



Comune di Prato
AREA W – Infrastrutture e Ambiente

RELAZIONE DI FATTIBILITA' ECONOMICA



Progetto per la costruzione di una rete di trasporto pubblico locale –
urbano – ad alta capacità.



Progetto Preliminare

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	3
COSTI ECONOMICI DELLA MOBILITA'	4
<i>Il costo della mobilità privata</i>	4
Il caso in studio	5
Costo del percorso medio.....	7
<i>Il costo della mobilità collettiva</i>	7
<i>Costi a confronto</i>	9
IL QUADRO FINANZIARIO PER L'AMMORTAMENTO DEI COSTI DELLA LINEA TRANVIARIA.....	10
<i>Il bilancio costi-benefici</i>	11

INTRODUZIONE

Il presente lavoro è volto a determinare la fattibilità economica dell'infrastruttura tranviaria nel contesto socio-economico e territoriale della realtà pratese.

Il progetto preliminare della tranvia ha valutato e messo in evidenza i costi di realizzazione dell'infrastruttura tramite l'analisi di varie voci, quali: la necessità di esproprio di terreni e fabbricati, lo spostamento e la riorganizzazione razionale dei sottoservizi presenti sotto le strade urbane (fognatura, acquedotto, reti di distribuzione del gas...), la posa dei binari, l'acquisto delle vetture, la qualificazione delle aree servite dalla tranvia; tutti parametri che, sommati, determinano il costo totale di una prima linea di trasporto a guida vincolata. Inoltre, una ulteriore voce di costo è rappresentata dall'esercizio del servizio di trasporto e dalla sua gestione; in questo caso si è scelto di utilizzare i valori di costo che sono realmente applicati in altre realtà italiane dove è già presente una infrastruttura di tipo tranviario.

A questo punto, i costi così determinati vanno analizzati in relazione sia ai ricavi che si possono ottenere nella fase dell'esercizio della linea tramite la vendita di titoli di viaggio (biglietti e abbonamenti), sia, e soprattutto, in relazione ai benefici che il "sistema tram" può portare alla città, in termini di riqualificazione delle aree urbane, alle persone, in termini di riduzione dei costi di trasporto, ed all'ambiente con la riduzione delle automobili in circolazione e la conseguente diminuzione della emissioni di inquinanti nell'atmosfera. Non solo ricavi, quindi.

La valutazione degli investimenti pubblici deve passare dalle analisi dei benefici collettivi attesi, dagli obiettivi alti che non possono fermarsi al domani, ma che devono guardare al dopodomani ed anche oltre. In questo senso si parla di sviluppo del territorio, ed è probabilmente il nodo più difficile da analizzare viste le molteplici variabili in gioco che lo rendono un problema complesso, che si differenzia dal problema difficile per la natura aleatoria delle interrelazioni tra le variabili. Lo sviluppo di un territorio è anche funzione delle infrastrutture che sostengono l'attività delle persone, che le facilitano, che le rendono più semplici e quindi anche più economiche.

La presente relazione vuole arrivare a proporre una riflessione che possa elevare la discussione del "tram sì, tram no" dalla mera considerazione degli alti costi di realizzazione alla valutazione delle opportunità che questo progetto, questa realizzazione, può rappresentare per la città.

La prima parte del lavoro è volta a valutare i costi attuali della mobilità cittadina nel caso di spostamenti effettuati con automobile privata, e termina con il raffronto tra questi costi e quelli calcolati per effettuare gli stessi spostamenti nella situazione di progetto del tram.

La seconda parte riguarda invece la valutazione vera e propria dell'investimento a livello macroeconomico, effettuando l'analisi dei ricavi e dei benefici che si possono attendere ed ipotizzando le quote di ammortamento che porteranno, negli anni, a coprire completamente i costi.

COSTI ECONOMICI DELLA MOBILITA'

Il costo della mobilità privata

Abbiamo considerato che il costo totale del viaggio in automobile è scorponabile nelle seguenti voci di costo:

C_p = costo percorrenza

C_a = costo di arresto al semaforo

C_{tp} = costo tempo perso

C_u = costo usura del veicolo

C_{sp} = costo del suolo pubblico (parcheggi a pagamento)

Pertanto si ha:

$$C_t = C_p + C_a + C_{tp} + C_u + C_{sp}$$

Costi della percorrenza

Considerato che un'auto di media cilindrata percorre circa 13 km con 1 litro di benzina, si ha che per un percorso di 1,3 km, essa consuma 0,1 litri di benzina, considerato ancora che il costo di 1 litro di benzina è di 1,1 €, il costo per consumo di benzina è:

$$C_p = 0,11 \text{ €/Km}$$

Costo dei tempi di arresto

Inoltre, è stato stimato che una macchina di media cilindrata consuma 0,1 litri benzina/min. in condizione di arresto per un costo pari a 0,11 €, pertanto si ha:

$$C_a = 0,11 \text{ €}$$

Costo del tempo perso

Per la valutazione dei costi relativi al tempo che mediamente viene perso dalle persone per effettuare gli spostamenti sono stati utilizzati alcuni parametri suggeriti dal Ministero dei Trasporti.

Essi considerano gli spostamenti per affari, lavoro ed altri motivi, fornendo i seguenti valori monetari per ogni ora risparmiata:

- 8,52 €/ora per gli spostamenti per affari;
- 5,94 €/ora per gli spostamenti per lavoro,
- 2,90 €/ora per gli spostamenti dovuti ad altri motivi.

Sulla base della distribuzione per motivo degli spostamenti giornalieri monetizzabili, deriva un valore medio del tempo pari a:

$$C_{TP} = 0,065 \text{ €/min.}$$

Costi di usura del veicolo

Il costo dell'usura dei veicoli è indicato per auto di media cilindrata che percorrono circa 15.000 Km/anno:

$$C_u = 0,36 \text{ €/km}$$

Costo del suolo pubblico (parcheggio a pagamento)

La spesa annuale degli automobilisti per la tassa imposta nei parcheggi a pagamento è di circa 1.600.000 €, per cui, dividendo il totale per 300 giorni feriali si ricava la spesa media giornaliera di circa 4.400 €. Considerando i 340.000 spostamenti giornalieri complessivi in automobile privata, di cui la metà di questi con potenziale parcheggio in aree a pagamento si ottiene un costo medio di:

$$C_{sp} = 4.400 / 170.000 = 0.026 \text{ €}$$

Il caso in studio

Il costo della congestione è stato calcolato in prima analisi tenendo conto di alcuni parametri ricavati dallo studio effettuato dall'ufficio tecnico nel febbraio-marzo 2002 (v. paragrafo “Viabilità secondaria”) ai fini della proposta di un nuovo assetto della viabilità dell'asse via Cavour- via Curtatone, con la previsione della costruzione di una corsia preferenziale per gli autobus in controflow.

Applicando la metodologia ed i parametri descritti nel primo paragrafo abbiamo ricavato una stima dei costi del congestionamento per il tratto di strada in questione.

Costo di percorrenza

Il tratto di strada considerato nello studio è di 1.300 metri. I parametri medi indicativi del consumo delle automobili in ambiente urbano indicati precedentemente portano a:

$$C_p = 1,3 / 13 = 0.1 \text{ litri} = 0.11\text{€}$$

Costo del tempo di attesa

Inoltre, è stato stimato che una macchina di media cilindrata consuma 0,1 litri di benzina/minuto in condizione di arresto per un costo pari a 0,11 €, pertanto si ha:

$$C_a = 2,6 \text{ min.} \times 0,11 \text{ €} = 0,286 \text{ €}.$$

Costo del tempo perso

- Ora di punta: il tempo di attraversamento nell'ora di punta è pari a 480 secondi (8 minuti) che economicamente equivalgono a:

$$C_{tp} = 8 \times 0,065 \text{ €} = 0,52 \text{ €}$$

- Ora di morbida: il tempo di attraversamento medio è di 218 secondi (3,6 minuti) il cui costo è:
 $3,6 \text{ min.} \times 0,065 \text{ €} = 0,2362 \text{ €}$

- Ora di bassa: il tempo di attraversamento minimo è di 156 secondi (2,6 minuti) il cui costo è:
 $2,6 \text{ min.} \times 0,065 \text{ €} = 0,169 \text{ €}$

Costo di usura del veicolo

Percorrendo il tratto in questione il costo di usura del veicolo percepito dall'automobilista è di

$$C_U = 0,468 \text{ €}$$

Sommando le voci specificate si ottiene il costo totale che si percepisce nell'ora di punta percorrendo il tratto di Via Curtatone-Via Cavour:

$$C_t = 0,11 \text{ €} + 0,286 \text{ €} + 0,52 \text{ €} + 0,468 \text{ €} + 0,026 = 1,410 \text{ €}$$

Costo del percorso medio

Attraverso i dati ricavati dall'indagine sulla mobilità relativi agli spostamenti nella città di Prato è stato stimato, utilizzando il grafo costruito come rete geometrica composta di archi e nodi (v. paragrafo "Analisi ed elaborazione grafica dei dati") i seguenti valori medi di percorrenza:

- la lunghezza complessiva dei viaggi- auto al giorno è di 7,2 km

- il numero medio di viaggi\giorno pro-capite è di 2,7

si ha quindi: $7,2 \text{ km} / 2,7 \text{ spost. pro-capite} = 2,6 \text{ km}$.

2,6 km è la lunghezza media di viaggio in automobile nel Comune di Prato.

Trattandosi semplicemente di una lunghezza doppia rispetto a quella presa in esame nel caso in studio di via Cavour – via Curtatone e considerando che, nell'ora di punta, la velocità media sulla rete stradale può considerarsi costante, si ha che il costo totale del viaggio medio nell'ora di punta è:

$$C_T = 1,384 \text{ €} \times 2 = 2,820 \text{ €}.$$

Il costo della mobilità' collettiva

La determinazione delle funzioni di costo della mobilità di tipo collettivo è stata fatta in modo analogo a quella descritta precedentemente per la mobilità privata.

C_b = costo biglietto

C_{tp} = costo tempo perso; tale funzione è distinguibile in tre diverse componenti:

- tempo di attesa : C_a

- tempo di percorrenza: C_p

- tempo per raggiungere la fermata: C_f

$$C_T = C_b + C_{tp} = C_b + C_a + C_p + C_f$$

Costo medio di viaggio:

Corsa semplice (valido 70 minuti): 1.20 €

Abbonamento mensile: 28.8 €

Il costo medio del biglietto su una linea ordinaria di trasporto si ottiene considerando che l'utenza è rappresentata da:

- 65 % viaggiatori ordinari, con tariffa di corsa semplice
- 35 % viaggiatori abbonati, il cui costo per corsa è di 0,48 €.

Considerando inoltre il numero di viaggi/giorno previsti per la linea tranviaria Stazione c.le – Castello – Ospedale come riportato in tabella:

UTENZA DELLA LINEA	
Carico giornaliero potenziale (n° viaggi)	16000
Abusivismo (%)	20
Carico annuale (n° viaggi)	4224000
Quota abbonamenti (%)	65
Quota biglietto ordinario (%)	35
Numero viaggi in abbonamento	2745600
Numero viaggi con biglietto	1478400

Pertanto si ha un costo medio di viaggio

$$C_b = 0.732 \text{ €/viaggio.}$$

Costo del tempo di attesa

Il tempo di attesa medio alla fermata di un utente del trasporto pubblico può considerarsi grossolanamente come il metà della frequenza della linea:

Tempo di attesa sistema ordinario a bassa frequenza: 12 minuti

$$C_a = 12 \times 0.065 = 0.78 \text{ €}$$

Tempo di attesa linea tranviaria ad alta frequenza : 2.5 minuti

$$C_a = 2.5 \times 0.065 = 0.228 \text{ €}$$

Costo del tempo di percorrenza

Si vuol valutare il tempo di percorrenza del tratto medio chilometrico giornaliero per abitante con mezzo di trasporto collettivo nell'ora di punta:

Autobus in sede promiscua: la velocità media è quella della rete di trasporto stradale $V_m = 10 \text{ Km/h}$, il tempo di percorrenza del tratto di 2,6 Km è di 15,6 minuti:

$$C_p = 15.6 \times 0.065 = 1.014$$

Tram in sede riservata: la velocità media rimane costante a tutte le ore della giornata ed è pari a 22 Km/h

$$C_p = 0.461 \text{ €}$$

Costo del tempo per raggiungere la fermata

L'attrattività di un sistema di trasporto pubblico urbano a guida vincolata su ferro può essere valutata, per utenti che si muovono a piedi, in un raggio di circa 350 metri dalla fermata di riferimento. Una persona che si muove a piedi percorre mediamente 5 Km/h, quindi, il costo del tempo per raggiungere una fermata alla distanza media di 175:

$$C_f = 0.137 \text{ €}$$

Sommando le funzioni di costo specificate si ottiene un costo medio percepito dall'utente per un viaggio medio nell'ora di punta pari a:

Sistema autobus ordinario: $CT = 0.42 + 0.78 + 1.014 + 0.117 = 2,331 \text{ €}$

Tranvia: $CT = 0.732 + 0.228 + 0.461 + 0.137 = 1,557 \text{ €}$

Costi a confronto

Confrontando i dati dei costi specificati sopra per il del percorso medio effettuato con l'automobile privata e con la linea tranviaria si ricava che il mezzo pubblico è assai più economico rispetto al mezzo privato: per 2,6 Km di percorrenza effettuata nell'ora di punta nelle strade cittadine di spendono infatti 2.9 € con il mezzo privato e 1.557 € con il tram. La differenza risulta quindi risulta di 1.343 € per ogni viaggio effettuato nell'ora di punta.

Rispetto alle altre ore della giornata si può stimare un diverso livello di spesa soprattutto per chi si sposta in automobile: il costo del tempo perso è infatti molto inferiore in quanto i tempi di percorrenza dei tragitti sono molto inferiori a quelli dell'ora di punta; i valori dei costi ricavati per l'ora di morbida e per l'ora di bassa sono rispettivamente di 2.32 e 2.19 €.

IL QUADRO FINANZIARIO PER L'AMMORTAMENTO DEI COSTI DELLA LINEA TRANVIARIA.

Il quadro sinottico elaborato per evidenziare le possibili variabili progettuali mostra che la costruzione della prima linea di tram Stazione c.le – Castello – Macrolotto 0 – Ospedale nuovo impone una spesa complessiva di 122.000.000 €.

COSTO COSTRUZIONE	€ 122.000.000,00
Finanziamento statale	€ 73.200.000,00
Mutuo Cdp	€ 48.800.000,00
Totale investimento (compresi interessi)	€ 126.745.800,00
Quota annuale media (10 anni)	€ 5.354.580,00

COSTO GESTIONE	
corse/giorno	150
€/Km	5,4
Km/corsa	10,8
€/giorno	8748
€/anno	2.886.840

Complessivamente quindi la quota annuale che il sistema tram deve trovare nell'ipotesi di autofinanziamento (considerando un periodo finanziario di 10 anni) si attesta a € 8.241.420.

Considerando i valori di passeggeri presentati nella precedente tabella gialla si ipotizza, in prima analisi, una completa copertura dei costi tramite ricavi da traffico; nella tabella seguente sono ricavati i prezzi che, in tal caso, dovrebbero essere applicati.

IPOTESI 1: finanziamento totale con ricavi da esercizio	
Costo abbonamento	€ 76,76
Costo corsa con abbonamento	€ 1,30
Costo corsa semplice	€ 3,20

I prezzi per biglietti ed abbonamenti in questa ipotesi sono talmente elevati che non ci sarebbe convenienza dell'utente a servirsi del mezzo di trasporto pubblico. A questo punto invece proviamo a fissare delle tariffe per i biglietti più "popolari" e verifichiamo il deficit annuale residuo.

IPOTESI 2: biglietti e abbonamenti a prezzo fissato	
Costo abbonamento	€ 28,80
Costo corsa con abbonamento	€ 0,48
Costo corsa semplice	€ 1,20
DISAVANZO ANNUALE	€ 5.149.453,00

Come si copre il deficit annuale di oltre 5.000.000 €?

IL DISAVANZO ANNUALE DEVE ESSERE RECUPERATO CONSIDERANDO I BENEFICI CHE LA TRANVIA PORTA AI CITTADINI ED ALLA CITTA' NEL SUO COMPLESSO:

- RISPARMIO NEI COSTI DEL TRAPORTO;
- BENEFICIO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA CITTA';
- BENEFICIO PORTATO DAL MINORE INQUINAMENTO PRODOTTO.

I benefici possono essere quantificati in termini monetari ma non costituiscono entrate vere e proprie per chi paga i lavori di una infrastruttura; la Pubblica Amministrazione quindi non avrà un beneficio economico diretto ma saranno i cittadini a percepire il risparmio dovuto agli investimenti dell'Ente pubblico. D'altra parte in questo modo i cittadini risparmiano per i loro spostamenti trovandosi ad avere una disponibilità residua di denaro eventualmente spendibile per acquisti e servizi di altro tipo.

Il bilancio costi-benefici

Considerando i viaggi di passeggeri sul tram (fissati a 16000/giorno, tabella gialla) qual è il beneficio complessivo, ossia il risparmio che questi trovano a spostarsi in tram rispetto a farlo in auto?

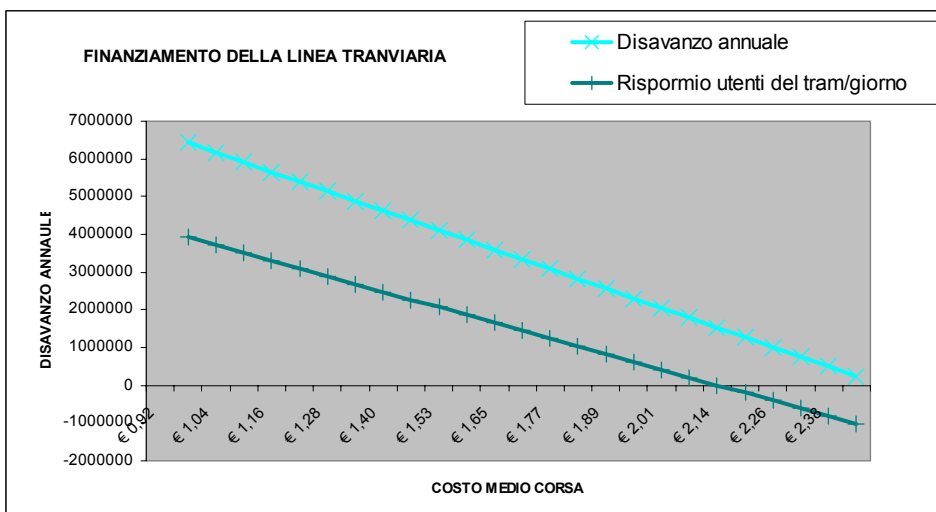
Considerando che il 50% degli spostamenti considerati si svolge in orari di punta, il 30 in orari di morbida ed il 20 in orari di bassa, possiamo stimare (riprendendo i prezzi di cui al paragrafo 1.4, rispettivamente di 2,9, 2.32 e 2.19 €) che il risparmio complessivo annuale sarà di circa 4.355.328 €. L'investimento in infrastrutture che migliorano le funzioni di costo del trasporto, abbassandole, è di tutto vantaggio dell'utente privato.

Il deficit finanziario annuale calcolato in precedenza scende quindi, in una visione economica generale, a 794.125 €/anno anche se il ritorno economico non è di tipo diretto per chi investe.

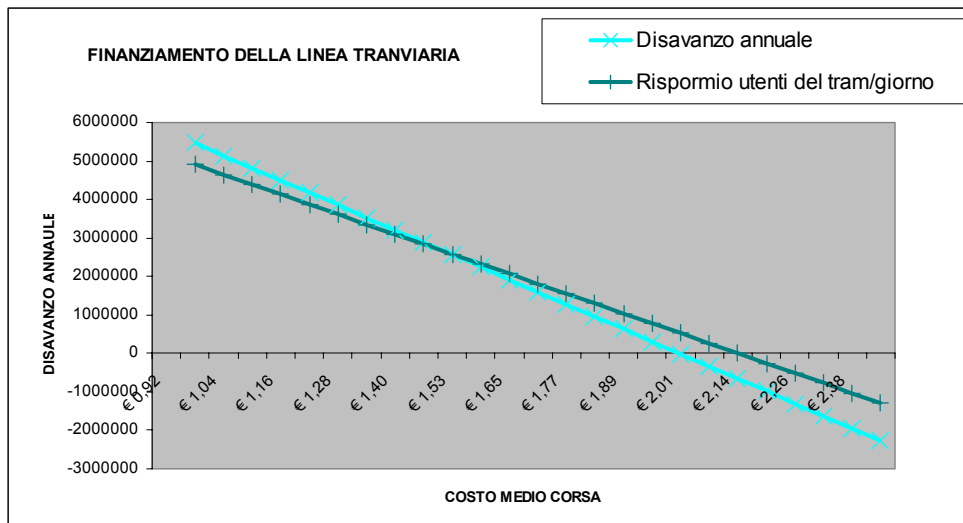
La copertura del residuo del deficit non è fondamentale per la scelta della costruzione dell'infrastruttura (soprattutto anche in relazione al fatto che stiamo considerando un periodo di ammortamento di soli dieci anni quando invece la vita dell'infrastruttura va oltre i trenta) ma è raggiungibile attraverso:

- Aumento delle tariffe di biglietti e abbonamenti
- Aumento del numero dei passeggeri.

L'aumento delle tariffe però deve essere tale da non far salire il costo del trasporto su mezzo pubblico oltre il costo del trasporto su mezzo privato, altrimenti l'investimento pubblico non produrrebbe benefici diretti per l'utente privato.



Dal grafico riportato si può vedere che, nel caso dei parametri di passeggeri e delle funzioni di costo fin qui considerate, il totale equilibrio finanziario non è raggiungibile con il solo aumento delle tariffe in quanto le due curve (disavanzo annuale e risparmio utenti del tram rispetto allo spostamento in automobile) non si incontrano nel semipiano positivo del grafico in figura, ma possono solo farlo una volta che la curva del risparmio raggiunge valori negativi caso in cui, per l'utente, non è più conveniente il mezzo pubblico.



Invece, nel caso di un aumento dell'utenza della linea, p.e. a 20.000 passeggeri giorno le due rette si incontrano prima che quella del risparmi divenga sconveniente per l'utenza: in questo caso si avrebbe equilibrio finanziario, dopo soli 10 anni di vita dell'infrastruttura, con tariffe di biglietti ed abbonamenti pari rispettivamente a: 2.4 € e 57,6 €.

Infine, volendo applicare le tariffe in vigore a Friburgo, Germania, pari a 1.90 € per il biglietto di corsa semplice e di circa 40 € per l'abbonamento si arriverebbe a un disavanzo annuale di circa 2.300.000 € (16.000 passeggeri) con una copertura dei costi (intesa come beneficio generale) di circa il 78%, pari a quello che ottengono con la gestione del servizio a Friburgo.

La valorizzazione, in termini monetari, della riqualificazione della città in termini di abbellimento, di fruizione degli spazi e di assetto urbanistico, e del miglioramento ambientale sono parametri che favoriscono ulteriormente il bilancio costi-benefici del progetto ed il suo ammortamento. La determinazione dei valori monetari di questi parametri è rimandata in sede di progetto definitivo.