48,2% di quelli pesanti avvengono su tragitti inferiori ai 50 km; tra le due componenti, rispettivamente oltre un terzo e poco più di un quarto dei viaggi non superano i 25 km, con un valore di pedaggio pari a 1,10 € per 20 km. (Le percorrenze sulla rete Autostrade per l'Italia 2004-2005).

(6) Ipotizzando una percorrenza annua pari a 13.200 km per 264 giorni lavorativi e valutando una quota della spesa relativa al pedaggio autostradale ed una relativa alla sosta.

(7) Pari ad un'incidenza intorno al 8 - 10% del reddito medio in Italia (Rapporto Istat 2007 sull'Italia: analisi sullo stato dell'economia, delle imprese, del mercato del lavoro, delle famiglie, del welfare e dell'immigrazione).

(8) A. CAPELLI, Atti del Convegno UrbanPromo "Le città del XXI secolo, scenari per l'innovazione", Venezia 2007.

TABELLA 3

CATEGORIE DELLE ESTERNALITÀ

Categorie di costo sociale	Costi interni privati	Costi esterni		Classificazione territoriale
		Interni al sistema	Esterni al sistema	
Costo delle risorse	Costo medio delle risorse			Diretto
Congestione	Valore medio del tempo	Perdite di tempo di tutti gli utenti		Diretto
Incidenti	Costi associati al rischio medio	Costi associati all'incremento del rischio	Parte dei costi medici ed economici pagati dalla collettività	Società
Rumore	Danni agli utenti	Danni ad altri utenti	Danni al vicinato	Locali
Inquinamento atmosferico	Danni agli utenti	Danni ad altri utenti (pedoni, ciclisti)	Danni al resto della collettività, impatti ambientali, danni agli immobili	Locali e regionali
Cambiamento climatico			Danni all'intera collettività e alle generazioni future	Globali
Inquinamento idrico			Danni alla collettività e impatti ambientali	Locale

(Fonte: Capri (1999), *Valuation of Transport Externalities, Annex B, European Commission, 4<sup>th</sup> Framework – Transport RTD*)

580,00 €, mentre la combinazione di abbonamento urbano ed extraurbano comporta un costo complessivo di 960,00 €.

In vista di una valutazione socioeconomica complessiva a tali costi monetari bisogna sommare gli impatti dei diversi sistemi in termini di esternalità. La necessità di effettuare urgenti progressi in termini di riequilibrio modale, può certamente essere meglio rappresentata dall'ordine di grandezza dei costi che i diversi modi di trasporto impongono all'intera collettività: il costo esterno aggregato, associato ai trasporti terrestri a livello europeo, è stato stimato assumere una dimensione pari a circa il 5% del PIL. Anche se questo dato può essere fortemente influenzato da altri fattori, quali il tipo di modalità, l'ambito territoriale e il periodo di riferimento, le recenti stime in materia indicano che oltre il 90%<sup>(9)</sup> dei costi esterni del trasporto sono generati dalla modalità stradale. La tabella 3 presenta una sintesi delle varie categorie di esternalità associate alla produzione dei trasporti. Per ogni categoria è identificata sia la componente di costo privato interno, ossia quella sostenuta direttamente dagli utenti del sistema, sia quella esterna; da sottolineare che alcune categorie si auto influenzano, facendo degenerare il sistema dall'interno, come ad esempio il fenomeno della congestione, il quale causa consumo di tempo alla collettività.

(9) Amici della Terra e Ferrovie dello Stato, Quarto Rapporto sulle esternalità, 2000.

La fig. 5 confronta il peso di tre tipologie di costi ambientali, per le diverse tipologie di trasporto urbano a Berlino, suddivisi in: surriscaldamento globale del pianeta, rumore e smog.

I trasporti pubblici si attestano sui livelli più bassi ed il tram, in particolare, è secondo solo alla metropolitana. In base ad un'analisi comparativa dei costi delle esternalità nel trasporto urbano della città di Stoccarda (fig. 6) è possibile ricavare i valori monetari dovuti ai processi di *up- and down-stream* per le diverse tipologie di mezzo, nonché le esternalità ambientali prodotte dai diversi tipi di motore.

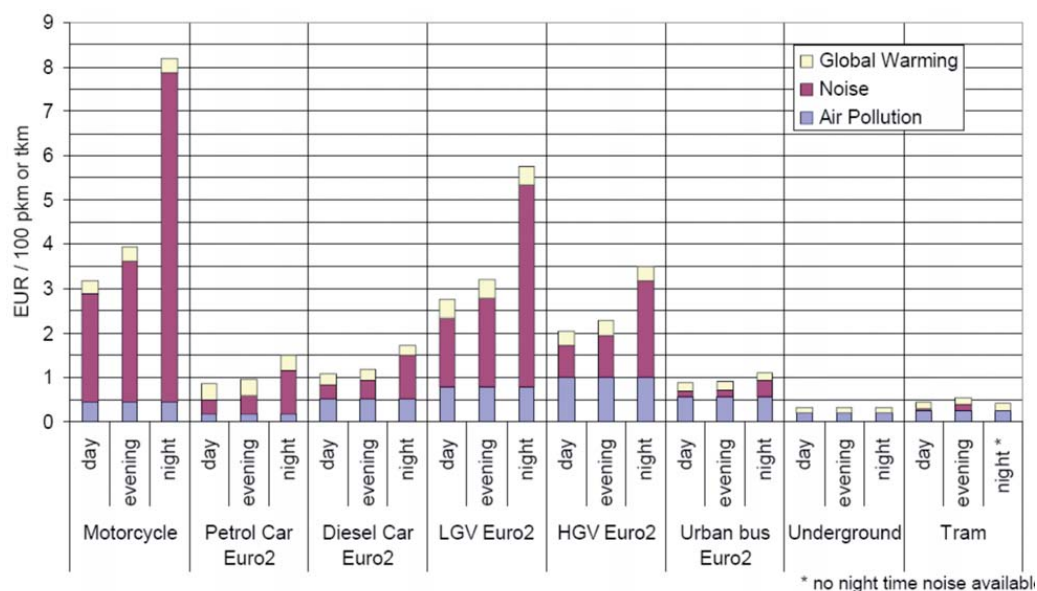
I costi medi riportati evidenziano che le autovetture producono esternalità circa dieci volte superiori ai veicoli tramviari: la monetizzazione delle esternalità come calcolata da INFRAS associa al trasporto privato valori pari a 3 centesimi di euro a veicolo/km. In base agli studi effettuati nell'ambito dell'Unione Europea (UE 2007) sono stati attribuiti i singoli valori a ciascuna tipologia di impatto (tabella 4).

## 5. Un'applicazione alla città diffusa

Sulla base dei dati riportati, nell'ottica di un riequilibrio modale della mobilità che induca una maggior sostenibilità ambientale e minori spese per le famiglie, si procede nel seguito ad un'applicazione alla città diffusa veneta di nuovi sistemi di trasporto collettivo, verificando le quote di domanda potenziali.

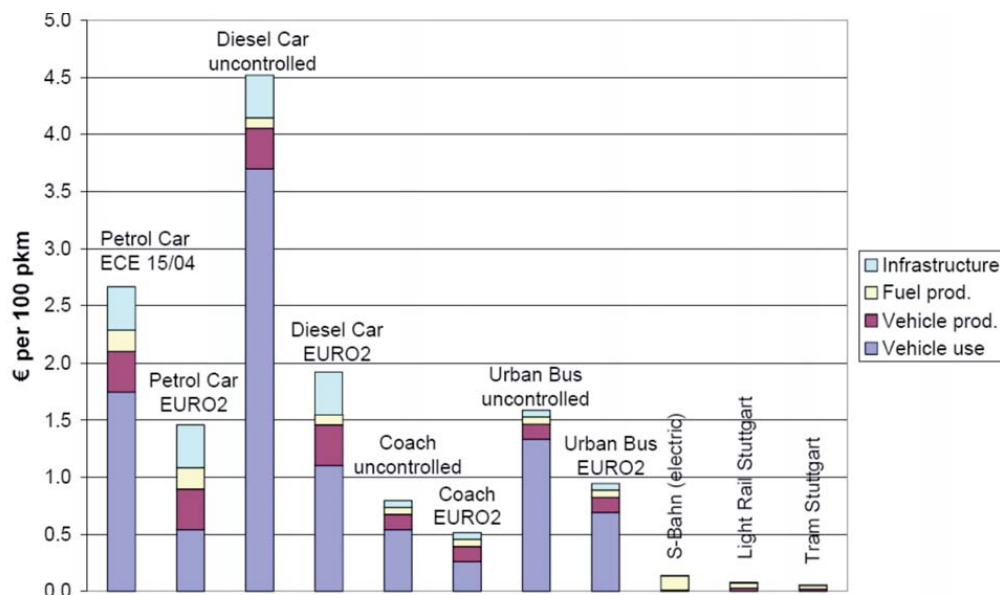
Lo studio è stato condotto valutando la possibilità di servire alcuni Comuni con un sistema tramviario suburbano che integri i servizi ferroviari regionali (SFMR) e locali. Si è individuata una direttrice<sup>(10)</sup> di traffico consolidata, tra le province di Treviso e Venezia, che si snoda per un'estensione di circa 22 km attraversando i Comuni di

(10) L'analisi è comunque da intendersi di carattere generale ovvero applicabile anche a diversi bacini territoriali e di domanda.



(Fonte: European Commission, DG Research, "ExternE" 2001).

Fig. 5 – Confronto delle esternalità nel trasporto urbano a Berlino.



(Fonte: European Environment Agency, External Costs of Transport, INFRAS 2000).

Fig. 6 – Costi delle esternalità del trasporto passeggeri in base alla congestione urbana (città di Stoccarda).

TABELLA 4

COMPONENTI DI COSTO E VALORI MONETARI PER AUTOVEICOLO

Cost component		Passenger car Unit costs €/vkm (bandwidths)
Noise	Interurban, day	0.12 (0.04 - 0.12)
Accidents	Urban/Interurban	1.60 (0 - 2.55)
Air pollution	Interurban, petrol /diesel	0.49 (0.09 - 0.89)
Climate change	Interurban, petrol /diesel	0.41 (0.38 - 0.44)
Nature & landscape	Interurban	0.40 (0 - 0.4)
Soil & water pollution	Urban/Interurban	0.10 (0.1 - 0.1)
Total		3.12

(Fonte: Handbook on estimation of external cost in the transport sector, INFRAS 2007).

Paese, Quinto, Zero Branco e Scorzè e che interessa un'area di 60.000 residenti.

I capolinea del sistema proposto corrispondono alle due stazioni di Paese e Scorzè appartenenti al Sistema Ferroviario Metropolitano Regionale (fig. 7).

Le valutazioni di utilizzo del sistema dei trasporti e delle diverse modalità sono state condotte a partire dai dati statistici disponibili (Regione Veneto e Province), applicando, alla popolazione residente (Istat, 2005) nei quattro comuni interessati dal progetto, le percentuali definite per il Veneto dalle indagini ISFORT (tabella 5)

pp/giorno.

Sulla base di tale domanda, della distribuzione degli spostamenti e dei costi connessi all'uso dei diversi mezzi sono state quindi effettuate alcune analisi comparative per stimare vantaggi e svantaggi di diversi comportamenti modali: nella tabella 6B si sono confrontati i costi annuali sostenuti dalla popolazione pendolare, che si muove nell'area di studio, nel caso in cui questa utilizzi la modalità privata o quella pubblica.

La spesa annua, sostenuta da tale quota di popolazione, per l'utilizzo della modalità privata consiste in circa 51 milioni di €, contro un valore di circa 10 milioni di € nel caso lo stesso numero di utenti si servisse del trasporto collettivo.

Sulla base della domanda potenziale stimata ed ai fini del dimensionamento del progetto, sono state comparate le capacità di alcune linee in realizzazione o in esercizio (tabella 7A), e conseguentemente si sono calcolate le percorrenze chilometriche annue ipotizzando una frequenza media giornaliera di 10 minuti.

Stimata una domanda iniziale di 12.000<sup>(11)</sup> pp/g (determinata esclusivamente sulla componente di mobilità pendolare) e verificata l'offerta garantita da diversi sistemi in esercizio in Europa, si è valutato possibile scegliere un sistema in grado di offrire una capa-

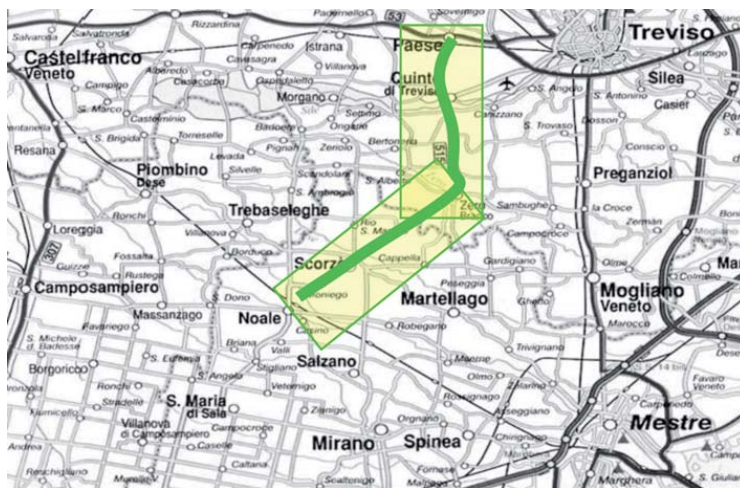


Fig. 7 - Area studio.

di: popolazione mobile (casa-studio e casa-lavoro) sul totale (86,5%), popolazione pendolare sul totale della popolazione mobile (36%), spostamenti provinciali sul-

(11) Tale valore rappresenta il numero di pendolari che si muovono giornalmente, pertanto equivale alla domanda giornaliera per verso.

TABELLA 5

POPOLAZIONE MOBILE IN VENETO, MOTIVI DEGLI SPOSTAMENTI E TIPOLOGIE DI MEZZO UTILIZZATE

	Belluno	Padova	Rovigo	Treviso	Venezia	Verona	Vicenza	VENETO
Popolazione [ab.]	212.216	890.805	244.752	849.355	832.326	870.122	838.737	4.738.313
Popolazione mobile	86,5%	86,5%	86,5%	86,5%	86,5%	86,5%	86,5%	86,5%
	183.567	770.546	211.710	734.692	719.962	752.656	725.508	4.098.641
Motivo dello spostamento	Belluno	Padova	Rovigo	Treviso	Venezia	Verona	Vicenza	VENETO
Popolazione mobile	183.567	770.546	211.710	734.692	719.962	752.656	725.508	4.098.641
gestione fam/personale	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%
	57.273	240.410	66.054	229.224	224.628	234.829	226.358	1.278.776
tempo libero	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%
	60.210	252.739	69.441	240.979	236.148	246.871	237.966	1.344.354
pendolari	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%
	66.084	277.397	76.216	264.489	259.186	270.956	261.183	1.475.511
Tipologia di spostamento	Belluno	Padova	Rovigo	Treviso	Venezia	Verona	Vicenza	VENETO
N°pendolari	66.084	277.397	76.216	264.489	259.186	270.956	261.183	1.475.511
Spostamenti provinciali	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
	52.867	221.917	60.973	211.591	207.349	216.765	208.946	1.180.409
Modo di trasporto	Belluno	Padova	Rovigo	Treviso	Venezia	Verona	Vicenza	VENETO
Spostamenti provinciali	52.867	221.917	60.973	211.591	207.349	216.765	208.946	1.180.409
Auto privata conducente	64,8%	64,8%	64,8%	64,8%	64,8%	64,8%	64,8%	64,8%
	34.258	143.802	39.510	137.111	134.362	140.464	135.397	764.905
Auto privata passeggero	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
	1.586	6.658	1.829	6.348	6.220	6.503	6.268	35.412
Auto aziendale	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
	1.322	5.548	1.524	5.290	5.184	5.419	5.224	29.510
Moto-ciclomotore	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%
	3.119	13.093	3.597	12.484	12.234	12.789	12.328	69.644
Treno	14,8%	14,8%	14,8%	14,8%	14,8%	14,8%	14,8%	14,8%
	7.824	32.844	9.024	31.316	30.688	32.081	30.924	174.700
Bus extraurbano	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%
	5.657	23.745	6.524	22.640	22.186	23.194	22.357	126.304
Bus urb-tram-metro-nave	15,8%	15,8%	15,8%	15,8%	15,8%	15,8%	15,8%	15,8%
	8.353	35.063	9.634	33.431	32.761	34.249	33.013	186.505
Bicicletta	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%
	846	3.551	976	3.385	3.318	3.468	3.343	18.887
A piedi	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%
	2.908	12.205	3.353	11.638	11.404	11.922	11.492	64.922
Popolazione mobile	183.567	770.546	211.710	734.692	719.962	752.656	725.508	4.098.641
N° medio spost/giorno	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11
Spostamenti/gg	570.893	2.396.398	658.418	2.284.892	2.239.082	2.340.760	2.256.330	12.746.774

(Fonte: Elaborazione su dati ISTAT 2005, CENSIS, ISFORT 2007).

città oraria di circa 1.000 pp/h, mantenendo il cadenzamento a 10'.

Conseguentemente si sono stimati i costi di realizzazione e di esercizio ipotizzando l'utilizzo di un sistema tramviario in sede promiscua, con una capienza pari a 170 passeggeri per convoglio (tabella7B).

L'analisi costi benefici è stata condotta in relazione a differenti ipotesi di costo di investimento e di domanda (per quanto riguarda i costi vengono depurati, come richiede la teoria economica, dai trasferimenti interni alla collettività, imposte e tasse, assunti pari al 30% complessivo, come indicato dal manuale sulla valutazione degli investimenti pubblici del NUVAL).

In particolare si sono considerati:

1. la *domanda potenziale* derivante esclusivamente dalla diversione stradale della componente pendolare è stata supposta crescere, nel periodo di vita utile dell'opera, con tassi annuali legati a tre ipotesi: a) costante, b) pari al 2% coerente all'ipotesi di crescita del PIL, c) pari al 3,6% in analogia alla crescita osservata sulla rete autostradale regionale;

2. *costi di investimento* finanziari per la realizzazione del sistema a guida vincolata: variabili tra i 7 e i 10 M€/km<sup>(12)</sup>;

3. *costi economici* relativi all'esercizio del sistema proposto: 0,12 € a pass-km<sup>(13)</sup>;

4. *benefici monetari* relativi alla differenza tra:

- costi di mantenimento del mezzo privato (costi fissi) e costi variabili calcolati sulla base di una percorrenza annua di 14.000 km (equivalente al dato medio di spostamento giornaliero di 50km);
- costi per abbonamenti al trasporto pubblico (somma della tariffa urbana ed extraurbana);

5. *benefici* relativi alla riduzione delle *esternalità*: determinati come differenza dei costi del mezzo privato e dell'esercizio del mezzo pubblico.

Questi sono stati quantificati a partire dalla produzione

(12) European Demonstration of Innovative City Transport (EDICT), European Commission (2005).

(13) Ibidem.

TABELLA 6A

DETERMINAZIONE DEL NUMERO DEGLI SPOSTAMENTI  
INTERCOMUNALI SU MEZZO PRIVATO

Popolazione totale Paese, Quinto, Zero Branco, Scorzè	58.000
Pendolari 36% della popolazione	20.894
Quota spostamenti intercomunal (provinciali) 80% del totale	16.715
65% di popolazione pendolare che usa l'auto come conducente per spostamenti intercomunal	10.831
3% di popolazione pendolare che usa l'auto come passeggero per spostamenti intercomunal	501
Somma popolazione pendolare che utilizza l'auto per spostamenti intercomunal	11.333

TABELLA 6B

SPESE SOSTENUTE DALLA POPOLAZIONE PENDOLARE NELL'AREA DI STUDIO (SPO-  
STAMENTI INTERCOMUNALI) NELL'UTILIZZO DELLA MODALITÀ PRIVATA E PUBBLICA  
(COMUNI DI PAESE, QUINTO DI TREVISO, ZERO BRANCO E SCORZÈ)

<b>Trasporto privato</b>	
Popolazione pendolare che usa l'auto come conducente per spostamenti intercomunal	10.831
Costo annuo auto 14.000 km/anno	4.750.00 €
Spesa annua trasporto privato compreso ammortamento veicolo	51.448.598.00 €
<b>Trasporto pubblico</b>	
Spesa abbonamento trasporto pubblico somma abbonamento urbano + extraurbano (50 km)	83.00 €
Popolazione deviata sulla modalità pubblica 100% degli spostamenti intercomunal in auto	11.333
Spesa annua per l'utilizzo del trasporto pubblico calcolato su 261 gg	10.346.784.00 €
<b>Differenza modalità privata-pubblica</b>	<b>41.101.813.00 €</b>

(Fonte: nostra elaborazione)

ne in veicoli-km/anno per le due modalità: strada e tram-  
via. La tabella 8 riporta i valori unitari (per veicolo-km)  
desunti dalle ricerche UE 2007 (cfr. paragrafo 3): il calco-  
lo delle esternalità stradali, imposte alla collettività, risul-  
ta pari ad oltre 4,7 M€/anno, mentre le esternalità dovute  
alla realizzazione ed esercizio del sistema tramviario ri-  
sultano notevolmente inferiori.

tipo tramviario, in particolar modo nell'ottica di concepire  
tale sistema come un raccordo tra le reti regionali e quelle  
comunal. Si deve anche considerare che la città diffusa si  
è sviluppata lungo le principali direttrici stradali e che gli  
ulteriori insediamenti (case sparse) si trovano a distanze  
tali (3000 metri al massimo) da consentire il raggiungi-  
mento delle fermate del trasporto collettivo a piedi o con

Le analisi condotte hanno  
consentito di verificare le condi-  
zioni necessarie per il raggiun-  
gimento dell'equilibrio econo-  
mico dell'opera in relazione al  
costo di investimento.

Ipotizzando una diversione  
della domanda pendolare, dal  
sistema individuale a quello col-  
lettivo, pari al 100% (ipotesi di  
massima) si ottengono valori  
sempre positivi, qualsiasi sia lo  
scenario di incremento annuale  
della domanda. Per ottenere la  
fattibilità dell'opera, la percen-  
tuale minima trasferita dal tra-  
sporto privato a quello pubblico  
si dovrebbe attestare su valori  
del 60% (l'unico caso in cui non  
si verifica questa condizione è  
quando il costo di investimento  
è pari a 10 M€/km e la doman-  
da in diversione non cresce).

La tabella 9 illustra nel  
dettaglio le condizioni mini-  
me di domanda in relazione  
alle diverse ipotesi di crescita  
della stessa e al costo di inve-  
stimento.

## 6. Valutazione dei risultati e considerazioni finali

I risultati della ricerca iden-  
tificano i margini di inserimen-  
to di un sistema tramviario nel-  
la cosiddetta città diffusa, pre-  
supponendo un sostanziale  
cambiamento nei comporta-  
menti di uso dei modi di tra-  
sporto ed in particolare una di-  
versa sensibilità al costo del-  
l'autovettura privata. Non-  
ostante il territorio ad urbaniz-  
zazione diffusa sembri offrire  
un tipo di mobilità "dispersa",  
la quantità di movimenti siste-  
matici (e non) è tale da poter  
ipotizzare la realizzazione di  
un sistema a guida vincolata di

CAPACITÀ DI ALCUNI SISTEMI TRAMVIARI  
IN REALIZZAZIONE/ESERCIZIO

Tipologia di veicolo	Città	Capienza convoglio	capacità/ora per direzione	Capacità/giorno per direzione
Translohr 25 metri	Mestre	170	1.020	14.280
Translohr 32 metri	Mestre	238	1.428	19.992
Translohr 39 metri	Mestre	298	1.788	25.032
Ansaldo	Torino	132	792	11.088
Siemens	Vienna	144	864	12.096
Bombardier	Colonia	178	1.068	14.952
Alstom	Dublino	202	1.212	16.968

TABELLA 7A

ricerca, relativi ad una quota degli spostamenti effettuati per la gestione familiare/scopi personali (pari al 31,2% degli spostamenti totali) e ad una quota di quelli effettuati per il tempo libero (32,8% degli spostamenti totali). Ciò fa presupporre un possibile significativo aumento della domanda complessiva e quindi migliori condizioni di efficienza economica.

A questa considerazione si deve aggiungere la presenza di un'ulteriore quota di domanda (della popolazione pendolare che effettua spostamenti intercomunali) che già utilizza i mezzi collettivi non valutata nella presente analisi. La realizzazione del sistema tramviario comporterà una riorganizzazione dei servizi pubblici (riduzione o sostituzione di alcune corse di autobus) da cui necessariamente una quota di domanda si trasferirà sulla nuova linea, traendo benefici in termini di risparmi di tempo, sicurezza e comfort. Ad esempio nel caso della realizzazione del tram di Mestre la quota di domanda trasferita dai servizi bus di linea costituisce la quasi totalità dell'utenza prevista sul sistema tramviario; applicando, sul totale degli spostamenti intercomunali (16.700 c.a. - v. tabella 5) attuati su mezzo pubblico (10,7%), la stessa diversione si otterrebbe una domanda aggiuntiva di circa 1.700 spostamenti pendolari giorno. Pertanto seppure le ipotesi di diversione dal sistema individuale al nuovo progetto possono apparire in parte ottimistiche, le quote di domanda non

VEICOLI - KM/ANNO PER UNA LINEA DI 22 KM (261 gg)

Capienza convoglio	Intervallo min	Capacità/ora	Ore di esercizio	km di linea	veicoli km/giorno per verso	veicoli km/anno bidirezionale
170	10	1.020	14	22	1.848	964.656

TABELLA 7B

(Fonte: nostra elaborazione su dati forniti dai costruttori).

ESTERNALITÀ PRODOTTE DAL TRASPORTO PRIVATO E DAL TRASPORTO PUBBLICO TRAMVIARIO

	€/veicolo-km	Veicoli-km	€/anno
esternalità auto	0.0312	151.637.972	4.731.105
esternalità tram	0.00312	964.656	3.010
Beneficio annuo			4.728.095

TABELLA 8

sistemi a due ruote, a patto di garantire la protezione dei relativi percorsi.

È da sottolineare che durante lo studio si sono considerati solo i movimenti pendolari (che rappresentano il 36% degli spostamenti totali), mentre è verosimile che anche una parte di mobilità non sistematica (tabella 5) possa utilizzare il nuovo sistema proposto. Esistono dunque degli ulteriori benefici, non imputati nella presente

sistematica sopra descritte dovrebbero compensare eventuali minori flussi pendolari attratti dal sistema.

I benefici emersi dalle analisi incoraggiano l'inserimento di un sistema tramviario in aree ad urbanizzazione diffusa (che sino ad oggi sono state raramente servite da sistemi a guida vincolata), nell'ambito di un ripensamento complessivo dei sistemi di trasporto finalizzato alla realizzazione di una rete di servizi pubblici integrata. È doveroso rimarcare

TABELLA 9

ANALISI DI SENSITIVITÀ DELLA FATTIBILITÀ DEL PROGETTO

Costo di investimento mil € /km	Tasso di crescita annuale di domanda	Domanda in diversione dalla strada	VAN
7	0%	100%	137
		70%	10
		60%	-32
		50%	-74
	2%	100%	218
		70%	67
		60%	16
		50%	-33
	3.60%	100%	198
		70%	122
		60%	64
		50%	5.7
10	0%	100%	95
		80%	5.5
		70%	-32
		50%	176
	2%	100%	75
		80%	25
		70%	-25
		50%	256
	3.60%	100%	139
		80%	80
		70%	22
		50%	-36

(Fonte: nostra elaborazione).

infatti la necessità di una pianificazione coordinata con le differenti tipologie di trasporto in uso nel territorio: solo in questo modo i servizi pubblici possono risultare effettivamente concorrenziali rispetto alla modalità privata negli spostamenti porta a porta, consentendo un risparmio dei costi (intesi sia come spese dirette per l'acquisto e il mantenimento dell'auto privata, sia in termini di esternalità), di comfort e sicurezza.

La realizzazione di un nuovo collegamento non preclude la possibilità di esplorare ambiti che in questa ricerca non sono stati approfonditi. Uno studio del CERTU<sup>(14)</sup>, risalente al 2004, ha dimostrato come, nel caso di Strasburgo, l'utilizzo del tram abbia subito un forte incremento anche durante il fine settimana, per gli spostamenti di carattere personale e familiare. Ciò non era stato previsto durante le fasi di progettazione, così come l'ingente aumento del mercato immobiliare lungo le nuove linee tramviarie.

Lo studio condotto dimostra come l'inserimento di sistemi a guida vincolata nella città diffusa può consentire un riequilibrio modale tale da indurre benefici sociali in termini di riduzione degli impatti sull'ambiente (dovuti alla riduzione delle emissioni e della congestione) e dei costi del trasporto sopportati dalle famiglie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CE Delft (2007), "Handbook on estimation of external cost in the transport section", Delft.
- [2] Censis (2008), "Pendolari d'Italia - Scenari e strategie".
- [3] Ministero delle Infrastrutture (2007), "Dal Progetto 80 all'Italia che verrà", Roma.
- [4] B. SECCHI (2008), "La città nel ventesimo secolo", ed. Laterza.
- [5] F. CERUTTI M. PALMA (1974), "Ecopoli. Economia, ecologia, città integrate", Milano, Etas.
- [6] Idroesse Infrastrutture (2007), "Piano Urbano della Mobilità (PUM) dell'Area Metropolitana di Padova Illustrazione del Quadro Conoscitivo".
- [7] Isfort (2006), "3° Rapporto sulla mobilità urbana in Italia", Roma Marzo.
- [8] Isfort (2007), "La Domanda di mobilità degli individui - Rapporto congiunturale di fine anno".
- [9] Regione del Veneto (2004), "Piano regionale dei Trasporti del Veneto - Rapporto Finale, Segreteria Regionale Infrastrutture e Mobilità".
- [10] C. KOENIG (2004), *Impacts d'un transport en commun en site propre de surface sur le commerce - le cas de Strasbourg*, CERTU Lyon France 2004
- [11] F. RAINER (2001), "Overview of ExternE Results", University of Stuttgart.
- [12] A. CAPPELLI, Atti del Convegno UrbanPromo "Le città del XXI secolo, scenari per l'innovazione", Venezia 2007.

(14) CERTU, *Impacts d'un transport en commun en site propre de surface sur le commerce - le cas de Strasbourg*, 2004.