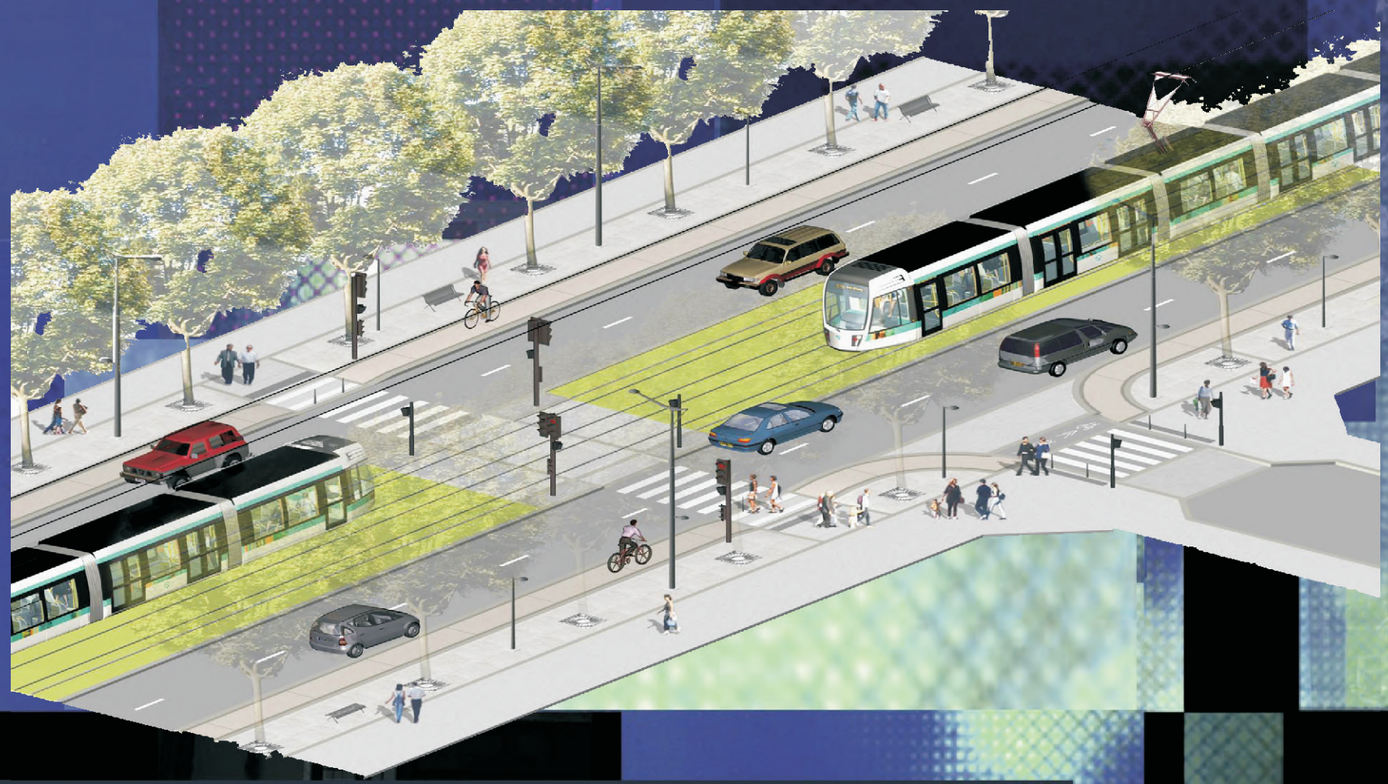
COMUNE DI FIUMICINO

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE

A.T.I. S.r.l.

PROGETTO PILOTA "COMPLESSITÀ TERRITORIALI"

FIUMICINO PORTA DI ROMA



Dicembre 2008

RELAZIONE DI PROGETTO

PROGETTO PRELIMINARE

SdF3

GRUPPO DI LAVORO

Responsabile di progetto	Arch. Mario SAURA
Coordinamento progettuale	Ing. Andrea SPINOSA
Idea progettuale	Arch. Fulvio SCAPELLATI Ing. Andrea SPINOSA
Programmazione e pianificazione urbanistica	Arch. Mario SAURA Arch. Paolo ZUCCONI Arch. Luca MARCUCCI Arch. Angiola CEGLIA
Pianificazione e regolazione dei servizi e sistemi di trasporto per la mobilità	Ing. Vincenzo PONZIANI Ing. Loamba BALA Arch. Michelangelo MARINELLI Ing. Maurizio TICCONI Ing. Giulio FILIPPELLO
Economia territoriale e urbana	Dott. Marco MANOVELLI
Valutazione di investimenti finanziari	Dott. Vera KREJCIKOVA
Progettazione paesaggistica e ambientale	Arch. Romano FILIPPELLO Arch. Renato LUCHETTI Dott. Agr. Francesca ARAMINI Ing. Gianluca CIMINO
Esperto in politiche della concertazione	Arch. Pasquale D'AMATO
Aspetti storico - archeologici	Dott. Carmela LALLI
Sistemi informativi geografici per la pianificazione del territorio	Arch. Marta Giulia SCAPELLATI
Progetto grafico	Ing. Andrea SPINOSA Arch. Cinzia VANALI

PROGETTO PRELIMINARE

FASE 4 - PROGETTO PRELIMINARE							
N. ELABORATO					TITOLO ELABORATO	FILE	FORMATO
COROGRAFIE							
3	4	1	0	0	COROGAFIA-IPOTESI 01		30.000
3	4	1	0	1	COROGAFIA-IPOTESI 02		30.000
PLANIMETRIE DI TRACICIAMENTO							
3	4	1	0	2	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1A		5.000
3	4	1	0	3	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1B		5.000
3	4	1	0	4	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1C		5.000
3	4	1	0	5	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1D		5.000
3	4	1	0	6	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 02_QUADRANTE 2D		5.000
3	4	1	0	7	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1E		5.000
3	4	1	0	8	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 02_QUADRANTE 2E		5.000
3	4	1	0	9	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1F		5.000
3	4	1	1	0	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 02_QUADRANTE 2F		5.000
3	4	1	1	1	PLANIMETRIE DI TRACCIATO - IPOTESI 01_QUADRANTE 1G		5.000
PROFILI							
3	4	1	1	2	PROFILI_TRATTA FIUMICINO-FR5 (0-1)		VARIE
3	4	1	1	3	PROFILI_TRATTA FIUMICINO-FR5 (1-2)		VARIE
3	4	1	1	4	PROFILI_TRATTA FIUMICINO-PORTO ZONA COMMERCIALE		VARIE
3	4	1	1	5	PROFILI TRATTA PARCO LEONARDO-FIERA DI ROMA		VARIE
3	4	1	1	6	PROFILI - IPOTESI 01_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO_SOLUZIONE A		VARIE
3	4	1	1	7	PROFILI - IPOTESI 01_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO_SOLUZIONE B		VARIE
3	4	1	1	8	PROFILI - IPOTESI 01_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO_LUNGOMARE		VARIE
3	4	1	1	9	PROFILI - IPOTESI 02_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO (0-1)		VARIE
3	4	1	2	0	PROFILI - IPOTESI 02_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO (1-2)		VARIE
3	4	1	2	1	PROFILI - IPOTESI 02_TRATTA FIUMICINO-OSTIA CENTRO_LUNGOMARE		VARIE
SEZIONI TIPO							
3	4	1	2	2	SEZIONI E PARTICOLARI STRADALI 1		100
3	4	1	2	3	SEZIONI E PARTICOLARI STRADALI 2		100
3	4	1	2	4	SEZIONI E PARTICOLARI STRADALI 3		100
ARMAMENTO E ACCESSIBILITA'							
3	4	1	2	5	ARMAMENTO: SEZIONI TIPO		VARIE
3	4	1	2	6	ACCESSIBILITA'		VARIE
3	4	1	2	7	ORGANIZZAZIONE FERMATA TIPO: PENSILINA		VARIE
OPERE D'ARTE							
3	4	1	2	8	OPERE D'ARTE: PONTE DELLA SCAFA		VARIE
3	4	1	2	9	OPERE D'ARTE: PONTE II GIUGNO		VARIE
3	4	1	3	0	OPERE D'ARTE: IPOTESI 01 SOLUZIONE A: TUNNEL SUBALVEO		VARIE
3	4	1	3	1	OPERE D'ARTE: IPOTESI 01 SOLUZIONE B: PONTE RIBASSATO		VARIE
3	4	1	3	2	OPERE D'ARTE: PERCORSI CICLOPEDONALI E OPERE ACCESSORIE		VARIE
RELAZIONI							
3	4	1	3	3	RELAZIONE DI PROGETTO		----
3	4	1	3	4	COMPUTO DEGLI INTERVENTI (accorpato alla relazione di progetto)		----

INDICE

1. Progetto tram treno 3

1.1. I problemi di compatibilità del tram-treno 3

2. Perché il tram-treno nell'area metropolitana ovest di roma? 5

3. Descrizione del progetto 7

3.1. La linea m1 e la prima tratta funzionale 7

3.2. La linea m2 e la seconda tratta funzionale 11

3.3. La linea m3 e la terza tratta funzionale 14

4. Opere d'arte 27

4.1. Prima tratta funzionale 27

4.2. Locali tecnologici, manufatti di linea, sse 28

4.3. Deposito officina 28

4.4. Seconda tratta funzionale 31

4.5. Terza tratta funzionale 32

5. Il materiale rotabile 43

5.1. Caratteristiche del rodiggio 43

5.2. L'interfaccia ruota-rotaia 43

5.3. La dinamica di marcia 50

5.4. L'equipaggiamento elettrico 52

5.5. Azionamenti politensione 54

Azionamento ibrido 54

5.6. Accesso in vettura 58

5.7. Sicurezza 60

Sicurezza attiva 61

Sicurezza passiva 61

Progetto safetram 62

5.8. Funzionalità e spazio interno 63

Sintesi dei requisiti 64

6. Offerta attuale di prodotto 65

Alstòm citadis 500 66

Bombardier flexity link 67

Siemens avanto 70

6.1. Analisi del livello di soddisfazione dei requisiti 71

Necessità di prodotti specifici 72
Sistema della domanda e sviluppo futuro 73
6.2. Sintesi progettuale ... 73

7. Nuova dinamica per l'accesso ... 75
7.1. Analisi dello stato di fatto ... 75
7.2. Requisiti di progetto ... 76
7.3. Ridisegno dei movimenti ... 77
7.4. Verifica preliminare dei requisiti ... 81
7.5. Forma e proposizione ... 82
7.6. La continuità ... 83
7.7. Costo del materiale rotabile ... 86
7.8. Compatibilità con linea ferroviaria ordinara ... 87
7.9. Compatibilità con linea ferroviaria regionale ... 88
7.10. Compatibilità con linea metropolitana (roma-lido) ... 89

8. Il tram come simbolo urbano ... 90
8.1. L'estetica del tram ... 91
8.2. Le fermate ... 91

9. Armamento ... 93
9.1. Rotaie ... 93
9.2. Armamento su platee flottanti ... 93
9.3. Armamento su traversine in c.a. ... 94

10. Elettrificazione della linea ... 96
10.1. Alimentazione degli impianti ... 96
10.2. Dati di riferimento principali del progetto degli impianti e delle apparecchiature di trazione elettrica ... 97
10.3. Telegestione ... 98
10.4. Rete aerea ... 99
10.5. Protezione dalle correnti vaganti ... 101
10.6. Asservimento semaforico ... 102

11. Computo delle opere di linea ... 104
12. Calcolo delle percorrenze ... 110
13. Analisi costi-benefici ... 114
13.1. Analisi della redditività ... 114
13.2. Valutazione dei costi e dei benefici ... 115
13.3. Ricavi finanziari ... 128

14. Analisi finanziaria ... 134
14.1. Fattibilita' finanziaria degli interventi ... 134
14.2. Analisi di sensibilità ... 137

15. Analisi economica ... 140
Costi di investimento 140
15.1. Costi economici ... 140
15.2. Costi economici di esercizio ... 147
15.3. Benefici economici ... 152
15.4. Analisi economica ... 158
15.5. Analisi di sensibilità ... 161

16. Sostenibilità finanziaria ... 165
16.1. Il caso della tranvia di firenze ... 169
16.2. Bozza di convenzione per opere lungo la linea 1 di firenze ... 171
16.3. Finanziamento ue ... 175
16.4. Finanziamento banca europea degli investimenti ... 176

17. Appendice: il vero costo dei trasporti ... 178
Costi esterni e costi nascosti ... 179
I "veri" dati sanitari della sicurezza stradale ... 192

1. PROGETTO TRAM TRENO

Come risposta all'accresciuta domanda di mobilità nelle aree suburbane, negli anni '90 le principali metropoli europee hanno assistito allo sviluppo di un nuovo sistema di trasporto conosciuto come "tram-treno". Ad oggi, in Europa vi sono quattro sistemi di tram-treno in esercizio (tutti in Germania) e due in corso di realizzazione (uno in Germania ed uno in Francia), ma è dovunque diffuso l'interesse per questa nuova forma di trasporto pubblico integrato. Gli studi di fattibilità finora avviati superano la cinquantina, con un massimo in Germania e Francia (una dozzina in ciascun Paese, oltre a quelli che hanno portato a sistemi già in esercizio o realizzazione).
L'esempio è partito dalla città tedesca di Karlsruhe, che ha sperimentato e sviluppato concretamente una nuova tecnologia per l'inserimento di veicoli tranviari moderni sulla rete ferroviaria regionale e nazionale, in modo da svolgere con questi la maggior parte dei servizi di ambito suburbano ed extraurbano. Karlsruhe è una città del Baden-Württemberg di 270.000 abitanti, che divengono 420.000 con il circondario e quasi 1.300.000 considerando tutta l'area che in qualche modo vi gravita.

Il sistema tram-treno, denominato Stadtbahn (ovvero S-Bahn), è partito con l'acquisizione nel 1957, di una ferrovia locale privata (Albtalbahn), la sua riconversione e la connessione con la rete tranviaria urbana.

Nel **MODELLO KARLSRUHE** per tram-treno si intende propriamente un sistema di trasporto basato su veicoli di derivazione tranviaria, che circolano congiuntamente su tratte tranviarie urbane e su tratte ferroviarie, su queste ultime in promiscuità con convogli ferroviari; si aggiungono evidentemente apposite tratte di interconnessione ed eventuali tratte indipendenti extraurbane. Obiettivi dei sistemi tram-treno:

- Eliminazione delle rotture di carico: l'intercircolazione sulla tratta ferroviaria e su quella tranviaria urbana permette servizi diretti tra le aree suburbane e quelle centrali, con evidenti vantaggi per i viaggiatori.
- Miglioramento dell'accessibilità: lungo la linea ferroviaria possono essere realizzate economicamente nuove fermate di tipo tranviario; si possono inoltre costruire deviazioni, non soggette ai vincoli geometrici delle ferrovie, per servire più da vicino gli abitati ed altri poli.
- Economie di realizzazione: l'instradamento dei servizi sulle linee ferroviarie permette di evitare i costi di realizzazione di nuove infrastrutture (alle quali si oppongono spesso anche vincoli fisici ed ambientali).
- Economie di gestione Possono essere adottate modalità e tecniche di esercizio flessibilmente adeguate ai servizi da offrire (aventi quindi costi inferiori a quelli del tipico esercizio ferroviario); ciò consente anche di rivalutare i cosiddetti "rami secchi". Tali obiettivi corrispondono a vantaggi sia per l'utenza sia per il gestore; si può quindi puntare, sia mediante l'incremento di attrattività di relazioni preesistenti sia mediante l'offerta di nuove relazioni, ad un significativo trasferimento modale (dal trasporto privato a quello pubblico; dalla gomma in genere, indirizzata verso servizi di adduzione e distribuzione, al ferro).

1.1. I PROBLEMI DI COMPATIBILITÀ DEL TRAM-TRENO

GEOMETRIA DELLE VIE

- **Accoppiamento ruota/rotaia**
  In genere la geometria di una ruota tranviaria è diversa da quella ruote ferroviarie; ciò comporta un inidoneo accoppiamento tra la normale ruota tranviaria e la rotaia ferroviaria, nonché il rischio di svio su scambi ed incroci. D'altra parte, anche in tratte tranviarie nuove, non possono in genere essere adottate geometrie ferroviarie per ragioni di compatibilità col traffico urbano ordinario. Si sono individuate peraltro soluzioni basate su appositi profili di ruota ed adattamenti puntuali dell'armamento ferroviario.

- **Banchine di fermata**
  La minore larghezza dei tram, rispetto alla sagoma ferroviaria, comporta un'eccessiva distanza orizzontale tra il ciglio della banchina e la soglia del veicolo. Inoltre banchine ferroviarie di altezza maggiore di quella delle soglie dei moderni tram urbani (ca. 300 mm) comportano un dislivello verticale anche notevole e, comunque, di segno opposto a quello raccomandato (banchina più bassa della soglia). Esistono varie soluzioni per tale problema, attuate sul materiale rotabile, sulle banchine o sull'armamento.

- **Resistenza strutturale**
  L'esigenza di elevata sicurezza passiva (ovvero del contenimento dei danni in caso di collisione) ha portato a prescrivere, per i veicoliferroviari, parametri di resistenza strutturale, quale il valore del carico di compressione longitudinale sopportabile (UIC: 1500 kN), che risulta praticamente impossibile adottare nei "tram-treno".
  La soluzione finora adottata e che si profila come generale consiste in un limitato aumento (a 600 kN) di tale valore rispetto a quelli tradizionali dei tram urbani e in adeguati provvedimenti di sicurezza attiva (ovvero di minimizzazione della probabilità di collisione) basati sulle tecniche di analisi dei rischi.

- **Alimentazione elettrica**
  Le linee tranviarie operano in genere con tensioni di 600 o 750 Vcc, mentre le linee ferroviarie elettrificate usano tensioni più alte, anche in c.a.: in Italia 3 kV c.c. (escluse nuove linee A.V., a 25 kV

c.a.), mentre in altre reti europee vengono usate anche le tensioni di 1,5 kV c.c. e 15 kV c.a.. Il tram-treno deve dunque poter efficientemente marciare sotto i due tipi di alimentazione, ma ciò non costituisce da tempo un problema, giacché le tecnologie dell'elettronica di potenza hanno consentito di realizzare equipaggiamenti di trazione bitensione installabili, senza significative penalizzazioni, a bordo di veicoli tranviari.

Nel caso di esercizio congiunto con linee ferroviarie non elettrificate, per le quali le previsioni di traffico dei tram-treno non giustifichino l'elettrificazione di tipo tranviario, può essere fatto ricorso a tram bimodali diesel-elettrici, atti a marciare in modo diesel-elettrico nella tratta ferroviaria e in modo elettrico, alimentato da linea di contatto, nella tratta tranviaria.

- **Segnalamento e condotta**

  La circolazione del tram-treno deve avvenire nelle tratte tranviarie e ferroviarie con modalità diverse e nel rispetto di diverse normative:

  - Tratte tranviarie convenzionali: Marcia a vista, nel rispetto del Codice della Strada (e quindi delle relative segnalazioni) e della locale normativa di esercizio tranviario, con le usuali abilitazioni.
  - Tratte ferroviarie condivise: Marcia regolata dal segnalamento, nel rispetto delle normative ferroviarie valide sull'infrastruttura condivisa; ciò comporta che il tramtreno sia dotato di equipaggiamenti di segnalamento e protezione omogenei a quelli dei veicoli ferroviari, che siano disposte le deroghe normative eventualmente necessarie od opportune, che i conducenti siano abilitati alla circolazione sull'infrastruttura ferroviaria.
  - Tratte ferroviarie non condivise: marcia regolata dal segnalamento, nel rispetto delle specifica normativa ferroviaria.

ACCESSO ALL'INFRASTRUTTURA

La condivisione dell'infrastruttura ferroviaria richiede il soddisfacimento di diverse condizioni, tra le quali vanno anzitutto indicate le seguenti:

- **Esistenza di potenzialità residua**

  L'inserimento dei tram-treno presuppone la disponibilità di tracce, intercalate con quelle utilizzate dalla circolazione propriamente ferroviaria, in quantità e in collocazione oraria idonee per il servizio da effettuare; oppure di fasce orarie di libera circolazione per i tram-treno.

- **Coordinamento di diversi soggetti**

  Nei dovuti procedimenti per la definizione e l'attuazione devono evidentemente intervenire l'ente di pianificazione, quelli di gestione delle infrastrutture e quello di esercizio.

- **Modalità di accesso**

  A seconda della situazione in cui si trova l'infrastruttura ferroviaria da utilizzare possono delinearsi le condizioni per il trasferimento della titolarità, per il noleggio o per la vendita delle tracce.

- **Costo di accesso**

  L'incidenza del costo di accesso sul costo chilometrico del servizio di tram-treno deve risultare compatibile con i vincoli e con gli obiettivi dell'ente regolatore del trasporto locale.

- **Garanzia di puntualità**

  Devono essere verificate le condizioni affinché tanto la circolazione dei tram-treno quanto quella ferroviaria non generino all'altra cause di irregolarità.

2. PERCHÉ IL TRAM-TRENO NELL'AREA METROPOLITANA OVEST DI ROMA?

La realizzazione delle linee di tram moderno, avvenute nelle città europee, dimostra come si possano ottenere con il mezzo tranviario numerosi e significativi risultati:

- il tram apporta una nuova fluidità agli spostamenti urbani;
- avvicina i luoghi importanti della conurbazione, permettendo ad essi di assicurare le loro funzioni;
- rende la conurbazione urbana più attraente e più accessibile lungo tutto il tracciato, la città si evolve;
- si creano nuovi paesaggi urbani dove gli alberi e gli spazi verdi sono numerosi;
- la scelta di un modo di spostamento in superficie, permette la riorganizzazione dei quartieri attorno alle linee del tram;
- le strade di grande circolazione diventano anche dei veri viali urbani, dove pedoni, ciclisti e automobilisti trovano il loro posto per la sosta, accedendo più facilmente alle attività commerciali;
- il tram assicura il collegamento tra i quartieri della periferia e il centro della città e rafforza anche la coesione sociale;
- il tram e' anche un mezzo per scoprire la città muovendosi a piedi;
- riesce ad attrarre nuovi utenti che non hanno mai utilizzato il trasporto pubblico, anche grazie alla maggiore rapidità, rispetto a quella dell'autobus;
- è l'elemento di maggior importanza per lo sviluppo dei trasporti integrati, grazie ai parcheggi di interscambio tra: automobile e tram; automobile e bicicletta; automobile ed autobus;
- la velocità commerciale del tram è doppia rispetto a quella dei pullman ed i passeggeri trasportati sono quattro volte in più rispetto alla capacità dei pullman;
- essendo modulare, si può aggiungere carrozze nell'ora di punta, aumentandone la capacità di carico;
- offre una vera alternativa all'uso dell'automobile, essendo competitivo in termini di tempo di spostamento e convenienza;
- il pubblico lo considera veloce, confortevole, economico e piacevole nell'utilizzo;
- non avendo gradini grazie al piano ribassato, apporta vantaggi anche per le persone anziane, carrozzine e disabili;
- l'inquinamento atmosferico prodotto e' ovviamente nullo a livello urbano, ma anche le emissioni dovute alla produzione di energia elettrica sono nettamente inferiori a quelle degli altri mezzi di trasporto: emissione di CO2 della produzione di elettricità del tram, e' di 52g per passeggero/Km contro gli 89g degli autobus e i 168g delle automobili;
- l'opportunità di ricreare corridoi verdi lungo il percorso di questa infrastruttura, migliorandone sicuramente l'impatto e la percezione visiva di tale mezzo.

In Italia, e' stata approvata dal Parlamento la **Legge n.211/92** "Interventi nel settore dei sistemi di trasporto rapido di massa" che ha finanziato in maniera consistente i sistemi di trasporto a guida vincolata, quali le tranvie e metropolitane, ai fini dello sviluppo dei sistemi di trasporto pubblico nelle aree urbane, atti a migliorare in tali aree la mobilità e le condizioni ambientali. Il Governo finora ha stanziato 7.730 M€ a fondo perduto per la progettazione e la costruzione delle tramvie. Dopo 10 anni, si registrano i primi risultati positivi. Messina ha inaugurato la sua prima linea tranviaria ed e' la prima città italiana che ritorna al tram. Il tram è in costruzione anche a Sassari, mentre Verona, Firenze e Bergamo hanno aggiudicato le gare e stanno per cominciare i lavori. A Torino è stato completato il prolungamento della linea 4 e Milano ha in costruzione due nuove linee tramviarie.

L'**integrazione tra le tratte ferroviarie e quelle tramviarie**, potranno garantire nell'insieme, un sistema del trasporto su ferro diffuso ed articolato sull'intero territorio provinciale, dotato di numerose fermate che faciliteranno l'interscambio con le altre modalità di trasporto, garantendo sul territorio provinciale una tipologia di servizi su ferro diversificata.
L'opportunità di creare una rete forte su ferro che si estenda su tutte le direttrici est-ovest e nord-sud del nostro territorio, costituisce un vantaggio anche in termini di benefici ambientali e monetari per la popolazione e gli utenti. Una distribuzione così estesa della rete su ferro, amplia il "diritto d'accesso" al trasporto pubblico ad una popolazione sicuramente più ampia, aumentando la quota servita da modalità alternative all'auto privata.

Nel complesso, rappresenta l'opportunità di orientare lo sviluppo urbano del territorio provinciale, dagli insediamenti residenziali a quelli del terziario sulle linee del trasporto pubblico su ferro, anziché sulle infrastrutture stradali, ai fini di una mobilità maggiormente sostenibile. (un modello di riferimento e' la pianificazione dei quartieri TOD, Transit Oriented Development).

	TRENO	TRAM
VANTAGGi	elevata velocità commerciale	elevata accessibilità
	elevata regolarità	ridotti costi di costruzione e tempi di realizzazione
	elevata capacità	Costi specifici di esercizio potenzialmente bassi
	assenza di interferenze con la circolazione stradale	Viaggio a contatto con l'ambiente
		Occasione di riqualificazione urbana
SVANTAGGI	ridotta accessibilità	Capacità media
	elevati costi di costruzione	Interferenze con la circolazione stradale
	lunghi tempi di realizzazione (opere sotterranee ecc.)	Velocità commerciale e regolarità condizionate dalla circolazione stradale

L'integrazione tra le diverse tipologie di trasporto su ferro, offre la possibilità di avere servizi diversi per l'utente, caratterizzati da differenti frequenze, tempi, costi e distanze nei percorsi. Il servizio ferroviario garantisce un tipo di servizio che si rivolge ad un bacino d'utenza su una scala vasta, extra-provinciale, regionale, e nazionale, su lunghe distanze e ad elevati livelli di traffico. A confronto, un sistema di trasporto tramviario, è un servizio ottimale per un territorio densamente urbanizzato che richiede rapidità, elevata portata ed elevata frequenza ed integrato al traffico veicolare, ciclabile e pedonale del luogo.

VALORI DEI RELATIVI PARAMETRI CARATTERISTICI DELLA TRAMVIA E METROPOLITANA LEGGERA[1]

Parametri	Tramvia	Metropolitana leggera
Portata potenziale min. pax/h * dir.	2.700	8.000
Distanziamento in minuti	4	3
Capacità convoglio	180	400-200
Distanza media tra stazioni	350-500	500-800
Velocità commerc. Km/h	15	25

CARATTERISTICHE DEI DIVERSI TIPI DI SERVIZIO FERROVIARIO LOCALE

TRENO	regionale	metropolitano
servizio	area vasta	conurbazione
interdistanze fermate	media (magg.5 km)	piccola (1-2 km)
durata viaggio	media 30-80 min.	breve 5-20 min.
posti prevalenti	a sedere	in piedi
incarrozzamento	abbastanza rapido	rapidissimo
cadenzamento tipico	30-120 minuti	5-15 minuti
prestazione elevata	velocità	accelerazione

[1] Fonte Tabelle: seminario tecnico "Tram-Treno", Regione Toscana - Area Trasporti, 2002.

Le esperienze delle città europee, prefigurano lo sviluppo del TRAMTRENO, quale servizio di trasporto pubblico competitivo ed efficiente, ideale anche per il territorio provinciale di Fiumicino e del Quadrante Metropolitano Ovest di Roma. Si tratta di un unico veicolo, quale miglior compromesso tra un tram ed un treno, capace di circolare indifferentemente su linee tramviarie urbane e di viaggiare ad oltre 100 km/h su tracciati ferroviari, utilizzando diversi tipi di alimentazione elettrica.

Lo sviluppo di tale progetto, prevede l'intercircolabilità dei treni, tram e metrò leggeri, su sistemi tipologicamente diversi ed interconnessi, ferme restando le caratteristiche proprie di ciascuno dei sistemi sopra definiti. I "tram-treno" visti in quest'ottica, hanno riscontrato significativi successi proprio in quanto hanno consentito di rendere capillari i sistemi ferroviari, entrando nei centri storici ed hanno ridotto drasticamente le rotture di carico.

Considerando poi i benefici connessi alla possibilità di realizzare fermate più economiche e di ridurre i costi di esercizio della ferrovia, tale filosofia appare destinata, dal punto di vista tecnico-economico, a migliorare sensibilmente, le prestazioni dei sistemi di trasporto nelle città europee e a costituire un valido esempio anche per un territorio come l'area urbana del delta del Tevere.

Un elemento chiave di questo sistema è la possibilità di offrire una connessione diretta con maggiori centri urbani, eliminando gli interscambi fra treno e mezzo pubblico urbano. Ciò rende il "tram-treno" un servizio di trasporto competitivo ed efficiente il cui successo non si limita solo a questo vantaggio, potendo offrire altri aspetti positivi quali:

- riduzione dei costi di investimento utilizzando l'infrastruttura ferroviaria già esistente, superando le difficoltà nell'individuare le sedi appropriate e i tempi di realizzazione per un impianto costruito ex novo;
- possibilità di aumentare il numero di stazioni lungo la linea ferroviaria mantenendo stessi tempi di percorrenza o diminuendoli grazie a prestazioni più elevate in accelerazione e frenatura proprie dei moderni sistemi tranviari. Ciò rende le stazioni più vicine agli utenti ed il sistema nel complesso più accessibile;
- riduzione dei tempi di percorrenza; il tempo di viaggio porta a porta è paragonabile a quello dell'auto privata. A ciò va aggiunto un migliore incarrozzamento dei viaggiatori dovuto al maggior numero di porte per fiancata e maggior facilità di accesso ai convogli a piano ribassato;
- maggior frequenza e puntualità del sistema tranviario rispetto a quello ferroviario con riduzione dei tempi di attesa estrema flessibilità e adattabilità dei sistemi tram treno in grado di circolare nelle zone pedonali coesistendo armoniosamente con i pedoni e riuscendo facilmente a superare curve piuttosto strette, per poi effettuare l'interscambio con linee ferroviarie o su tracciati urbani a sede protetta;
- una tariffazione integrata abbinata al sistema interoperabile urbano ne rende l'utilizzo semplificato ed elimina tempi di attesa e di accesso;

- riduzione totale dei costi di esercizio rispetto ai veicoli ferroviari poiché è necessario un solo operatore a bordo ed inoltre è semplice variare la composizione dei convogli in base alle esigenze di traffico dotando i veicoli di sistemi ad “aggancio automatico”.

La configurazione della rete e le numerose fermate estenderanno ampiamente sul territorio provinciale la zona di diretta influenza delle linee. Ogni fermata potrà costituire un nodo d’interscambio e un centro di servizi attrattivo sia per gli utenti, che per i residenti.
Alcune di queste fermate, possono assumere nelle schema di rete complessiva importanti funzioni. La fermata di **FIUMICINO CENTRO**, oltre a divenire un nodo primario di questo servizio ferrotranviario metropolitano provinciale, sarà anche nodo di attestamento sulla rete ferroviaria regionale e nazionale, ricoprendo il ruolo di principale porta d’accesso al territorio costiero del sistema su ferro, superiore alla funzionalità del nodo di Ostia centro. A sua volta, il nodo intermodale di Ostia (Lido centro), più che un nodo passante metropolitana/rete su gomma, si configura come un nuovo attestamento del servizio metropolitano verso Roma e di scambio con la ferrotranvia verso Fiumicino e l’Aeroporto.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il sistema proposto prevede la creazione di una rete ferrotranviaria che, attraverso la costruzione di brevi tratte tranviarie di tipo urbano ed extraurbano permetta la “messa a rete” delle tre linee ferroviarie del litorale: la FR1 Orte-Roma-Aeroporto e la tratta dimessa verso Fiumicino Paese; la FR5 Roma-Maccarese-Civitavecchia e la linea merci Ponte Galeria-Maccarese; la Roma-Lido.

3.1. LA LINEA m1→ E LA PRIMA TRATTA FUNZIONALE

La prima tratta funzionale del sistema ferrotranviario mobilido coincide con quella che sarà la prima linea del sistema di medio e lungo termine. L’azione progettuale è quella di collegare il Centro Direzionale di Fiumicino con il Nuovo Porto e la Fiera di Roma recuperando il sedime dimesso della ferrovia Roma-Fiumicino Paese sino al bivio di Coccia di Morto. A monte del bivio sono possibili due azioni:

- instradamento del servizio direttamente sulla sede esistente, sino alla fermata di Fiera di Roma;
- posa in affiancamento di un binario dedicato, in modo da non contendersi le tracce orarie con le relazioni Roma-Aeroporto.

In questa proposta, a prescindere dagli accordi che si svilupperanno tra Enti e Gestore ferroviario, si è considerata la seconda opzione, in modo da non vincolare la futura capacità del sistema ferrotranviario alle esigenze di avere un collegamento rapido, efficiente e capiente tra l’aeroporto internazionale e Roma centro.

TRATTA 1A

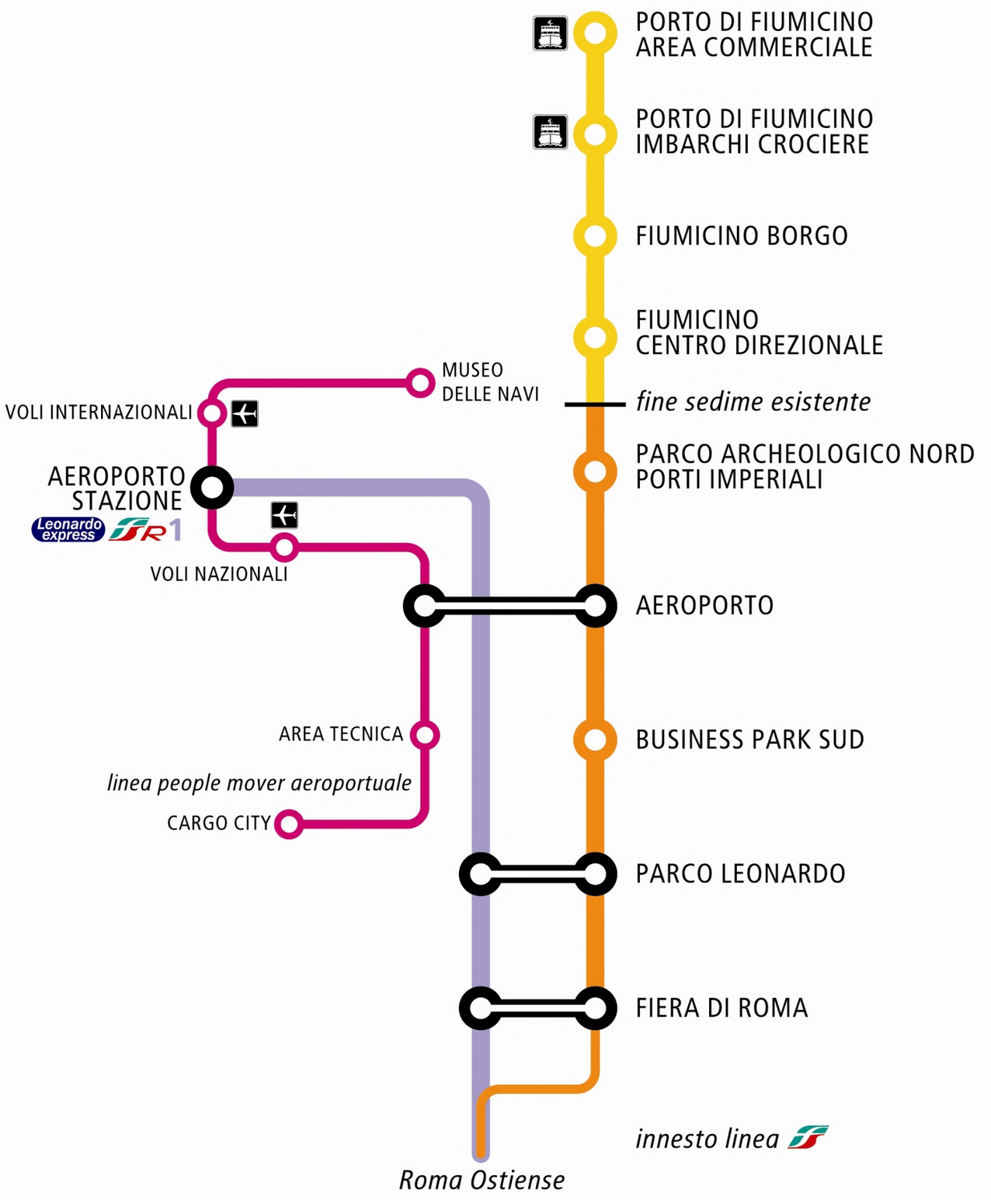
Nome stazione	Distanza in m	Progressiva in m
Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0
Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,7	1.779,7
Aeroporto-Centro direzionale	1.089,6	2.869,4
Business Park sud-Cargo City	1.630,5	4.499,9
Parco Leonardo	867,7	5.367,6
Fiera di Roma	2.209,7	7.577,3

TRATTA 1B

Nome stazione	Distanza in m	Progressiva in m
Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0
Fiumicino Borgo	980,7	980,7
Porto Imbarchi Crociere	566,4	1.547,1
Porto Zona Commerciale	591,1	2.138,1

TRATTA 1	**9.715,5**

SCHEMA LINEA m1



La tratta – a binario unico - misura in tutto 9+715 km: di questi 7+577 sono su sede ferroviaria extraurbana e 2+138 km sono su sezione tranviaria urbana.

La tratta conta 9 fermate: le prime tre sono di tipo tranviario urbano con pensilina aperta e servizi con sistema di controllo a videosorveglianza. Le altre 6 sono di tipo ferroviario e pensilina di banchina: visto il tipo di servizio non sono contemplati fabbricati esterni a meno di “sfruttare” quelli esistenti come nel caso di Parco Leonardo e Fiera di Roma.

Le opere d’arte più importanti riguardano i collegamenti ciclopedonali delle nuove fermate tra Fiumicino Centro Direzionale e Parco Leonardo: principalmente passerelle di scavalco dell’Autostrada A91 e della ferrovia Roma-Aeroporto che corrono parallele alla linea.

Si prevedono i seguenti **flussi orari di picco**:

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				**11,4**
	Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0		
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,7	1.779,7	909	18
	Aeroporto-Centro direzionale	1.089,6	2.869,4	1.082	16
	Business Park sud-Cargo City	1.630,5	4.499,9	1.313	13
	Parco Leonardo	867,7	5.367,6	1.340	13
	Fiera di Roma	2.209,7	7.577,3	1.474	11

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE ESTIVO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				**4,4**
	Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0		
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,7	1.779,7	1.841	9
	Aeroporto-Centro direzionale	1.089,6	2.869,4	2.032	8
	Business Park sud-Cargo City	1.630,5	4.499,9	2.440	7
	Parco Leonardo	867,7	5.367,6	3.024	6
	Fiera di Roma	2.209,7	7.577,3	3.836	4

Per quanto riguarda i **carichi medi giornalieri** in inverno e in estate la situazione è la seguente:

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				**65**	**17**
	Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0			
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,7	1.779,7	8.794	31	34
	Aeroporto-Centro direzionale	1.089,6	2.869,4	10.469	37	29
	Business Park sud-Cargo City	1.630,5	4.499,9	12.702	45	24
	Parco Leonardo	867,7	5.367,6	16.632	59	18
	Fiera di Roma	2.209,7	7.577,3	18.295	65	17

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE ESTATE

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				**110**	**10**
	Fiumicino centro direzionale	0,0	0,0			
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,7	1.779,7	18.267	65	17
	Aeroporto-Centro direzionale	1.089,6	2.869,4	23.747	85	13
	Business Park sud-Cargo City	1.630,5	4.499,9	28.386	101	11
	Parco Leonardo	867,7	5.367,6	28.110	100	11
	Fiera di Roma	2.209,7	7.577,3	30.921	110	10

TRATTA 1. COSTI DI COSTRUZIONE

TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				
LUNGHEZZE					
	Via di corsa - tratto urbano	0,0	m		0%
	Via di corsa - tratto extraurbano	1.779,7	m		23%
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	5.797,6	m		77%
FERMATE					
	Fermate urbane	1	N	€	340.058
	Fermate extraurbane	5	N	€	2.020.047
ARMAMENTO					
	Sede traviaria a binario unico			€	6.261.141
IMPIANTI					
	Linea aerea			€	4.836.017
	Segnalamento			€	4.183.037
	Sottostazione elettrica			€	2.014.440
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	3.285.181
	Scambi e deviatoi	24		€	642.883
PCC					
	Posto Centrale di Controllo			€	8.250.000
	Fiumicino centro - polo manutentivo e ricovero (1a tranche, ricovero per 5 veicoli)			€	3.461.360
OPERE D'ARTE					
	stazione Fiumicino centro direzionale - parcheggio di scambio e area merci			€	221.183
	sovrappasso pedonale stazione Parco archeologico			€	164.002
	sovrappasso pedonale stazione Aeroporto			€	189.812
	sovrappasso pedonale stazione Business park sud			€	627.019
COSTO TOTALE					**€ 36.496.176**
COSTO AL KM					**€ 4.816.485**
TRATTA 1B	**PORTO - FIUMICINO CENTRO**				
LUNGHEZZE					
	Via di corsa - tratto urbano	1.157,5	m		54%
	Via di corsa - tratto extraurbano	980,7	m		46%
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	0,0	m		0%
FERMATE					
	Fermate urbane	3	N	€	1.020.174
	Fermate extraurbane	0	N	€	-
ARMAMENTO					
	Sede traviaria a binario unico			€	4.259.319
IMPIANTI					
	Linea aerea			€	1.701.221
	Segnalamento			€	951.622
	Sottostazione elettrica			€	-
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	1.844.144
	Scambi e deviatoi	12		€	321.441
OPERE D'ARTE					
	stazione Porto/Area commerciale - piazzale di scambio e area merci			€	548.132
COSTO TOTALE					**€ 10.646.053**
COSTO AL KM					**€ 4.979.123**
TRATTA 1. COSTO TOTALE					**€ 47.142.229**
TRATTA 1. COSTO AL KM					**€ 4.852.277**

Come si vede la linea m1→ mantiene un ottimo livello di prestazioni pur essendo solo il primo passo di un sistema ben più esteso. La natura simil-ferroviaria permette un notevole risparmio nei costi di costruzione: circa 4,8 M€/km a fronte dei 25-30 M€/km per una linea tranviaria urbana ordinaria.
Si noti che sulla tratta 1A pesa la realizzazione di alcune opere "di avviamento del sistema" che resteranno poi a servizio della rete di medio e lungo termine con eventuali addizioni: si parla principalmente del Posto Centrale di Controllo (PCC) e del centro di manutenzione e ricovero dei rotabili (entrambi localizzati presso la stazione di Fiumicino Centro Direzionale).
Escludendoli dal computo per la tratta 1A si avrebbe un costo chilometrico di 3,3M€/km a dimostrare la convenienza dello sfruttamento di una sede esistente, pur con apposizione di un binario dedicato.

Presso la stazione terminale di Fiera di Roma sono disposti degli scambi con l'innesto sulla linea ordinaria di RFI. Da qui infatti è possibile l'ulteriore estensione del servizio instradando i veicoli sulla rete ferroviaria nazionale (linea FR1) verso il nodo di Roma (stazioni Trastevere e Ostiense): la stipula di un accordo tra Regione, esercente ed RFI potrà permettere l'istituzione di **corse dirette tra il Porto di Fiumicino e il centro di Roma**, essendo tecnicamente possibile in base alle caratteristiche di progetto adottate per la linea gli impianti e il materiale rotabile (cfr. capitolo 5.).

L'**interscambio con l'aeroporto** avviene presso l'omonima fermata collegata tramite una passerella alla prevista stazione del people mover, che ADR prevede in esercizio per il 2012-13. La linea simile a quella già in servizio all'interno dell'aerostazione per il collegamento tra l'edificio principale e il satellite ovest, collegherà la zona di Cargo City e il sistema di parcheggi remoti con l'Area Tecnica, la zona degli alberghi, l'aerostazione nazionale, l'aerostazione internazionale con i nuovi moli e il satellite est con la parte occidentale della città aeroportuale sino alla rotonda A. Nobile permettendo di raggiungere il sito archeologico e il Museo delle Navi Romane.

L'ingresso al Porto avviene in maniera differente dalle proposte iniziali contenute nel Nuovo Piano Regolatore Portuale e nello stesso PRG di Fiumicino, che prevedevano un gancio ferroviario con ripristino della vecchia sede sino al bivio di Coccia di Morto e quindi una tratta a singolo binario lungo il viale di Coccia di Morto, parallelamente alla pista 1 e quindi l'ingresso verso mare lungo via di Pesce Luna sino a ripiegare poi verso sud all'incirca all'altezza dell'attuale Centro Conferimento Rifiuti della Fiumicino Servizi. Naturalmente allora si parlava di sezione ferroviaria ovvero di un'estensione della stessa linea Roma-Aeroporto FR1.
La verifica progettuale di questa prima ipotesi ha condotto a riconsiderare completamente quanto supposto inizialmente (mantenere l'allineamento vecchia sede-Coccia di Morto-Pesce Luna-costa) in quanto la realizzazione di quel tracciato secondo le norme RFI oltre ad obbligare ad una completa risistemazione del Piano Particolareggiato di Pesce Luna (disegnato su un tracciato con curva di "soli" 100 m) avrebbe portato ad alcune situazioni critiche:

- posa in opera di linea aerea in zona di divieto di qualsiasi ostacolo per i coni volo della pista 1;
- posa di linea aerea parallelamente alla pista 1 in zona di pericolosità per l'azione che il campo magnetico indotto dalla tensione di rete avrebbe apportato agli strumenti di controllo dei velivoli in transito;
- sviluppo di oltre quattro intersezioni a raso da risolvere necessariamente con semafori e passaggi a livello visto il divieto di realizzare strutture in elevazione presso il bivio di Coccia di Morto;
- posa di sede ferroviaria tradizionale in zona urbana di pregio (nuovo Piano di Pesce Luna) con rottura dell'unità urbana e notevole peggioramento del clima acustico in una zona residenziale già gravata dal transito degli aeromobili.

Per risolvere queste situazioni di criticità latente è stata adottata la soluzione di ingresso "urbano" al Porto tramite posa di un armamento su materassino flottante lungo viale della Foce Micina. L'empasse della ridotta sezione proprio in corrispondenza di quello che dovrebbe essere l'ingresso del viale sul waterfront costringe (stante il mantenimento dell'attuale situazione) ad utilizzare la sede di via Giovanni Cena. La via presenta una sezione ridotta (10 metri) pertanto sarà attrezzata solo con la sede tranviaria, una corsia a senso unico per il traffico locale e una sezione ciclopedonale. Per migliorare l'effetto urbano sarà adottata una sede completamente inerbita con masselli autobloccanti per la sezione ciclopedonale e la corsia carrabile.

Due saranno le fermate a servizio del nuovo Porto: una appena lasciata via Giovanni Cena a servizio del molo crociere e degli attracchi dei traghetti e una, a nord, a servizio della zona Commerciale e dello stesso Centro Conferimento Rifiuti: come discusso nello studio SdF2 la nuova struttura tranviaria potrà diventare la dorsale della distribuzione delle merci a scala metropolitana e urbana, dove per merci si intendono sia gli scambi di prodotti tra attività commerciali e centri di produzione sia i prodotti urbani (oggi rifiuti) per cui si prevede per il medio periodo una completa rivoluzione gestionale sul modello 0% RIFIUTI-100% TRASFORMAZIONE[2].

[2] Si veda il sito europa.eu/scadplus/leg/it/s15000.htm dell'Unione Europea e zero.waste.ca.gov/ dello Stato della California (USA).

3.2. LA LINEA m2 E LA SECONDA TRATTA FUNZIONALE

La seconda tratta funzionale del sistema ferrotranviario mobilido si sviluppa a partire dalla linea m1 con la costruzione di una sezione tranviaria a partire da uno sfioccamento a valle della stazione di Parco Leonardo. Da qui la linea procede piegando di 90° verso Nord e scavalcando (con annessa opera) l'autostrada A91 e le complanari e immettendosi al centro della costruenda strada Parco (ex-via della Corona Boreale). Quindi la linea piega verso oriente servendo i nuovi distretti commerciali e l'abitato delle Vignoline. Dopo la fermata Vignole il tracciato piega di nuovo verso nord raggiungendo con l'omonima fermata l'Interporto Romano: una diramazione permette di entrare sin nel cuore della struttura commerciale. In questo modo il sistema mobilido è perfettamente integrato con la rete logistica dell'area metropolitana ovest di Roma e ne diventa il cardine per la distribuzione a medio e corto raggio.

Lasciato l'interporto un apposito innesto permette l'ingresso sulla linea merci Ponte Galeria-Maccarese (ex linea Roma-Pisa). Da questo punto in poi termina la costruzione di nuove sedi per la seconda linea perché si procede esclusivamente su linee ferroviarie esistenti. Per il servizio sul lungo periodo, stante l'aumento del traffico ferroviario - soprattutto merci -, si può prevedere l'aggiunta di un binario dedicato al margine della sede esistente: per il servizio nel breve e medio termine previsto in questo studio non è comunque necessario.

La linea m2 prosegue quindi sulla attuale linea Roma-Pisa e passando Maccarese si attesta presso la stazione di Cerveteri/Ladispoli nella prima fase e presso la stazione di Civitavecchia Porto nelle previsione di lungo termine. La necessità di aumentare le prestazioni della ferrovia regionale 5 (futura linea FR2 quando sarà terminato l'anello nord del nodo di Roma e la linea sarà unificata all'attuale FR2 Roma Tiburtina-Lunghezza) potrà trovare soluzione nell'adozione di una modalità di tipo suburbano con gli spostamenti locali affidati al servizio ferrotranviario che in questo punto corre parallelo alla linea ferroviaria. In questo modo la relazione ferroviaria effettua solo le fermate principali mentre le fermate locali restano a carico del tram-treno.

La linea m2 risponde alla necessità di mettere in relazione i due hub portuali di Civitavecchia e Fiumicino servendo il litorale tra i due centri che comprende tra gli altri l'abitato di Santa Marinella (17mila abitanti) e, soprattutto Cerveteri e Ladispoli entrambe destinate a toccare i 50mila abitanti al 2020.

La seconda tratta funzionale è distinta in due sottotratte distinte: T2, costituita dal tracciato tranviario che dallo sfioccamento a valle di Parco Leonardo arriva all'allacciamento con la linea ferroviaria Ponte Galeria-Maccarese; T3 corrispondente al tracciato ferroviario esistente (linea Roma-Pisa) sino a Cerveteri/Ladispoli e quindi Civitavecchia.

LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI						
TRATTA 2	**FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE**					
LUNGHEZZE						
	Via di corsa - tratto urbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - tratto extraurbano	4.559,8	m		41%	
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	6.583,2	m		59%	
FERMATE						
	Fermate urbane	4	N	€	1.360.232	
	Fermate extraurbane	1	N	€	404.009	
ARMAMENTO						
	Sede traviaria			€	14.592.931	
IMPIANTI						
	Linea aerea			€	10.021.919	
	Segnalamento			€	6.151.481	
	Sottostazione elettrica			€	-	
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	5.920.175	
	Scambi e deviatoi	20		€	535.736	
OPERE D'ARTE						
	Ponte tranviario e ciclopedonale - Strada Parco/A91			€	3.144.615	
	Connessione linea principale - scalo merci interporto			€	989.630	
	Interporto scalo - piazzale merci			€	989.116	
TRATTA 2. COSTO TOTALE				**€**	**44.109.844**	
TRATTA 2. COSTO AL KM				**€**	**3.958.497**	
TRATTA 3	**MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**					
LUNGHEZZE						
	Via di corsa - tratto urbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	22.798,9	m		100%	
FERMATE						
	Fermate urbane	0	N	€	-	
	Fermate extraurbane	8	N	€	3.232.074	
ARMAMENTO						
	Sede traviaria a binario unico			€	17.243.786	
IMPIANTI						
	Linea aerea			€	14.550.717	
	Segnalamento			€	12.586.016	
	Sottostazione elettrica			€	2.014.440	
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	6.882.417	
	Scambi e deviatoi	32		€	857.177	
TRATTA 3. COSTO TOTALE				**€**	**57.366.627**	
TRATTA 3. COSTO AL KM				**€**	**2.516.202**	

Come si vede i costi di riutilizzo di una linea ferroviaria esistente sono altamente convenienti nonostante le opere di potenziamento (principalmente modifica del segnalamento e realizzazione sottostazioni) e riqualificazione (adeguamento stazioni esistenti, realizzazione di nuove fermate).

Nelle tabelle seguenti i carichi attesi nella fase 1 (attestamento a Cerveteri/Ladispoli):

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**9,0**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	791	21
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.020	16
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.106	15
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.265	13
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	1.520	11
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	1.658	10
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	1.734	10
	Maccarese	1.303	16.215,7	1.868	9
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**11,4**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	815	21
	Vignole	796,0	24.494,4	905	19
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.087	15
	Business Park	1.050,2	26.213,9	1.322	13
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	1.470	11
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**7,0**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	1.443	12
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	1.732	10
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	2.165	8
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	2.405	7
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**9,6**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	1.750	10
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.131	15
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	453	37

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE ESTIVO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**6,5**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	1.234	14
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.418	12
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.501	11
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.543	11
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	2.063	8
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	2.251	7
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	2.386	7
	Maccarese	1.303	16.215,7	2.570	7
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**5,8**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	1.216	14
	Vignole	796,0	24.494,4	1.351	12
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.621	10
	Business Park	1.050,2	26.213,9	2.245	7
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	2.894	6
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**3,8**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	2.922	6
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	3.507	5
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	3.984	4
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	4.471	4
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**7,4**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	2.258	7
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.215	14
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	486	35

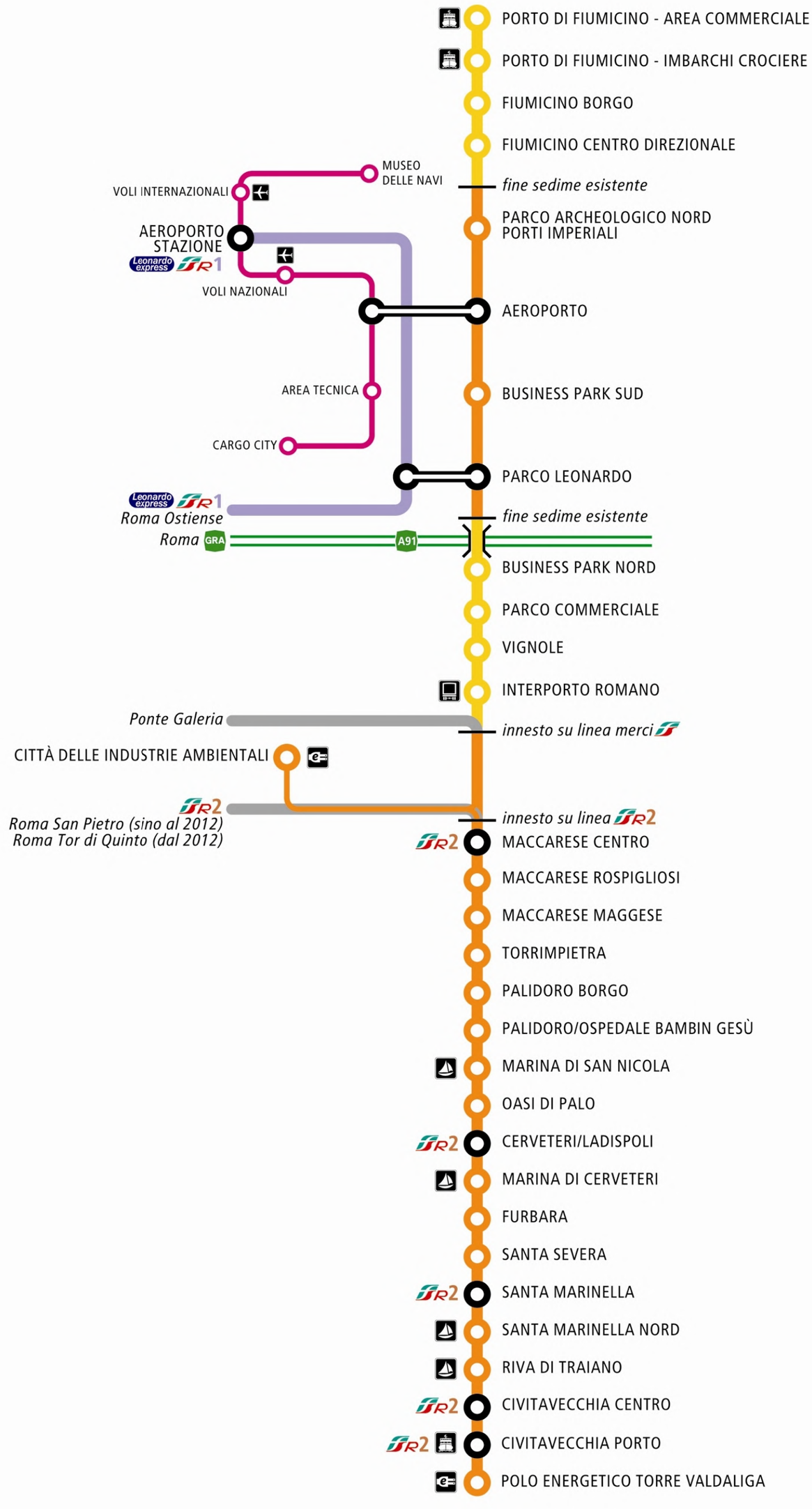
PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**49**	**22**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	5.270	19	57
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	7.378	26	41
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	9.486	34	32
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	10.540	38	29
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	10.888	39	28
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	11.878	42	25
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	12.846	46	24
	Maccarese	1.303	16.215,7	13.834	49	22
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**64**	**17**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	10.340	37	29
	Vignole	796,0	24.494,4	11.489	41	26
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	13.787	49	22
	Business Park	1.050,2	26.213,9	16.100	58	19
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	17.889	64	17
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**83**	**13**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	13.959	50	22
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	16.750	60	18
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	20.938	75	14
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	23.265	83	13
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**43**	**25**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	12.136	43	25
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	9.029	32	33
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	3.612	13	84

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE ESTATE

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**84**	**13**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	8.319	30	36
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	11.645	42	26
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	14.973	53	20
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	16.636	59	18
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	17.144	61	18
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	18.703	67	16
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	21.912	78	14
	Maccarese	1.303	16.215,7	23.597	84	13
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**74**	**15**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	12.227	44	25
	Vignole	796,0	24.494,4	13.585	49	22
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	16.302	58	19
	Business Park	1.050,2	26.213,9	18.647	67	16
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	20.719	74	15
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**173**	**6**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	28.995	104	10
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	34.794	124	9
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	43.493	155	7
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	48.325	173	6
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**70**	**15**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	19.669	70	15
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	9.710	35	31
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	3.884	14	78

SCHEMA LINEA M2



Attraverso il sedime dell'attuale linea Roma-Pisa nella sezione Aurelia-Maccarese è prevista la realizzazione di uno sfioccamento verso la Città delle Industrie Ambientali di Malagrotta/Castel Malnome: in questo modo il sistema mobilido è collegato ai due porti principali della regione ma anche ai due distretti energetici di primo livello: la centrale ENEL di Torre Valdaliga, a nord di Civitavecchia e il maggiore centro di conferimento dei RSU d'Europa in cui è previsto l'insediamento di una filiera inerente il riciclo e la trasformazione. Le opportunità per Fiumicino nel campo energetico sono molteplici (cfr. relazione SdF2, *Piano Strategico delle Idee*): questo tipo di infrastrutturazione potrà sostenere un forte richiamo verso enti e aziende in cerca di location a servizio del bacino Mediterraneo (solare, eolico, materiali innovativi). Anche la filiera agroalimentare potrà averne un beneficio superiore alle più rosee aspettative portando il distretto agricolo facente capo a Fiumicino (composto dai comuni di Ladispoli, Cerveteri, Bracciano, Anguillara, Trevignano, Municipi Ovest di Roma) ai primissimi livelli in termini di opportunità e benchmark.

3.3. LA LINEA M3 E LA TERZA TRATTA FUNZIONALE

La terza tratta funzionale del sistema ferrotranviario mobilido si sviluppa verso sud e coinvolge la città costiera di Ostia, l'entroterra con la preziosa risorsa di Ostia Antica a chiudere il tutt'uno del Parco Archeologico del Litorale e, nel lungo periodo le popolose aree urbane costiere situate oltre la Riserva Naturale Statale del Litorale Romano e la Tenuta di Castelporziano: Pomezia, Ardea, Anzio e Nettuno.
La tratta è composta da due sottotratte distinte, una di medio termine e una di lungo termine:

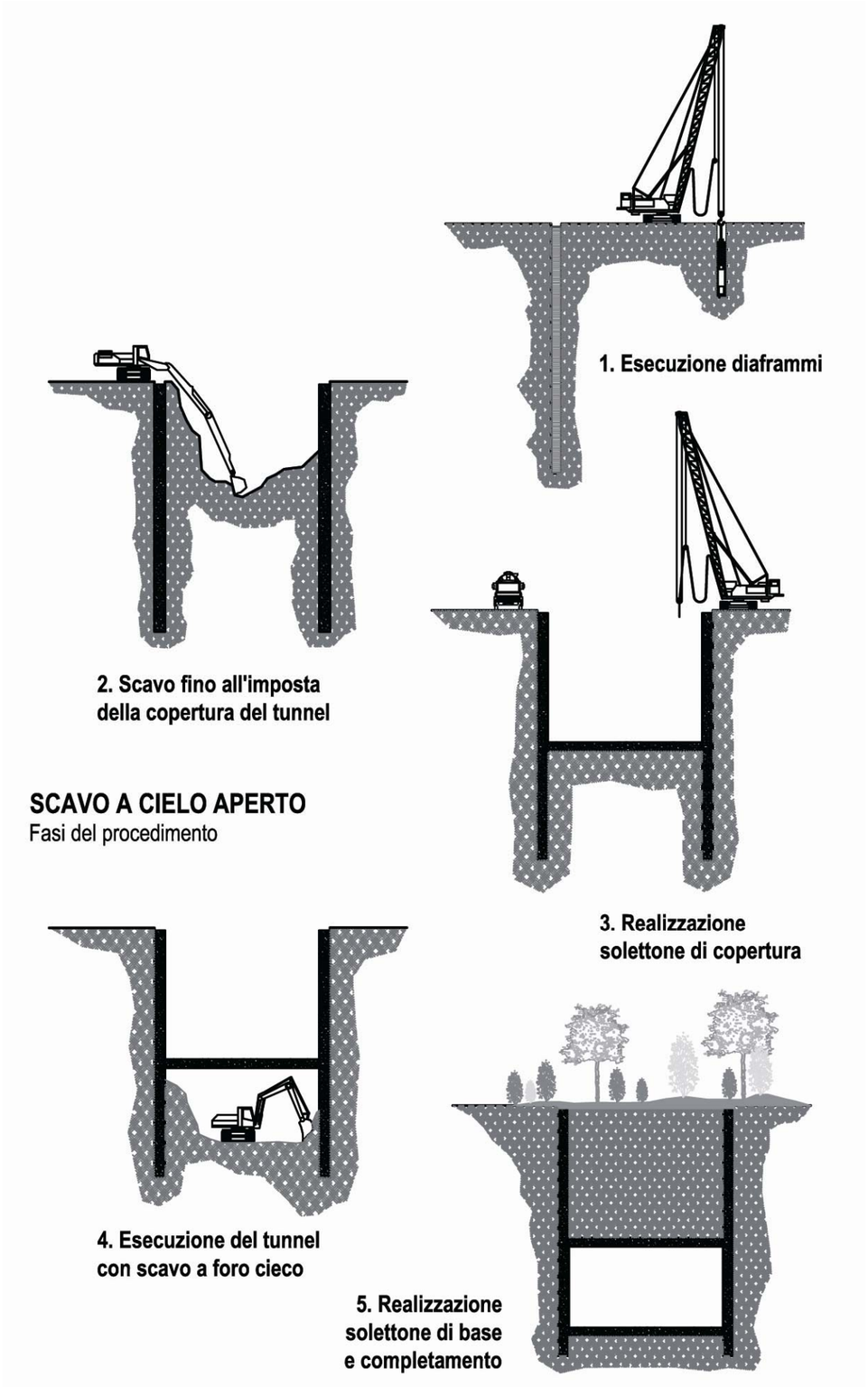
- T4, caratterizzata dall'attraversamento del'Isola Sacra con capolinea alla stazione di Ostia Centro della ferrovia Roma-lido;
- T5, formata a sua volta da due segmenti distinti. Il primo è costituito dall'instradamento del servizio lungo la Roma-Lido verso Roma e con capolinea ad Ostia Antica. È prevista una fermata intermedia presso la multisala Meccanica Romana/Cineland a servizio anche del Parco Urbano della Pineta delle Acque Rosse e delle zone residenziali di Ostia Nord. Il secondo segmento è legato all'azione di lungo termine che vede l'attestamento della Roma-Lido a Ostia Centro e la tranviarizzazione della tratta restante sino a Cristoforo Colombo con ulteriore prolungamento a binario unico verso Torvajanica e quindi Anzio e Nettuno.

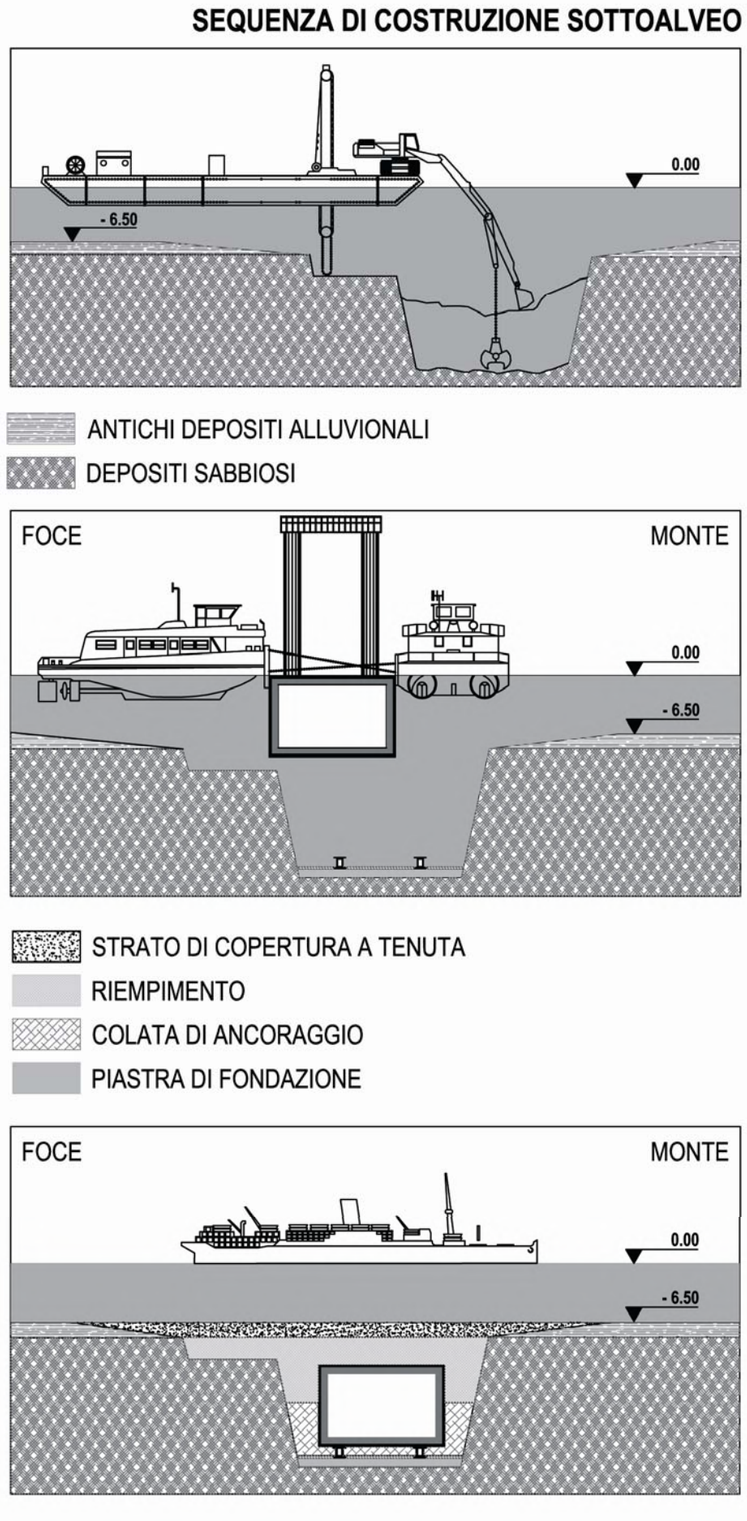
TRATTA T4. Nel complesso delle azioni previste per l'implementazione del sistema mobilido è sicuramente quella più impegnativa giacché implica due delle opere d'arte più importanti: l'attraversamento della Fossa Traiana e della Fiumara Grande verso Ostia.

Proprio per la complessità della scena urbana dell'Isola Sacra costituita per gran parte da abitato spontaneo con spazi esigui e difficilmente utilizzabili con enormi criticità dal punto di vista ambientale e un vasto patrimonio archeologico a tutela integrale – sono state individuate due alternative di tracciato possibile. A seguito di accurate analisi è stato eseguito un overlay mapping con strumento GIS atto ad individuare i corridoi di transito potenziale rispetto alla programmazione territoriale e agli strumenti di tutela. I due corridoi sono:

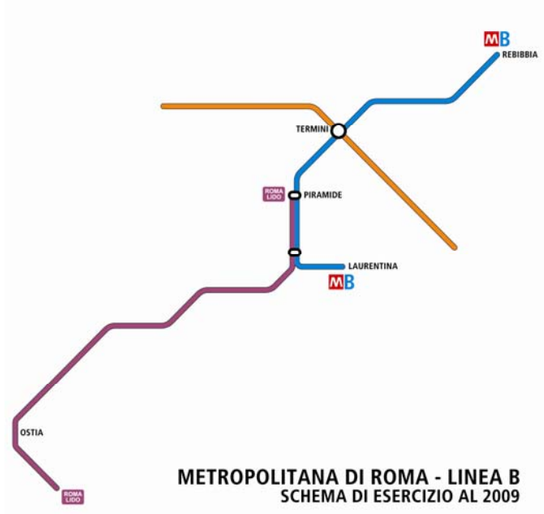
- IPOTESI 1. asse attrezzato di via del FARO;
- IPOTESI 2. asse attrezzato di via della SCAFA.

Nell'**IPOTESI 4-1** il tracciato dalla stazione di Fiumicino Centro Direzionale scende verso il Nuovo Ponte II Giugno (la cui realizzazione è prevista a prescindere da questo progetto) e quindi si sviluppa lungo la nuova via del Faro. Costeggiato il Parco di via Bezzi il tram segue una nuova viabilità che, dalla rotatoria di accesso al nuovo Porto Turistico di Fiumicino si dirige verso oriente, costeggiando l'area naturalistica della Punta del Faro (con il SIC della Piscina del Principe). Quindi il percorso piega decisamente verso sud e si dirige verso i cantieri di Fiumara. Lasciata l'omonima fermata si passa la Fiumara con un'opera d'arte di nuova realizzazione e probabilmente quella di maggiore impatto di tutto il progetto. Due possibilità sono state vagliate, considerando le caratteristiche geomorfologiche dell'area: ponte ad arco ribassato a struttura metallica (o cap) oppure un tunnel subalveo. Nonostante possa sembrare sconsiderato considerare un'opera di escavazione di tale rilevanza, le valutazioni economiche (si veda il cap. 4) dimostrano che le due opere sono paragonabili ed anzi, il tunnel subalveo a fronte di un maggior costo di manutenzione presenta dei costi di realizzazione anche inferiori al ponte. Questo perché a parte una coltre superficiale di depositi alluvionali i terreni costieri presso Fiumara e Ostia sono costituiti da banchi sabbiosi estesi, compatti e coerenti che rendono possibile ed economica l'escavazione con metodi a cielo aperto. Per il ponte invece, pur avendo scelto l'unica strettoia a valle dell'Isola di Sant'Andrea e prima della foce la necessità di non inserire delle pile nella golena e il franco da mantenere in mezzeria per la navigazione fluviale (min. 12 m) determinano l'esigenza di una luce importante al limite dei 200 metri.
Nel caso del TUNNEL SUBALVEO, l'attraversamento del fiume è realizzato mediante sei cassoni sommersi in calcestruzzo precompresso, lunghi 33,80 m, deposti in un solco scavato nel letto del fiume. I cassoni sono fabbricati in loco su una piattaforma mobile, messi in acqua e successivamente trasportati sopra il luogo definitivo. L'immersione e la posa nell'apposito solco avviene tramite il riempimento con acqua dei tre contenitori-zavorra di cui sono dotati. Dopo il posizionamento sono collegati tra loro con giunti a tenuta stagna e poi bloccati da una colata di calcestruzzo che permette un perfetto isolamento.
Per la simulazione dei costi in caso di PONTE si è scelta la tipologia più vicina a quella adottata per il nuovo Ponte della Scafa evitando l'impatto eccessivo che avrebbe comportato una struttura sospesa. Si è optato per la struttura snella ed elegante dell'arco ribassato con struttura reticolare in acciaio.


1. Esecuzione diaframmi
2. Scavo fino all'imposta della copertura del tunnel
SCAVO A CIELO APERTO
Fasi del procedimento
3. Realizzazione solettone di copertura
4. Esecuzione del tunnel con scavo a foro cieco
5. Realizzazione solettone di base e completamento


SEQUENZA DI COSTRUZIONE SOTTOALVEO
0.00
- 6.50
ANTICHI DEPOSITI ALLUVIONALI
DEPOSITI SABBIOSI
FOCE
MONTE
0.00
- 6.50
STRATO DI COPERTURA A TENUTA
RIEMPIMENTO
COLATA DI ANCORAGGIO
PIASTRA DI FONDAZIONE
FOCE
MONTE
0.00
- 6.50

Attraversata la Fiumara Grande il tracciato si innesta direttamente sul viale dell'Idroscalo in Ostia: in questo modo si risponde alla necessità di realizzare tale infrastruttura secondo un tracciato baricentrico rispetto all'attuale assetto insediativo urbano del litorale, realizzando un collegamento tra i due centri di Ostia e Fiumicino sfruttando proprio l'elemento di maggiore visibilità per le due città, ovvero il lungomare.
Ad Ostia la linea si biforca per migliorare l'inserimento sulla viabilità esistente e al contempo servire, almeno con un ramo il lungomare. Le due sezioni si rincontrano presso il piazzale della Posta con l'omonimo edificio razionalista. La linea corre al margine della via del Mare occupando la sezione più esterna su via Ostiense: passato l'incrocio con viale Vasco de Gama entra nello spazio del vecchio scalo ferroviario dove potrà trovare posto il centro di manutenzione e ricovero necessario quando il parco mezzi sarà a pieno regime. Da qui due allacci permettono alla linea di instradarsi in un senso sulla Roma-Lido verso Ostia Antica e nell'altro verso Cristoforo Colombo.
Circa la Roma-Lido si nota che attualmente essa è un prolungamento improprio della linea B.



METROPOLITANA DI ROMA - LINEA B
SCHEMA DI ESERCIZIO AL 2009

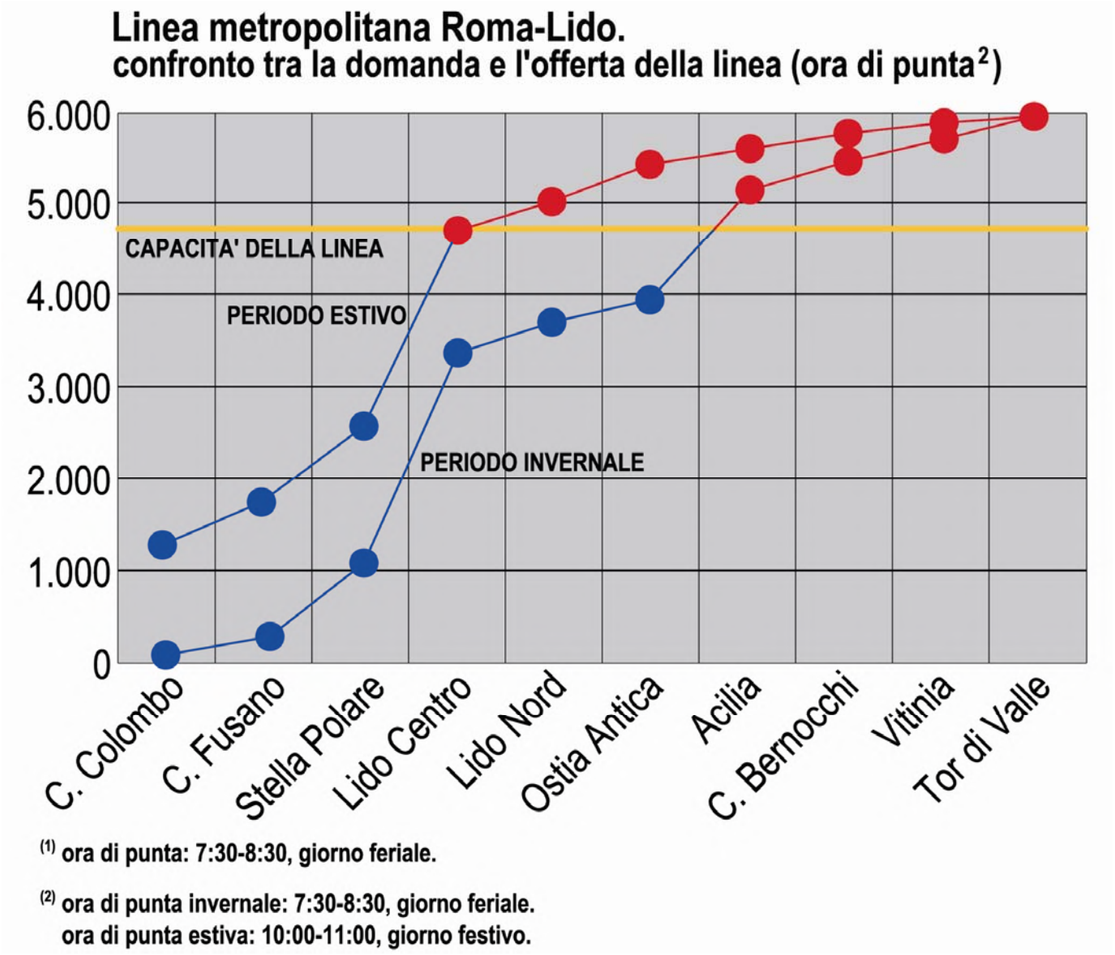
METROPOLITANA DI ROMA - LINEA B
SCHEMA DI ESERCIZIO AL 2012

Sia per l'impostazione estremamente moderna con cui è stata concepita e realizzata nel 1924, sia per i lavori eseguiti negli ultimi anni, la ferrovia in concessione Roma-Lido presenta già caratteristiche tali da renderla una vera e propria metropolitana di superficie, tanto da costituire, a tutti gli effetti, l'unico mezzo di collegamento pubblico tra Roma e i centri abitati di Vitinia, Acilia e Ostia dove risiedono attualmente oltre 300.000 persone.
La linea si sviluppa interamente in sede protetta, non ha passaggi a livello ed è dotata di banchine "alte" lunghe 150 metri, che consentono un incarozzamento a raso. Anche il materiale rotabile ha caratteristiche che lo rendono adatto a svolgere un servizio suburbano di intensa frequenza e capacità di trasporto. La Ferrovia concessa Roma-Lido - spesso indicata anche se non ufficialmente come linea E -, nel 1955 fu rimodernata, e collegata funzionalmente al primo troncone della linea B come cordone di collegamento con la nascente Terza Roma (EUR-Acilia-Ostia Nuova). Da Porta S. Paolo (stazione Piramide), prosegue affiancata alla linea metropolitana B fino alla stazione Magliana, interscambiando con la stessa anche alla stazione intermedia Basilica di S. Paolo. Quindi piega verso l'ippodromo di Tor di Valle, attraversando Vitinia. Affiancata alla Via del Mare, tocca Acilia, Ostia Antica per poi entrare a Ostia. Su una lunghezza di 28 km conta 17 stazioni (altre 5 programmate: Torrino, Giardini di Roma, Acilia Sud, Stagni e Meccanica Romana).

METROPOLITANA DI ROMA - LINEA B
SCHEMA DI ESERCIZIO AL 2015

Nel 1992, a seguito del completamento della costruzione del tronco della linea B Termini – Bologna – Rebibbia, la Società INTERMETRO ha avuto in concessione anche l'ammodernamento della Termini – EUR, per completarla con i nuovi impianti già sperimentati sulla linea A e adeguarla alla circolazione delle nuove vetture di larghezza standard m 2,85, in sostituzione delle vecchie vetture larghe 3,05 attualmente in servizio sulla linea. Questo ha comportato lo sbinamento definitivo della Roma-Lido dalla linea B in quanto allo stato attuale le due linee presentano sagome differenti. Per il medio periodo è però prevista la reintegrazione delle due linee con adozione della sagoma ridotta anche lungo la Roma-Lido.
Lo schema di servizio sarà quindi di due linee accoppiate con servizio cadenzato a 6' e a 3' sulla tratta centrale da EUR-Magliana a Bologna: B1 da Casal Monastero (tre stazioni oltre Rebibbia con partenza

dei lavori entro il 2010) ad Ostia e B2 da Ionio (Bufalotta-GRA dal 2014) sino a Trigoria, oltre Laurentina con prolungamento previsto per il 2014-16.



Come si vede dal grafico di carico della linea la tratta in Ostia tra Cristoforo Colombo e Lido Centro risulta sottoutilizzata in chiave di relazione pendolare tra Roma e Ostia: la linea risulta invece sovra satura già alla stazione di Acilia.

Proprio per migliorare il funzionamento della linea si prevede l'attestamento della relazione metropolitana proprio a Lido Centro con trasformazione in tranvia dell'ultima sezione sino a Cristoforo Colombo (con aggiunta di nuove fermate intermedie) e inserimento nel sistema mobilido. In questo modo la città di Ostia avrà un sistema di trasporto che la percorre per tutto il suo sviluppo (Ostia è una città pressoché lineare allungata lungo la costa) mantenendo un efficace interscambio con la Roma-Lido che sarà trasformata in metropolitana.

Nell'**IPOTESI 4-2** la linea attraversa l'Isola Sacra con allineamento lungo la SS296 via dell'Aeroporto e via della Scafa. A differenza del transito lungo la nuova via del Faro, qui l'edificato è molto più compatto. I vincoli di tutela archeologica (integrale) limitano le possibile di disposizione della via di corsa ad uno stretto corridoio inserito tra la SS296 e via della scafa.

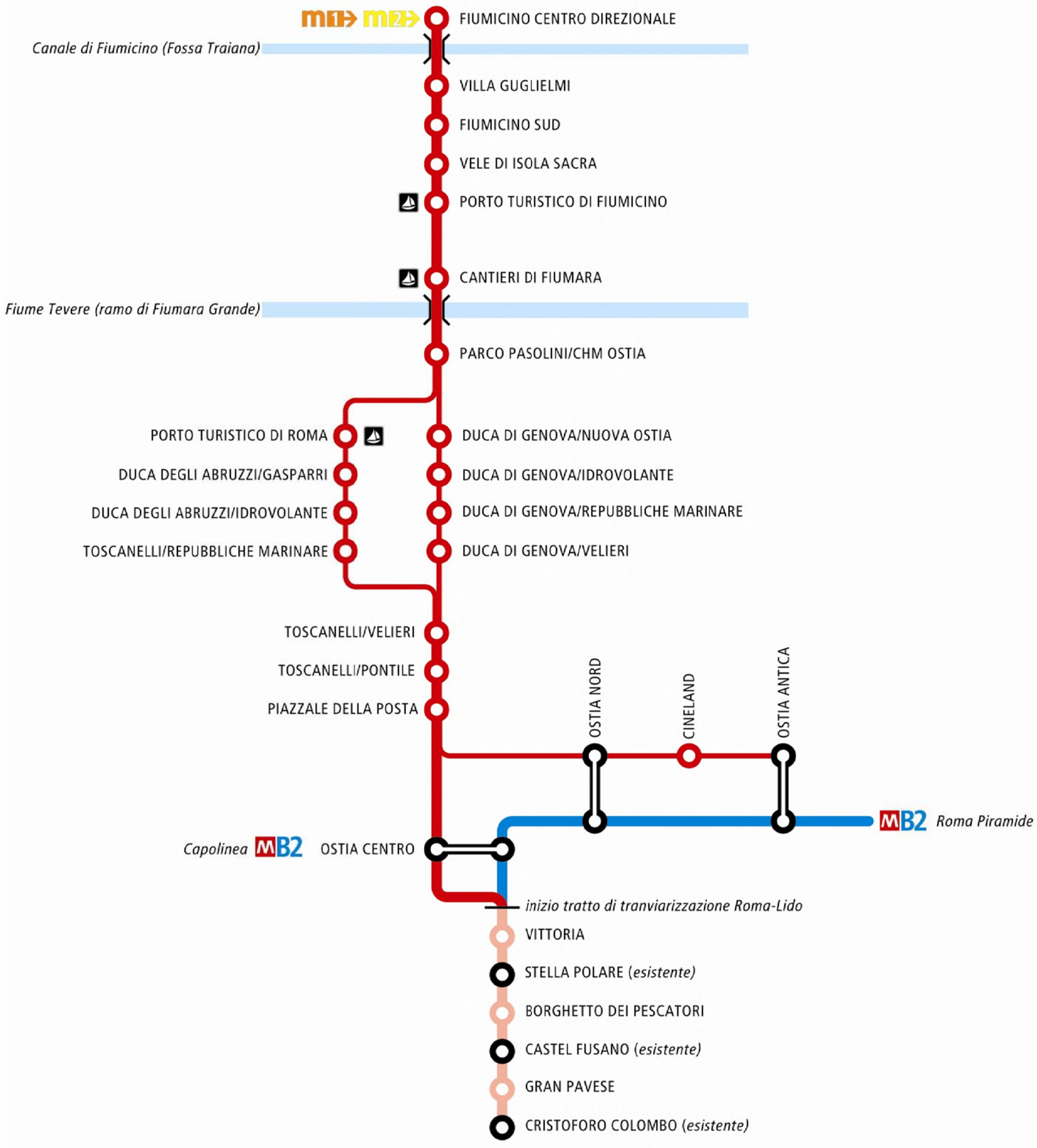
Lasciata la stazione di Fiumicino Centro Direzionale la linea scende verso via Portuense, proseguendo adiacente al margine destro in direzione Roma sino al viadotto dell'Aeroporto. L'impossibilità di salire con veicolo di tipo ferroviario – anche se leggero – sulla struttura esile del viadotto sostenuta da incastellature in acciaio oltreché l'essere già in quota su via della Scafa obbliga a realizzare una nuova struttura parallela a quella esistente, per scavalcare la Fossa Traiana. Come per le altre tratte il tracciato è pressoché uniformemente a raso ad eccezione di alcune sezioni su rilevato basso.

Superata via della Trincea delle Frasche il tracciato si dispone occupando il cuneo che divide la vecchia via della Scafa dalla SS296 via dell'Aeroporto. In corrispondenza dell'allaccio del nuovo viadotto della Scafa la sede tranviaria si dirige lungo via della Scafa immettendosi sulla rotatoria prevista all'inizio del vecchio ponte. Per l'attraversamento della Fiumara si può prevedere il recupero del vecchio ponte che potrà essere adibita ad uso esclusivo della tranvia con piste ciclopedonali a lato. La possibilità di "salire" sul nuovo Ponte della Scafa non è stata valutata perché l'iter è ormai a livello di progetto esecutivo. L'azione è comunque possibile con una variante progettuale in esecutivo anche se sarebbe molto debole dal punto di vista urbanistico: la scelta di creare un viadotto di tipo autostradale "alto" obbligherebbe il tram ad allontanarsi dal tessuto urbano per gran parte del percorso sull'Isola Sacra entrando nel gioco degli estesi svincoli previsti in riva di Ostia con soluzioni di innesto altrettanto infelici.

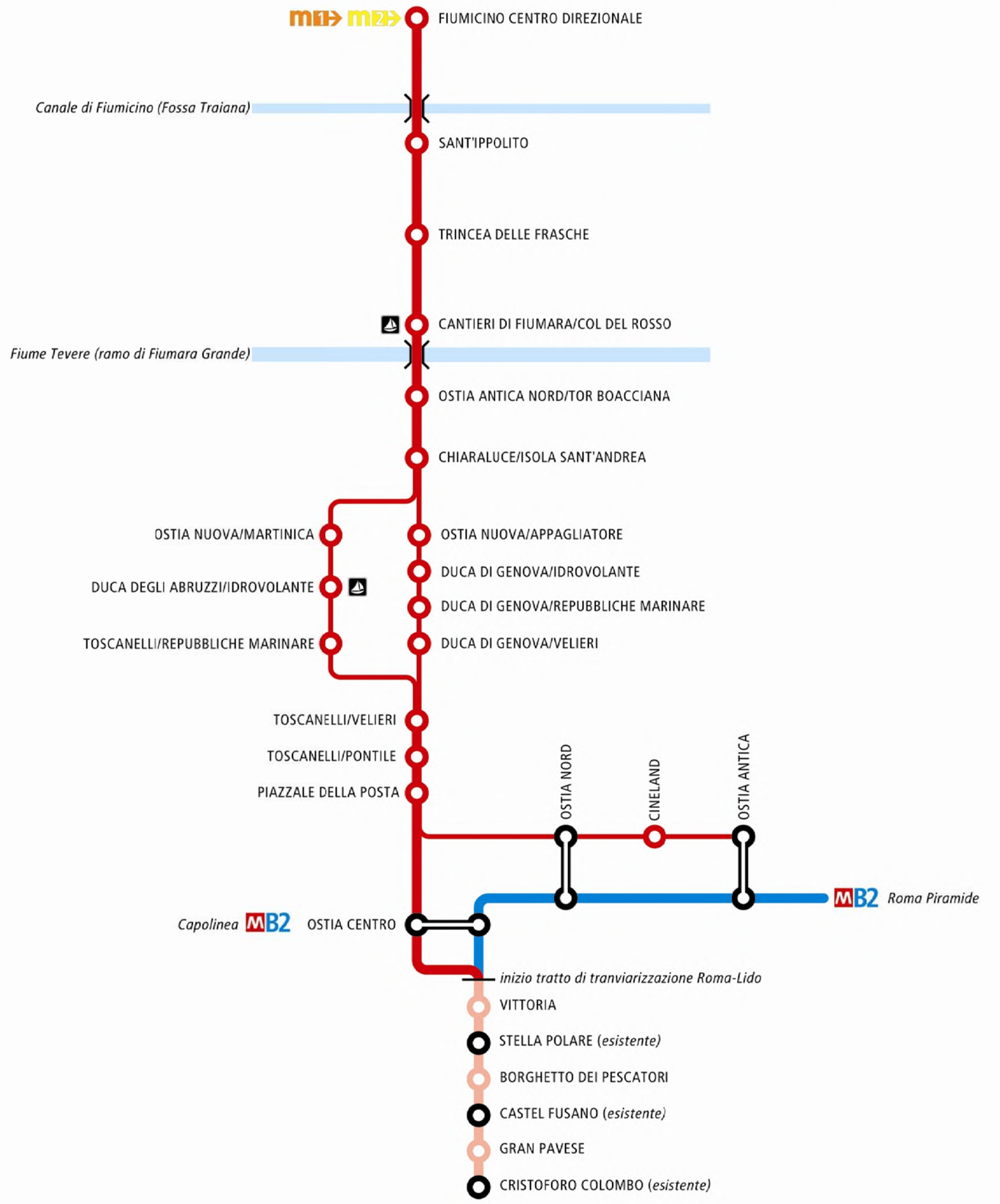
L'instradamento sul vecchio Ponte consente invece di trovarsi immediatamente a breve distanza dall'accesso nord di Ostia Antica. Da qui la sede prosegue lungo via Tancredi Chiaraluce con una fermata presso l'Isola di Sant'Andrea. Poco prima delle prime abitazioni di Ostia Nord la linea si biforca per entrare poi nel complesso commerciale di via dell'Appagliatore. Dalla Nuova Ostia il percorso prosegue come nell'alternativa 4-1 con due rami a senso unico lungo il lungomare Duca degli Abruzzi/Toscanelli e viale Duca di Genova.

Per entrambe le ipotesi, oltre Cristoforo Colombo, come azione di lungo periodo, si prevede la posa di un unico binario lungo la via Litoranea a servire la linea costiera tra Ostia e Torvajanica (meta in estate di oltre 300mila bagnanti al giorno) e della stessa Torvajanica con bacino esteso anche a Pomezia. Da qui è ipotizzabile un ulteriore prolungamento attraverso Tor San Lorenzo, Marina di Ardea, Lavinio e, attraverso instradamento sulla linea ferroviaria Roma-Nettuno, le città di Anzio e Nettuno (bacino di oltre 250mila abitanti).

SCHEMA LINEA M3 IPOTESI A.



SCHEMA LINEA M3 IPOTESI B.



SCHEMA LINEA m3 IPOTESI DI PROLUNGAMENTO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE SOLUZIONE 4-1

TRATTA 4 - soluzione A

Fiumicino Centro Direzionale	0,0	0,0
Villa Guglielmi	935,5	935,5
Fiumicino Sud	839,8	1.775,2
Vele di Isola	425,9	2.201,1
Porto Turistico di Isola Sacra	502,3	2.703,4
Cantieri di Fiumara	637,3	3.340,7
Parco Pasolini-CHM	1.450,4	4.791,1
Porto Turistico di Roma	502,5	5.293,6
Duca degli Abruzzi-Gasparri	467,5	5.761,1
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	470,4	6.231,5
Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	6.716,1
Toscanelli-Velieri	458,0	7.174,1
Pontile	244,3	7.418,4
Posta	371,0	7.789,4
Ostia Centro	342,0	8.131,4

TRATTA 4	**8.131,4**

TRATTA 5a

Ostia Centro	0,0	0,0
Ostia Nord	651,0	651,0
Cineland	784,1	1.435,1
Ostia Antica	1.633,2	3.068,3

TRATTA 5a	**3.068,3**

TRATTA 5b - riconversione tronchetto finale della Roma-Lido

Ostia Centro	0,0	0,0
Vittoria	460,7	460,7
Stella Polare	682,2	1.142,9
Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	1.780,7
Castel Fusano	728,4	2.509,1
Gran Pavese	648,8	3.157,9
Cristoforo Colombo	618,1	3.776,0

TRATTA 5b	**3.776,0**

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE SOLUZIONE 4-2

TRATTA 4 - soluzione B

Fiumicino Centro Direzionale	0,0	0,0
Sant'Ippolito	654,4	654,4
Trincea delle Frasche	967,0	1.621,5
Cantieri di Fiumara/Col del Rosso	807,3	2.428,8
Ostia Antica Nord/Tor Boacciana	442,8	2.871,6
Chiaraluce/Isola Sant'Andrea	522,1	3.393,7
Ostia Nuova/Martinica	1.056,3	4.450,0
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	793,3	5.243,4
Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	5.727,9
Toscanelli-Velieri	458,0	6.185,9
Pontile	244,3	6.430,3
Posta	371,0	6.801,3
Ostia Centro	342,0	7.143,2

TRATTA 4	**7.143,2**

TRATTA 5a

Ostia Centro	0,0	0,0
Ostia Nord	651,0	651,0
Cineland	784,1	1.435,1
Ostia Antica	1.633,2	3.068,3

TRATTA 5a	**3.068,3**

TRATTA 5b - riconversione tronchetto finale della Roma-Lido

Ostia Centro	0,0	0,0
Vittoria	460,7	460,7
Stella Polare	682,2	1.142,9
Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	1.780,7
Castel Fusano	728,4	2.509,1
Gran Pavese	648,8	3.157,9
Cristoforo Colombo	618,1	3.776,0

TRATTA 5b	**3.776,0**

SOLUZIONE 4-1

LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI						
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	**SOLUZIONE A1**				
LUNGHEZZE						
	Via di corsa - tratto urbano	8.131,4	m		100%	
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	0,0	m		0%	
FERMATE						
	Fermate urbane	14	N	€	4.760.813	
	Fermate extraurbane	0	N	€	-	
ARMAMENTO						
	Sede traviaria			€	45.319.280	
IMPIANTI						
	Linea aerea			€	15.108.779	
	Segnalamento			€	2.882.071	
	Sottostazione elettrica			€	1.107.942	
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	7.013.327	
	Scambi e deviatoi	56		€	1.500.060	
OPERE D'ARTE						
	Nuovo Ponte II Giugno (mobile)			€	3.574.522	
	Nuovo Ponte sulla Fiumara			€	29.486.899	
	Ostia centro - polo manutentivo e ricovero (2a tranche, ricovero per 10 veicoli)			€	6.626.032	

TRATTA 4. COSTO TOTALE	**€**	**117.379.725**

TRATTA 4. COSTO AL KM	**€**	**14.435.375**

TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	**SOLUZIONE A2**				
LUNGHEZZE						
	Via di corsa - tratto urbano	8.131,4	m		100%	
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	0,0	m		0%	
FERMATE						
	Fermate urbane	14	N	€	4.760.813	
	Fermate extraurbane	0	N	€	-	
ARMAMENTO						
	Sede traviaria a binario unico			€	45.319.280	
IMPIANTI						
	Linea aerea			€	15.108.779	
	Segnalamento			€	2.882.071	
	Sottostazione elettrica			€	1.107.942	
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	7.013.327	
	Scambi e deviatoi	56		€	1.500.060	
OPERE D'ARTE						
	Nuovo Ponte II Giugno (fisso)			€	2.595.122	
	Tunnel subalveo sotto la Fiumara			€	23.455.592	
	Ostia centro - polo manutentivo e ricovero (2a tranche, ricovero per 10 veicoli)			€	6.626.032	

TRATTA 4. COSTO TOTALE	**€**	**110.369.018**

TRATTA 4. COSTO AL KM	**€**	**13.573.198**

SOLUZIONE 4-2

LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI						
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	**SOLUZIONE B**				
LUNGHEZZE						
	Via di corsa - tratto urbano	7.143,2	m		100%	
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%	
	Via di corsa - affiancamento linea RFI	0,0	m		0%	
FERMATE						
	Fermate urbane	12	N	€	4.080.696	
	Fermate extraurbane	0	N	€	-	
ARMAMENTO						
	Sede traviaria			€	39.811.816	
IMPIANTI						
	Linea aerea			€	13.272.672	
	Segnalamento			€	2.531.825	
	Sottostazione elettrica			€	1.107.942	
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	6.161.027	
	Scambi e deviatoi	48		€	1.285.765	
OPERE D'ARTE						
	Nuovo Ponte tranviario e ciclopedonale dell'Aeroporto			€	2.745.318	
	Riqualificazione del vecchio Ponte della Scafa			€	7.571.686	
	Ostia centro - polo manutentivo e ricovero (2a tranche, ricovero per 10 veicoli)			€	6.626.032	

TRATTA 4. COSTO TOTALE	**€**	**85.194.780**

TRATTA 4. COSTO AL KM	**€**	**11.926.664**

TRATTA 5a	OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA				
LUNGHEZZE					
	Via di corsa - tratto urbano	0,0	m		0%
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%
	Via di corsa - instradamento su linea esistente	3.068,3	m		100%
FERMATE					
	Fermate urbane	3	N	€	1.020.174
	Fermate extraurbane	0	N	€	-
ARMAMENTO					
	Adeguamento sede esistente			€	1.392.428
IMPIANTI					
	Linea aerea			€	-
	Segnalamento			€	931.622
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	926.253
OPERE D'ARTE					
	Passerella pedonale stazione Cineland			€	164.002
COSTO TOTALE				**€**	**4.434.479**
COSTO AL KM				**€**	**1.445.240**

TRATTA 5b	OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO				
LUNGHEZZE					
	Via di corsa - tratto urbano	0,0	m		0%
	Via di corsa - tratto extraurbano	0,0	m		0%
	Via di corsa - instradamento su linea esistente	3.776,0	m		100%
FERMATE					
	Fermate urbane	3	N	€	1.020.174
	Fermate extraurbane	0	N	€	-
	Adeguamento fermate esistenti	3	N	€	561.096
ARMAMENTO					
	Adeguamento sede esistente			€	1.713.562
IMPIANTI					
	Linea aerea			€	-
	Segnalamento			€	1.146.481
	Telecontrollo e asservimento semaforico			€	1.139.874
COSTO TOTALE				**€**	**5.581.186**
COSTO AL KM				**€**	**1.478.076**

TRATTA 5. COSTO TOTALE	**€**	**10.015.665**
TRATTA 5. COSTO AL KM	**€**	**1.463.356**

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-1

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**8,3**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	860	20
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.109	15
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.202	14
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.375	12
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	1.652	10
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	1.802	9
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	1.885	9
	Maccarese	1.303	16.215,7	2.030	8
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**10,9**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	858	20
	Vignole	796,0	24.494,4	953	18
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.144	15
	Business Park	1.050,2	26.213,9	1.392	12
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	1.547	11
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**6,1**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	1.640	10
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	1.968	9
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	2.460	7
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	2.733	6
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**8,6**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	1.944	9
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.257	13
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	503	33
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE A**			**5,5**
	Villa Guglielmi	935,5	33.661,8	2.295	7
	Fiumicino Sud	839,8	34.501,6	1.709	10
	Vele di Isola	425,9	34.927,5	1.504	11
	Porto Turistico di Isola Sacra	502,3	35.429,7	1.367	12
	Cantieri di Fiumara	637,3	36.067,1	1.196	14
	Parco Pasolini-CHM	1.450,4	37.517,5	1.095	15
	Porto Turistico di Roma	502,5	38.019,9	1.021	16
	Duca degli Abruzzi-Gasparri	467,5	38.487,5	1.123	15
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	470,4	38.957,9	1.406	12
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	39.442,5	1.789	9
	Toscanelli-Velieri	458,0	39.900,5	2.045	8
	Pontile	244,3	40.144,8	2.173	8
	Posta	371,0	40.515,8	2.556	7
	Ostia Centro	342,0	40.857,8	3.067	5
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**2,9**
	Ostia Nord	651,0	41.508,8	5.799	3
	Cineland	784,1	42.292,9	4.639	4
	Ostia Antica	1.633,2	43.926,1	3.479	5
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**6,3**
	Vittoria	460,7	41.318,5	2.661	6
	Stella Polare	682,2	42.000,6	2.456	7
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	42.638,4	2.167	8
	Castel Fusano	728,4	43.366,8	1.970	9
	Gran Pavese	648,8	44.015,7	1.182	14
	Cristoforo Colombo	618,1	44.633,7	281	60

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-2

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**8,4**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	860	20
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.105	15
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.186	14
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.075	16
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	1.631	10
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	1.780	9
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	1.859	9
	Maccarese	1.303	16.215,7	2.002	8
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**11,5**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	896	19
	Vignole	796,0	24.494,4	996	17
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.195	14
	Business Park	1.050,2	26.213,9	1.310	13
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	1.455	12
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**5,9**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	1.712	10
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	2.055	8
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	2.569	7
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	2.854	6
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**8,6**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	1.962	9
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.257	13
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	503	33
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE B**			**5,4**
	Sant'Ippolito	654,4	33.380,8	2.248	7
	Trincea delle Frasche	967,0	34.347,8	1.420	12
	Cantieri di Fiumara/Col del Rosso	807,3	35.155,2	1.005	17
	Ostia Antica Nord/Tor Boacciana	442,8	35.598,0	1.202	14
	Chiaraluce/Isola Sant'Andrea	522,1	36.120,1	1.335	13
	Ostia Nuova/Martinica	1.056,3	37.176,4	1.373	12
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	793,3	37.969,7	1.438	12
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	38.454,3	1.831	9
	Toscanelli-Velieri	458,0	38.912,3	2.092	8
	Pontile	244,3	39.156,6	2.223	8
	Posta	371,0	39.527,6	2.615	6
	Ostia Centro	342,0	39.869,6	3.138	5
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**2,8**
	Ostia Nord	651,0	40.520,6	5.932	3
	Cineland	784,1	41.304,7	4.746	4
	Ostia Antica	1.633,2	42.937,9	3.559	5
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**6,1**
	Vittoria	460,7	40.330,3	2.748	6
	Stella Polare	682,2	41.012,5	2.537	7
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	41.650,3	2.253	7
	Castel Fusano	728,4	42.378,7	2.048	8
	Gran Pavese	648,8	43.027,5	1.229	14
	Cristoforo Colombo	618,1	43.645,6	282	60

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-1

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE ESTIVO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**6,0**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	1.342	13
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.542	11
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.631	10
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.677	10
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	2.243	7
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	2.447	7
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	2.594	6
	Maccarese	1.303	16.215,7	2.793	6
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**9,8**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	1.280	13
	Vignole	796,0	24.494,4	1.422	12
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.706	10
	Business Park	1.050,2	26.213,9	1.416	12
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	1.573	11
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**3,0**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	3.321	5
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	3.985	4
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	4.982	3
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	5.535	3
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**6,7**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	2.509	7
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.350	12
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	540	31
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE A**			**3,7**
	Villa Guglielmi	935,5	33.661,8	4.138	4
	Fiumicino Sud	839,8	34.501,6	4.138	4
	Vele di Isola	425,9	34.927,5	3.641	5
	Porto Turistico di Isola Sacra	502,3	35.429,7	3.310	5
	Cantieri di Fiumara	637,3	36.067,1	2.897	6
	Parco Pasolini-CHM	1.450,4	37.517,5	2.325	7
	Porto Turistico di Roma	502,5	38.019,9	2.288	7
	Duca degli Abruzzi-Gasparri	467,5	38.487,5	2.517	7
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	470,4	38.957,9	2.086	8
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	39.442,5	2.654	6
	Toscanelli-Velieri	458,0	39.900,5	3.034	6
	Pontile	244,3	40.144,8	3.223	5
	Posta	371,0	40.515,8	3.792	4
	Ostia Centro	342,0	40.857,8	4.550	4
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**2,0**
	Ostia Nord	651,0	41.508,8	8.412	2
	Cineland	784,1	42.292,9	7.450	2
	Ostia Antica	1.633,2	43.926,1	5.587	3
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**2,0**
	Vittoria	460,7	41.318,5	8.567	2
	Stella Polare	682,2	42.000,6	7.788	2
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	42.638,4	7.138	2
	Castel Fusano	728,4	43.366,8	5.552	3
	Gran Pavese	648,8	44.015,7	4.759	4
	Cristoforo Colombo	618,1	44.633,7	3.422	5

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-2

PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE - ORA DI PUNTA - GIORNO FERIALE ESTIVO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Frequenza richiesta (min)
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**5,9**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0		
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	1.342	13
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	1.530	11
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	1.650	10
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	1.677	10
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	2.269	7
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	2.476	7
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	2.625	6
	Maccarese	1.303	16.215,7	2.827	6
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**10,5**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	1.197	14
	Vignole	796,0	24.494,4	1.330	13
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	1.596	11
	Business Park	1.050,2	26.213,9	1.405	12
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	1.561	11
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**			**0**	**2,9**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	3.500	5
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	4.200	4
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	5.251	3
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	5.834	3
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**6,5**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	2.573	7
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	1.354	12
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	542	31
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE B**			**3,2**
	Sant'Ippolito	654,4	33.380,8	4.216	4
	Trincea delle Frasche	967,0	34.347,8	2.084	8
	Cantieri di Fiumara/Col del Rosso	807,3	35.155,2	2.363	7
	Ostia Antica Nord/Tor Boacciana	442,8	35.598,0	2.696	6
	Chiaraluce/Isola Sant'Andrea	522,1	36.120,1	2.996	6
	Ostia Nuova/Martinica	1.056,3	37.176,4	3.023	6
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	793,3	37.969,7	2.385	7
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	38.454,3	3.035	6
	Toscanelli-Velieri	458,0	38.912,3	3.469	5
	Pontile	244,3	39.156,6	3.686	5
	Posta	371,0	39.527,6	4.336	4
	Ostia Centro	342,0	39.869,6	5.203	3
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**1,7**
	Ostia Nord	651,0	40.520,6	9.811	2
	Cineland	784,1	41.304,7	7.849	2
	Ostia Antica	1.633,2	42.937,9	5.887	3
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**2,0**
	Vittoria	460,7	40.330,3	8.444	2
	Stella Polare	682,2	41.012,5	7.676	2
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	41.650,3	6.919	2
	Castel Fusano	728,4	42.378,7	5.382	3
	Gran Pavese	648,8	43.027,5	4.613	4
	Cristoforo Colombo	618,1	43.645,6	3.422	5

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-1

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**54**	**20**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	5.728	20	53
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	8.019	29	38
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	10.310	37	29
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	11.456	41	26
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	11.835	42	26
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	12.911	46	23
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	13.963	50	22
	Maccarese	1.303	16.215,7	15.037	54	20
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**67**	**16**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	10.885	39	28
	Vignole	796,0	24.494,4	12.094	43	25
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	14.513	52	21
	Business Park	1.050,2	26.213,9	16.947	61	18
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	18.830	67	16
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**94**	**11**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	15.862	57	19
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	19.035	68	16
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	23.793	85	13
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	26.437	94	11
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**48**	**22**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	13.484	48	22
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	10.032	36	30
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	4.013	14	75
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE A**			**108**	**10**
	Villa Guglielmi	935,5	33.661,8	20.400	73	15
	Fiumicino Sud	839,8	34.501,6	18.127	65	17
	Vele di Isola	425,9	34.927,5	15.952	57	19
	Porto Turistico di Isola Sacra	502,3	35.429,7	14.502	52	21
	Cantieri di Fiumara	637,3	36.067,1	12.689	45	24
	Parco Pasolini-CHM	1.450,4	37.517,5	10.951	39	28
	Porto Turistico di Roma	502,5	38.019,9	9.516	34	32
	Duca degli Abruzzi-Gasparri	467,5	38.487,5	10.468	37	29
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	470,4	38.957,9	13.869	50	22
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	39.442,5	17.651	63	17
	Toscanelli-Velieri	458,0	39.900,5	20.173	72	15
	Pontile	244,3	40.144,8	21.434	77	14
	Posta	371,0	40.515,8	25.216	90	12
	Ostia Centro	342,0	40.857,8	30.259	108	10
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**177**	**6**
	Ostia Nord	651,0	41.508,8	49.521	177	6
	Cineland	784,1	42.292,9	39.617	141	8
	Ostia Antica	1.633,2	43.926,1	29.713	106	10
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**81**	**13**
	Vittoria	460,7	41.318,5	22.671	81	13
	Stella Polare	682,2	42.000,6	20.927	75	14
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	42.638,4	19.043	68	16
	Castel Fusano	728,4	43.366,8	17.312	62	17
	Gran Pavese	648,8	44.015,7	10.387	37	29
	Cristoforo Colombo	618,1	44.633,7	3.212	11	94

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-2

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE INVERNO

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**53**	**20**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	5.727	20	53
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	8.018	29	38
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	10.309	37	29
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	11.454	41	26
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	11.815	42	26
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	12.889	46	23
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	13.881	50	22
	Maccarese	1.303	16.215,7	14.949	53	20
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**68**	**16**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	11.001	39	27
	Vignole	796,0	24.494,4	12.223	44	25
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	14.668	52	21
	Business Park	1.050,2	26.213,9	17.093	61	18
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	18.992	68	16
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**92**	**12**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	15.512	55	19
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	18.615	66	16
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	23.269	83	13
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	25.854	92	12
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**48**	**22**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	13.523	48	22
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	10.032	36	30
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	4.013	14	75
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE B**			**112**	**10**
	Sant'Ippolito	654,4	33.380,8	19.048	68	16
	Trincea delle Frasche	967,0	34.347,8	14.623	52	21
	Cantieri di Fiumara/Col del Rosso	807,3	35.155,2	10.067	36	30
	Ostia Antica Nord/Tor Boacciana	442,8	35.598,0	12.863	46	24
	Chiaraluce/Isola Sant'Andrea	522,1	36.120,1	14.292	51	21
	Ostia Nuova/Martinica	1.056,3	37.176,4	14.756	53	20
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	793,3	37.969,7	14.384	51	21
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	38.454,3	18.306	65	17
	Toscanelli-Velieri	458,0	38.912,3	20.922	75	14
	Pontile	244,3	39.156,6	22.229	79	14
	Posta	371,0	39.527,6	26.152	93	12
	Ostia Centro	342,0	39.869,6	31.382	112	10
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**170**	**6**
	Ostia Nord	651,0	40.520,6	47.622	170	6
	Cineland	784,1	41.304,7	38.098	136	8
	Ostia Antica	1.633,2	42.937,9	28.573	102	11
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**79**	**14**
	Vittoria	460,7	40.330,3	22.216	79	14
	Stella Polare	682,2	41.012,5	20.507	73	15
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	41.650,3	18.740	67	16
	Castel Fusano	728,4	42.378,7	17.036	61	18
	Gran Pavese	648,8	43.027,5	10.222	37	30
	Cristoforo Colombo	618,1	43.645,6	3.222	12	94

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-1

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE ESTATE

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**92**	**12**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	9.042	32	33
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	12.658	45	24
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	16.275	58	19
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	18.083	65	17
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	18.635	67	16
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	20.329	73	15
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	23.817	85	13
	Maccarese	1.303	16.215,7	25.649	92	12
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**78**	**14**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	12.870	46	23
	Vignole	796,0	24.494,4	14.300	51	21
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	17.160	61	18
	Business Park	1.050,2	26.213,9	19.628	70	15
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	21.809	78	14
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**196**	**6**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	32.949	118	9
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	39.539	141	8
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	49.424	177	6
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	54.915	196	6
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**78**	**14**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	21.854	78	14
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	10.789	39	28
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	4.316	15	70
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE A**			**184**	**6**
	Villa Guglielmi	935,5	33.661,8	41.039	147	7
	Fiumicino Sud	839,8	34.501,6	41.054	147	7
	Vele di Isola	425,9	34.927,5	36.128	129	8
	Porto Turistico di Isola Sacra	502,3	35.429,7	32.843	117	9
	Cantieri di Fiumara	637,3	36.067,1	28.738	103	11
	Parco Pasolini-CHM	1.450,4	37.517,5	11.389	41	27
	Porto Turistico di Roma	502,5	38.019,9	10.225	37	30
	Duca degli Abruzzi-Gasparri	467,5	38.487,5	10.038	36	30
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	470,4	38.957,9	23.631	84	13
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	39.442,5	30.076	107	10
	Toscanelli-Velieri	458,0	39.900,5	34.373	123	9
	Pontile	244,3	40.144,8	36.521	130	8
	Posta	371,0	40.515,8	42.966	153	7
	Ostia Centro	342,0	40.857,8	51.559	184	6
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**308**	**4**
	Ostia Nord	651,0	41.508,8	86.252	308	4
	Cineland	784,1	42.292,9	69.000	246	4
	Ostia Antica	1.633,2	43.926,1	51.751	185	6
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**241**	**4**
	Vittoria	460,7	41.318,5	67.594	241	4
	Stella Polare	682,2	42.000,6	61.449	219	5
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	42.638,4	54.991	196	5
	Castel Fusano	728,4	43.366,8	42.771	153	7
	Gran Pavese	648,8	44.015,7	36.661	131	8
	Cristoforo Colombo	618,1	44.633,7	25.173	90	12

SISTEMA COMPLETO – SOLUZIONE 4-2

PASSEGGERI/GIORNO PER DIREZIONE - GIORNO FERIALE ESTATE

	Stazione	Distanza in m	Progressiva in m	Flusso	Passaggi richiesti	Frequenza media in minuti
TRATTA 3	**CERVETERI/LADISPOLI - MACCARESE**				**92**	**12**
	Cerveteri-Ladispoli	0,0	0,0			
	Palo Laziale	2.382,9	2.382,9	9.042	32	33
	Marina di San Nicola	1.611,0	3.993,9	12.658	45	24
	Palidoro Ospedale Bambino Gesù	2.187,0	6.180,8	16.275	58	19
	Palidoro Borgo	3.039,3	9.220,1	18.083	65	17
	Torrimpietra/Ponte Tre Denari	2.122,8	11.343,0	18.720	67	16
	Maccarese/Maggese	1.631,8	12.974,7	20.422	73	15
	Maccarese/Rospigliosi	1.937,9	14.912,6	23.979	86	13
	Maccarese	1.303	16.215,7	25.823	92	12
TRATTA 2	**MACCARESE-PARCO LEONARDO**				**79**	**14**
	Interporto Romano	7.482,7	23.698,4	13.090	47	23
	Vignole	796,0	24.494,4	14.544	52	21
	Parco Commerciale	669,3	25.163,7	17.453	62	17
	Business Park	1.050,2	26.213,9	19.842	71	15
	Parco Leonardo	1.144,9	27.358,7	22.047	79	14
TRATTA 1	**PARCO LEONARDO-FIUMICINO CENTRO**				**193**	**6**
	Business Park sud-Cargo City	867,7	28.226,5	32.480	116	9
	Aeroporto-Centro direzionale	1.630,5	29.857,0	38.976	139	8
	Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.089,6	30.946,6	48.721	174	6
	Fiumicino centro direzionale	1.779,7	32.726,4	54.134	193	6
TRATTA 1a	**FIUMICINO CENTRO - PORTO**				**79**	**14**
	Fiumicino Borgo	980,7	33.707,0	22.018	79	14
	Porto Imbarchi Crociere	566,4	34.273,4	10.789	39	28
	Porto Zona Commerciale	591,1	34.864,5	4.316	15	70
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO-OSTIA CENTRO**	**SOLUZIONE B**			**198**	**5**
	Sant'Ippolito	654,4	33.380,8	41.258	147	7
	Trincea delle Frasche	967,0	34.347,8	24.710	88	12
	Cantieri di Fiumara/Col del Rosso	807,3	35.155,2	13.926	50	22
	Ostia Antica Nord/Tor Boacciana	442,8	35.598,0	20.577	73	15
	Chiaraluce/Isola Sant'Andrea	522,1	36.120,1	22.863	82	13
	Ostia Nuova/Martinica	1.056,3	37.176,4	23.232	83	13
	Duca degli Abruzzi-Idrovolante	793,3	37.969,7	25.377	91	12
	Toscanelli-Repubbliche Marinare	484,6	38.454,3	32.298	115	9
	Toscanelli-Velieri	458,0	38.912,3	36.912	132	8
	Pontile	244,3	39.156,6	39.219	140	8
	Posta	371,0	39.527,6	46.140	165	7
	Ostia Centro	342,0	39.869,6	55.368	198	5
TRATTA 5a	**OSTIA CENTRO-OSTIA ANTICA**				**313**	**3**
	Ostia Nord	651,0	40.520,6	87.525	313	3
	Cineland	784,1	41.304,7	70.020	250	4
	Ostia Antica	1.633,2	42.937,9	52.515	188	6
TRATTA 5b	**OSTIA CENTRO-CRISTOFORO COLOMBO**				**248**	**4**
	Vittoria	460,7	40.330,3	69.399	248	4
	Stella Polare	682,2	41.012,5	63.090	225	5
	Borghetto dei Pescatori/Parco dello Stagno	637,8	41.650,3	55.695	199	5
	Castel Fusano	728,4	42.378,7	43.318	155	7
	Gran Pavese	648,8	43.027,5	37.130	133	8
	Cristoforo Colombo	618,1	43.645,6	25.173	90	12

4. OPERE D'ARTE

4.1. PRIMA TRATTA FUNZIONALE

Per quanto concerne la **PRIMA TRATTA FUNZIONALE (T1A e T1B)** le opere d'arte consistono nella realizzazione delle passerelle di collegamento con le fermate del tratto esterno (da via di Coccia di Morto a Parco Leonardo) dove queste non siano già presenti (come a Parco Leonardo e Fiera di Roma).

DESCRIZIONI PREZZI OPERE D'ARTE - TRATTA 1

Opera d'arte	Descrizione	Dimensione		Valore
STAZIONE FIUMICINO CENTRO DIREZIONALE - PARCHEGGIO DI SCAMBIO				
	Realizzazione di un parcheggio da 210 posti auto	210,0	pp	
		5.250,00	m^2	
	Sistemazioni esterne, opere a verde			€ 105.000,00
	Impianto smaltimento acque meteoriche			€ 36.750,00
	Sistemazioni stradali esterne e opere di viabilità accessoria			€ 57.750,00
	Impianto di illuminazione			€ 21.682,50
				€ 221.182,50

Opera d'arte	Descrizione	Dimensione		Valore
SOVRAPPASSO PEDONALE STAZIONE PARCO ARCHEOLOGICO				
	Lunghezza	28,5	m	
	Larghezza	2,80	m	
	Opere strutturali e finiture			€ 55.860,00
	Rifiniture e sistemazioni esterne			€ 1.995,00
	Realizzazione scale di accesso	2		€ 78.400,00
	Ascensore e impianti accessori	2		€ 22.400,00
	Impianto di illuminazione			€ 5.346,60
				€ 164.001,60

Opera d'arte	Descrizione	Dimensione		Valore
SOVRAPPASSO PEDONALE STAZIONE AEROPORTO				
	Lunghezza	55,2	m	
	Larghezza	2,80	m	
	Opere strutturali e finiture			€ 108.192,00
	Rifiniture e sistemazioni esterne			€ 3.864,00
	Realizzazione scale di accesso	2		€ 45.100,00
	Ascensore e impianti accessori	2		€ 22.300,00
	Impianto di illuminazione			€ 10.355,52
				€ 189.811,52

Opera d'arte	Descrizione	Dimensione		Valore
SOVRAPPASSO PEDONALE STAZIONE BUSINESS PARK SUD				
	Lunghezza (due opere distinte da 67,8 m sull'A91 e 50,7 sulla complanare sud)	118,5	m	
	Larghezza	2,80	m	
	Opere strutturali e finiture			€ 232.260,00
	Percorso pedonale di connessione dei due sovrappassi	645,2	m	€ 108.393,60
	Rifiniture e sistemazioni esterne			€ 8.295,00
	Realizzazione scale di accesso	4		€ 90.200,00
	Ascensore e impianti accessori	4		€ 44.600,00
	Impianto di illuminazione			€ 143.270,12
				€ 627.018,72

STAZIONE FIUMICINO CENTRO DIREZIONALE - PIAZZALE DI SCAMBIO			
Numero binari di affiancamento	2		
Lunghezza binari	55,00		
Scavo e sistemazione piazzale	474,38	m^2	€ 32.333,40
Impianto smaltimento acque meteoriche			€ 3.320,63
Binari di attestamento (3 da 75 m)	121,00	m	€ 127.555,31
Posa in opera di scambio o deviatoio	6	pz	€ 160.720,68
			€ 323.930,02

STAZIONE PORTO/AREA COMMERCIALE - PIAZZALE DI SCAMBIO			
Numero binari di affiancamento	3		
Lunghezza binari	75,00		
Scavo e sistemazione piazzale	970,31	m^2	€ 66.136,50
Impianto smaltimento acque meteoriche			€ 6.792,19
Binari di attestamento (3 da 75 m)	247,50	m	€ 260.908,59
Posa in opera di scambio o deviatoio	8	pz	€ 214.294,24
			€ 548.131,52

L'opera più importante è il polo manutentivo e ricovero localizzato presso la stazione di Fiumicino Centro Direzionale.

Opera d'arte	Descrizione	Dimensione		Valore
FIUMICINO CENTRO - POLO MANUTENTIVO E RICOVERO				
	L'area di insediamento, di forma approssimativamente trapezoidale, è di circa mq. 13.500, interamente recintata. Vi sono ubicati i segg. edifici: -edificio rimessaggio – officina - manutenzione, con annessi locali tecnologici accessori, uffici, spogliatoi e servizi; -edificio pulizia interna e lavaggio vetture, con annessi locali accessori vari, spogliatoi e servizi squadre esterne, impianto depurazione acque di lavaggio; -tettoia per il ricovero dei mezzi di soccorso; -fossa per carico e scarico vetture carrellate; -portineria-attesa visitatori.	13.500,0	m^2	
	RIMESSAGGIO: è un'area coperta e chiusa da porte leggere ad apertura rapida automatica, che consente il rimessaggio massimo di n. 15 veicoli tranviari, della lunghezza max. di m. 30.00, disposti su n. 5 binari elettrificati della lunghezza di m. 110.00; l'interasse dei binari è pari a m. 3.30, tale da consentire la formazione di banchinette di servizio larghe m. 0.90.	6.545,0	m^2	€ 5.890.500,00
	LOCALI COMPLEMENTARI E ACCESSORI: In un corpo di fabbrica adiacente ed opportunamente collegato all'area funzionale dell'officina sono ubicati i seguenti locali: – cabina elettrica con annesse sottostazione di alimentazione della trazione elettrica e sala quadri; – magazzino batterie, con annesso locale ricarica; – locale verniciatura/lavaggio pezzi meccanici; – magazzino ricambi e materiali di consumo; – officina meccanica; – officina impianti elettrici; – locale distribuzione idrica; – locale manutenzione cristalleria; – locale manutenzione arredi interni e pubblicità'; – locale manutenzione e deposito impianti fissi; – locale apparecchiature movimento – uffici: gli uffici per la gestione del deposito hanno accesso diretto dall'esterno e comunicano attraverso un locale con la zona officina.	3.500,0	m^2	€ 3.150.000,00
	LOCALI TECNOLOGICI PER IMPIANTI CIVILI: sono ubicati in copertura del corpo uffici e spogliatoi, accessibili dall'esterno a mezzo scala metallica. comprendono il locale caldaia, il locale compressori e la centrale di condizionamento - ventilazione e trattamento aria (in area non coperta). L'area non coperta destinata agli impianti è racchiusa da una recinzione in grigliato pressofuso in acciaio, tipo Keller o analogo, su muretto in c.a.	650,0	m^2	€ 780.000,00
	Rifiniture e sistemazioni esterne	3.455,0	m^2	€ 69.100,00
				€ 9.889.600,00

4.2. LOCALI TECNOLOGICI, MANUFATTI DI LINEA, SSE

Le tramezzature sono previste in blocchi di c.l.s. vibrocompresso di dimensione variabile in conformità a quanto richiesto dalle normative antincendio per le metropolitane.

Tutte le tramezzature di cui sopra hanno fughe stilate con malta cementizia e scuretti in corrispondenza agli attacchi con parti in c.a.

Tutti i soffitti e le pareti dei locali tecnologici ed i soffitti degli antibagni sono verniciate con vernice plastica a base di resine sintetiche emulsionate a quarzi, diluibili in acqua. Fanno eccezione i soli locali batterie che sono verniciati con applicazione di vernice antiacida a base epossidica.

I pavimentI dei vari locali sono previste in piastrelle in grès del tipo antisdrucciolevole con zoccolini di identico materiale ai bordi. Nei pavimenti e nei sottofondi sono ricavate le canalette passacavi complete di telai in profilato metallico e coperture in lamiera striata.

In alcuni locali, per favorire la distribuzione dei cavi, è previsto un pavimento flottante. I muri perimetrali degli antibagni e degli immondezzai sono rivestiti, fino ad un altezza di 220 cm, con piastrelle di ceramica monocottura ad alta resistenza all'abrasione (PEI 4) di prima scelta delle dimensioni 20 x 20 cm dai colori chiari. Tutte le porte dei locali tecnologici e di servizio sono previste in profilati e lamiere di acciaio ad uno o due battenti. Dette porte, munite di congegno di autochiusura, hanno generalmente resistenza al fuoco REI 60.

Oltre agli elementi di finitura sopra descritti, nei locali tecnologici, nelle gallerie e nei manufatti speciali sono utilizzate opere metalliche quali corrimano a parete lungo le gallerie, chiusure, recinzioni, grigliati, parapetti, basamenti, botole, ecc..

4.3. DEPOSITO OFFICINA

Il deposito officina di prima fase è ubicato in prossimità della fermata FIUMICINO CENTRO DIREZIONALE; essa prevede le seguenti principali funzioni:

- rimessaggio del materiale rotabile di pertinenza della linea;
- ispezione e manutenzione ordinaria dei veicoli.

Nel dimensionamento del deposito sono state prese in considerazione soprattutto le esigenze di esercizio, quali la possibilità di rimessaggio dei treni sia per le operazioni di avvio e di chiusura giornaliera del servizio, sia per il ricovero di treni guasti o in esubero durante l'esercizio.

Il parco rotabile della linea tranviaria è costituito da 10 veicoli.

Essi sono di concezione moderna, modulare, a pianale completamente ribassato ed hanno una lunghezza di 25-28 m, larghezza di 2,40 m ed una capacità di trasporto di circa 200 passeggeri.

La rimessa ed i binari dell'officina sono stati quindi dimensionati per accogliere veicoli aventi le caratteristiche suddette. L'area a fianco della rimessa non ne permette, in futuro, un estensione. Pertanto si è individuata un'area il deposito di lungo termine che è presso l'attuale ex-scalo ferroviario di Ostia per consentire il rimessaggio dei veicoli che dovranno essere previsti qualora la linea dovesse essere prolungata verso il litorale sud (Torvajanica e Anzio).

Per l'effettuazione della manutenzione dei rotabili della linea, è stata prevista un'officina situata all'interno del fabbricato principale dell'area deposito. In essa sono stati previsti binari su fosse e su pilastrini, carro a ponte, banchine sopraelevate per l'accesso all'imperiale dei veicoli, dispositivi adeguati al sollevamento del veicolo nella sua interezza ed un tornio in fossa per la riprofilatura delle ruote del veicolo.

È stata prevista, inoltre, un'opportuna struttura per il lavaggio esterno dei veicoli (lavaggio con acqua e detergente a mezzo di "ponte di lavaggio" di tipo automobilistico) e per la successiva pulizia interna degli stessi.

L'area di insediamento, di forma approssimativamente trapezoidale, è di circa mq. 22.600, interamente recintata. Vi sono ubicati i seguenti edifici:

- edificio rimessaggio – officina - manutenzione, con annessi locali tecnologici accessori, uffici, spogliatoi e servizi;
- edificio pulizia interna e lavaggio vetture, con annessi locali accessori vari, spogliatoi e servizi squadre esterne, impianto depurazione acque di lavaggio;
- tettoia per il ricovero dei mezzi di soccorso;
- fossa per carico e scarico vetture carrellate;
- portineria-attesa visitatori.

La superficie scoperta è destinata a:

- parco binari;
- viabilità interna su gomma;
- parcheggio veicoli su gomma di soccorso e di servizio in linea;
- parcheggio personale ;
- area per futuro ampliamento rimessa;
- area stoccaggio materiali.

Le superfici scoperte sono finite con pavimentazione di tipo stradale (nelle aree destinate alla viabilità ed ai parcheggi), a ballast o trattate a verde, in particolare nella fascia perimetrale.

EDIFICIO RIMESSAGGIO-MANUTENZIONE-OFFICINA-UFFICI

È l'edificio principale del deposito - officina, che racchiude tutte le aree funzionali necessarie alla manutenzione ordinaria e straordinaria nonché al rimessaggio del materiale rotabile. Vi sono annessi i locali tecnologici, gli uffici, gli spogliatoi, il locale per la sosta dei macchinisti ecc. Le operazioni di pulizia interna ed esterna avvengono invece in un apposito edificio.

- AREE FUNZIONALI

  Accorpate in un unico edificio, di complessivi mq. 6.545, sono previste le seguenti aree funzionali:

  - RIMESSAGGIO: è un'area coperta e chiusa da porte leggere ad apertura rapida automatica, che consente il rimessaggio massimo di n. 15 veicoli tranviari, della lunghezza max. di m. 30.00, disposti su n. 5 binari elettrificati della lunghezza di m. 110.00; l'interasse dei binari è pari a m. 3.30, tale da consentire la formazione di banchinette di servizio larghe m. 0.90. In copertura sono ricavati lucernai a doppia parete in policarbonato, con porzioni ribaltabili automaticamente per l'evacuazione dei fumi, in caso di incendio. A lato del rimessaggio è stata prevista un'area idonea per un eventuale ampliamento del rimessaggio al fine di ricoverare i veicoli necessari per l'estensione della tratta T3 verso Civitavecchia.

- ISPEZIONE-MANUTENZIONE-RIPARAZIONE: adiacente all'area di rimessaggio è ubicata quella destinata all'ispezione ed alla manutenzione ordinaria e straordinaria dei veicoli. Le operazioni, a secondo dei casi, si possono svolgere su quattro linee specializzate come di seguito descritte:

  - BINARIO SU FOSSA E PILASTRINI: si tratta di un binario elettrificato passante, dedicato alla manutenzione più pesante in particolare sottocassa e sui componenti installati lateralmente alla cassa; la fossa, delle dimensioni di m.70.00 x m.10.70, consente la lavorazione di due vetture contemporaneamente, ed è accessibile ai carrelli elevatori mediante rampe con pendenza dell'8%; la fossa, nella parte adiacente al binario è a q. - 1.00, mentre sotto al binario è a q. - 1.60;
  - BINARIO SU FOSSA CON PASSERELLE LATERALI PER LAVORAZIONI SOPRA VETTURA: è un binario non passante elettrificato dedicato anch'esso alla manutenzione ordinaria.

    Consente la lavorazione contemporanea di due vetture, sia sotto cassa che sopra vettura: è allo scopo fiancheggiato da passerelle metalliche di adeguata altezza e larghezza. Le passerelle sono munite di settori ribaltabili per il calaggio a terra di parti rimosse da sostituire e/o lavorare altrove ed inoltre sono dotate di sistemi anticaduta ed antifolgorazione; in particolare, dovrà essere prevista un'opportuna sequenza di interblocchi per consentire l'accesso alla passerella solamente a linea di contatto disalimentata;
  - BINARIO SU FOSSA CON PASSERELLE LATERALI C.S.: il binario, come gli altri di lunghezza sufficiente alla lavorazione contemporanea di due vetture, è tronco e non elettrificato; è servito da un carroponte da 8 t. In testa al binario, sempre all'interno dell'edificio, è previsto una vasta area per lo stoccaggio di materiali vari, il cui scarico dai mezzi gommati di trasporto e la movimentazione interna sono resi possibili dal carro ponte di cui sopra;

- BINARIO A RASO CON FOSSA PROFONDA PER ALLOGGIAMENTO DEL TORNIO: l'ultimo binario dell'area officina, anch'esso tronco non è elettrificato; è dedicato specificatamente alla manutenzione ordinaria dei carrelli.
  Il binario è suddiviso in due tratte funzionali, la prima dedicata alla tornitura, mentre la seconda parte di binario è dedicata allo smontaggio ed il rimontaggio dei carrelli dalle vetture tramite uno specifico impianto che consente il sollevamento delle vetture per ispezionare il sottocassa ed effettuare attività manutentive leggere ed anche la sostituzione dei carrelli come precedentemente detto. In testa al binario una piattaforma girevole consente il collegamento tra questo binario e quello di stoccaggio dei carrelli (posto trasversalmente) in un tronco di binario disposto a 90°; anche questo binario è servito dal carroponte di cui sopra.
  I carrelli una volta posizionati sul binario tronco saranno controllati ed inviati presso centri specializzati per le operazioni di manutenzione straordinaria (scalettamento, pulizia carrelli e/o motori). L'area dedicata alla manutenzione è dotata di un gruppo di servizi igienici con accesso diretto dal locale officina stesso.

- LOCALI COMPLEMENTARI ED ACCESSORI: In un corpo di fabbrica adiacente ed opportunamente collegato all'area funzionale dell'officina sono ubicati i seguenti locali:
  - cabina elettrica con annesse sottostazione di alimentazione della trazione elettrica e sala quadri;
  - magazzino batterie, con annesso locale ricarica;
  - locale verniciatura/lavaggio pezzi meccanici;
  - magazzino ricambi e materiali di consumo;
  - officina meccanica;
  - officina impianti elettrici;
  - locale distribuzione idrica;
  - locale manutenzione cristalleria;
  - locale manutenzione arredi interni e pubblicità';
  - locale manutenzione e deposito impianti fissi;
  - locale apparecchiature movimento
  - uffici: gli uffici per la gestione del deposito hanno accesso diretto dall'esterno e comunicano attraverso un locale con la zona officina.

Sono stati previsti i seguenti uffici:

- ufficio per il capo deposito;
- ufficio per il capo operai;
- segreteria-centralino;
- saletta riunioni;
- ufficio movimento;
- servizi uomini-donne-portatori di handicap;
- locale pronto soccorso-infermeria;
- ripostiglio.

- LOCALE ATTESA MACCHINISTI, con accesso diretto dall'esterno ed in comunicazione, tramite sportello a vetri, con l'UFFICIO MOVIMENTO. Vi sono annessi i servizi igienici loro riservati.
  - LOCALE POSTO CENTRALE;
  - SPOGLIATOI: con accesso diretto dall'esterno ed in comunicazione con l'area di officina. È dimensionato per circa n. 15 persone, suddivise in n. 12 uomini e n. 3 donne; è previsto, con accesso separato, un servizio igienico accessibile a diversabili.
  - LOCALI TECNOLOGICI PER GLI IMPIANTI CIVILI: sono ubicati in copertura del corpo uffici e spogliatoi, accessibili dall'esterno a mezzo scala metallica. comprendono il locale caldaia, il locale compressori e la centrale di condizionamento - ventilazione e trattamento aria (in area non coperta). L'area non coperta destinata agli impianti è racchiusa da una recinzione in grigliato pressofuso in acciaio, tipo Keller o analogo, su muretto in c.a.

EDIFICIO PULIZIA INTERNA E LAVAGGIO

L'edificio è destinato alle operazioni quotidiane di pulizia interna e di lavaggio delle vetture, al loro rientro in deposito. Si sviluppa attorno ad un unico binario elettrificato dove, in due contigue sezioni, le vetture vengono lavate mediante un impianto automatico a ponte mobile e successivamente pulite internamente mediante attrezzature meccaniche manovrate manualmente.

È previsto che le operazioni di pulizia vengano effettuate da squadre esterne. In un corpo adiacente sono sistemati i locali accessori e dei piccoli magazzini per i materiali di consumo e per le attrezzature.

- AREE FUNZIONALI: Sono state previste le seguenti aree funzionali:
  - LAVAGGIO ESTERNO VETTURE: il lavaggio viene effettuato automaticamente tramite un ponte mobile scorrevole su binari; le acque di lavaggio, attraverso una pavimentazione a griglia, vengono convogliate alle vasche di decantazione che a loro volta sono connesse alle vasche di raccolta e trattamento, e quindi dirette all'impianto di depurazione (tipo pakage) che scaricherà una parte delle acque depurate in fognatura, mentre la maggior parte delle acque di lavaggio saranno riciclate nell'impianto di lavaggio direttamente dalle vasche di decantazione. Il ciclo di lavaggio è sorvegliato attraverso un vano finestrato, dall'operatore ubicato nella cabina di controllo quadri che comunica con l'area lavaggio e dispone di un proprio servizio igienico;
  - PULIZIA INTERNA: In prosecuzione del binario di lavaggio attraverso un vano filtro avente accesso dall'ingresso pedonale del fabbricato e comunicante con gli spogliatoi. L'area dedicata alla pulizia interna è dimensionata per la lavorazione di una sola vettura, che vi

staziona fiancheggiata da banchine rialzate alla quota del pianale, per facilitare l'accesso ai macchinari per la pulizia:

- MAGAZZINO SABBIA: all'interno di questo locale è prevista l'installazione del silo sabbia e dell'impianto di caricamento del serbatoio della sabbia dei veicoli. L'impianto è formato dai cosiddetti "punti sabbia" in prossimità del silo, i quali possono essere considerati dei veri e propri distributori (con analogia ai distributori di carburante). Sia il trasferimento della sabbia dal silo ai distributori, che il successivo movimento della sabbia verso i serbatoi dei veicoli avvengono pneumaticamente; la distribuzione finale verso il veicolo viene realizzata mediante un'apposita pistola. È prevista la fermata automatica dell'erogazione a sabbiera piena ed il riempimento del punto sabbia ad erogazione terminata. Il silo e l'impianto di distribuzione dovranno essere tali da garantire un deterioramento minimo della sabbia, minimizzando la diffusione delle polveri. L'impianto dovrà essere rispondente alle Normative di Igiene e Sicurezza negli ambienti di lavoro.
- LOCALE DETERGENTI: il locale detergenti è destinato all'immagazzinamento dei prodotti detergenti e delle relative attrezzature utilizzate per la pulizia dei veicoli.

4.4. SECONDA TRATTA FUNZIONALE

L'opera più importante della tratta T2 è il sovrappasso dell'A91 a monte di Parco Leonardo. Lungo la T3 non sono previste opere di rilievo giacché le azioni progettuali riguardano il nuovo segnalamento, la riqualificazione delle stazioni esistenti e la creazione di nuove fermate a banchina.

DESCRIZIONI PREZZI OPERE D'ARTE - TRATTA 2			
PONTE TRANVIARIO E CICLOPEDONALE STRADA PARCO-A91			
Lunghezza	58,0	m	
Larghezza	8,50	m	
Altezza	5,50	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	8,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	8,0%		
Scavo e opere di fondazione delle spalle			€ 747.555,56
Opere in ca delle spalle			€ 451.111,11
Impalcato misto acciaio-CLS (bicassone)			€ 1.109.250,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 263.925,00
Finitura via ciclopedonale			€ 48.875,00
Impianto di illuminazione			€ 11.632,25
Rampa di accesso nord	68,75	m	€ 89.375,00
Rampa di accesso sud	68,75	m	€ 89.375,00
Biomuro costituito da elementi autobloccanti a tasca prefabbricati, comprese opere di rinverdimento e mascheramento	206,25	m	€ 198.515,63
Ripristino difese spondali ed arginature in corrispondenza delle demolizioni del vecchio ponte e per l'inserimento delle nuove spalle del ponte nuovo, con rimodellazione per circa ml 35 per sponda del canale esistente	35,00	m	€ 135.000,00
			€ 3.144.614,54

Prima dell'innesto della linea sulla linea merci Ponte Galeria-Maccarese (fine tratta T2 – inizio T3) è prevista la realizzazione di una bretella di collegamento con l'Interporto Romano con annesso piazzale di movimentazione merci.

INTERPORTO SCALO - PIAZZALE DI SCAMBIO			
Numero binari di affiancamento	5		
Lunghezza binari	90,00		
Scavo e sistemazione piazzale	1.940,63	m^2	€ 132.273,00
Impianto smaltimento acque meteoriche			€ 13.584,38
Binari di attestamento (3 da 75 m)	495,00	m	€ 521.817,19
Posa in opera di scambio o deviatoio	12	pz	€ 321.441,36
			€ 989.115,92

Fig. 1. Vista della linea Roma-Pisa nel punto di innesto della linea merci Maccarese-Ponte Galeria. Il sistema ferrotranviario potrebbe percorrere proprio questo raccordo (sulla destra nella foto) dal nuovo Interporto sino alla stazione di Maccarese.

4.5. TERZA TRATTA FUNZIONALE

La tratta T4 da Fiumicino Centro Direzionale ad Ostia centro è quella che implica le opere d'arte più importanti, inclusi due attraversamenti sul canale di Fiumicino e la Fossa Traiana.

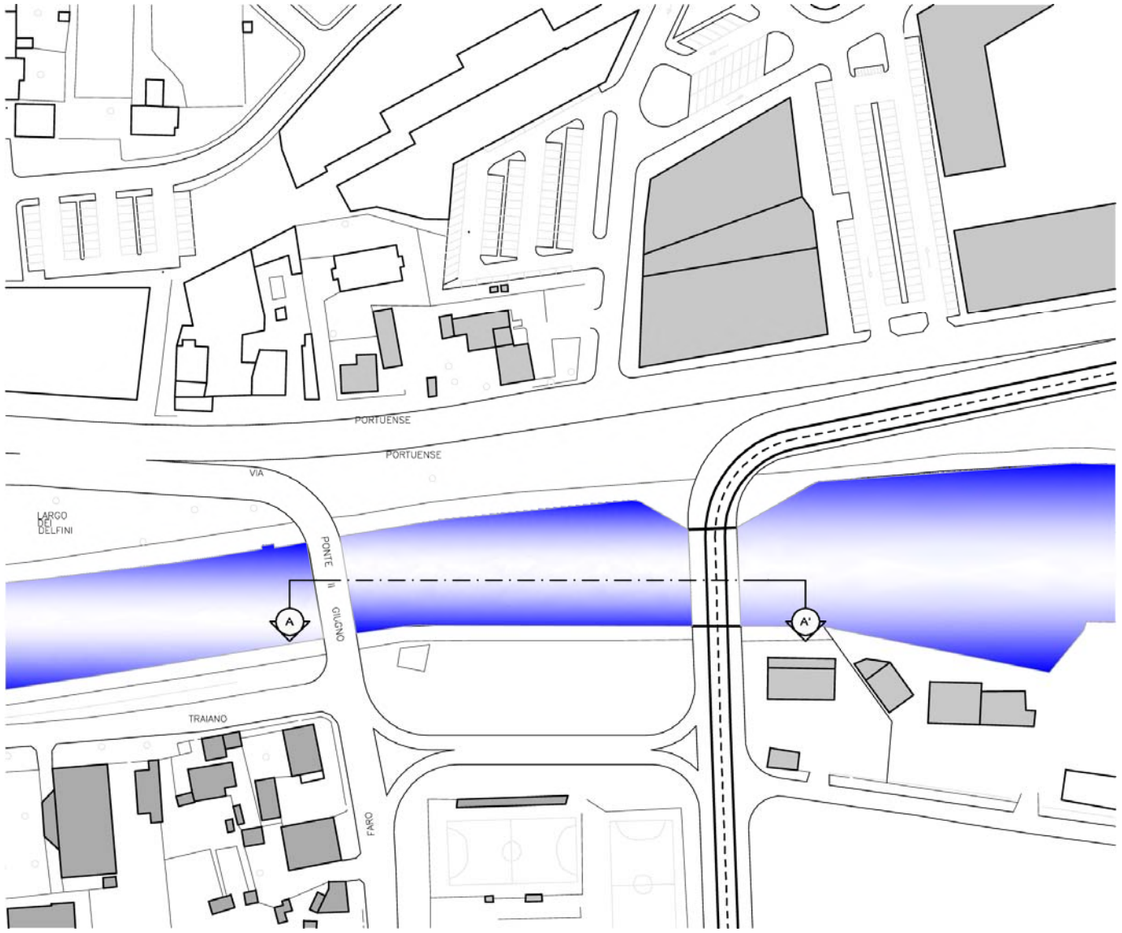
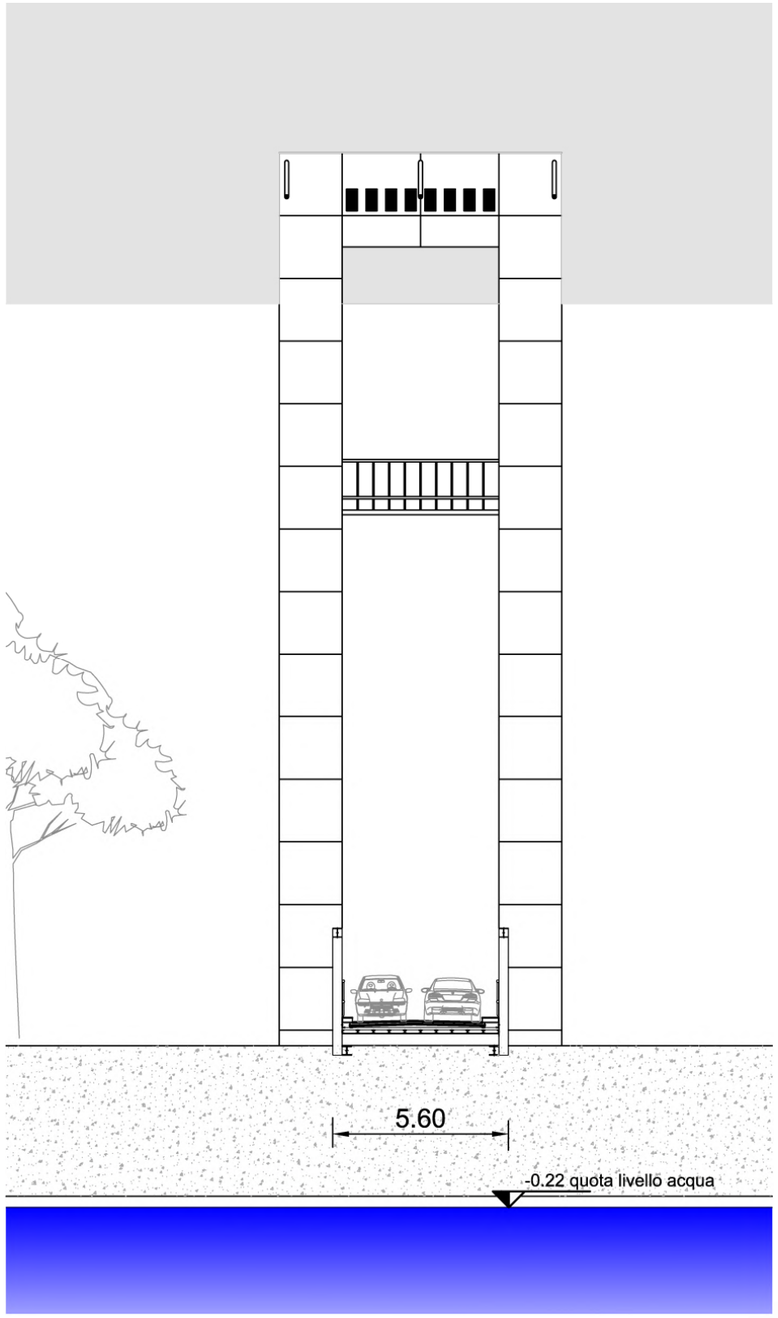


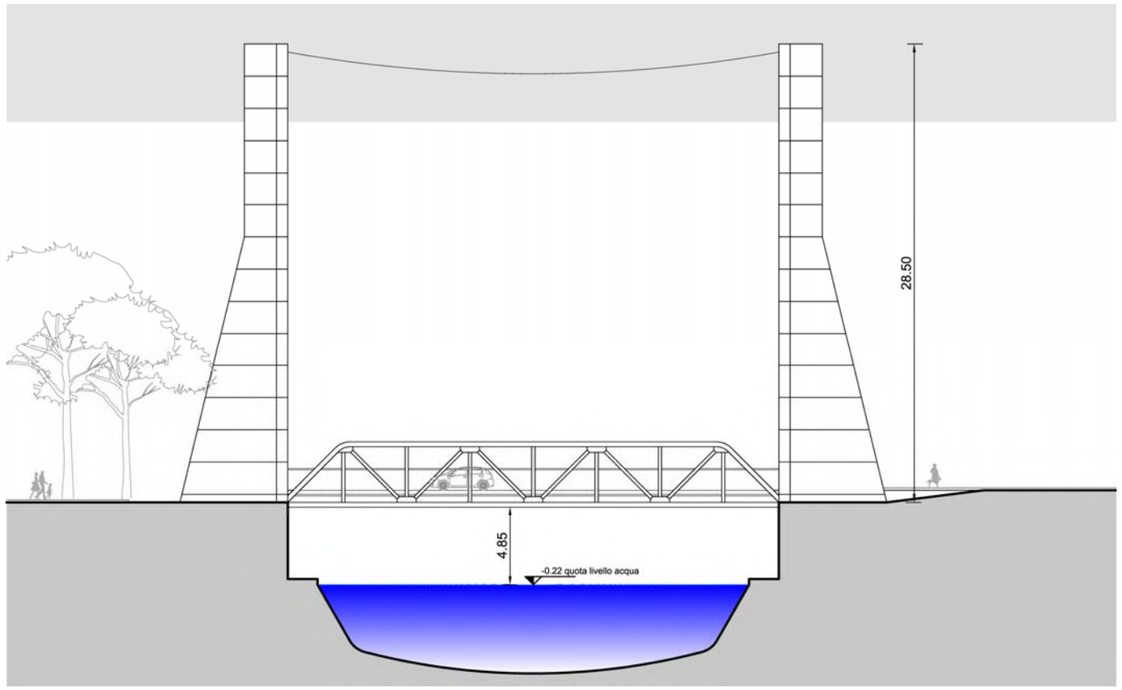
Fig. 2. Area del Ponte II Giugno: si intravede la nuova circolazione ad anello intorno all'isolato stazione. Sulla sinistra il Ponte esistente di cui è prevista la completa riqualificazione/trasformazione. Sulla sinistra il nuovo Ponte di cui si sono analizzate due alternative (a struttura fissa, mobile) a seconda che si decida di mantenere la navigabilità anche sul canale di Fiumicino oltreché sulla Fiumara).

TRATTA 4 - IPOTESI 1. Passaggio lungo via del Faro

L'alternativa prevede il passaggio della linea verso mare, lungo la nuova via del Faro a sostegno dell'asse attrezzato che il Piano Regolatore individua proprio nella spina di servizi tra la vecchia e la nuova via del Faro che dalle Vele di Isola sale verso la chiesa del Crocifisso: ideale attestamento dell'asse condiviso dallo Scenario Strategico dello SdF2 è il Centro Direzionale di Isolato Stazione a nord e il nuovo polo del Porto Turistico e del Parco Urbano del Faro di Isola a Sud.

Lasciata la stazione di FIUMICINO CENTRO DIREZIONALE la linea procede verso sud entrando con sede promiscua su via Portuense. L'attraversamento della fossa traiana avviene sul nuovo ponte II Giugno.





L'attuale Ponte non permetterebbe il transito dei veicoli tranviari: la circolazione è già ora difficoltosa con i soli autoveicoli per cui si auspica la completa ristrutturazione della sede anche nell'ottica di mantenere le due torri attuali effettuando un'attenta analisi costi/benefici circa la scelta di mantenere un'opera che ormai è un landmark universale per la città oppure realizzare una struttura ex-novo magari mantenendo le stesse linee generali con ponte a sollevamento con torri laterali.

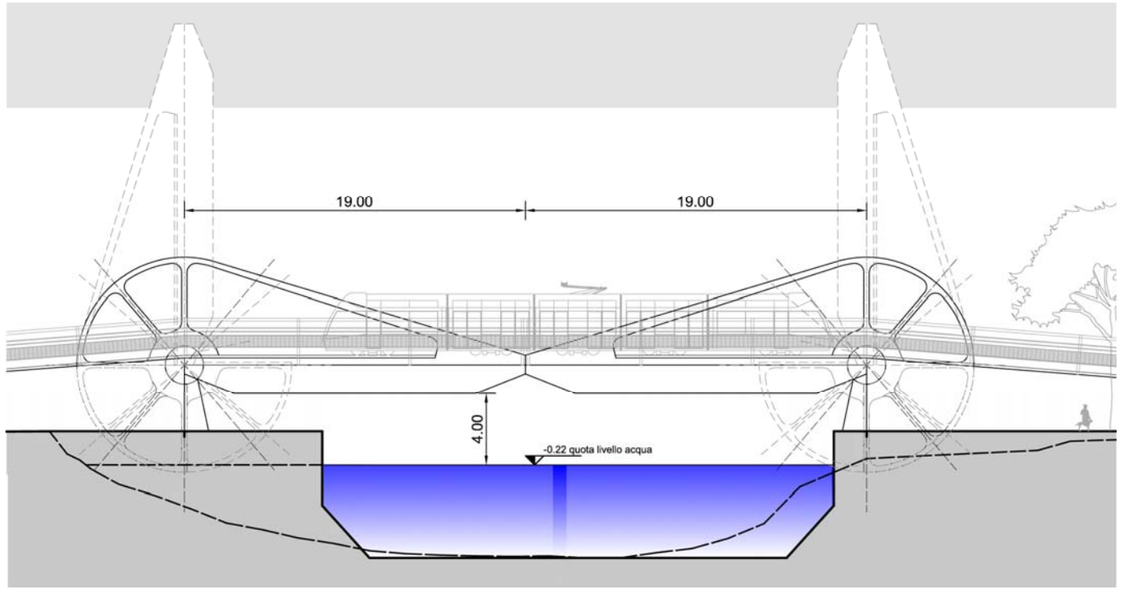
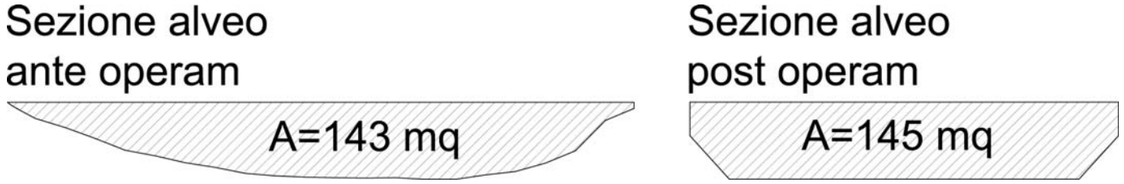


Fig. 3. Ponte mobile sul Canale Candiano a Ravenna: immagini con la struttura aperta e chiusa (fonte Comune di Ravenna).

Per le valutazione generali a questo livello si è preso come esempio per il nuovo Ponte II Giugno (di cui è in corso la chiusura del concorso internazionale di progettazione) il Ponte sul canale Candiano in costruzione a Ravenna. Per l'inserimento della nuova opera e mantenere lo spazio per i raccordi con la viabilità di riva (pur ammettendo alcune deroghe) è necessaria la riprofilatura locale della sezione della Fossa Traiana come mostrato nella sezione seguente:



DESCRIZIONI PREZZI OPERE D'ARTE - TRATTA 4 - soluzione A (passaggio lungo via del Faro)			
NUOVO PONTE II GIUGNO (non mobile)			
Lunghezza	34,3	m	
Larghezza	15,00	m	
Altezza (+5,00 m dal livello medio dell'acqua)	3,16	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	7,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	6,5%		
Scavo e opere di fondazione delle spalle			€ 495.444,44
Opere in ca delle spalle			€ 266.777,78
Impalcato misto acciaio-CLS (bicassone)			€ 1.311.975,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 172.878,63
Finitura via ciclopedonale			€ 32.014,56
Impianto di illuminazione			€ 13.446,12
Rampa di accesso nord	45,14	m	€ 58.685,71
Rampa di accesso sud	48,62	m	€ 63.200,00
Ripristino difese spondali ed arginature in corrispondenza per l'inserimento delle nuove spalle del ponte nuovo, con rimodellazione per circa ml 35 per sponda della Fossa Traiana	35,00	m	€ 180.700,00
			€ 2.595.122,24

L'intervento porterà alla realizzazione di un ponte basculante, con due bracci d'acciaio orizzontali, che avrà una luce libera (tra le due cerniere di appoggio) di 38,0 metri. I due bracci saranno collegati ad un dispositivo oleodinamico che li farà ruotare su un asse e quindi disporre in verticale (l'angolo di apertura completa del ponte sarà di 76 gradi). Il varco utile per il transito dei mercantili raggiungerà invece un'ampiezza di 32,0 metri.

L'opera in progetto andrà a integrare il ponte esistente mantenendone anche l'ubicazione. L'intervento non prevede l'esecuzione di espropri definitivi, ma soltanto occupazioni temporanee per garantire la cantierizzazione dell'opera e la connessione tra i due lati del canale, nel periodo necessario alla realizzazione dell'opera. Durante i lavori, il traffico veicolare verrà, infatti, deviato su una viabilità provvisoria e l'attraversamento del canale avverrà eventuale su un ponte galleggiante temporaneo in prossimità dell'opera da realizzare, a circa 55 metri rispetto al ponte in esercizio allo stato attuale.

NUOVO PONTE II GIUGNO (mobile)

L'intervento porterà alla realizzazione di un ponte basculante, con due bracci d'acciaio orizzontali, che avrà una luce libera (tra le due cerniere di appoggio) di 35,0 metri. I due bracci saranno collegati ad un dispositivo oleodinamico che li farà ruotare su un asse e quindi disporre in verticale (l'angolo di apertura completa del ponte sarà di 76 gradi). Il varco utile per il transito dei mercantili raggiungerà invece un'ampiezza di 28,5 metri.

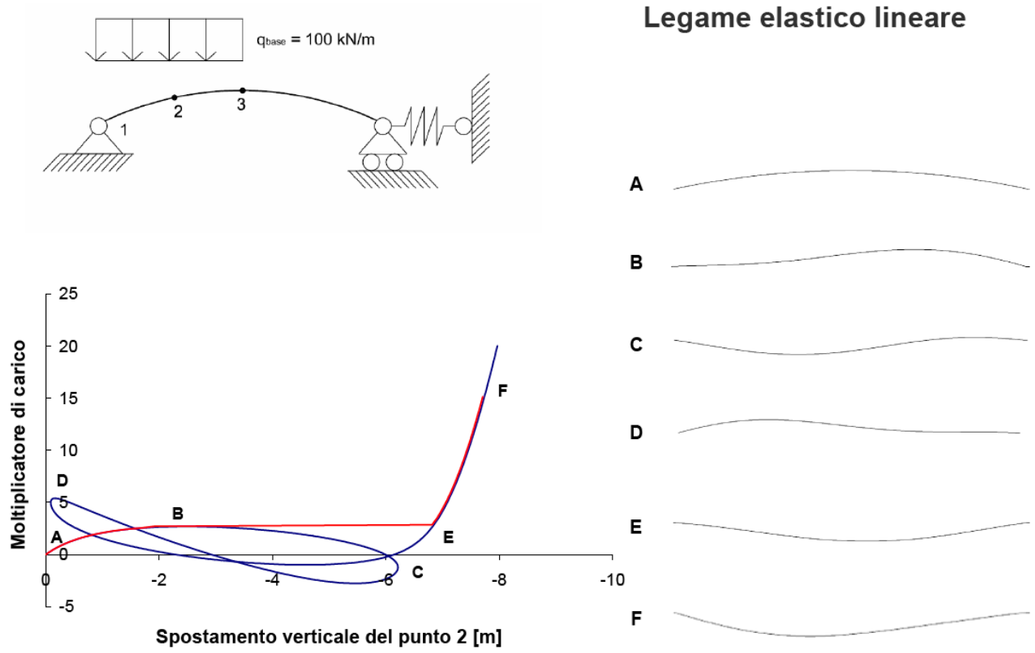
Lunghezza	34,3	m	
Larghezza	15,00	m	
Altezza (+5,00 m dal livello medio dell'acqua)	3,16	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	7,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	6,5%		
Scavo e opere di fondazione delle spalle			€ 495.444,44
Opere in ca delle spalle			€ 266.777,78
Impalcato misto acciaio-CLS (bicassone)			€ 1.157.625,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 172.878,63
Finitura via ciclopedonale			€ 32.014,56
Impianto di illuminazione			€ 13.446,12
Rampa di accesso nord	45,14	m	€ 58.685,71
Rampa di accesso sud	48,62	m	€ 63.200,00
Cerniera nord e stralli			€ 236.250,00
Cerniera sud e stralli			€ 236.250,00
Motore e apparecchiature di sollevamento			€ 661.250,00
Ripristino difese spondali ed arginature in corrispondenza delle demolizioni del vecchio ponte e per l'inserimento delle nuove spalle del ponte nuovo, con rimodellazione per circa ml 35 per sponda della Fossa Traiana	35,00	m	€ 180.700,00
			€ 3.574.522,24

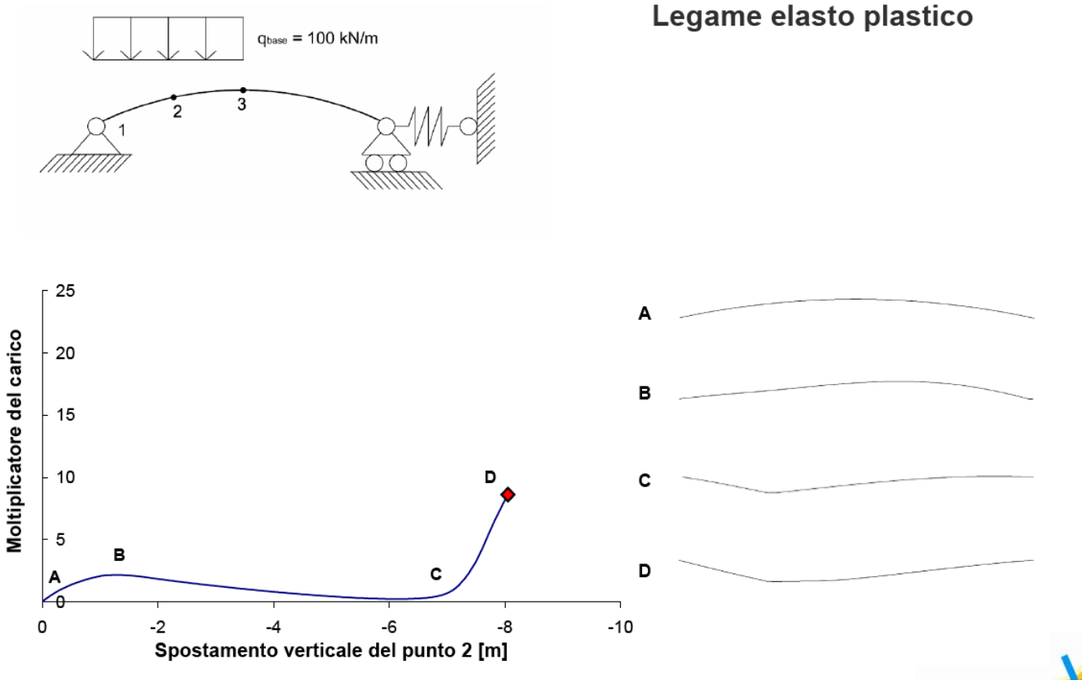
L'altra opera riguarda l'attraversamento della Fiumara Grande con la costruzione di una seconda opera di collegamento oltre al Ponte della Scafa di cui è previsto il raddoppio e la prima di tipo "urbano" sul Tevere fuori la città di Roma. Per l'attraversamento sono state fatte due ipotesi: realizzazione di un ponte; realizzazione di un tunnel subalveo.

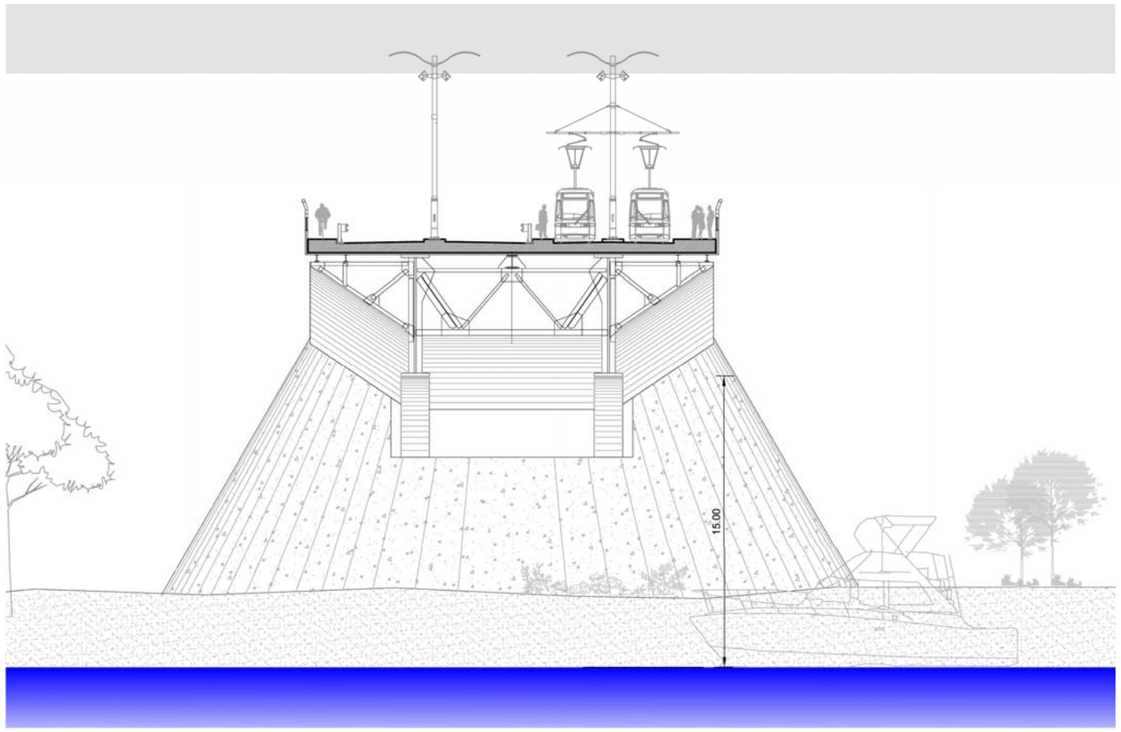
Per quanto riguarda il ponte, la scelta di un arco ribassato è particolarmente indicata poiché riduce fortemente le spinte verticali sulle spalle a favore di quelle orizzontali, infatti, il terreno nei pressi degli argini di un fiume può presentare una scarsa resistenza meccanica.

Un ponte ad arco ribassato consente lo scavalco di un ostacolo senza innalzare eccessivamente la livelletta. Dal punto di vista formale è una struttura di estrema eleganza

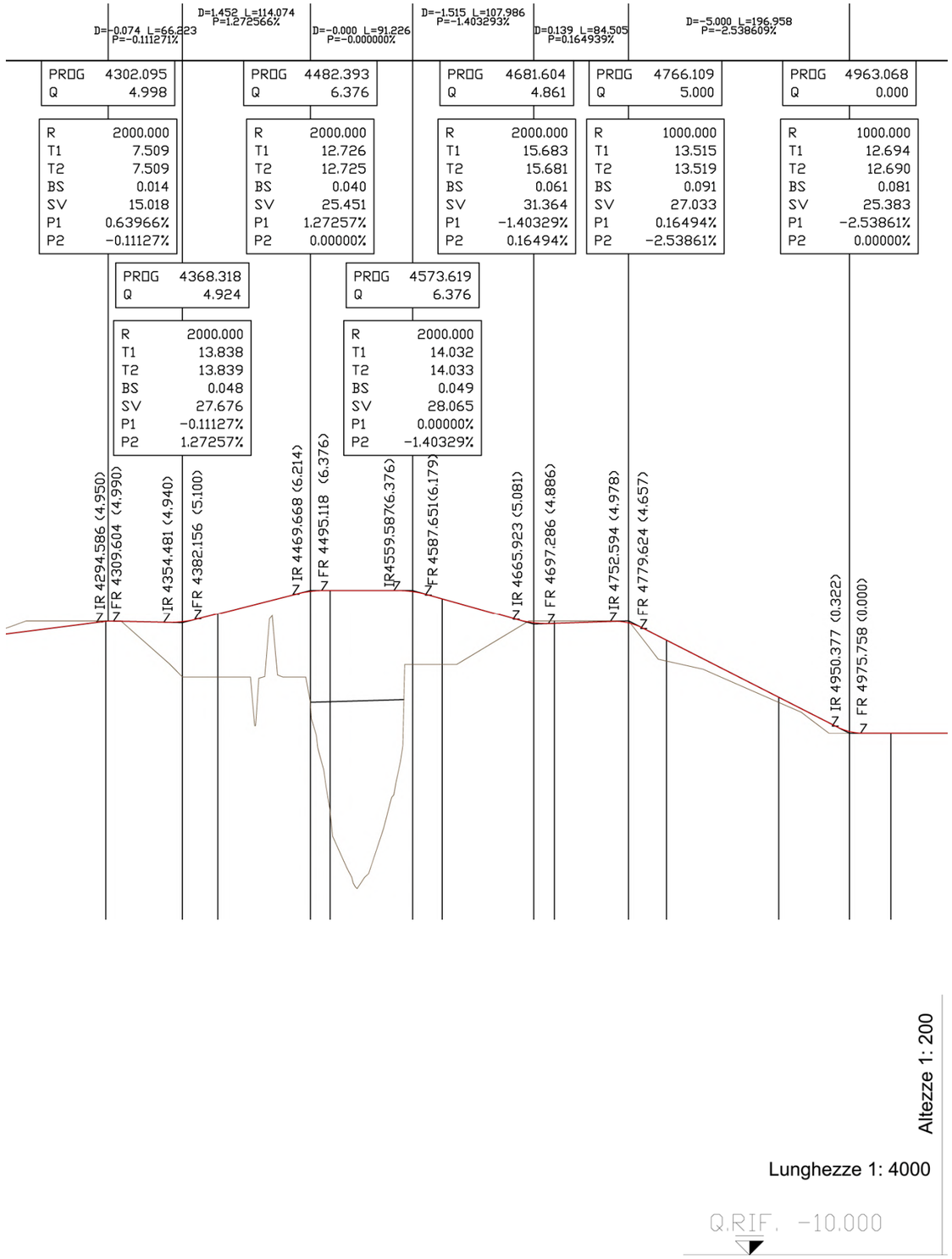
Per contro la spinta alle imposte aumenta con il diminuire di f/L; aumenta la propensione della struttura a comportamenti instabili. Eventuali cedimenti vincolari possono influire in modo determinante.







Sezione trasversale del ponte sulla Fiumara.



ATTRAVERSAMENTO DI FIUMARA: PONTE AD ARCO RETICOLARE IN ACCIAIO			
Lunghezza	189,1	m	
Larghezza	27,00	m	
Altezza (+15,00 m dal livello medio dell'acqua)	9,00	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	8,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	6,5%		
Scavo e opere di fondazione delle spalle			€ 3.141.825,56
Opere in ca delle spalle			€ 2.574.405,56
Impalcato misto acciaio-CLS (bicassone)			€ 22.469.832,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 596.997,00
Finitura via ciclopedonale			€ 110.555,00
Impianto di illuminazione			€ 83.579,58
Rampa di accesso nord	146,86	m	€ 190.918,00
Rampa di accesso sud	106,22	m	€ 138.086,00
Ripristino difese spondali ed arginature per l'inserimento delle nuove spalle del ponte nuovo, con rimodellazione per circa ml 35 per sponda del fiume Tevere	35,00	m	€ 180.700,00
			€ 29.486.898,69

SOLAIO A GETTO PIENO E INTRADOSSO PIANO

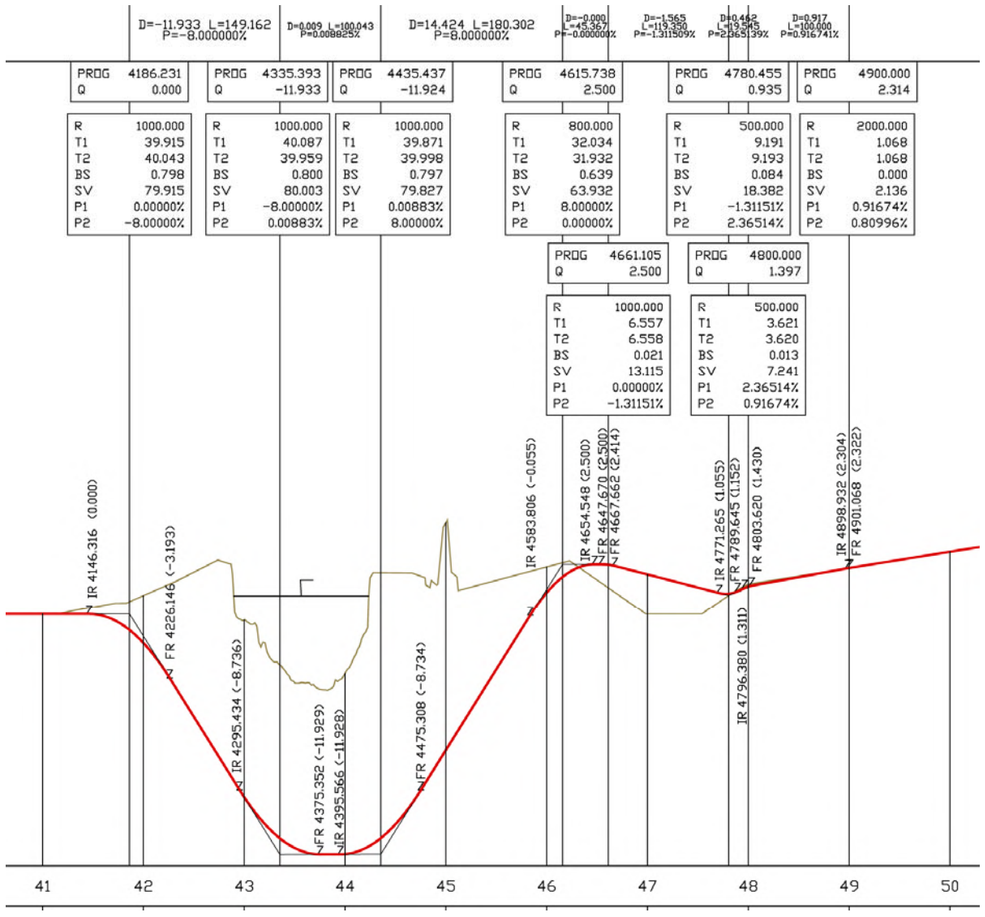
SOLAIO DI COPERTURA

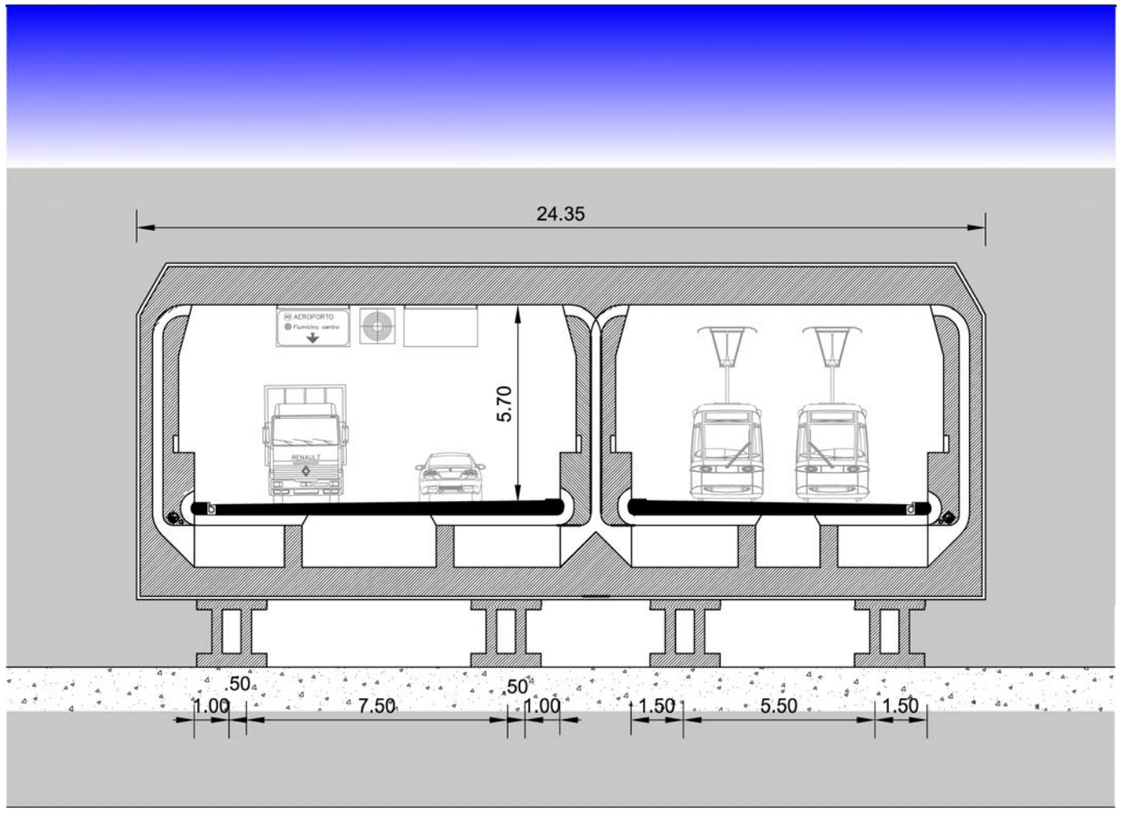
IPOTESI A: schema a due campate con interasse 5 m in semplice appoggio

Caratteristiche	Ipotesi 1	Ipotesi 2
Altezza totale solaio	**50 cm**	**60 cm**
Rck	30	30
Acciaio armature	FeB44k	FeB44k
Sovraccarico totale	25000 Kg/m²	25000 Kg/m²
Resistenza al fuoco	R120	R120
Strutture portanti	muri	muri
Risultati del calcolo		
Freccia massima elastica negativa	-0,28	-0,17
Inc. Acciaio a flessione	80 Kg/m²	77 Kg/m²

IPOTESI B: schema a due campate con interasse 7,5 m in semplice appoggio

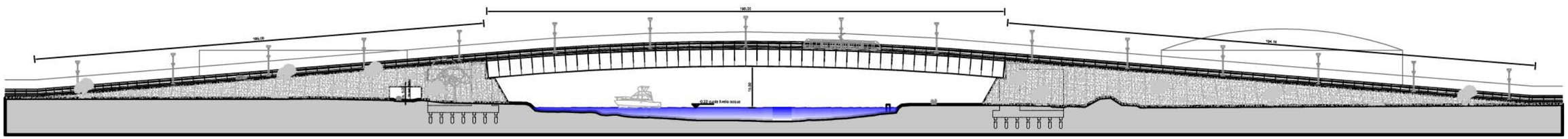
Caratteristiche	Ipotesi 1	Ipotesi 2
Altezza totale solaio	**75 cm**	**80 cm**
Rck	30	30
Acciaio armature	FeB44k	FeB44k
Sovraccarico totale	25000 Kg/m²	25000 Kg/m²
Resistenza al fuoco	R120	R120
Strutture portanti	muri	muri
Risultati del calcolo		
Freccia massima elastica negativa	-0,46	-0,38
Inc. Acciaio a flessione	135 Kg/m²	132 Kg/m²



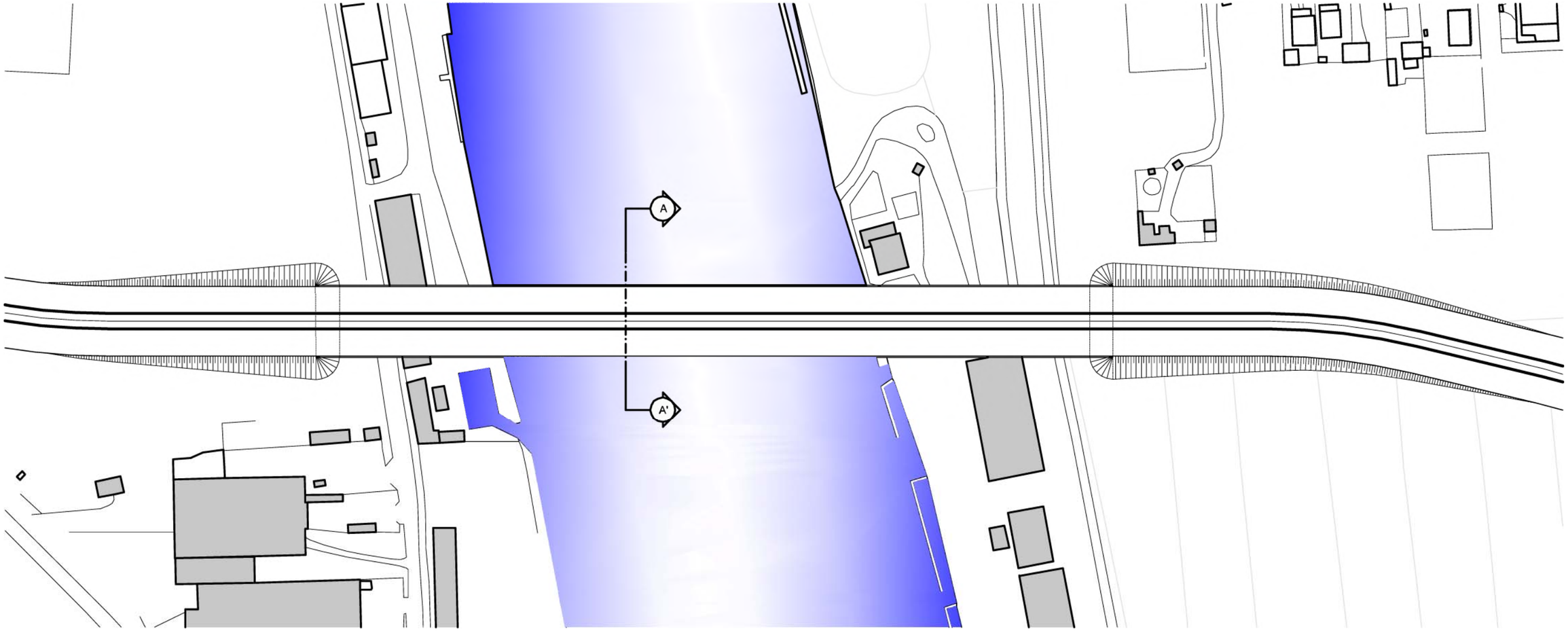


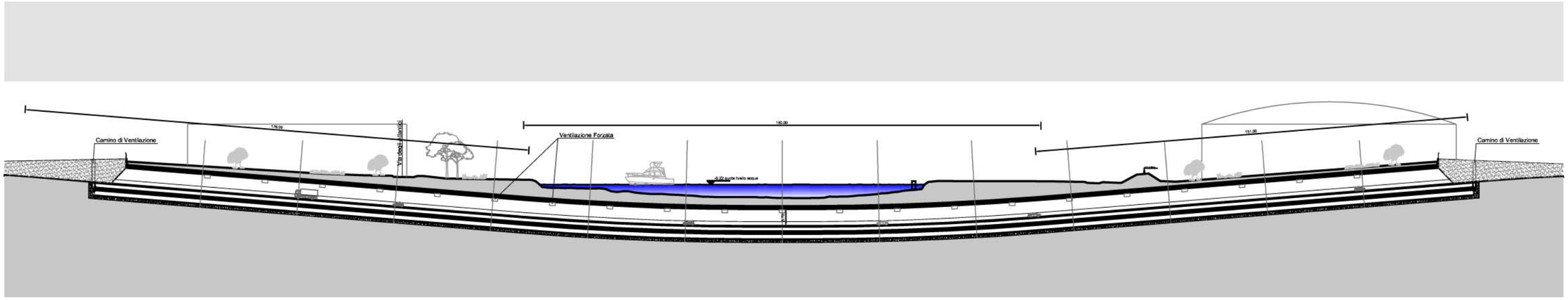
ATTRAVERSAMENTO DI FIUMARA: TUNNEL SUBALVEO A DOPPIA CANNA AFFIANCATA

Lunghezza tratto centrale	100,0	m	
Sviluppo galleria artificiale	349,0	m	
Sviluppo totale rampe in trincea	125,4	m	
Larghezza	27,00	m	
Profondità dal fondo dell'alveo	10,70	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	8,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	8,0%		
Opere di sostegno e presidio	349,0	m	€ 663.157,00
Rampa di accesso nord - trincea con 1,50 < H < 3,00	203,89	m	
Rampa di accesso sud - trincea con 1,50 < H < 3,00	170,58	m	
Rampa di accesso nord - trincea con 1,50 < H < 3,00	37,62	m	€ 48.906,00
Rampa di accesso sud - trincea con 1,50 < H < 3,00	37,62	m	€ 33.858,00
Rampa di accesso nord - trincea con 3,00 < H < 4,50	25,10	m	€ 30.120,00
Rampa di accesso sud - trincea con 3,00 < H < 4,50	25,10	m	€ 30.120,00
Galleria artificiale nord	141,17	m	€ 6.670.282,50
Galleria artificiale sud	107,86	m	€ 2.019.678,50
Galleria artificiale centrale - scatolare	100,00	m	€ 8.775.000,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 640.534,50
Finitura via ciclopedonale			€ 118.617,50
Impianto di illuminazione			€ 1.578.636,81
Impianti di sicurezza in galleria	349,03	m	€ 1.169.250,50
Stazione impianto idrovoro (idrovore, sifoni e paratoie) con portata 350 m^3/h			€ 975.000,00
Installazione soglia di fondo per protezione erosione subalveo	131,54	m	€ 702.430,54
			€ 23.455.591,85

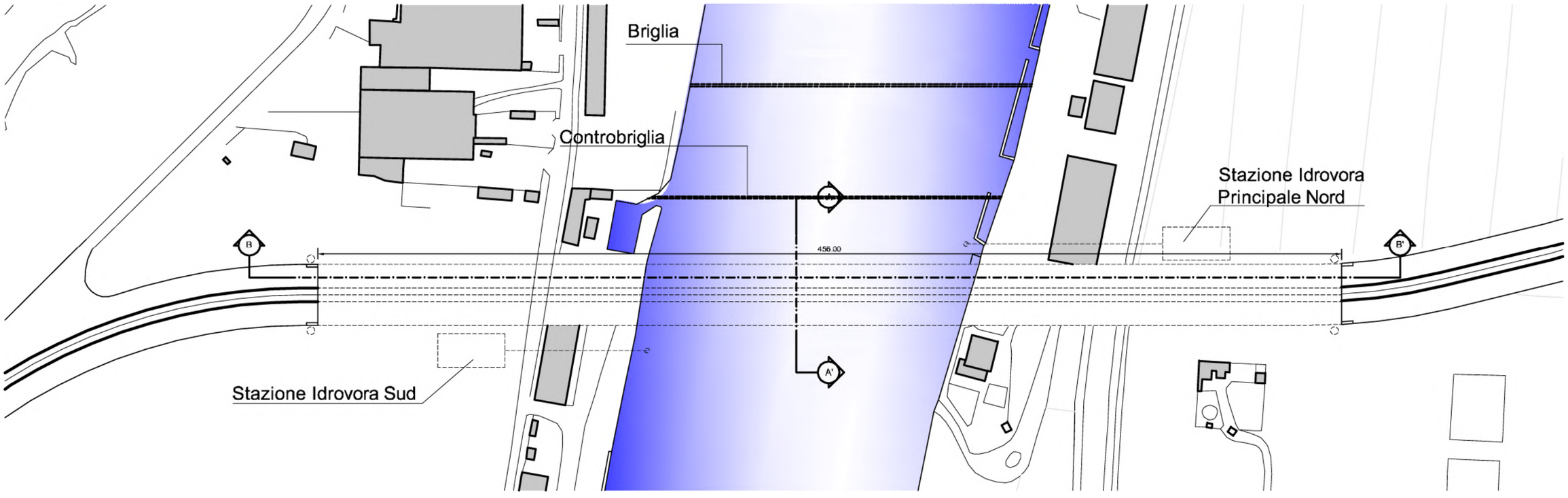


ATTRAVERSAMENTO DELLA FIUMARA GRANDE. IPOTESI A1. PONTE AD ARCO RIBASSATO IN CAP





ATTRAVERSAMENTO DELLA FIUMARA GRANDE. IPOTESI A2. TUNNEL SUBALVEO



TRATTA 4 - IPOTESI 2. Passaggio lungo via della Scafa

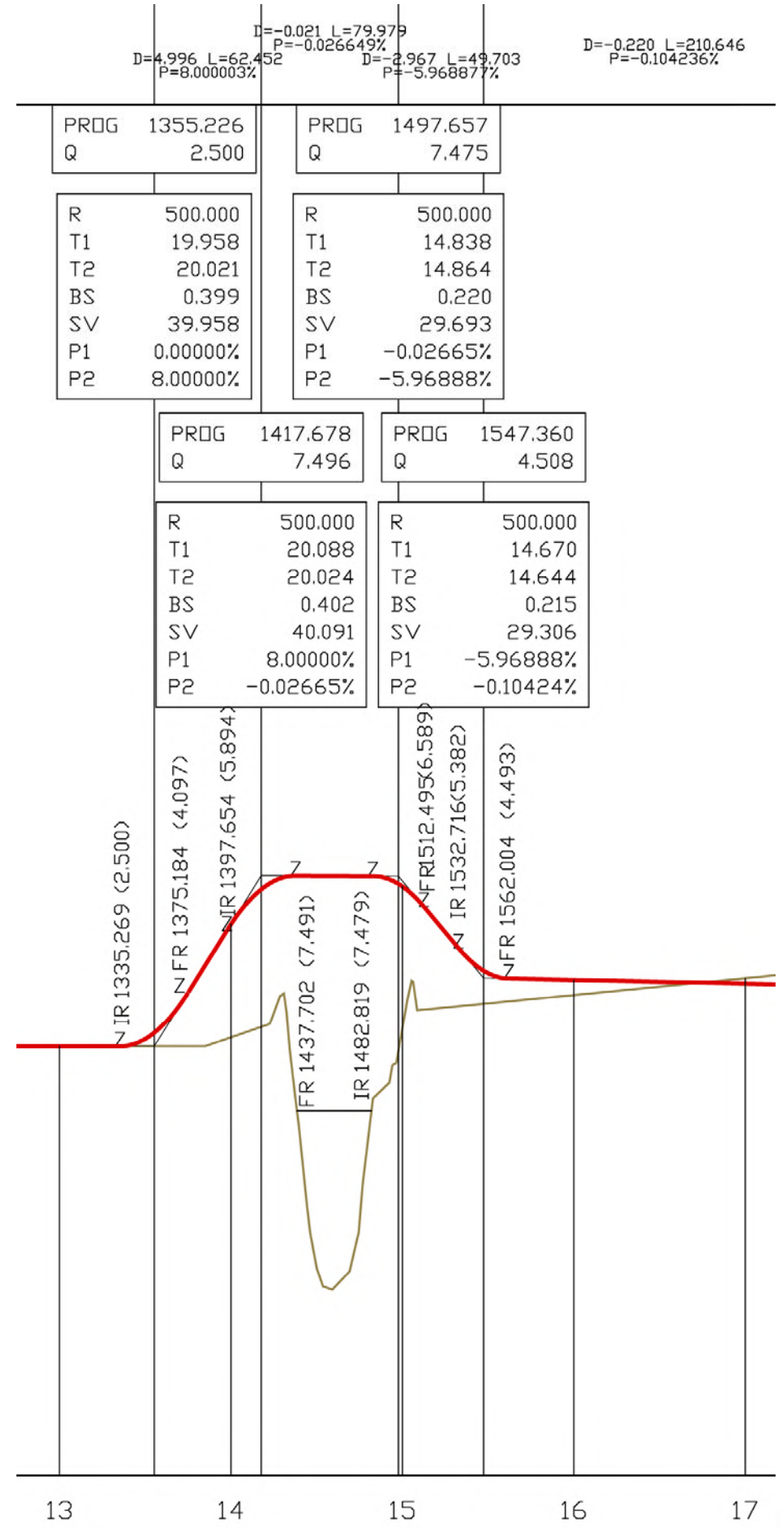
La seconda ipotesi di attraversamento dell'isola Sacra prevede il transito lungo via dell'Aeroporto-via della Scafa. L'attraversamento della Fossa Traiana avviene tramite una nuova struttura ad uso esclusivo della ferrotramvia con percorsi ciclopedonali laterali.

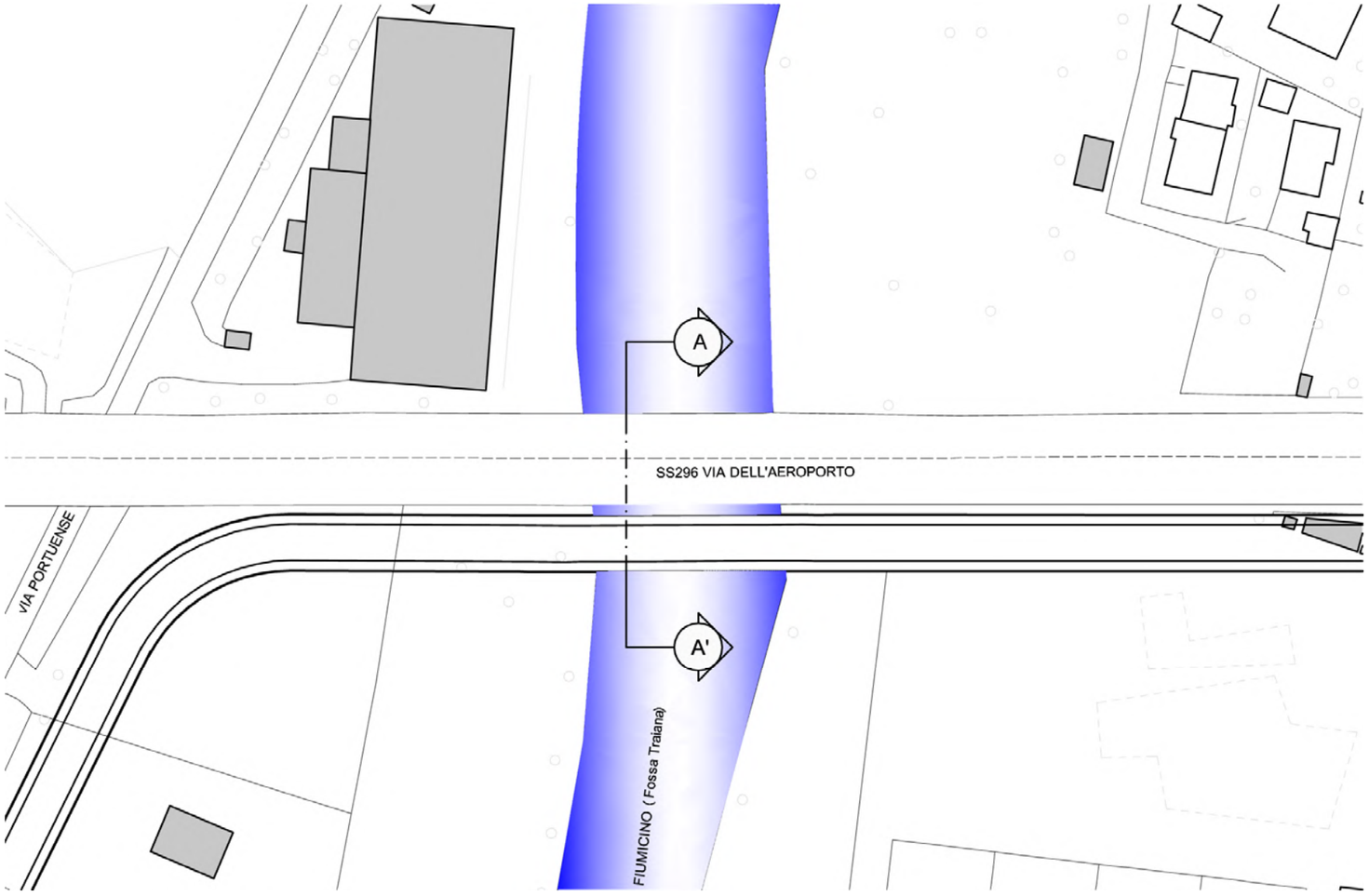
L'attraversamento della Fiumara avviene sul vecchio Ponte della Scafa di cui si prevede la ristrutturazione per consentire il transito di convogli ferroviari leggeri.

DESCRIZIONI PREZZI OPERE D'ARTE - TRATTA 4 - soluzione B (passaggio lungo via della Scafa)			
PONTE DELL'AEROPORTO: NUOVA STRUTTURA TRANVIARIA E CICLOPEDONALE IN AFFIANCAMENTO ALL'ATTUALE			
Lunghezza	46,6	m	
Larghezza	8,50	m	
Altezza	7,00	m	
Pendenza media rampa di accesso nord	8,0%		
Pendenza media rampa di accesso sud	8,0%		
Scavo e opere di fondazione delle spalle			€ 600.622,22
Opere in ca delle spalle			€ 362.444,44
Impalcato misto acciaio-CLS (bicassone)			€ 891.225,00
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 299.160,00
Finitura via ciclopedonale			€ 55.400,00
Impianto di illuminazione			€ 13.185,20
Rampa di accesso nord	87,50	m	€ 113.750,00
Rampa di accesso sud	87,50	m	€ 113.750,00
Biomuro costituito da elementi autobloccanti a tasca prefabbricati, comprese opere di rinverdimento e mascheramento	131,25	m	€ 160.781,25
Ripristino difese spondali ed arginature in corrispondenza dell'inserimento delle nuove spalle del ponte nuovo, con rimodellazione per circa ml 35 per sponda del canale esistente	35,00	m	€ 135.000,00
			€ 2.745.318,12

ATTRAVERSAMENTO DI FIUMARA: RIQUALIFICAZIONE DEL VECCHIO PONTE DELLA SCAFA			
Lunghezza	96,2	m	
Larghezza	11,90	m	
Altezza (+9,00 m dal livello medio dell'acqua)	4,20	m	
Opere di sostegno e presidio	142,2	m^2	€ 412.380,00
Formazione di aree di rilevato	4.867,50	m^3	€ 170.362,50
Rinforzo impalcato			€ 6.559.589,40
Impianto di illuminazione			€ 12.020,19
Marciapiedi e strutture minori (marciapiedi, impianti)			€ 129.870,00
Finitura via ciclopedonale			€ 133.525,00
Viabilità accessoria (nuova viabilità e sistemazione viabilità esistente) area nord	462,80	m	€ 106.444,00
Viabilità accessoria (nuova viabilità e sistemazione viabilità esistente) area sud	206,50	m	€ 47.495,00
			€ 7.571.686,09

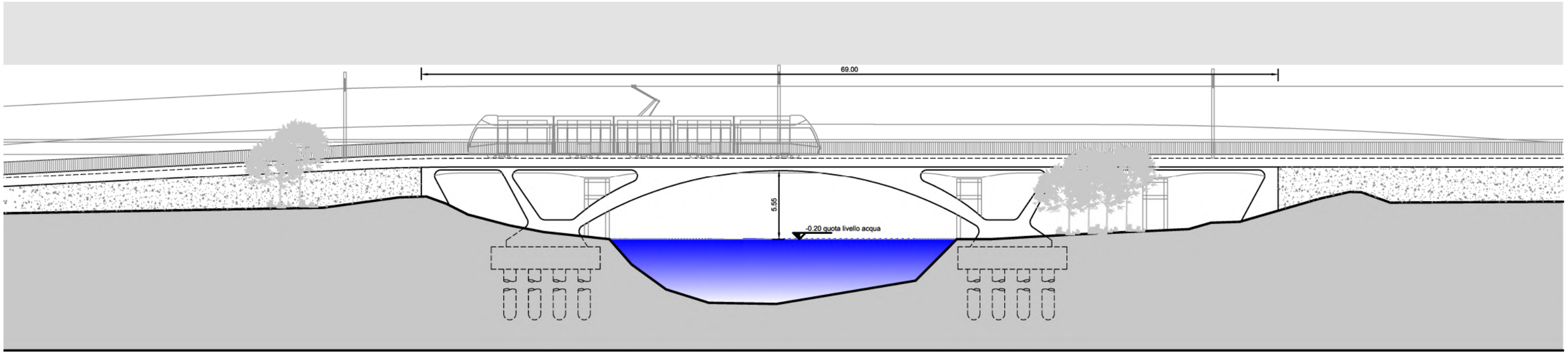
A lato profilo del nuovo Ponte dell'aeroporto posizionato accanto al viadotto esistente.

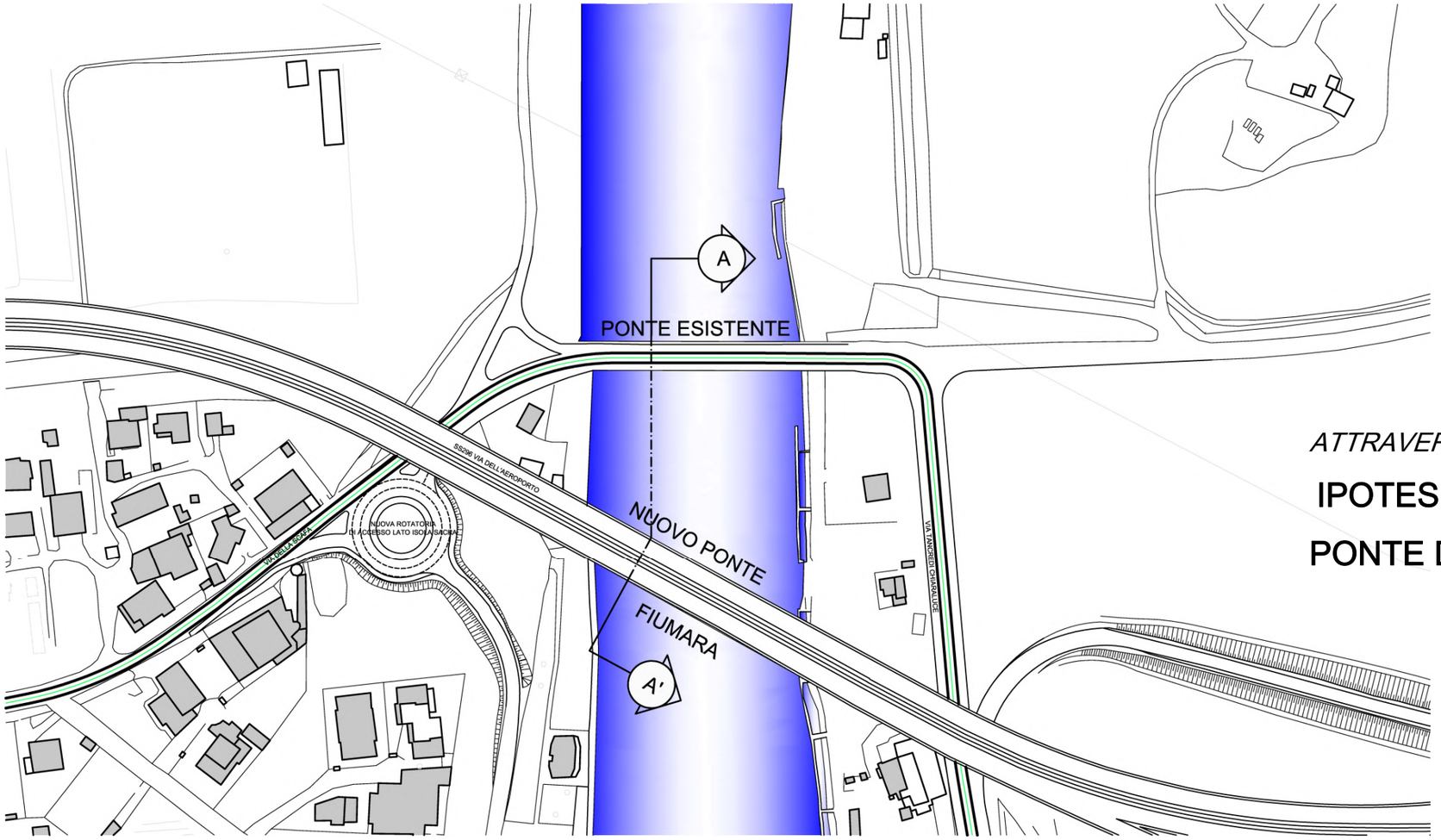




ATTRAVERSAMENTO DELLA FOSSA TRAIANA.

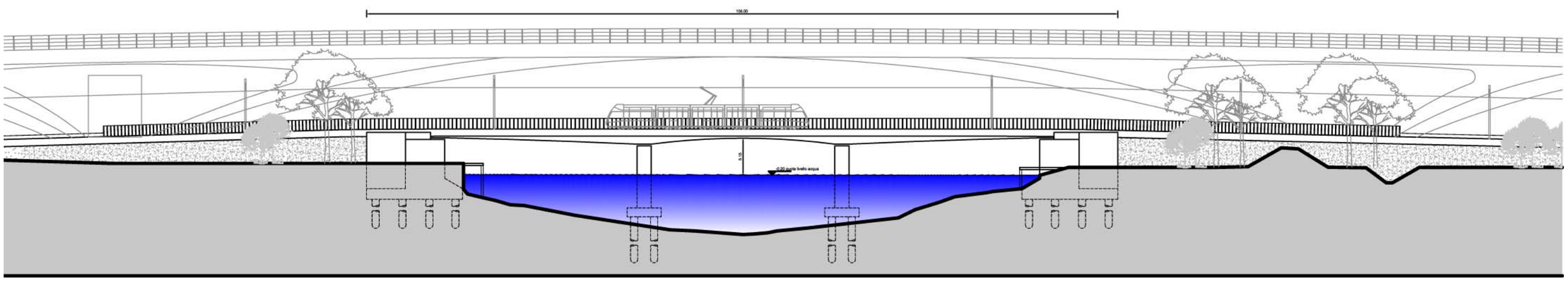
IPOTESI B. NUOVO PONTE TRANVIARIO DELL'AEROPORTO

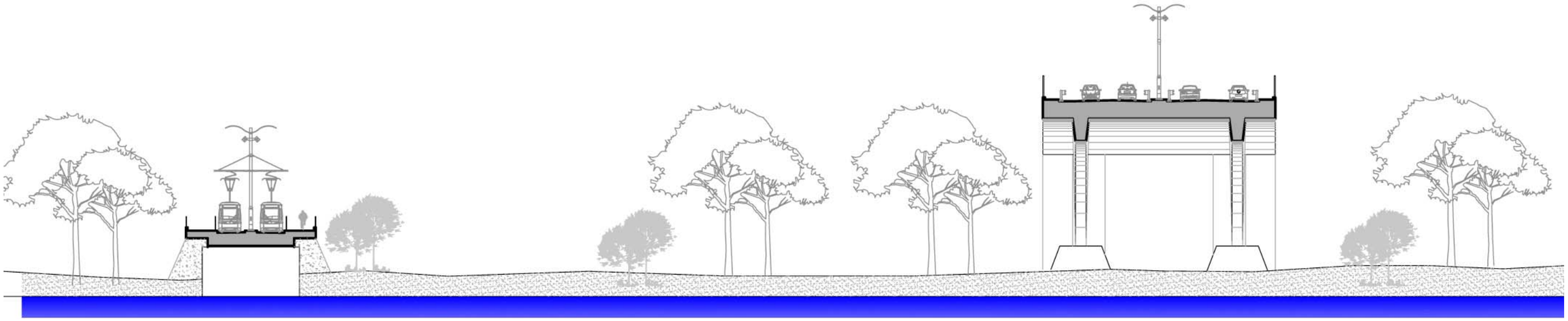




ATTRAVERSAMENTO DELLA FIUMARA GRANDE.

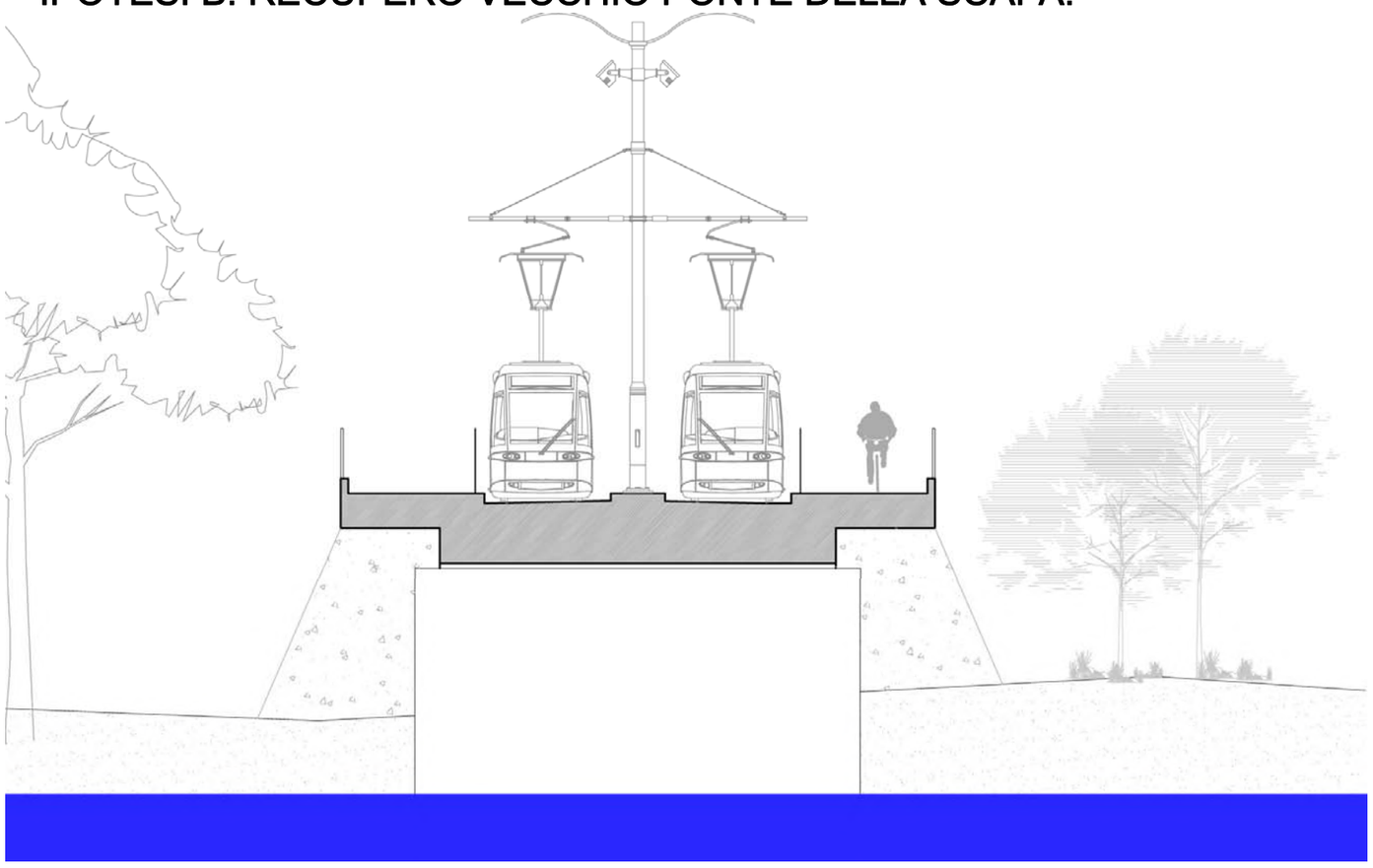
IPOTESI B. RECUPERO VECCHIO PONTE DELLA SCAFA.

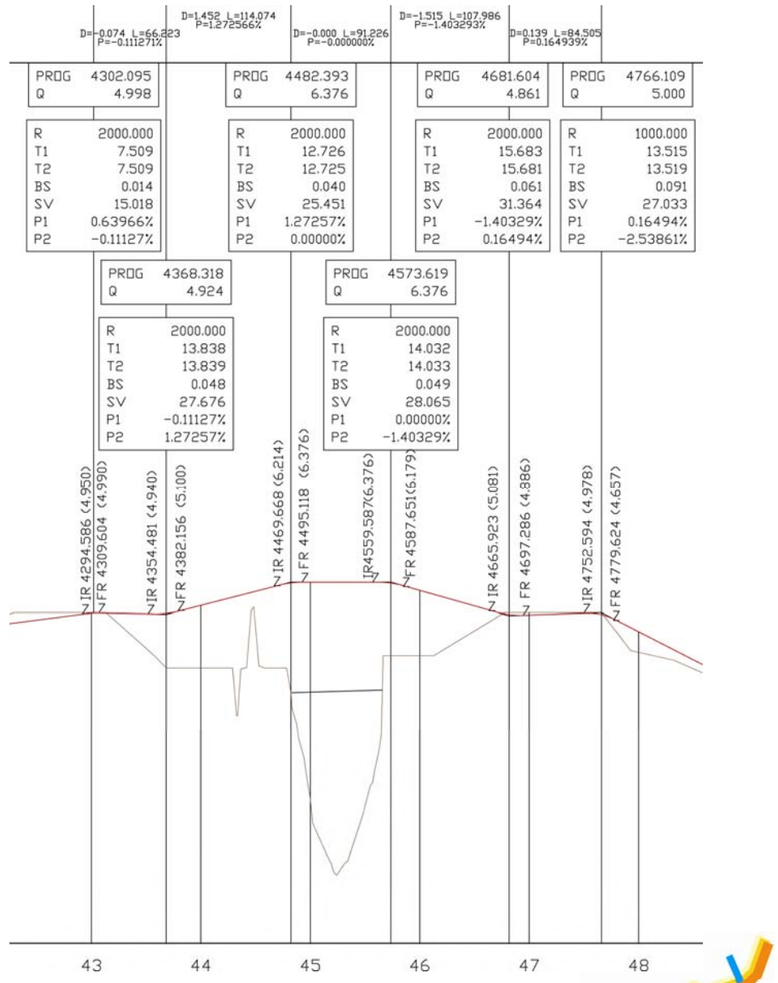




ATTRAVERSAMENTO DELLA FIUMARA GRANDE.

IPOTESI B. RECUPERO VECCHIO PONTE DELLA SCAFA.





5. IL MATERIALE ROTABILE

Un servizio tram-treno si distingue per l'utilizzo di materiale rotabile di derivazione tranviaria, destinato ad operare in due contesti, quello tranviario e quello ferroviario, differenti per tipologia di infrastrutture, regime di marcia e parametri normativi. L'adozione di un veicolo di natura prettamente urbana in un tale scenario di servizio pone in evidenza problematiche e requisiti altamente specifici la cui corretta soluzione è condizione primaria per la diffusione di questo nuovo modo di trasporto.
Alcuni requisiti, di carattere tecnico e funzionale, risultano vincolanti per l'effettiva praticabilità di una soluzione tram-treno, altri risultano invece secondari ma fondamentali al fine di strutturare valide leve competitive ed offrire una qualità di servizio adeguata alle attese.

5.1. CARATTERISTICHE DEL RODIGGIO

Il moto di un veicolo si realizza utilizzando la coppia cinematica ruota/terreno, attraverso cui vengono trasmesse le diverse forze: nei mezzi ferroviari, sia pesanti che tranviari, tale trasmissione avviene attraverso ruote d'acciaio e rotaie. La struttura tradizionale dei veicoli ferroviari (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) prevede che ogni coppia di ruote sia calettata rigidamente su un assile (a), andando a formare una sala solidale nella rotazione.

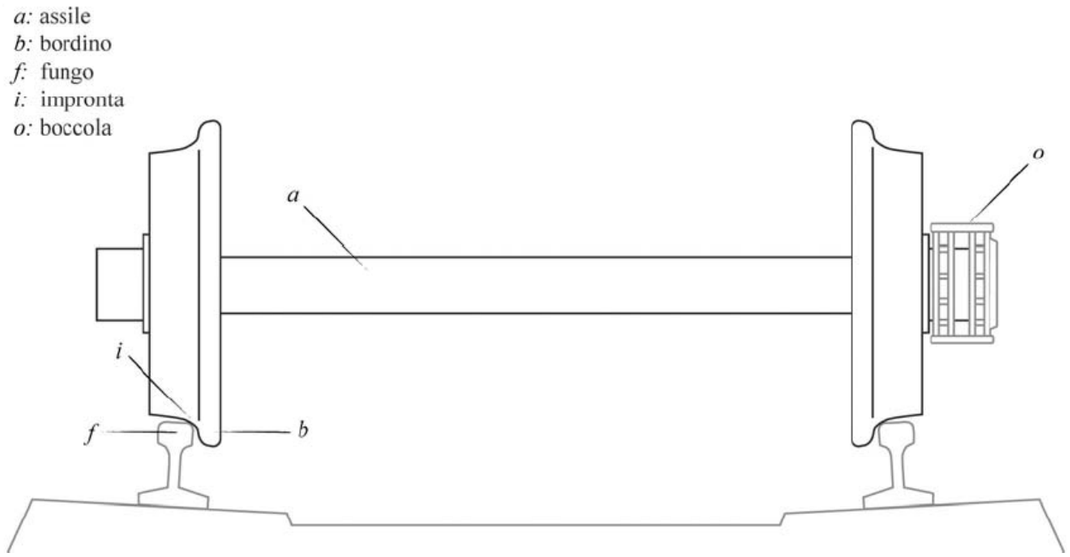


Fig. 4. rappresentazione schematica di una sala ferroviaria.

La connessione al telaio avviene tramite un perno, o *fusello*, ricavato sull'asse ed un cuscinetto racchiuso nella *boccola (o)* a sua volta connessa, tramite un opportuno sistema di sospensioni detto *primario*, al *telaio*. Il complesso delle sale di un veicolo costituisce il *rodiggio*, frequentemente articolato su più *carrelli* a due o tre sale che sostengono attraverso un sistema di sospensione *secondario* le casse; nelle applicazioni più recenti, in particolare di tipo tranviario, i carrelli ferroviari vengono realizzati anche con ruote indipendenti, connesse direttamente al telaio ed reciprocamente libere nella rotazione causa l'assenza di assili. I problemi relativi a veicoli capaci di marciare sia su infrastrutture ferroviarie che tranviarie sono di due ordini, ovvero relativi al *profilo delle ruote* ed al *comportamento dinamico* del rodiggio.

5.2. L'INTERFACCIA RUOTA-ROTAIA

Il contatto tra ruota e rotaia avviene in un'aria finita detta *impronta (i),* sempre molto piccola grazie alla natura geometrica del *fungo (f)*, ovvero la parte superiore della rotaia, e del profilo della ruota stessa; i due elementi presentano solitamente un'inclinazione relativa tale da generare una tendenza automatica al centraggio della sala rispetto al binario dipendente dall'azione della forza peso.

Il profilo della ruota presenta inoltre una conicità, costante o variabile, che permette di costituire un *differenziale di rotazione* tra le due ruote nei tratti di percorso in curva: la forza centrifuga sposta l'asse del veicolo verso il binario esterno e tale spostamento fa sì che la ruota esterna insista su una sezione di circonferenza maggiore, percorrendo più spazio a parità di velocità angolare e quindi compensando la diversa lunghezza delle corrispondenti sezioni di rotaie. La tendenza al centraggio non è però sufficiente a garantire che il veicolo rimanga in traiettoria durante l'inserimento in curva, in presenza di fenomeni di serpeggio o di irregolarità della sede; il profilo della ruota presenta quindi sulla faccia interna un *bordino (b)* deputato ad assorbire le spinte trasversali che provocherebbero lo svio delle ruote.

Sia il sistema ferroviario che quello tranviario hanno alla base i medesimi principi geometrici e dinamici, ma presentano soluzioni di armamento e rodiggio differenti, principalmente a causa dei diversi contesti ambientali.

A. Lo scartamento

Il primo problema da affrontare nella verifica della *fattibilità* di un veicolo per *uso promiscuo* riguarda quindi la realizzazione di un *corretto interfacciamento di un unico profilo sia con i binari di tipo ferroviario che con quelli tranviari*; la condizione discriminante più importante è sicuramente la presenza dello stesso *scartamento* sulle due reti.
Si definisce scartamento la distanza fra i bordi interni dei funghi delle due rotaie costituenti il binario, misurata normalmente all'asse del binario, alla quota di 14 mm al di sotto del piano di rotolamento [34]. In campo ferroviario il rispetto dell'*Unità tecnica ferroviaria*[3] ha favorito una buona omologazione di tutte le

[3] *Unità tecnica delle ferrovie - edizione del 1938*, accolta in Italia con D.I. il 24 Agosto 1939

reti europee sul valore di 1435 mm, con l'eccezione della rete spagnola, di quella russa e di molte reti minori, pubbliche o private; in campo tranviario invece la minore azione normativa ha portato alla presenza di diverse misure di scartamento, soprattutto nelle reti storiche.

In Italia, ad esempio, mentre le nuove realizzazioni di Bergamo e Messina prevedono scartamento ferroviario, le reti di Milano, Roma e Torino presentano uno scartamento di 1445 mm[4]; anche in Germania, il paese europeo a più alta diffusione di reti tranviarie, lo scartamento ridotto è presente in molte linee di vecchia costruzione, così come in Austria. Negli altri paesi europei la presenza di reti tranviarie deriva principalmente da interventi molto recenti, realizzati quindi con armamenti dimensionalmente molto simili a quelli ferroviari; le principali misure di scartamento in uso in Europa sono:

Scartamento ferroviario		
1435	*mm*	*Standard UIC*
1520	mm	Estonia, Russia, Ucraina
1667	mm	Spagna, Portogallo
Scartamento tramviario		
900	mm	Germania, Austria, Portogallo
950	mm	Italia (Cagliari, Sassari)
1000	mm	Belgio, Spagna, Svizzera
1067	mm	Svezia, Estonia
1100	mm	Germania (Braunschweig)
1435	*mm*	*Standard UIC*
1445	mm	Italia (Milano, Torino, Roma)

Fig. 5. Principali misure di scartamento diffuse in Europa.

Nel caso in cui la rete tranviaria sia *già esistente* la presenza di uno scartamento corrispondente a quello della linea ferroviaria è una condizione *fondamentale* per l'applicazione del modello tram-treno; a Milano, ad esempio, i soli 10 mm di differenza nei confronti dello standard ferroviario *rendono impossibile la creazione di un profilo ruota per uso promiscuo* [35]. Sarebbe teoricamente ipotizzabile l'uso di carrelli a scartamento variabile, così come avviene già in campo ferroviario[5], ma a fronte di seri problemi di dimensioni, peso e costi.

Va però ricordato come lo scenario più adatto per l'applicazione di schemi *tram-treno* sia identificabile nelle aree ad *urbanizzazione diffusa*, contesti regionali caratterizzati da cittadine di dimensioni medie e piccole che, con qualche eccezione in Germania ed Austria, solitamente non possiedono reti tranviarie: la realizzazione di una rete urbana totalmente nuova elimina alla radice il problema della compatibilità di scartamento.

Negli stessi contesti suburbani è però frequente incontrare reti ferroviarie secondarie caratterizzate da uno scartamento non standard: la realizzazione della rete tranviaria e del materiale rotabile può risultare vincolata a questa condizione, la quale non pone problemi di carattere tecnico, ma che può, nell'immediato ed ancor più *in prospettiva*, rendere il sistema un unicum che necessita di componenti specifici.

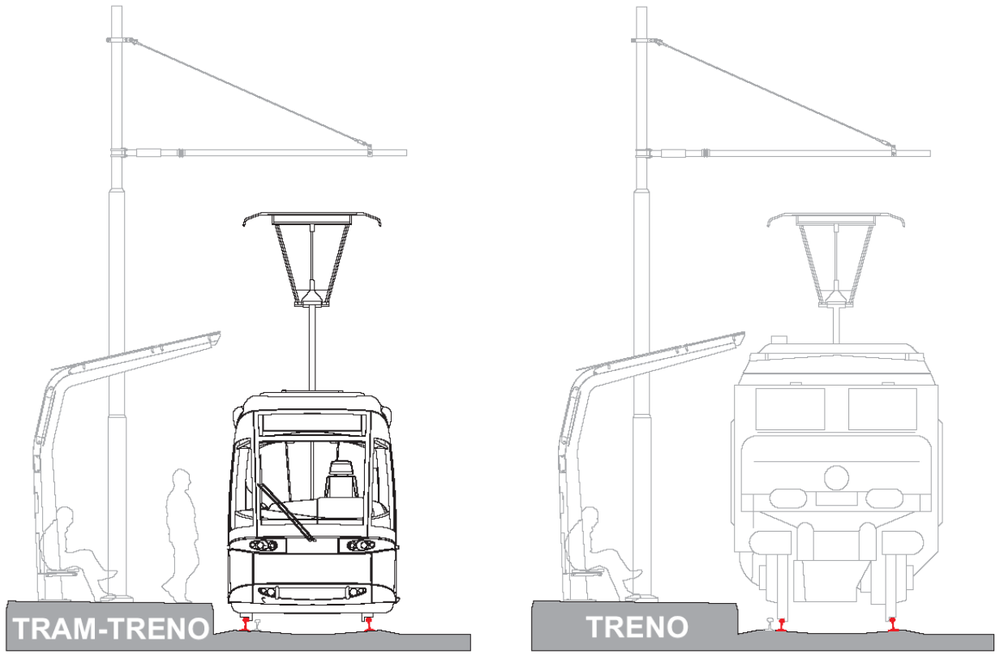


Fig. 1. Schema di binario per il transito simultaneo di rotabili a scartamento standard e metrico.

Uno scartamento metrico o minore può, nelle attuali configurazioni di carrelli per veicoli a pianale ribassato, causare una riduzione dello spazio disponibile per i motori e quindi influire negativamente sulle prestazioni ottenibili, mentre scartamenti molto ampi necessitano di carrelli di apposita concezione con un aumento del costo del veicolo stimabile nel 3-4% del totale per ordini di 25 unità.

Nel caso la linea ferroviaria possegga uno scartamento ridotto e si desideri, causa compatibilità con una rete già esistente o per motivazioni di carattere strategico, far circolare veicoli tranviari a scartamento standard, è possibile dotare la linea di una *terza rotaia*, compatibilmente con la presenza di spazio

[4] una eventuale conversione di queste reti allo standard UIC appare poco probabile visti i costi, i tempi ed i disagi che deriverebbero da interventi così estesi;

[5] si fa qui riferimento ai carrelli a scartamento variabile RD di produzione Talgo che effettuano servizio ad alta velocità tra Spagna e Francia; soluzioni simili sono disponibili anche in campo tranviario.

sufficiente per i diversi limiti di sagoma. Tale accorgimento, adottato ad esempio a Kassel, consiste nel realizzare due binari a diverso scartamento con una rotaia in comune e permette di far circolare sia veicoli a scartamento standard che rotabili a scartamento ridotto; questa soluzione pone allo stesso tempo le basi per un progressivo allineamento alla norma anche della linea pesante con l'acquisto di nuovo materiale a scartamento standard.

Dopo aver risolto il problema dello scartamento, rimane però complesso il disegno di un *profilo di ruota* capace di effettuare un'interfaccia corretta in ogni parte delle due vie di corsa, soddisfacendo requisiti di *compatibilità geometrica, resistenza meccanica* e *rispondenza alle norme*.

B. La geometria dell'armamento

La sede viaria su cui avviene il moto di veicoli ferroviari è l'armamento, composto da:

- *sottostruttura*: insieme delle opere e dei sistemi di posatura di materiale volti a creare una struttura omogenea, stabile e resistente a carichi elevati, detta piano di formazione, a supporto della sovrastruttura;
- *sovrastruttura*: sistema che, attraverso diverse componenti quali rotaie, traverse, organi di attacco ed apparecchiature di binario, va a costituire allo stesso tempo il piano di rotolamento del veicolo ferroviario, cioè il piano del ferro, ed il suo sistema di guida.

Armamenti ferroviari e tranviari adottano gli stessi principi di funzionamento, ma differiscono profondamente nella geometria dei singoli elementi della sovrastruttura, ovvero nelle componenti di *interfaccia*.

La radice di questa differenza è da ricercare ancora una volta nella *natura promiscua* della sede tranviaria: fin dai primi sviluppi le tranvie adottarono infatti sistemi di armamento che rendessero la presenza dei binari *compatibile con la pavimentazione stradale*, senza creare intralcio o pericolo per il transito di pedoni, ciclisti e mezzi su gomma. L'evoluzione è passata attraverso diverse soluzioni, tutte principalmente volte a ricavare uno *spazio capace di ospitare il bordino* tramite l'accoppiamento di una controrotaia alla rotaia principale o mediante uno scavo ricavato direttamente nel fungo; attualmente tutte le tranvie operanti in sede promiscua adottano il profilo a gola di tipo Phoenix, mentre in sede riservata l'armamento rimane tipicamente ferroviario.

La rotaia standard per applicazioni ferroviarie è un profilato in acciaio con una sagoma di tipo Vignole, ovvero simmetrica rispetto all'asse verticale e costituita di tre regioni funzionali: suola, gambo e fungo.

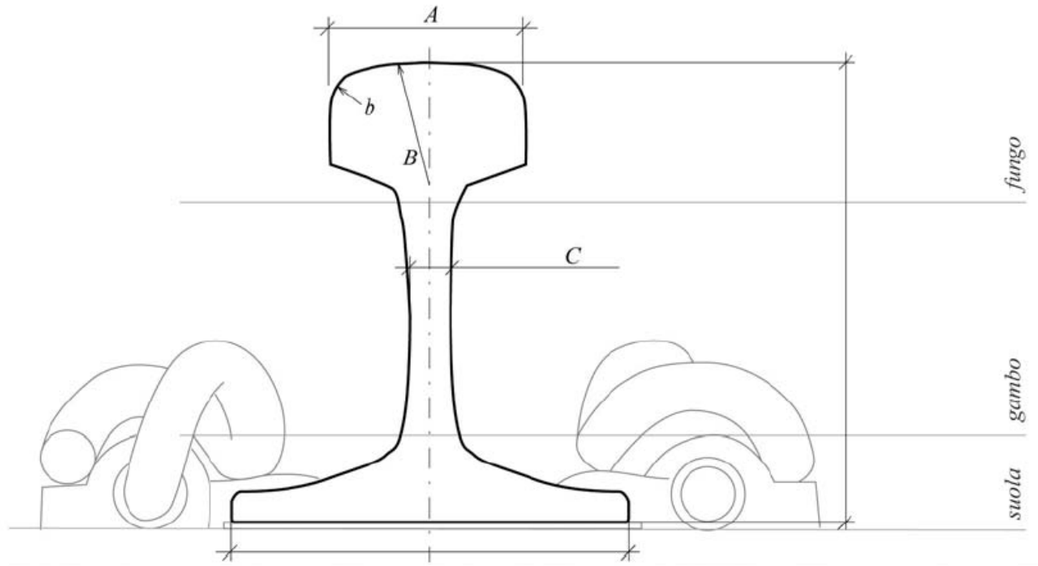


Fig. 6. Rotaia ferroviaria tipo VIGNOLE.

Questa tipologia di rotaia non è compatibile con la presenza di carreggio, quindi viene utilizzata soprattutto in ferrovia ed in metropolitana, ma anche nelle tratte in sede separata delle tranvie; la denominazione delle diverse tipologie di profilo Vignole dipende dal loro peso per unità di lunghezza[6].

tipo	*A largh. fungo*	*B/b raggi*	*C largh. gambo*	*D peso (Kg/m)*	*E altezza*	*F largh. suola*
S 49	67	80/13	14	49,43	149	125
S 54	67	80/13	16	54,54	154	125
U 50	65	60/13	15,5	50,90	153	140
UIC 50	70	80/13	15	50,18	152	125
UIC 60	72	80/13	16,5	60,34	172	150

La rotaia con profilo a gola, oggi universalmente diffusa per applicazioni tranviarie, è frutto di una *lunga evoluzione storica* iniziata con la circolazione delle prime vetture ferroviarie in città; il suo sviluppo risponde sia all'esigenza di realizzare una sede totalmente funzionale per il rotolamento, mantenendo un'interfaccia equivalente a quella ferroviaria, sia alla necessità di integrarsi nella pavimentazione della sede promiscua.

[6] attualmente la norma UIC prevede principalmente le tipologie 60 e 71, dall'equivalente peso metrico in chilogrammi, definite nelle dimensioni nella fiche 861; le rotaie vengono realizzate in profilati di 36 metri ed unite in opera mediante saldatura alluminotecnica o a scintillio, al fine di realizzare una lunga rotaia saldata meno soggetta all'effetto delle escursioni termiche; la tipologia di rotaia maggiormente diffusa in ferrovia è la 60 UIC, corrispondente alla UNI 60, mentre l'applicazione di 71 UIC è per ora consigliata solo per impieghi particolarmente gravosi.

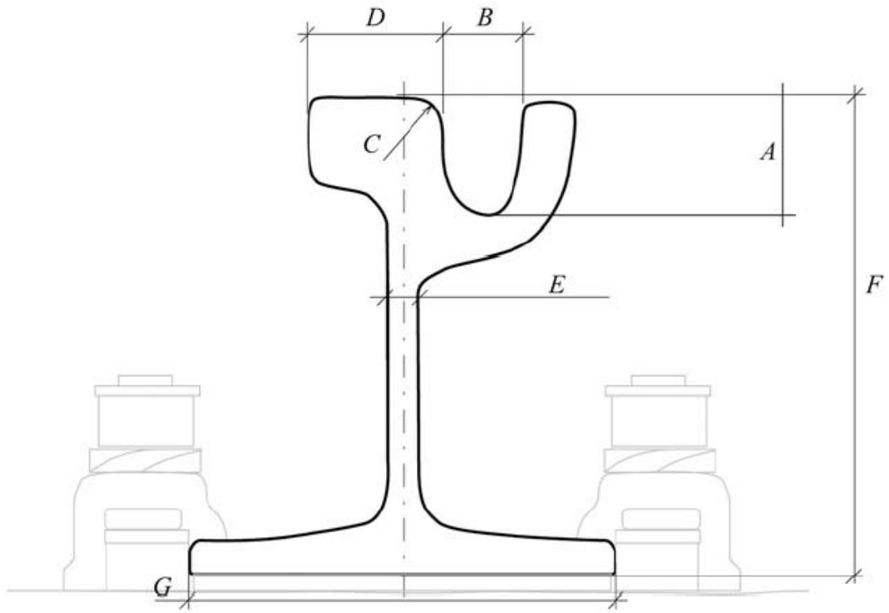


Fig. 2. Il profilo a gola di tipo Phoenix .

A questo scopo risponde la realizzazione della rotaia a gola, ovvero di un particolare profilo asimmetrico che in un'unica geometria va a costituire:

- *il fungo*: il suo profilo è diverso rispetto a quello di tipo Vignole in quanto la posa della rotaia avviene in piano; la faccia superiore è quindi inclinata verso l'interno del binario e presenta una larghezza leggermente inferiore;
- *la gola*: si tratta di uno spazio cavo ricavato nella sagoma del profilato tra il fungo e la controrotaia, di dimensioni adatte ad ospitare il bordino, senza creare interferenze; le sue caratteristiche di profondità e larghezza determinano le diverse tipologie di rotaia a gola, utilizzabili come interfaccia per ruote con diverse geometrie e dimensioni di bordino. La presenza della gola nella pavimentazione di una sede promiscua crea problemi sia per quanto riguarda la sua occlusione da parte di materiale esterno, sia per l'incompatibilità, oltre una certa dimensione, col traffico pedonale e ciclistico;
- *la controrotaia*: questa parte del profilo costituisce la parete interna della gola e ne delimita rigidamente il confine con la pavimentazione; le rotaie a gola esistono con profilo Ir[7], adatto a binari in rettilineo, ed Ic, gola più larga per il transito in curva.

[7] Le denominazioni Ir, Ic ed Ic sono in riferimento alla norma *UNI 3142* [38]

tipo	*A prof. g.*	*B largh. g.*	*C raggio f.*	*D largh. f.*	*E largh. g.*	*peso (Kg/m)*	*F altezza*	*G largh. s.*	*Paesi*
Ri 59	47	42	10	56	12	58,96	180	180	D,Pl
Ri 59N	47	42	13	56	12	58,20	180	180	D,Pl
Ri 60	47	36	10	56	12	60,48	180	180	F,D,Pl
Ri 60N	47	36	13	56	12	59,74	180	180	S,D,Pl
Ph 37a	47	60	14	60	13	66,80	180	180	D
NP4aM	41	34,5	10	56	12	62,37	180	180	B
NP4aS	41	35,3	13	55,2	12	61,91	180	180	B
35 GP	45,9	36	10	56,2	13	54,78	152,5	141,5	F
41 GP	45,9	41	10	56,2	13	55,34	152,5	141,5	F,Ch
UNI Ir2[8]	47	36	13	56	12	59,74	180	180	I
UNI Ir3[9]	41	34,5	10	56	12	62,37	180	180	I

C. La struttura dei deviatoi

Al fine di permettere il transito da un binario all'altro, necessario in qualunque rete ferroviaria o tranviaria, la sovrastruttura prevede l'esistenza di *apparecchi di binario*, detti più comunemente *deviatoi*. Solitamente i deviatoi vengono utilizzati nelle stazioni e negli scali, ma possono essere presenti anche lungo la linea in presenza di diramazioni o nel caso in cui sia necessario collegare le due vie di corsa di una linea a doppio binario per consentire la circolazione *illegale* o *banalizzata*[10].

Tali strutture permettono anche la realizzazione di segmenti di raddoppio in presenza di linee a singolo binario; la loro presenza è ancor più diffusa nelle reti tranviarie più estese, a causa della complessità del tracciato e della presenza simultanea di più linee con diversi percorsi. Uno scambio semplice *(Fig. 3),* ovvero un sistema che consente il collegamento tra due binari che confluiscono, è costituito da un *ramo principale (p)* e da un *ramo deviato (d)*; la direzione del treno viene decisa grazie ad una parte di armamento mobile, il *telaio ad aghi (t)*, che può alternativamente dare continuità ad uno dei due rami.

[8] La rotaia tipo Ir2, descritta nella norma UNI 3142:1996, deriva dal tipo Ri 60N

[9] La rotaia tipo Ir3, descritta nella norma UNI 3142:1996, deriva dal tipo NP4aM

[10] Per circolazione illegale si intende la circolazione in senso opposto a quello di normale marcia; la circolazione banalizzata sussiste quando entrambi i binari disponendo di segnalamento in entrambe le direzioni, possono essere utilizzati in maniera indifferente ;

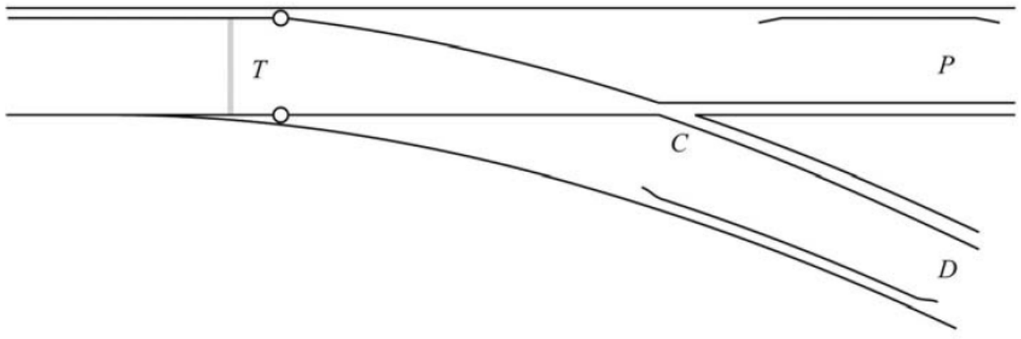


Fig. 3. Diagramma rappresentativo di uno scambio semplice.

Dopo aver assunto la direzione corretta, il treno deve effettuare l'attraversamento della regione di *incrocio* tra il tracciato corretto ed il ramo deviato: in questa regione, detta *cuore dello scambio (c)*, esiste un necessario punto di discontinuità nei due tracciati chiamato *spazio nocivo*, in cui una delle ruote non viene guidata.

Il mantenimento in traiettoria del treno avviene in maniera differente in ferrovia ed in tranvia:

- *cuore ferroviario*: il transito sul deviatoio prevede che la ruota posizionata sul binario che attraversa il cuore perda per tutta l'estensione dello spazio nocivo ogni contatto con la rotaia. Questa dinamica provoca una *caduta* ed un urto tra ruota e punta del cuore, che obbligano al mantenimento di velocità ridotte; la guida del carrello è invece temporaneamente affidata alla ruota opposta grazie alla presenza di una controrotaia estesa per tutta la lunghezza del cuore, la quale agisce direttamente sulla faccia interna del bordino[11]. Il deviatoio ferroviario richiede, causa le sollecitazioni rilevanti, organi di rotolamento con *buone caratteristiche meccaniche* ed una *distanza di 1360 mm tra le facce interne* delle ruote per un corretto ingresso nelle controrotaie;
- *cuore tranviario*: la presenza di ruote dalle minori caratteristiche meccaniche e, soprattutto, il *rumore* generato dalla dinamica ferroviaria di urto nell'attraversamento del cuore, ha condotto all'ideazione di una struttura con caratteristiche totalmente diverse.

In corrispondenza dello spazio nocivo il profilo della gola diventa progressivamente meno profondo *(Fig. 4)*, fino ad intercettare la base del bordino, fungendo da temporaneo piano di rotolamento; in questo modo lo spazio nocivo viene attraversato appoggiando direttamente sul bordino, *evitando lo scontro* in corrispondenza della punta.

[11] Per permettere il transito a velocità maggiori senza eccessive sollecitazioni alla struttura della ruota ed alla rotaia, le nuove linee ad alta intensità di traffico presentano apparecchi dotati di cuore mobile, la cui geometria permette la realizzazione di continuità di binario;

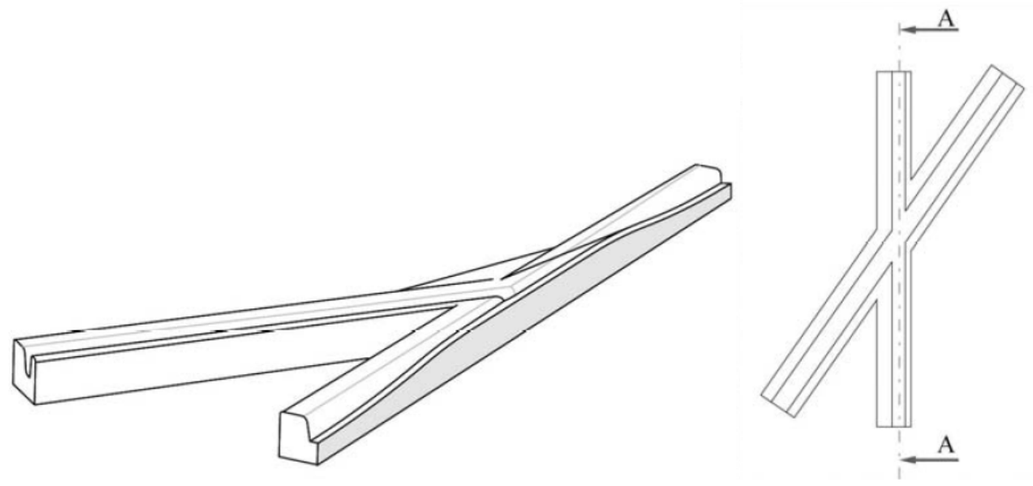


Fig. 4. Vista in sezione di un cuore di tipo tranviario.

Il disegno del cuore tranviario prevede inoltre un notevole restringimento della gola, al fine di rendere lo spazio nocivo *meno pericoloso per il traffico promiscuo*.

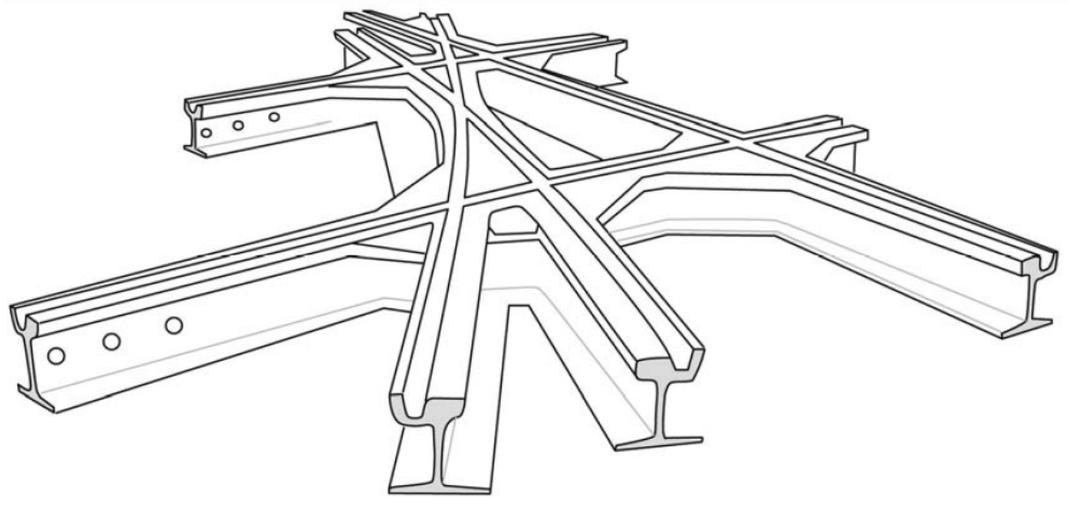


Fig. 5. Un cuore tranviario complesso.

Questo tipo di deviatoi necessita di un *bordino piatto* e *di larghezza ridotta*, in base alle diverse normative nazionali; in Italia il profilo Ii[12] può accogliere bordini con base larga fino a 24 mm circa. Il rotolamento tende ad accentuare le difettosità nel profilo della ruota o della gola, fino a danneggiare il

[12] *UNI 3142, Rotaie a gola di acciaio per linee tranviarie*, Ente nazionale italiano di unificazione, Milano, 1996

cuore provocando un elevato livello di rumorosità al transito: per questo motivo la lavorazione del blocco contenente il cuore deve *essere molto accurata*, sia che essa sia effettuata in carpenteria che tramite fresatura su macchina a controllo numerico.

Il profilo del bordino di un *veicolo promiscuo* deve quindi presentare una base piatta e di dimensioni tali da permettere il transito sui cuori tranviari, un'altezza ed uno spessore compatibili *sia con le gole tranviarie* che *con i requisiti dei regolamenti ferroviari*; uno spessore di bordino troppo ridotto potrebbe anche dare luogo, nel transito sui deviatoi ferroviari, a dinamiche irregolari di urto con la controrotaia *con conseguente svio della sala*. Sempre riguardo al profilo della ruota, va infine considerato che sulle reti ferroviarie è previsto l'*allargamento dello scartamento* nei tratti in curva: questo accorgimento è volto soprattutto al contenimento della resistenza al moto derivante dal contatto tra bordino e rotaia in curva:

ALLARGAMENTO DELLO SCARTAMENTO SULLA RETE RFI

Raggio della curva		*Scartamento*
da metri	*a metri*	*mm*
+∞	275	1435
275	250	1440
250	225	1445
225	200	1450
200	175	1455
175	150	1460
150	0	1465

In relazione alla circolazione di veicoli tranviari, con interasse ridotto, tale allargamento obbliga l'adozione di ruote che presentino una *superficie di rotolamento* adeguatamente ampia da compensare la variazione di scartamento.

D. Le soluzioni

La circolazione dei veicoli bitensione di Karlsruhe è una prova di come tutti questi problemi possano essere risolti con successo qualora sussistano *alcune condizioni di base*. La rete della KVG, come altre in Germania, presenta scartamento standard ed armamento costituito da rotaie Ri 59N per i tratti in rettilineo e Ph 37A in curva, dotate di raggio di raccordo del fungo di 13 mm, lo stesso delle rotaie UIC 60, e *capaci di ospitare bordini di dimensioni a norma ferroviaria*. Per conciliare le esigenze di circolazione in sede promiscua e transito nei deviatoi, il profilo è stato *modificato*[13] nel seguente modo *(*Fig. 6*)*: il cerchione ha una larghezza di 135 mm, contro i 100 mm usati in Germania e gli 84 mm previsti in Italia *(Fig. 7)*, e prevede un rientro di 8 mm sulla faccia interna, al fine di permettere al bordino di entrare nelle controrotaie ferroviarie senza urtarle.

L'azione di guida viene trasferita dal bordino, sottile per entrare nelle gole tranviarie, alla faccia interna della ruota, che va ad interfacciarsi con *controrotaie rialzate* rispetto al piano del ferro [36].

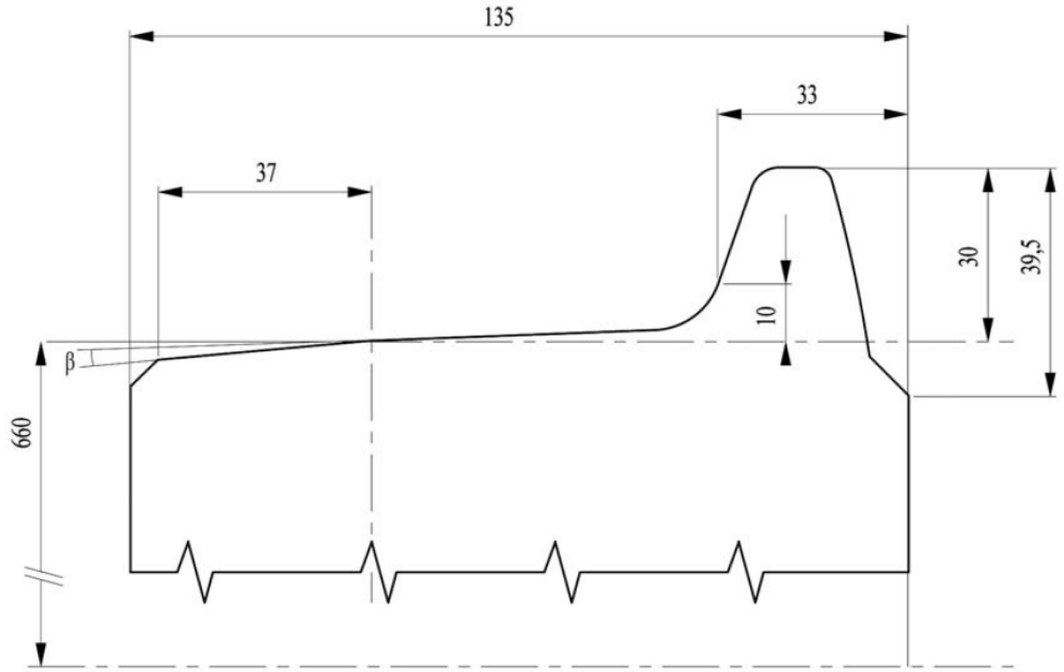


Fig. 6. Il profilo del cerchione adottato a Karlsruhe sulle motrici GT 8-100 C/2S – quote in mm.

L'area esterna del piano di rotolamento del cerchione è infine inclinata con tangente di 1/10 per una lunghezza di 37 mm in maniera tale da non interferire, causa la maggiore larghezza, con il manto stradale della sede promiscua.

[13] il profilo ruota di un veicolo tranviario non risponde a vincoli normativi; in Italia la norma quadro UNIFER indica la possibile adozione di profili diversi da quelli indicati nella UNI 3332, se necessario.

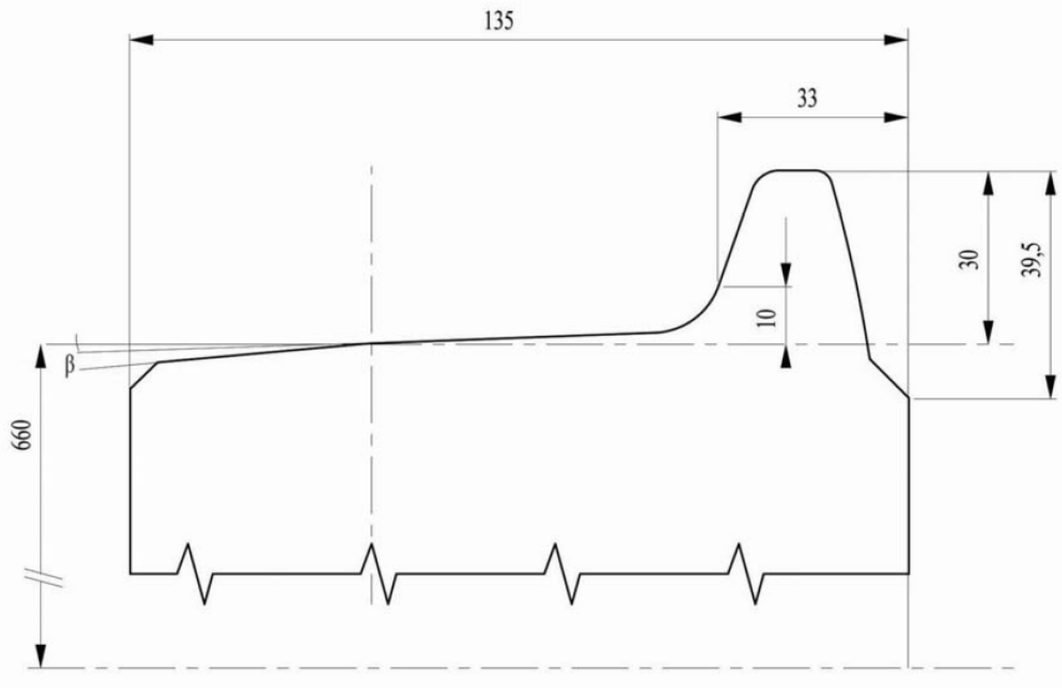


Fig. 7. Profilo di un cerchione secondo la norma UNI 3332 [39] – quote in mm.

Nel caso di Saarbrücken la realizzazione del servizio tram-treno coincideva invece con la realizzazione di *una rete tranviaria nuova*, da configurare in assoluta libertà; le autorità cittadine hanno quindi optato per la realizzazione di un *armamento a carattere ferroviario leggero*.

La rete utilizza rotaie a gola profonda di tipo Ph 37 A, il raggio minimo di curvatura è di 30 metri, la sede è rialzata di 80 mm sul piano stradale e viene usata in modo promiscuo solo occasionalmente da mezzi di emergenza o, in alcuni tratti, per l'accesso a proprietà limitrofe, mentre gli incroci sono a raso con preferenziamento semaforico.
Il profilo del cerchione adottato è di tipo *tipicamente ferroviario*, con il bordino modificato solamente alla base per permettere il transito sul cuore tranviario; questa scelta deriva dall'osservazione di un'*usura precoce* delle ruote in uso a Karlsruhe, proprio a causa dell'esiguità del bordino.

L'esempio di Saarbrücken dimostra come nel caso di nuova realizzazione della rete tranviaria, ovvero nello scenario oggi più plausibile in Europa, sia possibile adottare direttamente *profili ruota di tipo ferroviario*; questa soluzione obbliga però ad utilizzare rotaie con gola larga 60 mm, impedendo per ragioni di sicurezza il transito di biciclette nella sede. Il problema diviene quindi di tipo urbanistico e consiste nella necessità di *trovare spazi alternativi per il traffico ciclistico*, al fine di non rendere il tram ostacolo materiale all'uso di altri mezzi di trasporto. La Germania, dove le rotaie tranviarie hanno spesso dimensioni di gola rilevanti, offre buoni esempi di integrazione, con piste ciclabili diffuse e separate anche dai percorsi pedonali, ma tale scenario *non è applicabile in tutti i contesti europei*; il profilo speciale adottato a Karlsruhe riesce invece nell'intento di creare le condizioni tecniche per il servizio tram-treno mantenendo rotaie ancora compatibili con in transito di biciclette, anche se a costo di minore longevità delle ruote.

Anche lo studio della SNCF francesi per applicazioni tram-treno nella cintura parigina parte da una condizione in cui la rete tranviaria è ancora da realizzare, mentre il caso di Kassel ripercorre l'esperienza di Karlsruhe; è quindi necessaria l'analisi di ogni singolo caso, processo che può portare a differenti soluzioni o anche risolversi in verdetti negativi. Le città Europee oggi dotate di reti tranviarie storiche sono in ogni caso poche e di dimensioni medio grandi, non rispondenti allo scenario tipo di un servizio *tram-treno*.

Riassumendo, i profili ruota *studiati appositamente per un sistema tram-treno* sono due, ovvero quello in uso a Karlsruhe e quello elaborato dalle SNCF:

		Kvg Karlsruhe	*SNCF*
altezza del bordino	*mm*	31	31
larghezza della ruota	*mm*	135	135
diametro della ruota (a nuovo)	*mm*	660	630
Qr minimo (a nuovo)		6,5	6,5
distanza tra le facce interne delle ruote	*mm*	1.361	1.360
distanza tra le facce interne dei bordini	*mm*	1.380	1.380

Tabella riassuntiva delle dimensioni principali dei profili adottati dalla KVG e dalla SNCF

Tali profili derivano dal confronto con la normativa UIC 510-2, riguardante i profili ruota ferroviari, e costituiscono soluzioni percorribili senza problemi. L'altezza del bordino è in entrambi i casi di 31 mm e necessita, prevedendo l'usura delle ruote, di una gola profonda 47 mm: in presenza di un Qr di 6,5 sono necessarie larghezze di gola di 42 mm in curva e 36 mm in rettilineo, ancora compatibili con il transito di biciclette.
La larghezza del cerchione è di 135 mm, la minima prevista dalla UIC 510-2 e compatibile con l'allargamento dello scartamento in curva; con l'uso di questi profili la rete urbana può essere armata con rotaie Ri 59N, Ri 60N o con la corrispondente UNI Ir2.
In sintesi, l'applicazione di un *profilo specifico* per il tram-treno garantisce una piena operabilità sulle reti ferroviaria e tranviaria, soprattutto se quest'ultima è di nuova costruzione; in caso contrario è invece necessaria un'analisi specifica.

Tale profilo non comporta l'adozione di rotaie con gola particolarmente larga, quindi non compromette la presenza di *pedoni e ciclisti* sul tracciato, ma rende le ruote soggette a fenomeni di *usura precoce*. Rimane in ogni caso possibile anche l'adozione di *profili ferroviari*, con rotaie tranviarie a gola larga, ma solo con la *chiusura della sede a cicli e motocicli*.

Sintesi dei fattori positivi e negativi nella scelta del profilo ai fini della piena compatibilità.

profilo modificato	*profilo ferroviario*
transito in rotaie a gola tranviaria, sede condivisibile con cicli e motocicli	piena compatibilità con armamento ferroviario, minore usura del bordino
usura precoce del bordino, necessità di modifica delle controrotaie ferroviarie	necessità di rotaie a gola larga, sede non condivisibile con cicli e motocicli

5.3. La dinamica di marcia

La scelta della tipologia di rodiggio è importante in quanto *determinante* nella configurazione di tutta la struttura del veicolo, in particolare per la sua azione di vincolo nel *disegno del pianale*; allo stesso tempo il rodiggio è il principale responsabile del *comportamento dinamico* del veicolo, quindi di prestazioni, sicurezza e confort. Lo scenario di applicazione di un servizio tram-treno prevede tratti caratterizzati da dotazioni infrastrutturali e condizioni di marcia molto differenti:

A. *tratti tranviari urbani*: la circolazione avviene su armamento per sede promiscua, con rotaie a gola e scambi tranviari. La velocità di marcia è ridotta, rispondente ai valori tollerati dal codice della strada, i raggi di curvatura possono avere valori di 25, 18 o anche 15 metri ed il regime di marcia è reso irregolare da attraversamenti, intersezioni a raso, fermate frequenti ed eventuale presenza turbativa di traffico privato;

B. *tratti tranviari extraurbani o protetti*: in questi tratti la protezione della sede, abbinata all'uso di rotaie Vignole, di fermate più distanti e di sistemi di preferenziamento, permette regimi di marcia più regolari e velocità massime maggiori, nei limiti delle normative;

C. *tratti ferroviari interurbani*: la sede è di tipo ferroviario, quindi separata e dotata di segnalamento; la marcia avviene per la gran parte del tragitto alla velocità massima consentita dal gestore di rete per la classe di veicoli, fino a valori di 100-110 km/h; il tracciato presenta grandi raggi di curvatura ed armamento di tipo ferroviario. Il transito sugli scambi ed i difetti sulla superficie del fungo, derivati dal transito di materiale pesante, rendono forti le sollecitazioni sugli organi di rotolamento.

Rispetto a veicoli tranviari tradizionali o LRT, un veicolo tram-treno deve presentare un rodiggio capace di sopportare *sollecitazioni più intense*, garantendo sempre affidabilità, confort di marcia ed una *buona dinamica nell'ingresso in curva*; la natura dei carrelli rimane allo stesso tempo *tipicamente tranviaria*, causa i ridotti raggi di curvatura, la necessità di pianale ribassato ed i limiti relativi al peso per asse.

Carrelli tranviari a ruote indipendenti

L'applicazione di carrelli a ruote indipendenti nel settore tranviario ha coinciso con l'introduzione dei primi veicoli a *pianale interamente ribassato*: l'assenza dell'assile permette infatti di ricavare in corrispondenza della mezzeria del telaio un'area adeguata al transito dei passeggeri e posta *alla stessa quota del resto del pianale,* ad esempio a 350 mm *s.p.f.*

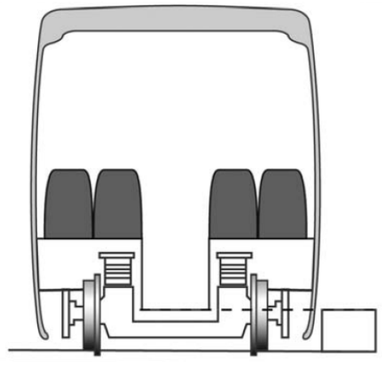


Fig. 8: Sezione di cassa con carrello a ruote indipendenti.

Nei carrelli portanti tale area si estende anche tra le ruote, nello spazio altrimenti occupato dai motori; l'ingombro delle componenti meccaniche viene spesso sfruttato come piano di appoggio per le sedute, rendendo massimo lo sfruttamento della superficie interna. Questa configurazione della struttura comporta chiaramente l'assenza del grado di libertà rotazionale tra carrello e cassa, compensato in parte dal *comportamento indipendente delle ruote* e dalla struttura della *sospensione secondaria*, ed obbliga alla struttura articolata su più casse di ridotte dimensioni tipica dei tram di ultima generazione *(Fig. 8)*.

L'accoppiamento *rigido* o *semi-rigido* tra carrello e cassa provoca inoltre una maggiore trasmissione di sollecitazioni, in particolare laterali, a scapito del confort di marcia in presenza di percorsi con raggi ridotti ed a velocità elevate; la minore libertà rotazionale del carrello provoca infine un *comportamento aggressivo* sul binario e dinamiche di *ingresso in curva* poco sicure a velocità sostenuta. In sintesi un rodiggio costituito da soli carrelli a ruote indipendenti e privi di libertà rotazionale risulta perfetto per *convogli tranviari urbani*, ma non soddisfa i requisiti di una marcia su sede ferroviaria di un servizio *tram-treno*.

Carrelli tranviari con assili

Questa tipologia di carrelli presenta *sale ferroviarie classiche* montate su telai di dimensioni ridotte, con sospensioni primarie solitamente a tamponi in gomma e secondarie elicoidali; frenatura e trazione sono, nelle realizzazioni più recenti, indipendenti per ogni asse e controllate elettronicamente. Nel campo tranviario è possibile distinguere *due tipologie principali* di carrelli con assili *(Fig.* 9*)*:

a) *carrelli con assili con libertà rotazionale:* la configurazione della struttura è quella tradizionale, simile a quella adottata in campo ferroviario pur nelle ridotte dimensioni delle singole componenti, in cui una *ralla* collega il telaio alla cassa garantendo reciproca libertà rotazionale; la struttura è capace di ospitare molte più componenti all'interno del telaio, può accogliere organi di sospensione e trazione più generosi, garantisce un ottimo inserimento in curva anche alle alte velocità ma pone il pianale ad una quota di almeno 750 mm *s.p.f.*

b) *carrelli con assili ad accoppiamento semi-rigido con la cassa:* in questo caso il carrello presenta volumi distribuiti in maniera simile ai carrelli a ruote indipendenti, in maniera tale da offrire un'area in mezzeria ad una quota solitamente pari a circa 450 mm *s.p.f.*[14]; tale soluzione, che permette di contenere il dislivello tra le diverse sezioni del pianale, garantisce una limitata rotazione relativa di cassa e carrello, con alcuni limiti rispetto a comportamento in curva e confort.

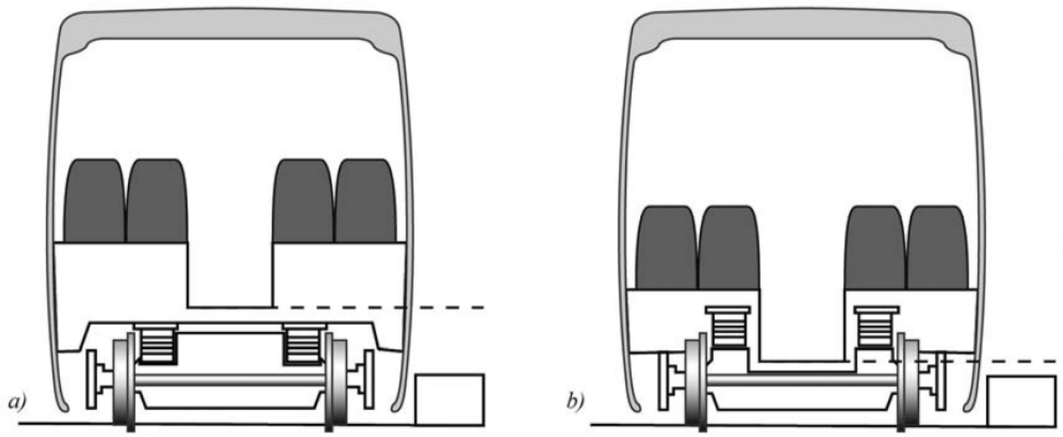


Fig. 9. Sezione di cassa con carrello ad assili ad accoppiamento a ralla (a) o semi-rigido (b).

Carrelli a singolo assile

Lo sviluppo di questa *configurazione di rodiggio* ha come scopo l'applicazione su convogli ferroviari per linee regionali o urbane, con l'obbiettivo di ridurre peso, rumore, costi, consumi e manutenzione: l'assenza di un vero telaio portante e delle componenti meccaniche che ne permettono la rotazione rispetto alla cassa rendono infatti questa tipologia di carrello, esistente sia in versione motore che portante, più leggera e meccanicamente semplice[15].

Fig. 10. Il Coradia Lirex di Alstòm.

La configurazione a singolo assile ha raggiunto maturità tecnologica con il progetto Kerf[16] di Alstòm, presentato ad Innotrans nel 2000 sul prototipo Lirex *(Fig. 10)*, ed ha trovato applicazione nella fornitura di treni suburbani per Copenhagen. I carrelli Kerf, studiati per ottimizzare l'orientamento della sala al fine di contenere usura e rumore, presentano un sistema idraulico capace di orientare automaticamente l'assile.

[14] In presenza di ruote di diametro pari a 660 mm a nuovo.

[15] Una prova approfondita delle caratteristiche di comportamento dinamico è stata effettuata da Sncf sui prototipi e le pre-serie delle A2E prodotte da Soulé e destinate al trasporto regionale in Bretagna: il carrello presentava un disegno molto semplice, con componenti solitamente in sospensione, come il cambio, trasferite sull'asse ed altre, tra cui i freni, montati su una struttura simile ad un piccolo telaio; il sistema di sospensioni era composto da due stadi, dal comportamento molto flessibile: la sospensione primaria è abbastanza rigida longitudinalmente e trasversalmente, mentre quella secondaria, situata agli angoli del piccolo telaio ed ancorata direttamente al pianale, risulta molto flessibile verticalmente e trasversalmente; attraverso tale architettura le vetture pre-serie hanno dimostrato un ottimo comportamento in tutte le situazioni previste dallo standard ORE senza pericolo di deragliamento e con una velocità massima di 120 km/h. Cfr. *Novel design of single-axle bogie*, International railway journal, Febbraio 1991.

[16] Kurvengesteuerte EinzelRadsatz-Fahrwerke.

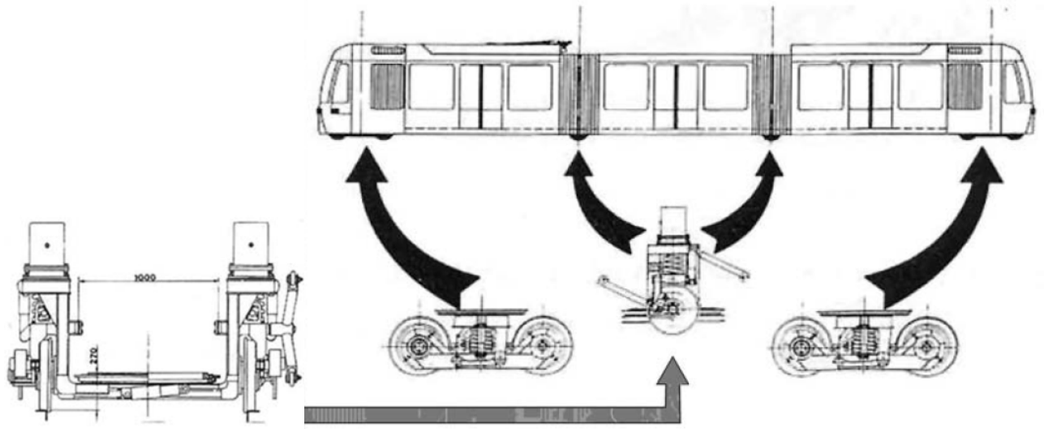


Fig. 11. Alcuni disegni dal progetto Breda del 1990 per un tram a basso costo.

Una soluzione analoga è stato sviluppata per il convoglio Yurikamome 7200 dell'*automated guideway transit* giapponese e ha dimostrato un buon comportamento sia nella simulazione numerica che nella successiva fase operativa. I carrelli a singolo assile aumentano in primo luogo l'efficienza energetica grazie alla riduzione di massa: i nuovi treni danesi sono composti da 8 casse sospese su 10 Kerf contro le 4 casse su 8 carrelli convenzionali dei vecchi[17]. Ad oggi non esistono applicazioni tranviarie di carrelli di tipo Kerf o simili, ma la loro capacità di conciliare ingombri ridotti e libertà rotazionale potrebbe risultare interessante nel caso di strutture molto articolate come quelle tranviarie. Il progetto Breda del 1990 per un tram a basso costo *(Fig. 11)* presenta in corrispondenza dell'articolazione carrelli a singola coppia di ruote indipendenti, sul modello dei carrelli utilizzati dal gruppo spagnolo Talgo, proprio per le loro doti di ingombro ridotto.

[17] Un carrello Kerf pesa il 50-60% di uno convenzionale, assicurando un risparmio sul peso totale del rodiggio compreso tra il 38% ed il 25%; la soluzione a singolo assile si rivela particolarmente interessante per il trasporto regionale e locale grazie ad efficienza energetica, minore usura, buon comportamento dinamico e soprattutto ingombro ridotto: un rodiggio Kerf pone infatti le condizioni per una maggiore libertà nel disegno delle casse.

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI CARRELLO PER UN USO TRAM-TRENO

ruote indipendenti			
	pianale a 350 mm, economie di scala, soluzione collaudata		comportamento aggressivo sul binario, basso confort a media velocità, dinamica poco regolare
ad assile con accoppiamento semi-rigido			
	pianale a 450 mm, buon comportamento a medie velocità, soluzione collaudata		basso confort a media velocità, dinamica poco regolare in ingresso in curva
ad assile con libertà rotazionale			
	ottimo comportamento dinamico, ingresso sicuro in curva, confort di marcia		pianale a 750 mm
a singolo assile			
	comportamento dinamico e livello di confort buoni, ingombro e consumo ridotti		soluzione poco diffusa, costi iniziali più alti, incognita sull'affidabilità

L'esercizio di un veicolo per un servizio *tram-treno* necessita in sintesi l'adempimento, nei limiti della natura tranviaria del prodotto, di due classi di requisiti relative al rodiggio:

- *affidabilità meccanica*: il dimensionamento delle componenti meccaniche del rodiggio deve essere adeguato ai regimi di marcia tipici dei tratti extra-ubani, con velocità alte per un veicolo tranviario e sollecitazioni agli organi di rotolamento molto forti.
- *comportamento dinamico*: la configurazione della struttura e del rodiggio deve garantire un comportamento sicuro a velocità sostenuta, con particolare attenzione alle fasi di ingresso in curva e transito sui deviatoi; allo stesso tempo risulta fondamentale garantire un alto livello di confort, data l'entità temporale degli spostamenti medi, contenendo accelerazioni laterali e sollecitazioni derivanti da difettosità del binario ferroviario.

5.4. L'EQUIPAGGIAMENTO ELETTRICO

Una motrice tranviaria è spinta generalmente da *motori elettrici trifase* controllati da un circuito di trazione; in una rete cittadina l'alimentazione del circuito avviene tramite *captazione*, viene fornita cioè

attraverso il contatto di un elemento strisciante, il *pantografo*, con un conduttore in sospensione aerea, mentre il *ritorno di corrente* avviene sulle rotaie.

La tensione in ingresso al pantografo, solitamente di 600 V cc o 750 V cc, passa attraverso un circuito di protezione ed alimenta una sezione ad alta tensione e circuiti ausiliari a media e bassa tensione:

1. *Circuito di trazione/frenatura*: questo sistema gestisce, attraverso logiche di controllo elettronico, gli inverter di trazione, l'attivazione dei reostati di frenatura elettrica o del circuito di recupero, l'impianto frenante idraulico e quello di raffreddamento;
2. *Circuiti ausiliari*: insieme di sistemi, differenti nei diversi veicoli, deputati all'alimentazione dei servizi quali guida e controllo veicolo, luci interne ed esterne, azionamento porte e climatizzazione. Si distinguono dal circuito t/f in quanto *separati* ed operanti grazie a convertitori ausiliari ridondati che forniscono corrente a *tensione inferiore* rispetto a quella di linea.

Rete ferroviaria

Questa configurazione di base risulta valida per un veicolo operante in un sistema *chiuso e definito* come quello di una rete tranviaria cittadina; il transito su reti ferroviarie comporta invece il confronto con una realtà infrastrutturale differente anche in merito alle scelte riguardanti l'alimentazione.
Mentre per le reti tranviarie urbane la scelta di una trazione elettrica e di un sistema di alimentazione a captazione si è storicamente imposta come *l'unica* compatibile con lo scenario cittadino e la natura dei veicoli, il sistema ferroviario sfrutta *diverse soluzioni* riguardo a trazione ed alimentazione in base alla natura del sevizio. Lo scenario europeo si caratterizza infatti per la presenza, quasi equamente ripartita, di linee ferroviarie *elettrificate* e *non elettrificate*; l'elettrificazione coincide solitamente con un alto sfruttamento della linea e con il transito di servizi passeggeri a lunga percorrenza, riflettendo scelte di carattere sia *tecnico* che *politico*.
La natura della rete *influenza* chiaramente il disegno dei veicoli su di essa operanti: una motrice ferroviaria per linee non elettrificate, prive cioè della linea aerea di alimentazione, può presentare:

1. *sistema di trazione Diesel*, in cui il moto viene trasferito direttamente dal motore ad un blocco di trasmissione meccanico e quindi agli organi di rotolamento; il sistema di frenatura è idraulico mentre un alternatore provvede all'alimentazione degli impianti ausiliari;
2. *sistema di trazione elettrico*, con motori elettrici alimentati da un generatore Diesel; il generatore provvede anche al fabbisogno degli impianti ausiliari mentre la frenatura può essere sia meccanica che elettrica;

Una *elettromotrice* riceve invece tutta l'energia necessaria dal circuito di alimentazione della linea aerea, cui è connessa attraverso lo strisciante del pantografo e le rotaie del binario; il sistema di frenatura è sia idraulico che elettrico, con possibile recupero dell'energia.

Un veicolo tranviario progettato per l'*uso promiscuo* sulla rete ferroviaria europea deve quindi interfacciarsi con:

1. *una considerevole porzione della rete*, in particolare di quella regionale, *priva di linea aerea;* in fase di progettazione del servizio può essere valutata l'opportunità economica e la possibilità tecnica di elettrificazione della linea, in tensione tranviaria o secondo standard ferroviario, in base alla natura presente e futura del traffico pesante locale;
2. *scelte differenti* riguardo a correnti e tensioni di alimentazione tra le diverse nazioni; in Europa sono principalmente in uso sistemi alimentati a 25 kV ca 50 Hz, 15 kV ca $16^{2/3}$ Hz, 1,5 kV cc, 3kV cc.

In queste condizioni possono essere individuati quattro ipotetici scenari relativi all'alimentazione:

1. la rete urbana ed il tratto ferroviario sono *entrambi* elettrificati con standard tranviario;
2. il servizio utilizza tratti tranviari elettrificati e linee ferroviarie *non elettrificabili*;
3. la rete ferroviaria è *già elettrificata* ed il veicolo deve interfacciarsi con *due diverse tensioni* di alimentazione aerea, urbana ed interurbana;
4. la linea utilizza una rete tranviaria e tronchi ferroviari alimentati con diverse tensioni, richiedendo al veicolo capacità di accettare *tre o più diverse tipologie di alimentazione*;

POSSIBILI CONFIGURAZIONI DI IMPIANTO.

Scenario	*Equipaggiamento*
1	600/750 V cc
1, 2, 3, 4	generatore interno
3	600/750 V cc + 15 kV $16^{2/3}$ Hz
3	600/750 V cc + 25 kV ca 50 Hz
3	600/750 V cc + 1500 V cc
3	600/750 V cc + 3000 V cc
2, 3, 4	600/750 V cc + generatore interno
4	600/750 V cc + 15 kV + 25 kV

Il configurarsi di tali scenari dipende sia dalla *situazione iniziale* del contesto sia da *scelte operate* in fase

di progettazione del servizio; in termini di prodotto ciò implica la necessità di un sistema veicolo capace di rispondere alle *diverse combinazioni di requisiti possibili*, ovvero già configurato al fine di accogliere differenti dotazioni di equipaggiamento elettrico.

Procedendo nell'analisi delle possibili configurazioni dell'equipaggiamento elettrico, con le relative implicazioni in termini di costi, ingombri e peso, si rende evidente come un *nodo fondamentale* consista nell'opportunità di mantenere il *sistema veicolo* operante per *sola captazione* o di ricorrere a sistemi di *generazione interna* di energia.

5.5. AZIONAMENTI POLITENSIONE

Un convoglio tranviario è *per definizione* un veicolo elettrico; tale soluzione tecnologica ne garantisce le doti di silenziosità ed efficienza energetica nonché le buone prestazioni ed il valore nullo di inquinamento atmosferico in loco: risulta quindi naturale trovare nell'*adeguamento degli azionamenti* la soluzione alla circolazione sotto diverse tensioni di linea. L'intervento nell'architettura di sistema si traduce nella realizzazione di un apparato capace di *convertire la tensione ferroviaria in quella tranviaria*; il sistema veicolo si presenta infatti come derivato da collaudati modelli tranviari urbani, disegnati per operare in corrente continua a 600 V o 750 V.

Un'analisi sommaria dello schema di base comune alle realizzazioni bitensione esistenti, ovvero Karlsruhe e Saarbrücken, individua:

- *sezione di commutazione:* subito alla base del pantografo il circuito prevede un commutatore per il cambio di tensione, uno scaricatore di sovratensioni e l'interruttore principale ad aria compressa. Il commutatore permette attivare o meno la *sezione di trasformazione*, in presenza di tensioni diverse da quella tranviaria; il suo azionamento è automatico e basato su un circuito di riconoscimento della tensione[18].
- *sezione di trasformazione:* schema e componenti di questa sezione variano in base alla tipologia di corrente ed al valore di tensione in arrivo; nel caso di Saarbrücken, con corrente alternata a 15 kV 16$^{2/3}$ Hz, il circuito si compone di uno stadio di trasformazione, della potenza di 660 kVA e con due secondari in uscita a 400 V e 1050 A massimi, e di due convertitori a quattro quadranti posti in parallelo, con tensione d'uscita a 750 V cc.
- *sezione di trazione ed ausiliaria:* una volta garantita in ogni condizione operativa la presenza di tensione a 600 o 750 V cc, lo schema della parte di azionamenti deputata alla trazione ed all'alimentazione dei circuiti ausiliari riflette quello di un *veicolo tranviario comune*.

Una soluzione di questo tipo è praticabile e già disponibile sul mercato: la sua applicazione comporta un aumento dei costi del veicolo, 6-7% rispetto ad un veicolo tranviario comune[19], ed un sensibile incremento del peso totale, pari a circa cinque tonnellate nel caso di Karsruhe e Saarbrücken; le componenti aggiuntive, in particolare gli apparati di trasformazione, hanno ingombri notevoli e pongono, soprattutto nell'ipotesi di un veicolo trimodale, seri problemi nel mantenimento dei limiti di sagoma.
L'utilizzo di *architetture modulari* e di *componenti comuni* all'intero settore tranviario rende l'azionamento politensione, qualora applicabile, una scelta affidabile, efficiente, sostenibile in termini di costi e manutenzione e meglio rispondente alla natura elettrica del veicolo, anche dal punto di vista dell'immagine. Unico vincolo rimane, chiaramente, la *presenza di linea aerea* su tutto il percorso o di condizioni tecniche, gestionali ed economiche tali da permetterne la realizzazione.

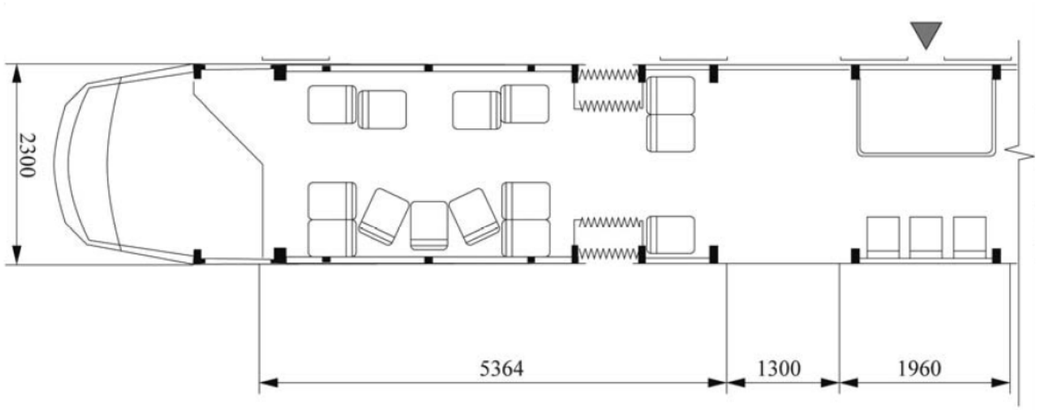


Fig. 12. Pianta del Combino Duo per Nordhausen, in evidenza l'apparato generatore - misure in mm.

Azionamento ibrido

Una rapida osservazione della tabella di sinistra**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** pone però in evidenza come l'applicazione di *sistemi di generazione interna*, affiancati al sistema di captazione e non, offra apparentemente la migliore soluzione per il variegato scenario di alimentazione di un tramtreno anche nell'ottica di una *armonizzazione dei requisiti sul mercato europeo*; allo stesso tempo però la presenza sul mercato di veicoli ibridi è molto ridotta, a riscontro della presenza di alcune *difficoltà di carattere non solamente tecnico*.

[18] Nelle prime realizzazioni tale passaggio avveniva in presenza di tratti neutri, con linea aerea non alimentata, lunghi anche 80 metri; tale condizione non sembrerebbe necessaria per i nuovi veicoli in realizzazione.

[19] aumento ipotizzato su un ordine di almeno 25 veicoli.

Un veicolo tranviario ibrido affianca alla trazione elettrica, pilotata da apparati di gestione della tensione e di frenatura, un impianto di generazione composto, oggi, da un motore Diesel con relative componenti di supporto, da un alternatore e da un raddrizzatore.

Vantaggi: un sistema di generazione interna dell'energia necessaria al veicolo lo rende chiaramente svincolato dalla presenza di linea di alimentazione aerea:

1. un solo tipo di veicolo è capace di circolare indifferentemente su tutta la rete tranviaria e ferroviaria europea, sotto tutte le tensioni di linea o in assenza di elettrificazione;
2. il prodotto è unico per qualsiasi contesto, non ci sono costi di sviluppo aggiuntivi da sostenere e sono possibili forti economie di scala;
3. in linea teorica la generazione interna rende ottimale il consumo di energia, evitando la dispersione tipica delle reti di distribuzione;
4. l'alimentazione aerea potrebbe scomparire anche nei tratti urbani, rispondendo alla diffusa, anche se discutibile, accusa di inquinamento visivo.

Limiti: il sistema veicolo rimane di natura elettrica, ma possiede anche una parte meccanica di considerevole complessità:

1. il sistema necessita di maggiore manutenzione, soprattutto nell'apparato motore, e di competenza in settori molto differenti;
2. il motore Diesel risulta penalizzante in quanto a rumore, vibrazioni, affidabilità ed ingombri rispetto ad apparati di sola natura elettrica;
3. un azionamento ibrido ha bisogno di componenti di stoccaggio dell'energia, sia in termini di serbatoio di combustibile, particolarmente ingombrante, che di accumulatori o batterie necessarie ad un'ottimale gestione dell'energia a bordo;
4. il veicolo produce inquinamento in loco e quindi, anche a fronte di un'eventuale maggiore efficienza energetica sistemica, subisce un deterioramento dell'immagine presso il pubblico;
5. l'architettura generale, composta da un *sistema di azionamento elettrico*, con o senza pantografo, e da un *impianto di generazione* risulta *complessa ed ingombrante* in relazione alla natura di un veicolo tranviario *(Fig. 12)*.

L'uso di veicoli tranviari ibridi non è molto diffuso, ma esistono alcuni esempi in cui esso si è rivelato una *scelta corretta*; la città di Sapporo, in Giappone, utilizzò tram diesel per una nuova linea già negli anni '60, *sostituendoli* però quando una maggiore quota di passeggeri rese possibile l'elettrificazione. La trazione ibrida si collega a scelte di carattere economico anche in casi molto recenti: la linea Camden-Trenton, aperta nel 2003, è stata realizzata in questa modalità in quanto l'elettrificazione dell'intero percorso di 58 km avrebbe richiesto un investimento troppo alto.

Fig. 13. Il Combino Duo in prova a Nordhausen.

Anche la rete della piccola cittadina di Nordhausen possiede dal 2003 alcuni veicoli Siemens Combino Duo[20] *(Fig. 13)*, dotati di un motore V8 da 3,9 lt[21]: i veicoli effettuano un servizio di tipo tram-treno su una linea non elettrificata, il cui adeguamento a tensione tranviaria sarebbe stato poco conveniente; una scelta simile è stata fatta anche a Kassel e si è concretizzata nell'ordine di 10 RegioCitadis di Alstòm Diesel-elettrici destinati alle corse verso Wolfhagen.

L'uso di veicoli *Diesel-elettrici* per servizio tram treno deve quindi essere valutato:

[20] Nel maggio 2004 è iniziata la circolazione dei Siemens Combino ad alimentazione Diesel-elettrica sulla linea non elettrificata tra Nordhausen ed Ilfeld; i mezzi sono dotati di un motore BMW da 3,9 litri che sviluppa 190 kW a 4000 giri al minuto, ma sono anche capaci di collegarsi automaticamente alla linea aerea a 600 V presente nel centro cittadino.

[21] L'intero sistema di generazione è alloggiato in un vano ricavato nell'area passeggeri ed appoggiato direttamente al pianale; la sua installazione ha comportato la soppressione di quattro sedute.

a) come scelta giustificata da un *rapporto costi/benefici* migliore rispetto alla totale elettrificazione di una linea;

b) come *unica soluzione* quando l'elettrificazione non è tecnicamente possibile, ad esempio per la presenza di gallerie di sagoma ridotta;

c) come *scelta sistemica* a fronte di un reale vantaggio rispetto a sistemi politensione, soprattutto nell'impianto di linee nuove; tale valutazione va effettuata in relazione ad orizzonti temporali adeguati e tenendo conto anche delle conseguenze sull'immagine del servizio.

Direzione evolutiva

Il fatto che i sistemi di azionamento ibrido possano costituire una scelta sistemica percorribile trova riscontro anche nell'interesse che tali configurazioni riscuotono nel campo della ricerca industriale e della politica comunitaria: la maturità raggiunta dalla tecnologia di alimentazione elettrica per captazione porta ad identificare in sistemi alternativi il mezzo attraverso cui ottenere maggiore efficienza energetica e minori costi per il materiale rotabile.
In sede comunitaria sono state indicate alcune linee guida per lo sviluppo della ricerca in ambito ferroviario.

- *"Creazione di standard europei che permettano interoperabilità dei mezzi ed economie di scala in fase di produzione e gestione; standard appropriati possono anche dare nuova vitalità alla ricerca tecnologica.*
- *Integrazione del sistema ferroviario con il nuovo scenario economico, caratterizzato da mobilità e commercio a distanza.*
- *Misure per il contenimento dell'inquinamento: si deve affrontare l'intero sistema di emissioni, rumore e vibrazioni prodotte dal motore e dal sistema ruota/rotaia, la trasmissione attraverso il suolo e l'aria, la trasmissione negli edifici, le modifiche all'ambiente ed all'assetto urbanistico. La ricerca attuale affronta ogni problema singolarmente, senza essere efficace; l'inquinamento elettromagnetico diventa un problema sempre più serio visto l'aumento della mole di informazioni che fanno caratterizzano l'esercizio di una linea ferroviaria.*
- *Contenimento di consumi ed emissioni: il sistema ferroviario sta perdendo competitività rispetto a gomma e aria in quanto non è riuscito ad operare gli stessi sensibili miglioramenti per quanto riguarda l'efficienza: non è più sufficiente affidarsi alla pulizia dell'energia elettrica, dimenticandosi del suo processo di generazione. L'industria ferroviaria deve interfacciarsi con i nuovi sistemi di propulsione basati su motori diesel, fuel cell e turbine a gas.*
- *Approccio sistematico al tema della sicurezza, attraverso la creazione di standard per raggiungere gli obbiettivi al minimo costo e senza sacrificare l'applicazione di nuovi materiali."*

Tale interesse ha dato vita a diversi progetti di ricerca in ambito tranviario, alcuni dei quali dedicati anche al tema dei sistemi tram-treno.

ULEV-TAP[22]

Il progetto di ricerca europeo ULEV, che ha preso il via a Karlsruhe nel 1996, ha visto coinvolti *Alstòm, Ccm, Kiepe, Imperial College, Ntua, Stcp, TTK, Turbomeca e Uwe*; lo scopo prefisso dalla TTK era quello di creare un sistema ibrido in grado di colmare il divario tra una propulsione totalmente elettrica ed una basata su motore diesel, in termini di costi ed impatto ambientale. La soluzione individuata prevedeva una *turbina a gas come generatore primario*, associata ad un *sistema meccanico di immagazzinamento di energia*.
Nell'esercizio urbano l'architettura dell'ULEV prevede che il generatore operi a regime ridotto: l'energia per la trazione viene fornita direttamente dall'accumulatore, che risponde ai picchi di potenza legati alle accelerazioni ed immagazzina energia in frenata, mentre il generatore mantiene costante la sua capacità.
Nel servizio extra-urbano le prestazioni più alte e, quindi, la maggiore potenza assorbita rendono invece necessario un *continuo apporto energetico diretto da parte del generatore,* operante a regime variabile.

Il sistema ULEV I è costituito da:

- *Accumulatore elettromeccanico EMAFER*: unità di accumulazione CCM capace, attraverso l'utilizzo di un sistema a volano, di assorbire e fornire grandi quantità di energia in maniera efficiente ed istantanea; il buon rapporto *capacità/dimensioni* e l'*elevata vita utile* distinguono il sistema dalle comuni batterie elettrochimiche.

- *Motogeneratore primario*: generatore ad alta velocità di rotazione associato ad una turbina a gas, caratterizzato da un ottimo rapporto peso/prestazioni: grazie alla presenza di magneti in ferrite al Neodimio e Boro e di un disco dal disegno non convenzionale, anche il livello di efficienza è *leggermente più alto rispetto allo standard*[23].

[22] Ultra Low Emission Vehicle - Transport with Advanced Propulsion

[23] la turbina a gas, progettata da Turbomeca, sviluppa una potenza di 50 kW, con un peso di 33 kg, un diametro di 285 mm ed una lunghezza di 660 mm; il resto dell'equipaggiamento di trazione, realizzato da Kiepe, presenta un sistema di gestione energetica particolarmente raffinato caratterizzato da un diffuso uso di elettronica;

	generatore convenzionale	*generatore ad alta velocità*
potenza	100 kW	100 kW
regime di rotazione	3000 rpm	60000 rpm
peso	600 kg	12 kg
diametro	600 mm	180 mm
profondità	950 mm	300 mm

Prestazioni del generatore ad alta velocità Ulev I

Un veicolo dismesso della rete tranviaria di Karlsruhe è stato sfruttato per alloggiare l'impianto di prova in occasione della conferenza Prosper del 2001: il veicolo ha dimostrato l'affidabilità del sistema, testato a lungo sull'anello di prova degli impianti Alstòm, e la capacità di percorrere tragitti urbani di due chilometri *senza la necessità di collegarsi alle catenarie*.

La seconda fase

Sebbene il prototipo ULEV I abbia dimostrato la validità generale di un'architettura ibrida, la sua piena operatività si è dimostrata pesantemente compromessa dal non soddisfacente comportamento della turbina a gas. Per questo motivo nel 2003 è stata avviata una seconda fase del progetto ULEV, non ancora conclusa, con lo scopo di integrare diverse tipologie di motori.
Lo scopo di ULEV II è quello di sviluppare un progetto modulare di motogeneratore primario, adattabile a diversi tipi di motore e composto di elementi rispondenti a tutti i rigidi *requisiti di costi ed affidabilità* tipici del settore trasportistico.

- *Motogeneratore primario:* le turbine a gas rappresentano una tecnologia con basse emissioni, alta efficienza ma anche scarsa affidabilità, alti costi ed eccessivo rumore; il team di progetto ha quindi analizzato altri sistemi motori a bassa emissione, come i moderni diesel ad iniezione diretta multivalvole, i motori basati su CNG, LPG ed E8524, tutti capaci di alta efficienza anche a freddo[25];

- *Unità di accumulazione:* in fase preliminare sono state analizzate le possibili soluzioni alternative rispetto al volano già sviluppato nell'ULEV I: un sistema basato su ultracapacitori presenta densità di energia troppo bassa, mentre le batterie presentano una vita utile insufficiente. In un'ottica di breve periodo la soluzione migliore rimane quella dell'accumulatore elettromeccanico; il componente sviluppato nell'ULEV II presenta i seguenti vantaggi:

  - *efficienza globale aumentata dell'80-90%;*
  - *riduzione di volume e peso del 70% rispetto all'EMAFER;*
  - *maggiore compatibilità di voltaggio, da 420 a 1050 V;*
  - *rispondenza alle esigenze di esercizio, anche in termini di sicurezza.*

- *Unità di controllo principale:* l'architettura dell'equipaggiamento di trazione è stata ridisegnata sulla base dell'ULEV I al fine di ottimizzare la gestione nell'esercizio reale: sono state elaborate due diverse strategie di gestione per la marcia sotto rete aerea ed ibrida[26].

Il progetto è ancora in fase di sviluppo e si dovrebbe concludere nel 2005 con la presentazione di un'architettura completa adattata alla struttura del modello Avanto di Siemens; la prevista realizzazione di un prototipo funzionante non avrà invece luogo a causa della *diminuzione dei fondi a disposizione*. In sintesi il sistema ULEV costituisce una soluzione raffinata capace di aumentare radicalmente l'efficienza del sistema di trazione di un veicolo tranviario, sia interfacciandosi con alimentazione aerea che operando in modalità ibrida; la modularità delle componenti offre totale libertà nella scelta del tipo di motore, mentre la scelta dell'Avanto come piattaforma di riferimento manifesta come il *tram-treno* sia l'applicazione di riferimento per una simile architettura; rimangono come incognite la possibilità di industrializzazione, i costi di produzione e di manutenzione di un apparato così complesso.

THALES

Il progetto Thales nasce da una joint-venture tra *Scnf, Inrets, Alstòm, Connex, Edf* e *Ratp* ed ha lo scopo di creare un sistema tranviario privo di catenarie, sfruttando la tecnologia degli *ultracapacitori*, capace di associare l'eliminazione delle linee aeree di contatto con una forte riduzione dei costi di costruzione, esercizio e manutenzione. Il concetto base è riassumibile in due punti:

- *immagazzinamento di energia a bordo*: un sistema di ultracapacitori è in grado di immagazzinare una certa quantità di energia, di restituirla in maniera adeguata all'azionamento e di ricaricarsi in tempi molto brevi;
- *strutture di ricarica rapida alle fermate*: la trazione avviene tramite la sola energia immagazzinata dagli ultracapacitori, che vengono ricaricati in corrispondenza delle fermate in tempi analoghi a

[24] miscela di etanolo, metanolo e gasolio

[25] l'implementazione di tecnologie totalmente nuove, come la propulsione ad idrogeno o tramite fuel cell, non viene inserita tra le priorità del progetto a causa dell'ancora embrionale stato di avanzamento;

[26] Con captazione di energia dalla linea aerea il circuito regola la potenza assorbita in base alla richiesta da parte degli inverter di trazione ed alla disponibilità nell'accumulatore; in marcia ibrida invece la logica di controllo sfrutta l'accumulatore per compensare richieste di energia maggiori rispetto a quanto prodotto dal generatore, che opera a regime costante, o per immagazzinare il surplus in regime di marcia lenta ed in frenata.

quelli di una normale sosta; in questo modo il sistema di accumulazione può mantenere dimensioni compatibili con la struttura del veicolo.

Il progetto Thales è *fortemente incentrato sui sistemi tram-treno*: l'assenza di contatto con fonti di alimentazione durante il moto riduce la complessità dell'infrastruttura ed elimina i problemi relativi alla differente alimentazione. Il sistema di gestione dell'energia, dotato di sistemi di recupero in frenata con efficienze del 90%, mantiene minima la capacità necessaria a bordo e quindi numero ed ingombro dei capacitori. L'affidabilità la tecnologia degli ultracapacitori è ancora da determinare, ma promette piena operatività alle basse temperature, centinaia di migliaia di *cicli di carica-scarica* utili e dimensioni ridotte per i singoli componenti, che possono essere disposti liberamente in tutto il veicolo.

Il sistema Thales si classifica in sintesi non tanto come un sistema ibrido, quanto come *un'architettura di azionamento e gestione energetica alternativa*; rimangono però incognite la reale affidabilità degli ultracapacitori in esercizio e soprattutto la struttura, non ancora progettata, degli *impianti di ricarica rapida*, che potrebbero rilevarsi addirittura più complessi della tradizionale rete aerea; unico punto realmente interessante del Thales sembra essere l'efficienza e la *flessibilità negli ingombri della rete di ultracapacitori*.

In presenza di una molteplicità di configurazioni infrastrutturali e di soluzioni tecniche possibili, la scelta di una soluzione dipende quindi da variabili *tipiche di ogni singolo contesto*. L'unica *risposta coerente* è la modularità di sistema: una piattaforma prodotto che preveda applicazioni *tram-treno* dovrebbe essere ottimizzata per l'applicazione di tutte le soluzioni valide, presenti e future, relative all'alimentazione. L'architettura del veicolo deve quindi prevedere spazi capaci di alloggiare diversi tipologie di componenti, risolvendo due ordini di problemi:

1. *ingombri:* le diverse componenti hanno solitamente dimensioni importanti e geometrie differenti; vanno quindi trovate soluzioni di installazione che garantiscano piena funzionalità senza sottrarre spazio al vano passeggeri;
2. *strutture:* il considerevole peso tipico degli equipaggiamenti rende necessaria l'analisi del loro posizionamento, anche in relazione alle modifiche sulla struttura del veicolo e sulla distribuzione dei pesi.

5.6. ACCESSO IN VETTURA

Non va dimenticato come l'*efficacia* di un servizio tram-treno, ovvero la sua capacità di effettuare un servizio a carattere regionale con un *alto numero di fermate* e *buona velocità commerciale*, risieda anche nel contenere al minimo i tempi di salita e discesa. Il progetto dell'*interfaccia di accesso in vettura* deve quindi mirare all'ottenimento di dinamiche di movimentazione passeggeri *sia rapide che agevoli* a tutte le tipologie di passeggeri: in campo tranviario tutto ciò è stato ottenuto, in tempi abbastanza recenti, grazie al *pianale ribassato*. Nel caso di un servizio tram-treno il veicolo è però chiamato ad interfacciarsi con *differenti geometrie di banchina*, in risposta a diversi *standard*, rendendo più complessa la soluzione del problema.

Interfaccia tra veicolo e banchina

La natura promiscua del servizio fa sì che il veicolo debba relazionarsi con due contesti, quello ferroviario e quello tranviario, differenti anche per la geometria delle infrastrutture di accesso: il problema nasce dalla diversa *sagoma limite*, dalle differenti quote tipiche delle rispettive banchine e dai limiti posti alla loro modifica da un transito *non esclusivo*.

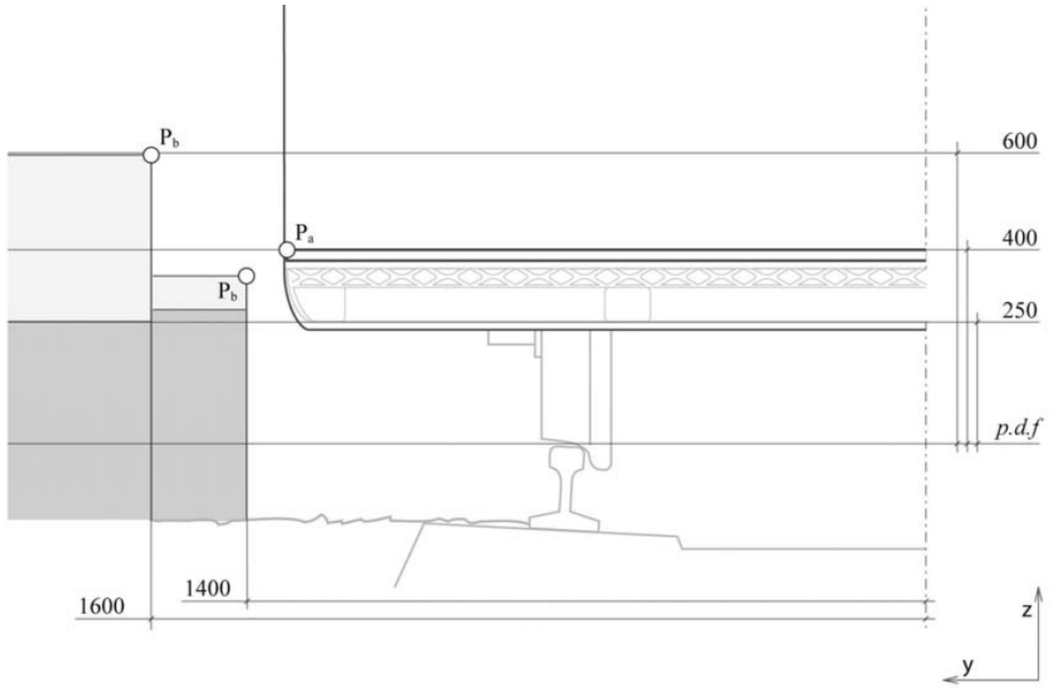


Fig. 14. Schema riassuntivo delle possibili geometrie caratteristiche delle banchine in ambito ferroviario e tranviario in relazione allo scenario di un servizio tram-treno.

Al fine di analizzare *la natura geometrica* dell'interfaccia veicolo banchina verrà assunto come riferimento P_a il punto corrispondente in sezione alla *soglia di accesso* al veicolo *(Fig. 14)*; la posizione degli elementi verrà definita in rapporto alla quota di *mezzeria del binario* posta sul piano del ferro; in tale sistema P_a si pone ad una quota orizzontale compresa tra 1200 e 1325 mm ed ad altezza variabile a partire da un valore di 400mm[27].

Il secondo elemento di riferimento è il punto P_b, corrispondente in sezione al *ciglio della banchina*: la sua

[27] Tale altezza di pavimento è resa necessaria dal maggiore franco richiesto dalla presenza di apparecchiature di binario tra cui, in particolare, i *coccodrilli* della Sncf.

quota orizzontale varia da 1205 a 1330 mm dalla mezzeria nelle fermate tranviarie ed è di almeno 1650 mm nelle stazioni. L'altezza di P_b sul *p.d.f.* è invece un dato variabile senza soluzione di continuità a causa della infinita varietà di tipologie di banchina sia in campo tranviario che, soprattutto, in quello ferroviario.

Banchina tranviaria: l'integrazione nel tessuto stradale cittadino rende la fermata tranviaria una struttura molto simile ad un semplice marciapiede; si tratta spesso di sezioni specializzate dei passaggi pedonali, protese verso la sede stradale per creare *continuità col veicolo*, dotate di arredi, segnaletica verticale e pavimentazione con indicatori tattili. La distanza di P_b dalla mezzeria di binario è pari alla metà della larghezza del rotabile in esercizio, con un franco solitamente pari a 50 mm [69]; il valore maggiormente variabile è invece quello relativo all'altezza di P_b: essa può variare dalla quota nulla, in totale assenza di strutture di fermata, ad una massima di 350 mm, ancora compatibile con un contesto urbano. Valori più elevati, come ad esempio quelli tipici del *Metrolink* o del primo progetto del Jumbotram milanese, rappresenterebbero l'inserimento di *punti di discontinuità* nella fruibilità pedonale dello spazio; quote elevate sarebbero inoltre incompatibili con la *circolazione di vetture a pianale alto*, di vecchia concezione, dotate di gradini, pedane mobili, porte a soffietto o altre componenti fuori sagoma. Nel caso di un servizio di tipo *tram-treno*, riferendosi alle considerazioni effettuate sul contesto di implementazione, è possibile applicare due *ipotesi semplificative*:

1. le vetture tranviarie utilizzate presenteranno, con molta probabilità, una *larghezza di 2650 mm*: ciò permetterebbe l'adozione di configurazioni 2+2 per le sedute e la *riduzione massima* del gap orizzontale da colmare tra veicolo e banchina ferroviaria;
2. la linea, di *nuova concezione*, presenterà ad ogni fermata banchine progettate per un accesso ottimale; il transito di veicoli tranviari per servizio urbano sarà rappresentato *solamente da rotabili di nuova generazione*, con pavimento a 350 mm s.p.f.;

mediante tali ipotesi la posizione del punto P_b è fissata a 1330 mm in orizzontale e compresa tra 280 e 350 mm in verticale.

Banchina ferroviaria: le strutture di accesso al veicolo in sede ferroviaria presentano una pressoché infinita varietà di geometrie, tanto da non risultare propriamente analizzabili. Grazie alla definizione di una unica sagoma limite UIC valida su tutto il territorio europeo, alla quota orizzontale di P_b può essere attribuito il valore di 1600 mm, indicato nelle nuove normative di riferimento e già riscontrabile nelle nuove realizzazioni; difficilmente inoltre banchine ferroviarie presentano distanze dall'interasse maggiori. La quota orizzontale risulta invece variabile senza soluzione di continuità da un minimo di 250 mm s.p.f. delle vecchie banchine F.S. ai 900 mm s.p.f. di alcuni marciapiedi di stazione inglesi o tedeschi. Anche in questo caso è possibile *ridurre* l'intervallo di valori possibili in base a considerazioni relative allo scenario:

1. le banchine presenti sulle linee ferroviarie secondarie presentano solitamente una quota minore di 500 mm s.p.f., mentre quote maggiori sono associate alla presenza di *treni a lunga percorrenza ed alta velocità*;
2. un eventuale aggiornamento delle infrastrutture dovrà fare riferimento alla normativa vigente [44] in ambito europeo, la quale indica una quota di 550 mm s.p.f.; in alcune realizzazioni recenti, principalmente a carattere urbano e suburbano, è stata adottata la quota di 600 mm;

Il riferimento P_b risulta quindi posto ad una quota verticale variabile tra 250 e 600 mm, sempre a 1600 mm dalla mezzeria. In sintesi, si individuano due diversi luoghi di punti P_b attraverso cui rappresentare le possibili geometrie di interfaccia con cui un veicolo *tram-treno* deve relazionarsi.

Risulta evidente come realizzare un facile accesso in vettura sia critico nel caso di un servizio di tipo *tram-treno*: entrare in un veicolo tranviario a pavimento ribassato in presenza di una banchina ferroviaria può significare, ad esempio, superare un dislivello verticale di 200 mm ed una distanza orizzontale di 275 mm.

Una tale dinamica non è chiaramente adeguata all'incarrozzamento di passeggeri in buone condizioni fisiche, tanto meno per anziani o diversamente abili in carrozzella; la normativa [45] individua come l'accesso ottimale venga realizzato attraverso "*dimensioni di rotabile e banchina che, in condizioni normali*[28]*, soddisfino le seguenti condizioni:*

1. *la distanza fra la soglia della porta e l'orlo della banchina, con il rotabile in posizione centrata rispetto alla mezzeria del binario, non sia maggiore di 70 mm (a differenza di quanto prescritto dalla UNI 7156);*
2. *il dislivello fra la soglia della porta e il piano della banchina sia sempre compreso fra +50 mm e -20 mm."*

I sistemi attualmente in esercizio non *presentano soluzioni particolarmente interessanti*, anche perché caratterizzati da tipologie di veicolo e di banchina ferroviaria particolari: sia Karlsruhe che Saarbrücken presentano piattaforme ferroviarie a 380 mm *s.p.f.*, come da norma EBO per le ferrovie regionali.

I veicoli a pianale ribassato di Karlsruhe[29] presentano una *pedana mobile* che fuoriesce dal sottocassa andando a *colmare la distanza* tra soglia e banchina alla quota di 400 mm, mentre il pavimento è posto a 580 mm: l'accesso avviene quindi, sia in contesto urbano che suburbano, attraverso un *gradino*, mentre per i passeggeri in carrozzella è prevista una *rampa mobile installata a mano* dal conducente.

[28] per condizione *normale* si intende la condizione in cui tutte le parti sia del rotabile sia del sistema funzionano correttamente e rispettano le tolleranze di manutenzione.

[29] I Duewag GT8-100D con pianale ribassato al 50% ed accesso a 580 mm; i vecchi GT8-100C, i quali hanno il pavimento posto a 1000 mm con ben tre gradini più uno mobile per l'accesso, non vengono esaminati in quanto dotati di una struttura di vecchia concezione.

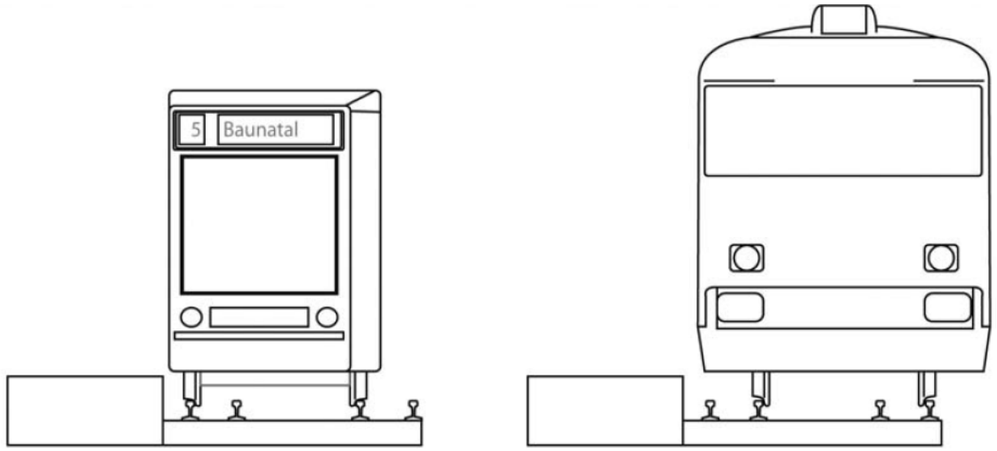


Fig. 15. Schema di banchina di fermata a binari compenetrati.

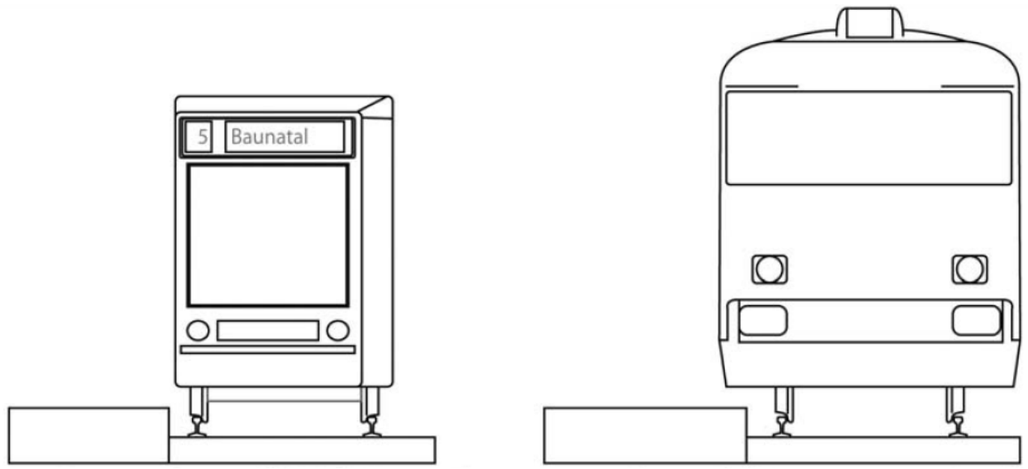


Fig. 16. Schema di banchina di fermata suburbana ordinaria.

Il tram di Saarbrücken, di più recente progettazione, presenta invece il pavimento posto in corrispondenza delle porte a 400 mm *s.p.f.,* permettendo l'*accesso a raso* sia in ambito urbano, con banchine alte 380 mm, che suburbano, tramite *una pedana mobile*, sempre a 380 mm *s.p.f.*
Le soluzioni adottate a Kassel sono invece più originali e *maggiormente indicative della criticità del problema*; i tram utilizzati sulla Kassel-Baunatal sono larghi 2300 mm, quindi distanti 495 mm dalla banchina ferroviaria, ed alti solo 300 mm in corrispondenza delle porte; dato che la linea della KNE è *a binario unico* ed adibita al *solo trasporto merci*, sono state adottate due differenti soluzioni:

1. *Fermate sede di raddoppio di binario:* le due fermate interessate da raddoppio presentano un ramo con binario adibito al solo transito tranviario, con relativa banchina, e l'altro promiscuo *attrezzato con quattro rotaie*. Come illustrato in seguito *(Fig.* 15*)*, le quattro rotaie formano due binari compenetrati: il primo è adibito al transito tranviario e permette l'accostamento del veicolo ad una banchina dedicata, l'altro permette il transito di treni merci ad *adeguata distanza di sicurezza* dalla banchina stessa.
2. *Fermate semplici:* le banchine sono poste su entrambi i lati e realizzate a un'altezza di 115 mm *s.p.f.*, tale da risultare c*ompatibile con la parte inferiore della sagoma ferroviaria*, e poste ad una distanza tale da consentire l'incarrozzamento nei tram.

In altri termini la banchina si spinge al di sotto della sagoma ferroviaria per raggiungere la soglia del tram, venendo quindi parzialmente ricoperta al passaggio dei convogli ferroviari *(Fig. 16)*: tale dinamica è *altamente pericolosa*. Le fermate sono dotate di segnaletica tattile, visiva e sonora mentre la velocità dei convogli merci viene ridotta, ma la soluzione rimane un compromesso rischioso ed *improponibile per applicazione diffusa*.

In sintesi il *problema dell'incarrozzamento*, nell'ottica di una maggiore diffusione dei sistemi *tram-treno* e dell'applicazione delle recenti norme in materia di banchine ferroviarie, appare ancora *non risolto in maniera adeguata*; allo stesso tempo la *qualità dell'accesso*, la sua *rapidità* e la disponibilità a qualsiasi categoria di utenza sono fattori di *primaria importanza* per garantire efficacia e qualità al nuovo servizio.

5.7. SICUREZZA

La circolazione di *mezzi leggeri* su tratte ferroviarie interessate anche da traffico pesante pone in evidenza un grosso *interrogativo*, quello riguardante la *sicurezza*: un eventuale urto tra un veicolo tranviario urbano ed una motrice ferroviaria *sarebbe chiaramente disastroso*.

Come già accennato precedentemente, la strategia adottata a Karlsruhe consiste nel *garantire un alto livello di sicurezza* del sistema incrementando la sua *componente attiva*, ovvero riducendo drasticamente la *probabilità* di un urto.
Tale decisione, rivelatasi efficace sia al giudizio degli enti normativi che alla prova dei fatti[30], deriva

[30] Sia a Karlsruhe che a Saarbrücken e Kassel non si sono mai registrati incidenti relazionabili alla condivisione di binario.

dall'osservazione delle *caratteristiche* di un veicolo tranviario: mentre la struttura, causa dimensioni e peso ridotti, non può offrire prestazioni di *resistenza agli urti* adatte al contesto ferroviario, *le doti di decelerazione e frenatura sono eccellenti*.

Sicurezza attiva

Si definisce come *sicurezza attiva* la capacità, relativa a veicolo e sistema infrastrutturale, di ridurre al minimo la probabilità di incidenti; essa si realizza principalmente attraverso *dotazioni di rete*, ovvero sistemi di segnalamento, e *dotazioni di veicolo*, cioè interfacce per il segnalamento e sistemi di frenatura.
Nel caso del *tram-treno* i due contesti operativi, tranviario e ferroviario, vanno distinti nettamente: nella rete urbana infatti il regime di marcia è a vista, privo di segnalamento e *tipicamente tranviario,* ed il livello di sicurezza attiva del veicolo dipende dalle sue prestazioni in frenata. In contesto ferroviario la sicurezza del convoglio deve invece essere affidata sia all'impianto frenante che, soprattutto, alla capacità di interfacciarsi correttamente con il *sistema di segnalamento*.
Attraverso diverse tipologie di apparecchi di binario il sistema rileva *posizione e velocità* di ogni convoglio presente sulla rete ed indica al macchinista, attraverso *segnali codificati*, un regime di marcia tale da garantire una *distanza di sicurezza*.

I segnali vengono visualizzati sia dai semafori in linea che ripetuti all'interno della cabina, mentre un sistema di protezione *(ATP)* provvede alla *frenatura automatica* del convoglio nel caso in cui le prescrizioni non vengano rispettate.

Il rilevamento della posizione e della velocità dei convogli avviene creando segmenti isolati di binario dotati di circuiti che vengono chiusi al passaggio di un treno.

In campo ferroviario tali segmenti hanno dimensioni e posizioni definite, creando un sistema a *blocco fisso* caratterizzato dalla disponibilità di dati ad intervalli discreti[31].

Un veicolo tranviario adeguato a *circolazione promiscua* deve presentare tutte le dotazioni necessarie per interfacciarsi col sistema di segnalamento, con ripetizione dei segnali in cabina e blocco automatico *(ATP)*, ancor più in considerazione delle sue scarse doti di sicurezza passiva. La rete ferroviaria europea non si presenta però, ancora una volta, omogenea riguardo ai sistemi di segnalamento; data la natura degli impianti risulta comunque semplice dotare il veicolo di un sistema di segnalamento corrispondente allo standard richiesto da ogni singola rete.

[31] Sistemi più raffinati a blocco mobile, ad esempio in campo metropolitano, utilizzano invece tecnologie capaci di descrivere lo stato di ogni singolo convoglio in maniera continua: maggiore è la precisione di posizionamento, migliore risulta infatti l'ottimizzazione della marcia di tutti i convogli presenti sulla rete.

Unione Europea, UIC ed UNIFE stanno a questo proposito lavorando alla definizione del *nuovo protocollo unitario ERTMS (European Rail Traffic Management System),* composto dal sistema di segnalamento *ETCS (European Train Control System)* e dalla nuova architettura *GSM-R* per le comunicazioni radio[32]. Per quanto riguarda i sistemi *tram-treno* è dunque possibile ipotizzare in tempi brevi l'adozione del sistema *ETCS* in configurazione di *primo livello*, unitamente all'utilizzo dell'architettura *GSM-R* per le comunicazioni radio sia in ambito ferroviario che tranviario.

Requisiti del sistema di frenatura secondo lo standard E 13452-1

L'altro grande parametro relativo alla sicurezza attiva è rappresentato dalle prestazioni in frenata; la norma EN 1342-1 specifica i valori minimi per tram e metropolitane leggere operanti su tracciati separati e dotati di segnalamento, quindi può essere ritenuta applicabile anche nel caso del *tram-treno* . La normativa prevede la definizione di tre diverse classi di frenata:

1. *Frenata di servizio:* utilizzata normalmente dal conducente per controllare la velocità del convoglio ed effettuare le fermate;
2. *Frenata d'emergenza:* modalità capace dei valori massimi di decelerazione, prevista al fine di massimizzare la sicurezza di passeggeri, equipaggio e persone a terra;
3. *Frenata di soccorso:* operata attraverso un impianto totalmente indipendente sia dal punto di vista idraulico che elettrico, è collegata anche al dispositivo *uomo-morto*.

Sicurezza passiva

Ridurre al minimo la *probabilità di sinistri* attraverso l'incremento delle prestazioni in frenata ed il segnalamento *non elimina* la necessità di una struttura veicolo capace, in caso di urto, di garantire adeguata protezione a passeggeri e personale di bordo. L'introduzione di veicoli leggeri su reti ferroviarie porta a confrontarsi con una normativa che, in merito alla sicurezza passiva, richiede una *resistenza al tamponamento di 1500 kN*: ottenere una tale rigidità su un veicolo tranviario non è possibile se non a fronte di un *inaccettabile aumento di peso*.
Allo stesso tempo i valori di 200 kN e 400 kN tipici dei veicoli tranviari urbani *non sono ammissibili* per reti ferroviarie, neanche a fronte del già descritto alto livello di sicurezza attiva: il compromesso ottenuto per le reti tedesche indica nel valore di 600 kN un *nuovo possibile standard* per applicazioni tranviarie suburbane su tratte promiscue.

[32] http://www.ertms.com

Attualmente è la norma EN12663 ad indicare, attraverso cinque diverse classi, i requisiti strutturali dei veicoli ferroviari, tra cui i valori di resistenza a tamponamento in corrispondenza dei respingenti o degli accoppiatori:

P-I	*carrozze e locomotori*	2000 kN
P-II	*unità a composizione fissa*	1500 kN
P-III	v*eicoli ferroviari metropolitani e sotterranei*	800 kN
P-IV	*metropolitane leggere e veicoli tranviari pesanti*	400 kN
P-V	*veicoli tranviari urbani*	200 kN

Valori di resistenza a tamponamento secondo la EN12663

Progetto Safetram

La scarsa copertura del settore tranviario da parte della norma EN12663 e la necessità di un approccio più integrato a livello europeo, anche in relazione all'emergere di *nuovi temi come quello del tram-treno*, ha condotto all'avvio del progetto *Safetram*. Obiettivo del progetto è fornire un *parametro tecnologico volto alla definizione di nuovi standard di sicurezza passiva applicati ai veicoli tranviari*; lo studio delle dinamiche di impatto, attraverso modelli matematici e test dinamici, è cioè volto alla *progettazione di due differenti tipologie di strutture di riferimento* per le estremità di veicoli urbani e suburbani. L'elaborazione degli scenari di collisione per veicoli tranviari suburbani, causa la ancora scarsa diffusione di questa tipologia di servizio, si è basata sull'archivio ERRI B205 relativo a quasi 600 incidenti avvenuti sulle ferrovie regionali di Francia e Germania.

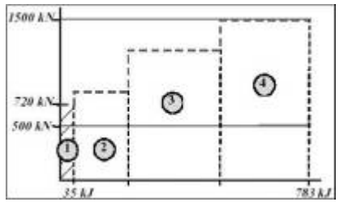
	Scenario	*Velocità (km/h)*	*Energia (MJ)*
P1	tram contro camion	40	0,78
P2	tram contro vagone	25	0,79
P3	tram contro treno – 129 t	22	0,78
P4	tram contro analogo	36	1,31

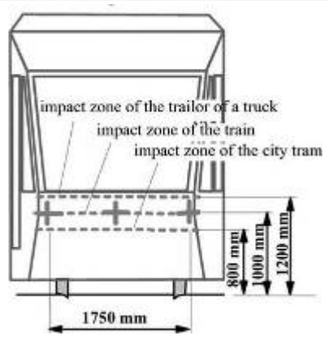
Scenari di collisione previsti per un tram suburbano

Il processo di definizione è partito dallo studio delle normative vigenti, in Europa e stati Uniti, riguardo a *resistenza agli urti* nei campi ferroviario, tranviario ed automobilistico; sono state quindi definite *specifiche di progetto* relative a vincoli geometrici, massima entità di impatto tollerabile, massima deformazione ammissibile ed interfaccia con l'elemento di collisione.

		requisiti prestazionali			*requisiti di confort*		
classe di frenata		servizio	emergenza	soccorso	servizio	emergenza	soccorso
RETE URBANA	decelerazione min (m/s²)	0 – 1,2	2,8	1			
	tempo di risposta max (s)	1,5	0,85	2			
	decelerazione max (m/s²)				2	4	4
	jerk max (m/s³)				1,5	8	4
RETE FERROVIARIA	decelerazione min (m/s²)	0 – 1	1	0,7			
	tempo di risposta max (s)	1,5	1	1			
	decelerazione max (m/s²)				2	2,5	2,5
	jerk max (m/s³)				1,2	4	4

REQUISITI DI PROGETTO PER UN TRAM SUBURBANO, SAFETRAM

CLASSE DI REQUISITO	DESCRIZIONE
sistema antisormonto	i dispositivi antisormonto devono resistere a forze verticali fino a 150 kN, spostamenti verticali fino a 50 mm, essere compatibili con i respingenti dei vagoni merci ferroviari.
prevenzione intrusione	l'intrusione di elementi interni nell'area passeggeri è evitata grazie al limitato valore di decelerazione, presente in tutti gli scenari di collisione ed inferiore alla capacità dei sistemi di fissaggio delle apparecchiature.
assorbimento di energia	il veicolo dovrebbe assorbire l'energia relativa ad ogni singola configurazione di scenario in maniera controllata; il collasso strutturale deve quindi essere confinato in aree designate della struttura, preservando lo spazio vitale di equipaggio e passeggeri. La resistenza longitudinale a tamponamento è di 600 kN, la massima intensità di impatto tollerata pari a 1500 kN. 
contenimento decelerazione	la decelerazione ipotizzata in tutti gli scenari non supera il valore di 3g, quindi è ammissibile una progettazione secondo un criterio di 5g.

prevenzione deragliamento	il rischio di deragliamento va contenuto facendo si che l'urto di ostacoli sul binario non provochi il distacco tra carrelli e cassa. Per i tram suburbani non risulta necessario adottare un deflettore di ostacoli di tipo ferroviario se il franco tra pianale e piano del ferro è limitato; risulta in questo caso sufficiente un deflettore di tipo tranviario.
compatibilità	la struttura va configurata in base a diverse possibili coordinate verticali della zona d'impatto 
Visibilità	un ostacolo alto 1,2 m sul *p.d.f.* e distante 0,3 m dal fronte del veicolo deve essere visibile.
area di sopravvivenza	il veicolo deve salvaguardare lo spazio di sopravvivenza ed impedire intrusioni: la distanza tra banco di manovra e sedile non deve scendere al di sotto di 300 mm, oppure la distanza tra il banco di manovra e la parete posteriore della cabina non deve essere minore di 750 mm.
posizionamento accoppiatore	l'accoppiatore può anche non contribuire all'assorbimento di energia, ma la sua disposizione non deve in ogni caso impedire il corretto funzionamento degli altri elementi preposti; esso dovrebbe essere utilizzato come interfaccia in caso di urto con treno con accoppiatore centrale.
altri requisiti	deve essere previsto lo spazio per l'installazione dell'impianto radio ed il livello del pavimento della cabina conseguentemente specificato.

5.8. FUNZIONALITÀ E SPAZIO INTERNO

La dinamica di servizio di un veicolo per il servizio *tram-treno* presenta caratteri differenti sia rispetto all'esercizio su rete tranviaria urbana che a quello di una linea ferroviaria regionale; dalle esperienze dei sistemi esistenti e dall'analisi della *configurazione tipica del percorso* è possibile individuare due principali classi di utenza:

1. *passeggeri a medio e lungo raggio:* la lunghezza di percorso tipica di un servizio tram-treno fa sì che esso vada ad intercettare una domanda di spostamento tra differenti centri di un'area regionale; il tempo di permanenza sul veicolo è alto, spesso superiore ai trenta minuti, ed implica accorgimenti quali:
   a. un *livello di confort* alto, ottenibile tramite l'uso esteso di sedute in configurazione 2+2;
   b. contenimento di *accelerazioni e rumore*, soprattutto nei tratti extra-urbani;
   c. *aree dedicate* alla lunga permanenza, lontane dalle porte e da altri punti di transito sostenuto; *arredi adeguati*, sedute confortevoli e portapacchi;
   d. *emettitrici automatiche* e servizi avanzati di *infomobilità*;
   e. aree per il trasporto di *biciclette* ed almeno due *postazioni per carrozzella*;
   f. installazione, se necessario, di *ritirata chimica*;
   g. possibile presenza di servizi quali *bistrot* o *distributori automatici*;

2. *passeggeri a corto raggio:* un servizio tram-treno attraversa centri abitati di varie dimensioni, quindi accoglie anche spostamenti di tipo urbano in una quota proporzionale all'estensione dei tratti tranviari; è quindi necessario prevedere:
   a. *aree di sosta breve, libere e dotate di elementi di sostegno; per una maggiore flessibilità è possibile utilizzare in queste aree elementi quali sedute retrattili;*
   b. *buona accessibilità, ottenuta attraverso un buon numero di porte, alcune delle quali di larghezza 1300 mm, con tempi di apertura e chiusura brevi.*

In termini progettuali tali requisiti si riassumono nella necessità di uno spazio interno libero, flessibile e continuo, tale da non presentare alcun ostacolo alla libera disposizione degli elementi; il veicolo dovrebbe presentare la massima larghezza consentita, 2.650 mm, e rendere massima la quota di superficie sfruttabile.

Sintesi dei requisiti

L'insieme delle problematiche finora analizzate può essere sintetizzato in una serie di requisiti funzionali, prestazionali e relativi al sistema prodotto; questa operazione ha lo scopo di generare un sistema di giudizio applicabile alle soluzioni attualmente presenti sul mercato e capace di evidenziare aree significative di intervento. Vanno a questo proposito espresse due premesse metodologiche:

1. Si tratta chiaramente di requisiti di carattere *qualitativo e generico* in quanto relativi al *sistema prodotto*: data la variabilità degli scenari di un servizio tram-treno non è infatti opportuno giudicare l'idoneità di *singole soluzioni* quanto la capacità dell'*intera piattaforma* di adattarsi nella maniera migliore ai *diversi casi possibili*;
2. I requisiti elencati riguardano *esclusivamente* le funzionalità e prestazioni relative alla *circolazione promiscua* su tratte ferroviarie e tranviarie; non vengono quindi esplicitati i requisiti tipici *di un veicolo tranviario generico*: la loro soddisfazione viene ritenuta in ogni caso necessaria *quando non in conflitto* con i requisiti specifici del *tram-treno*;

I diversi requisiti sono organizzati secondo macrocategorie e nascono dal *confronto con lo stato dell'arte* relativo ai *sistemi oggi operativi*, ovvero Karlsruhe, Saarbrücken, Kassel e Nordhausen, ed al *materiale rotabile in esercizio.* I *requisiti funzionali di primo livello* rappresentano l'insieme delle *condizioni necessarie e vincolanti* per un veicolo operante in contesto promiscuo, esprimendo prestazioni di *livello base*.

ELENCO DEI REQUISITI FUNZIONALI DI SECONDO LIVELLO, OVVERO RELATIVI ALLA QUALITÀ DI SERVIZIO

CONTESTO	*REQUISITI FUNZIONALE DI I LIVELLO (OPERATIVITÀ)*	*REQUISITO SECONDARIO*
RODIGGIO	Profilo ruota compatibile con la marcia promiscua	Profilo compatibile con deviatoi ferroviari Bordino di spessore a norma ferroviaria Profilo compatibile con rotaie e deviatoi tranviari
	Stabilità di marcia ad alta velocità	Buon comportamento in ingresso in curva - due sale complete Affidabilità degli organi nella marcia ferroviaria
AZIONAMENTI	Compatibilità con i differenti scenari di rete possibili	Stadi per la conversione delle tensioni di rete riscontrabili in Europa Riconoscimento automatico della tensione Capacità di recupero in frenata sotto tutte le tensioni Possibilità di marciare in modalità ibrida
	Prestazioni tali da essere compatibili con la marcia promiscua	Accelerazione maggiore di 1,2 m/s^2 fino a 50 km/h Velocità massima maggiore di 80 km/h Capacità di superare pendenze del 6%
SICUREZZA	Alte prestazioni in frenata	Decelerazione massima in frenata di servizio maggiore di 1,5 m/s Presenza di dispositivi di frenatura indipendenti dall'aderenza
	Segnalamento	Presenza di dotazioni secondo sistema di segnalamento ferroviario Presenza di dotazioni per la ripetizione dei segnali in cabina Franco minimo compatibile con gli apparecchi di binario Presenza di circuito di blocco automatico e dispositivo uomo-morto
	Sicurezza passiva	Resistenza a tamponamento di almeno 600 kN Intensità d'impatto massima ammissibile di almeno 1500 kN Presenza di struttura a deformazione programmata ed assorbimento energetico Compatibilità con le diverse geometrie possibili per la zona d'impatto Presenza di dispositivi antisormonto Accoppiatori retrattili Profilo frontale compatibile con la sicurezza di pedoni ed altri occupanti della sede stradale
ACCESSO E SPAZIO INTERNO	Garantire accessibilità con tutte le geometrie di banchina possibili	Consentire l'accesso da banchina tranviaria (280-350 mm *s.p.f.*) con gradini di altezza inferiore a 200 mm Consentire l'accesso da banchina ferroviaria (350-600 mm *s.p.f.*) con gradini di altezza inferiore a 200 mm Colmare in maniera efficace il vuoto tra banchina ferroviaria e veicolo
	Offrire uno spazio interno compatibile con le esigenze di viaggi lunghi	Offrire un livello di confort maggiore del 60 % Presentare almeno una postazione per il trasporto di carrozzelle

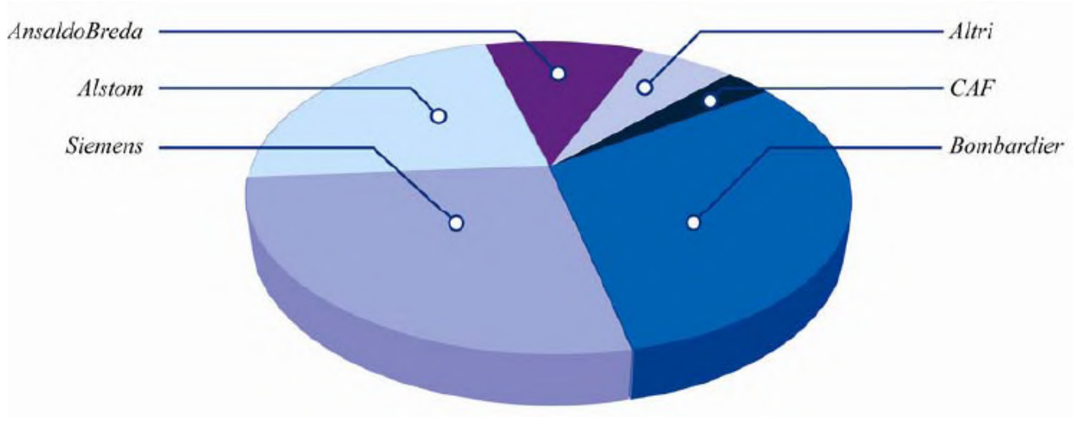
I *requisiti di secondo livello* riguardano invece *caratteristiche non vincolanti*, ma tali da garantire *alta qualità al servizio erogato* i requisiti di primo livello devono essere rispettati in pieno, mentre quelli di secondo livello possono presentare *vari livelli di soddisfazione*.

CONTESTO	*REQUISITI FUNZIONALI DI II LIVELLO (QUALITÀ DI SERVIZIO)*	*REQUISITO SECONDARIO*
ACCESSO	Garantire accessibilità totale	Consentire un accesso a raso con banchine tranviarie (280-350 mm *s.p.f.*) Consentire un accesso a raso con banchine ferroviarie (350-600 mm *s.p.f.*)
	Presentare dinamiche di incarrozzamento sicure e	Prevenire la caduta dei passeggeri nel gap tra veicolo e banchina ferroviaria

	veloci	Minimizzare i tempi di apertura di porte e dispositivi ausiliari Presentare almeno tre porte per lato Presentare almeno due porte per lato di larghezza pari a 1300 mm
COMFORT	Offrire buone condizioni di permanenza a bordo	Contenere i valori di jerk al di sotto di 1,2 m/s^3, 4 m/s^3 in condizioni di emergenza Contenere le accelerazioni laterali e la trasmissione di sollecitazioni provenienti dal binario Contenere il livello di rumore in regime di marcia ferroviario
	Presentare servizi accessori relazionati ad itinerari lunghi	Prevedere servizi avanzati di infomobilità Ospitare distributrici automatiche di biglietti Prevedere spazio per piccoli bagagli Prevedere l'installazione di ritirata a circuito chiuso Prevedere spazio per il trasporto di biciclette
	Offrire uno spazio percorribile senza ostacoli	Offrire uno spazio disponibile pari ad almeno il 60% del totale Presentare pavimento continuo e ribassato (450 mm *s.p.f.*) per almeno il 70 % del totale Presentare un collegamento agevole tra le sezioni a diversa altezza Contenere al minimo la presenza di gradini e spigoli Limitare l'ingombro delle sezioni intercomunicanti
FLESSIBILITÀ	Configurazione generale	Prevedere diverse configurazioni per lunghezze da 30 m a 45 m Alloggiare tutti i dispositivi di azionamento e trazione senza sottrarre volume al vano passeggeri Rendere minimo l'ingombro dei carrelli all'interno del vano passeggeri
	Spazio interno	Permettere massima libertà nella configurazione dell'area passeggeri Prevedere usi alternativi degli spazi, per servizi turistici o Bistrot Prevedere differenti tipologie di sedute
	Configurazione formale	Permettere la libera configurazione delle estremità Permettere un limitato intervento formale sulle fiancate Contenere gli oneri di riprogettazione

6. OFFERTA ATTUALE DI PRODOTTO

La lunga crisi del mercato dei veicoli ferroviari leggeri, che ha interessato buona parte della seconda metà del ventesimo secolo, e la forte evoluzione tecnica, *di prodotto e sistema industriale*, iniziata negli anni settanta hanno condotto ad un lento ma incisivo processo di concentrazione; il settore è oggi rappresentato da pochi produttori attivi sul mercato mondiale, ovvero *Alstòm, Bombardier, Siemens, AnsaldoBreda* e *Caf*, ed alcuni piccoli produttori presenti soprattutto nell'est Europa.



Quote di mercato per il settore tranviario (fonte: LRTA)

La presenza di *attori di mercato di grandi dimensioni* favorisce da un lato dinamiche di riduzione dei prezzi grazie alle possibili *economie di scala*, dall'altro può limitare l'offerta in termini di flessibilità e capacità di rispondere alle effettive esigenze dei gestori. Nei confronti del comparto, ancora di nicchia, dei sistemi promiscui tutti i principali produttori offrono una soluzione, *specifica o derivata da piattaforme prodotto tranviarie*; la tipologia di prodotto, così come la natura stessa del servizio, è ancora lontana da una definizione e molti dei veicoli offerti *sono ancora in fase di definizione*.

L'approccio del comparto nei confronti dei veicoli di tipo tram-treno è ancora a *carattere sperimentale*: i sistemi esistenti si caratterizzano principalmente per l'utilizzo di veicoli *derivati da convogli tranviari*, con soluzioni *ad hoc*. Solo nel caso della fornitura Bombardier per Saarbrücken le vetture possiedono caratteristiche abbastanza differenti dallo standard tranviario, soprattutto in termini di dimensioni, resistenza strutturale, altezza del pavimento e tipo di azionamento.

I veicoli offerti oggi dal mercato verranno giudicati in base alla loro rispondenza ai requisiti già specificati; vanno a questo proposito sottolineati i limiti di un giudizio di merito espresso sulla base di informazioni limitate e scarse[33]. I veicoli, o meglio i sistemi prodotto, attualmente proposti verranno in primo luogo

[33] Si tratta infatti, soprattutto nei casi di Alstòm e Siemens, di veicoli non ancora in esercizio e quindi conoscibili solo attraverso capitolati d'offerta, brochures ufficiali, materiale fotografico ed articoli; non risulta possibile quindi un'effettiva analisi di prodotto

descritti, *evidenziando limiti e prerogative* riscontrabili al confronto con l'esperienza di Karlsruhe con le motrici Duewag di prima e seconda serie.

Alstòm Citadis 500

Fig. 17. Il RegioCitadis per Kassel.

La soluzione Alstòm per il servizio tram-treno è una declinazione del sistema prodotto Citadis, nato per applicazioni puramente tranviarie, denominata 500, Regio o Dualis; il veicolo si differenzia dalla serie tranviaria 300, utilizzata ad esempio a Torino o Bordeaux, per dotazione e struttura delle casse:

CARATTERISTICHE DEL REGIOCITADIS DI ALSTÒM PER LA RETE DI KASSEL

lunghezza	36500	mm
larghezza	2650	mm
altezza	3650	mm
scartamento	1435	mm
raggio minimo	22/20	m
carico per asse	11	t
resistenza a tamponamento	600	kN
altezza pavimento (s.p.f.)	420 (650)	mm
posti a sedere	98	
posti in piedi	140	
rodiggio	Bo'2'2'Bo	
velocità massima	100	km/h
potenza massima	4 x 150	kW
alimentazione	600/750 V cc + 15 kV ca $16^{2/3}$ Hz 600/750 V cc + 25 kV ca 50 Hz 600/750 V cc + 1500 V cc 600/750 V cc + Diesel	

Il progetto di massima è stato presentato nel 1999 e nel Dicembre 2001 la KVG di Kassel ha siglato il primo, e finora unico, contratto di fornitura. L'accordo prevede l'acquisto di 28 veicoli, di cui 18 bitensione e 10 ibridi con generatore Diesel, composti da tre casse e lunghi 36,5 m; il veicolo preserie bitensione è stato presentato a Kassel nel Luglio 2004, le prove sono iniziate a fine Settembre mentre l'esercizio dovrebbe iniziare nella prima metà del 2005[34].

Azionamenti e rodiggio. Il Citadis 500 è dotato alle estremità di due carrelli motori con sale convenzionali ad assili ed al centro di carrelli portanti a ruote indipendenti, conciliando in tal modo un migliore comportamento dinamico alle alte velocità con la possibilità di *mantenere il pianale ribassato*; il rodiggio rimane in ogni caso di tipo tranviario, con componenti in comune con il resto della piattaforma Citadis al fine di mantenere bassi i costi di acquisto e di manutenzione. Gli azionamenti previsti nel progetto sono teoricamente in grado di far marciare, con prestazioni più che soddisfacenti, il veicolo *sotto le principali tensioni utilizzate sul territorio europeo*, mentre non sono state ancora diffuse informazioni riguardo al sistema ibrido.

Requisiti di sicurezza attiva e passiva. Il veicolo è dotato di tutti i dispositivi di sicurezza attiva e passiva necessari secondo le norme tedesche EBO e BOStrasse, la cabina presenta apparati per la ripetizione

sia perché la documentazione non è disponibile, sia perché, nel caso di Siemens, del prodotto esiste solamente una maquette. Il veicolo Bombardier è invece effettivamente in esercizio e la sua analisi risulta più attendibile grazie ai dati raccolti sia dal gestore della Saar sia dalla KVG di Kassel, che ne ha ricevuto un esemplare in prova. Si tratta in generale di dati limitati e di scarsa verificabilità, compatibili tuttavia col carattere descrittivo e qualitativo dell'analisi

[34] Dr. Heribert Menze, *tram-Kassel*, www.tram-kassel.de

dei segnali a bordo ed è protetta da una struttura a nido d'ape capace di assorbire 350 kJ pur senza penalizzare, col suo ingombro, la visibilità.
Il diffuso utilizzo di spine per la cablatura tra carrozza e cabina rende facile, in caso di grave danneggiamento, la sostituzione dell'intera cabina; gli accoppiatori sono retrattili ed alloggiati in un vano frontale ad apertura elettrica al fine di rendere meno pericoloso l'eventuale urto con pedoni e ciclisti. Il vetro frontale, con caratteristiche di sicurezza a norma ferroviaria, è molto ampio e presenta doppia curvatura: la sua sostituzione potrebbe rappresentare una voce di costo notevole.

Accesso e spazio interno. Il veicolo viene composto in tre sezioni di lunghezza variabile con pianale posto a 420 mm sul *p.d.f.*, tranne in corrispondenza dei carrelli con assili, dove si raggiunge la quota di 650 mm[35]. Nella configurazione scelta a Kassel, con i due carrelli centrali a ruote indipendenti, il pianale ribassato arriva a coprire il 75 % del totale, mentre le aree residue, poste alle estremità, sono collegate da un gradino; la carrozza centrale non presenta aperture, offrendo quindi molti posti a sedere in configurazione 2+2.

Fig. 18. Alcune immagini degli interni del veicolo Alstòm (foto di D. Heribert Menzel).

Le aree di accesso presentano invece diversi problemi: il pianale raggiunge in corrispondenza delle porte un'altezza di 360 mm s.p.f., rendendo molto agevole la salita e la discesa in presenza di banchine tranviarie ma allo stesso tempo non offrendo opportuna interfaccia con le strutture ferroviarie.
Nel caso di banchina standard UIC il gap orizzontale ed il dislivello verticale rendono praticabile, seppur *potenzialmente pericoloso*, l'accesso a passeggeri abili, impedendolo però totalmente ad utenti in carrozzella: in questo caso è previsto che il manovratore applichi alla porta una rampa alloggiata nel retro della cabina. Limitatamente all'esemplare di Kassel, dove le banchine ferroviarie sono a 350 mm *s.p.f.* e da sempre esiste poca attenzione alle esigenze di accessibilità, il Citadis 500 non presenta quindi *soluzioni progettuali* relative ai problemi di accessibilità.

Flessibilità del prodotto e costi. Il Dualis condivide moltissime componenti con le altre versioni del sistema Citadis, offrendo un *vantaggio teorico* in termini di costi di acquisto e di manutenzione; la logica modulare del prodotto, denominata *Optionic*, permette una buona flessibilità nella configurazione dimensionale ed interna, sulla base di un *modulo fisso ben identificabile* nell'andamento della generosa finestratura.

Fig. 19. Maquette del DUALIS.

La configurazione formale del veicolo risulta così già abbastanza definita per quanto riguarda le pareti, che adottano un'efficace *finestratura piana*, mentre rimane libera nelle estremità occupate dalle cabine; queste ultime sono infatti realizzate come *elementi separati* con largo uso di vetroresina ed *unite meccanicamente* al resto della struttura.

Bombardier Flexity Link

Il veicolo proposto da Bombardier per il servizio suburbano si inserisce nella gamma tranviaria Flexity, manifestando allo stesso tempo utilizzo di soluzioni comuni e forte caratterizzazione funzionale. Il *primo*

[35] il pianale è invece integralmente a 650 mm nel caso in cui l'azionamento preveda l'ingombrante trasformatore per la marcia sotto rete alimentata a 15 kV

ed unico lotto di veicoli prodotti è entrato in esercizio nel 1997 a Saarbrücken con la denominazione S1000 ed ha dimostrato una buona affidabilità, prestazioni di rilievo e compatibilità sia con la rete ferroviaria DB che con quella SNCF[36].

Fig. 20. Il veicolo Bombardier Flexity Link S1000 in esercizio sulla Saarbahn.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL VEICOLO S1000 DI BOMBARDIER TRANSPORTATION

lunghezza	37000	mm
larghezza	2650	mm
altezza	3880	mm
scartamento	1435	mm
raggio minimo	35/23	m
carico per asse	10	t
resistenza a tamponamento	600	kN
altezza pavimento (s.p.f.)	400(600)	mm
posti a sedere	96	
posti in piedi	147	
rodiggio	Bo'Bo'Bo'Bo	
velocità massima	100	km/h
potenza massima	8 x 120	kW
alimentazione	600/750 V cc + 15 kV ca 16$^{2/3}$ Hz	

Azionamenti e rodiggio. Il Bombardier S1000 per Saarbrücken è dotato di quattro carrelli motori in quanto chiamato a superare lungo il tragitto pendenze dell'8%; tutti i carrelli sono di tipo convenzionale ad assili, garantiscono una marcia sicura anche su sede ferroviaria ma si sono rivelati *molto rumorosi nel regime tranviario*, obbligando a *ridurre la velocità* nelle vie del capoluogo della Saar. Per ora si hanno dati solamente riguardo all'azionamento bitensione dell'S1000 progettato per la linea tedesca, ma l'offerta di Bombardier contempla l'*ipotesi di azionamenti bitensione, tritensione ed ibridi*.

Requisiti di sicurezza attiva e passiva. Il prodotto di Bombardier rappresenta un ottimo esempio di integrazione di diversi regimi normativi in quanto progettato per operare *secondo le normative tedesca e francese*, con un sistema di protezione automatica Indusi 60R[37] in grado di dialogare anche con i *coccodrilli* della rete SNCF. La cabina, completa di sistemi di ripetizione a bordo dei segnali, è progettata per un carico a compressione di 600 kN ad un metro s.p.f. ma *non presenta elementi per l'assorbimento dell'energia*; la posizione di guida risulta *molto avanzata*, il layout è di tipologia tranviaria e l'ambiente comunica con il vano passeggeri. La struttura dell'S1000 appare quindi *molto rigida* ma poco capace di assorbire gli urti e di *proteggere il manovratore*; la sua costruzione è inoltre totalmente integrata al resto della cassa e non presenta accorgimenti per favorire la sostituzione in caso di urto. Anche in questo caso gli accoppiatori sono retrattili e protetti sotto carenature mentre il vetro, sempre a norma ferroviaria, presenta doppia curvatura.

Accesso e spazio interno. La struttura dell'S1000 è articolata su tre casse di cui la centrale, poggiata su due carrelli, presenta un *ambiente continuo*, senza aperture, con una disposizione 2 + 2 su tutta la lunghezza ad una *quota di 805 mm s.p.f.*

[36] I treni di Saarbrücken sono stati utilizzati anche sulla linea di Kassel, per un esercizio sperimentale in attesa dei nuovi veicoli Alstòm, dove hanno però manifestato alcuni difetti di progettazione responsabili di ripetuti danneggiamenti alla linea aerea.

[37] INDUSI è l'acronimo di *"Inductive Signal Protection"*, chiamato anche sistema *"PZB"*. Il Sistema INDUSI fu sviluppato nel 1934, quando erano ancora in uso segnali semaforici meccanici; si decise di utilizzare dei magneti perché non richiedevano alcun tipo di alimentazione elettrica . Il sistema previene il superamento di segnali disposti a via impedita: le informazioni sono acquisite mediante l'uso di magneti collocati sul lato destro del binario, mentre un altro magnete, istallato sulla locomotiva, continua ad emettere un campo magnetico con frequenze variabili (500 Hz, 1000 Hz o 2000 Hz). Il magnete posto sul binario contiene un circuito a risonanza passiva in grado di accordarsi alle frequenze emesse dal locomotore.

Le casse alle estremità presentano invece un pianale a 400 mm nell'area interessata dalle porte e dalla zona polifunzionale, mentre le zone direttamente sopra ai carrelli sono poste a 600 mm, collegate da un gradino; la maggiore altezza del vano centrale, raggiungibile attraverso due rampe lunghe 60 mm, è dovuta all'*alloggiamento nel sottocassa di alcune apparecchiature*. Rispetto al Citadìs, che ne riprende il posizionamento degli accessi, il veicolo Bombardier *presenta un'accessibilità migliore* grazie ad una semplice pedana di 200 mm che *colma la distanza tra banchina e veicolo* nelle fermate ferroviarie.

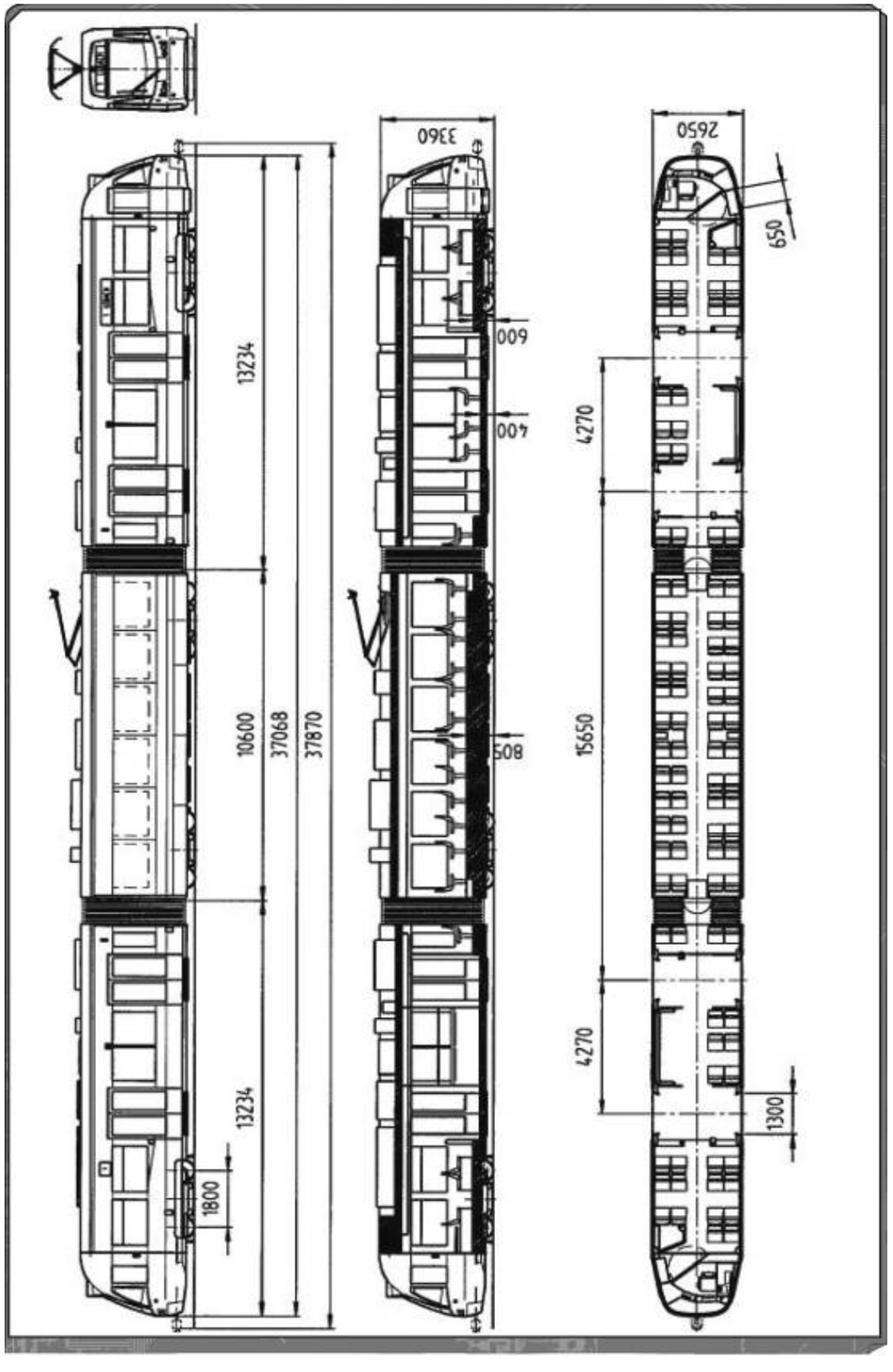


Fig. 21. Figurino del veicolo S1000 Bombardier per Saarbrücken - misure in mm.

Flessibilità del prodotto e costi. Il Flexity Link viene proposto in configurazioni differenti in base alle *caratteristiche di rodiggio* e quindi all'andamento del pianale; la piattaforma prodotto, risalente ai primi anni novanta, presenta una *modularità non molto accentuata*.

Il costo dichiarato per ogni veicolo di Saarbrücken *(Fig.* 21*)* è di circa 2,45 milioni di Euro, contenuto rispetto all'effettiva complessità del prodotto: si tratta però di un dato *frutto di una politica aggressiva* da parte di Bombardier, che nel 1996 stava appena entrando nel mercato del tram-treno. Il disegno delle casse e soprattutto la configurazione della cabina lasciano intuire come su questo veicolo non sia possibile una *forte flessibilità in termini di spazio interno e di soluzioni formali*, se non a costo di *rilevante riprogettazione* e di conseguente aumento del prezzo d'acquisto.

Siemens Avanto

Siemens risulta oggi il *gruppo maggiormente esposto* nel contesto dei sistemi tram-treno: dopo aver acquisito la tedesca Duewag, costruttrice dei tram di Karlsruhe, il gruppo si è aggiudicato la commessa di Sncf con il progetto Avanto. Il prodotto presentato fa parte di una piattaforma, derivata del sistema Combino ma con caratteristiche strutturali molto diverse, che comprende anche il veicolo S70, già presente sul mercato americano.

Fig. 22. La maquette del Siemens Avanto presentata a Parigi.

Il veicolo è impiegato dal 2005 nella linea Aulnay-Bondy, mentre i primi S70 sono in servizio a Houston (USA) sin dal dicembre 2003.

CARATTERISTICHE DELL'OFFERTA SIEMENS AVANTO PER SNCF

lunghezza	27000 ÷ 37000	mm
larghezza	2400 ÷ 2650	mm
altezza	3520	mm
scartamento	1435	mm
raggio minimo	20	m
carico per asse	11,5	t
resistenza a tamponamento	600	kN
altezza pavimento (s.p.f.)	380(655)	mm
posti a sedere	72 ÷ 113	
posti in piedi	183 ÷ 260	
rodiggio	Bo'2'2'Bo	
velocità massima	105	km/h
potenza massima	4 x 200	kW
alimentazione	600/750 V cc + 15 kV ca $16^{2/3}$ Hz 600/750 V cc + 25 kV ca 50 Hz 600/750 V cc + 3000 V cc 600/750 V cc + 1500 V cc 600/750 V cc + Diesel	

Azionamenti e rodiggio. Anche per l'Avanto il rodiggio presenta una configurazione basata su due carrelli motori ad assili alle estremità e due portanti a ruote indipendenti, ma questi ultimi sono *solidali con due carrozzini portanti* di ridotta lunghezza, uniti da una *sezione sospesa*; grazie a motori molto potenti il dato di accelerazione è il più alto, 1,3 m/s^2.

I carrelli sono identici a quelli utilizzati nel veicolo per Houston, tranne per i magneti, le antenne degli apparati di sicurezza e la sospensione non idropneumatica.

Per quanto riguarda gli azionamenti, Siemens dichiara la com-patibilità con tutte le tensioni di esercizio possibili in Europa, mentre per una *soluzione ibrida* il gruppo può sfruttare già l'esperienza derivata dai veicoli Combino per Nordhausen [43]. Il controllo delle tensioni può avvenire tramite un sistema di riconoscimento automatico, ma è *solitamente telecomandato da un impianto di linea*.

Requisiti di sicurezza attiva e passiva L'Avanto dovrebbe possedere eccellenti doti di frenatura, mentre l'apparato di controllo progettato è capace di dialogare con sistemi *KVB, SAEIV* e *ATESS* in uso presso Sncf; la struttura frontale è capace di resistenza a compressione fino a 600 kN ed è dotata di una zona a deformazione progressiva secondo norma DIN 5560[38].

[38]La struttura a deformazione programmata, secondo tale norma, deve essere tale che un urto con veicolo di riferimento di 80 t a 8 km/h non provochi deformazioni permanenti sulla struttura della cassa; fino ad una velocità di 25 km/h viene assicurato lo spazio di sopravvivenza per il macchinista

L'insieme del veicolo dovrebbe essere progettato secondo una *logica di deformazione programmata*, rendendo semplice la *sostituzione delle parti eventualmente danneggiate*; unica ombra rimane la struttura delle casse, realizzata mediante un'intelaiatura di profilati in acciaio standard e pannelli a sandwich, che nel caso dei Combino ha mostrato una *preoccupante scarsa resistenza a fatica*.

Accesso e spazio interno Il veicolo si compone di cinque casse, due alle estremità con doppia porta per lato, due carrozzini solidali ai carrelli portanti ed una sezione intermedia sospesa dotata di una porta per lato; il pianale è ribassato nella gran parte del veicolo, mentre sale a quota 655 mm sopra i due carrelli motori, generando un gradino.

Lo spazio interno risulta *molto più frammentato* rispetto ai veicoli precedentemente presi in esame, mentre le sezioni polifunzionali *sono progettate per accogliere tre passeggeri seduti o una carrozzella, ma non una bicicletta*; la porzione di interni rappresentata nella *maquette* relativa alle estremità del veicolo, manifesta inoltre volumi sofferti, con la presenza di un *doppio gradino* per l'accesso alle sedute dovuto al notevole ingombro dei carrelli motori.

Le numerose porte sono a 380 mm *s.p.f.* e presentano una pedana mobile, come nel caso del veicolo Bombardier, la cui lunghezza è però maggiore a causa del *profilo vistosamente rastremato* delle pareti; rimane inoltre irrisolto il problema dell'accesso da banchine alte.

Flessibilità del prodotto e costi Il Siemens Avanto possiede una *struttura fortemente modulare*, nel cui disegno l'unico vero limite è posto dalla necessità di *alloggiamenti per le diverse componenti dell'azionamento*. La cabina è totalmente realizzata in materiale composito, lasciando una certa libertà di scelta nella configurazione formale *senza grandi oneri di progettazione*; anche le pareti sembrano progettate per offrire differenti soluzioni, come dimostrano i casi di Houston e Parigi. Il costo preventivato per ogni veicolo è, nel caso della fornitura di ben 35 veicoli per Parigi, attorno ai 3,4 milioni di Euro.

6.1. ANALISI DEL LIVELLO DI SODDISFAZIONE DEI REQUISITI

La risposta ai requisiti funzionali di primo livello verrà giudicata solamente nei termini della totale soddisfazione (valore 1 o 0); i giudizi contrassegnati da asterisco (*) sono indicativi di funzionalità previste in progetto ma non ancora implementate. L'analisi dei requisiti di secondo livello prevede invece un voto su una scala da 0 a 2:

Contesto	*Requisiti di primo livello - operativi*	*1*	*2*	*3*
Rodiggio	Profilo compatibile con deviatoi ferroviari	1	1	1
	Bordino di spessore a norma ferroviaria	1	1	1
	Profilo compatibile con rotaie e deviatoi tranviari	1	1	1
	Buon comportamento in ingresso in curva - due sale complete	1	1	1
	Affidabilità degli organi nella marcia ferroviaria	1	1	1
Azionamenti	Stadi per la conversione delle tensioni di rete riscontrabili in Europa	1	1*	1
	Riconoscimento automatico della tensione	1	1	1
	Capacità di recupero in frenata sotto tutte le tensioni	1	1	1
	Possibilità di marciare in modalità ibrida	1*	1*	1
	Accelerazione maggiore di 1,2 m/s^2 fino a 50 km/h	1	1	1
	Velocità massima maggiore di 80 km/h	1	1	1
	Capacità di superare pendenze del 6%	1	1	1
Sicurezza	Decelerazione massima in frenata di servizio maggiore di 1,5 m/s	1	1	1
	Presenza di dispositivi di frenatura indipendenti dall'aderenza	1	1	1
	Presenza di dotazioni secondo sistema di segnalamento ferroviario	1	1	1
	Presenza di dotazioni per la ripetizione dei segnali in cabina	1	1	1
	Franco minimo compatibile con gli apparecchi di binario	1	1	1
	Presenza di circuito di blocco automatico e dispositivo uomo-morto	1	1	1
	Resistenza a tamponamento di almeno 600 kN	1	1	1
	Intensità d'impatto massima ammissibile di almeno 1500 kN	1	1	1
	Presenza di struttura a deformazione programmata ed assorbimento	1	**0**	1
	Compatibilità con le diverse geometrie possibili per la zona d'impatto	1	**0**	1
	Presenza di dispositivi antisormonto	1*	1	1*
	Accoppiatori retrattili	1	1	1
	Profilo frontale compatibile con la sicurezza di pedoni ed altri occupanti della sede stradale	1	1	1
Accesso e spazio interno	Consentire l'accesso da banchina tranviaria (280-350 mm *s.p.f.*) con gradini di altezza inferiore a 200 mm	1	1	1
	Consentire l'accesso da banchina ferroviaria (350-600 mm *s.p.f.*) con gradini di altezza inferiore a 200 mm	**0**	**0**	**0**
	Colmare in maniera efficace il vuoto tra banchina ferroviaria e veicolo	**0**	1	1
	Offrire un livello di confort maggiore del 60 %	1	1	1
	Presentare almeno una postazione per il trasporto di carrozzelle	1	1	1
Contesto	*Requisiti di secondo livello – qualità di servizio*	*1*	*2*	*3*

Accesso	Consentire un accesso a raso con banchine tranviarie (280-350 mm *s.p.f.*)	1	**0**	2
	Consentire un accesso a raso con banchine ferroviarie (350-600 mm *s.p.f.*)	**0**	1	**0**
	Prevenire la caduta dei passeggeri nel gap tra veicolo e banchina ferroviaria, nella zona antistante la soglia, quindi nelle zone circostanti	**0**	1	1
	Minimizzare i tempi di apertura di porte e dispositivi ausiliari	2	1	2
	Presentare almeno tre porte per lato	2	2	1
	Presentare almeno due porte per lato di larghezza pari a 1300 mm	2	2	2
Comfort	Contenere i valori di jerk al di sotto di 1,2 m/s^3, 4 m/s^3 in condizioni di emergenza	2	2	2
	Contenere accelerazioni laterali e sollecitazioni provenienti dal binario	2	2	2
	Contenere il livello di rumore in regime di marcia ferroviario	1	1	2
	Prevedere servizi avanzati di infomobilità	1	1	1
	Ospitare distributrici automatiche di biglietti	1	1	1
	Prevedere spazio per piccoli bagagli	1	1	1
	Prevedere l'installazione di ritirata a circuito chiuso	1	1	**0**
	Prevedere spazio per il trasporto di biciclette	2	2	**0**
	Offrire uno spazio disponibile pari ad almeno il 60% del totale	2	2	1
	Presentare pavimento continuo e ribassato (350- 450 mm *s.p.f.*)	2	1	2
	Presentare un collegamento agevole tra le sezioni a diversa altezza	2	1	1
	Contenere al minimo la presenza di gradini e spigoli	2	1	1
	Limitare l'ingombro delle sezioni intercomunicanti	2	2	1
Flessibilità	Prevedere diverse configurazioni per lunghezze da 30 m a 45 m	1	1	2
	Alloggiare i dispositivi di azionamento e trazione senza sottrarre volume al vano passeggeri	2	1	2
	Rendere minimo l'ingombro dei carrelli all'interno del vano passeggeri	2	2	1
	Permettere massima libertà nella configurazione dell'area passeggeri	2	2	1
	Prevedere usi alternativi degli spazi, per servizi turistici o Bistrot	2	2	1
	Prevedere differenti tipologie di sedute	1	1	1
	Permettere la libera configurazione delle estremità	2	1	2
	Permettere un limitato intervento formale sulle fiancate	1	**0**	2
	Contenere gli oneri di riprogettazione relativi a tali interventi	1	**0**	1
Totale		43	37	39

Pur nei limiti di carattere metodologico già espressi, l'analisi dei requisiti effettuata permette di *trarre alcune conclusioni*: in primo luogo appare evidente come *l'area funzionale meno presidiata sia quella dell'accesso*, la cui importanza è però *fondamentale* in un servizio tram-treno. Le basse prestazioni in questo campo possono essere spiegate con la natura delle infrastrutture presenti sulle linee relative alle *tre commesse di riferimento*, dotate di banchine ferroviarie a 380 o 400 mm *s.p.f.*; le soluzioni proposte non possono però essere accettate nell'ottica di *sistemi prodotto* volti all'implementazione su scala europea di servizi tram-treno e chiamati ad interfacciarsi con i *presenti e futuri standard* ed a garantire *accesso totale*.

Una *seconda possibile osservazione* riguarda la presenza di un *evidente salto generazionale* tra il veicolo Bombardier e gli altri, soprattutto in termini di *modularità di piattaforma*; una tale differenza è avvertibile in particolare nella struttura costruttiva di cabina e pareti e nel loro livello di *possibile personalizzazione*. L'Avanto risulta da questo punto di vista *il migliore del gruppo*, promettendo libera modellazione formale di *muso e pareti*; il RegioCitadis mostra invece una maggiore attenzione a problematiche relative a *manutenzione* e *sostituzione* delle parti eventualmente danneggiate.

Il voto finale, infine, riesaminato in base alla *diversa anzianità* dei progetti, *sembra premiare la struttura su tre casse* di Alstòm e Bombardier: il vantaggio di una tale soluzione consiste sia in una *maggiore disponibilità di spazio interno*, grazie alla presenza di sole due sezioni intercomunicanti, ma soprattutto nella sua *flessibilità*. L'analisi del layout dei tre veicoli evidenzia infatti come *a parità di lunghezza* le tre casse permettano di ottenere fino a *quattro porte per lato*, aree polifunzionali adatte sia ad ospitare carrozzelle che *biciclette*, spazi adatti all'installazione di una *ritirata* e soprattutto un *vano centrale molto ampio* e senza aperture.
La cassa centrale offre uno spazio *particolarmente confortevole* per i viaggiatori a *lunga percorrenza*, ma soprattutto particolarmente *flessibile ad usi alternativi* sempre più ipotizzabili in questa tipologia di servizi: *aree Bistrot* come quelle dei veicoli di Karlsruhe, allestimenti speciali per *servizi turistici, esposizioni temporanee itineranti* o *promozioni commerciali*. La struttura scelta da Siemens, basata sull'utilizzo di *carrozzini* solidali ai carrelli portanti e di una *sezione intermedia sospesa*, offre però la capacità di percorrere curve di raggio 20 m, contro i 22 del Citadis, e soprattutto *maggiore flessibilità* nella composizione del veicolo.

NECESSITÀ DI PRODOTTI SPECIFICI

Naturalmente l'implementazione di un sistema tram-treno può anche basarsi sull'utilizzo di *veicoli di derivazione tranviaria classica*, con la sola applicazione di *modifiche al profilo delle ruote ed agli azionamenti*; tale soluzione ha peraltro caratterizzato la stessa esperienza di Karlsruhe.
Anche il piccolo sistema a condivisione di binario di Nordhausen utilizza dei veicoli di tipo Combino ad azionamento ibrido, mentre sempre i tram di Siemens sono in esercizio promiscuo tra Vienna e Baden; la linea di Sassari, sistema improprio, utilizza invece la piattaforma Sirio di AnsaldoBreda.
La necessità di veicoli di progettazione specifica, come i tre precedentemente analizzati, emerge invece nel caso di *sistemi tram-treno* in cui la condivisione del binario col *traffico pesante* è una realtà quotidiana, causa i relativi problemi di sicurezza, e quando il servizio esercitato assume *carattere propriamente regionale*, con lunghe percorrenze e velocità elevate. Dalla breve analisi formulata è

possibile notare come i requisiti di puro carattere tecnico e normativo siano in gran parte già stati risolti, mentre altre problematiche, relative all'accessibilità o alla flessibilità di configurazione, debbano ancora essere *propriamente sviluppate.* Risulta ora necessario analizzare lo scenario di mercato ipotizzabile per un veicolo specifico per il servizio tram-treno, al fine di verificare *la necessità di uno sforzo progettuale* e di individuare linee guida relative all'attuale contesto industriale ed economico.

SISTEMA DELLA DOMANDA E SVILUPPO FUTURO

Il mercato dei veicoli tranviari è caratterizzato da un volume di domanda valutato in 150 LRV e 350 tram all'anno, abbastanza stabile nel tempo; i singoli ordini prevedono piccoli lotti, tipicamente dai 20 ai 50 esemplari, di veicoli prodotti su commissione con caratteristiche uniche e specifiche per ogni singola rete.
Il mercato dei veicoli tram-treno rappresenta un'ulteriore nicchia in questo contesto, oggi minima ma caratterizzata da un *potenziale di crescita molto alto*; naturalmente la crescita del mercato dei veicoli è subordinata alla diffusione del nuovo modello di servizio su tutto il territorio Europeo. Il futuro sviluppo della domanda, e quindi l'applicazione del modello alle diverse realtà europee, è nelle mani dei gestori di trasporto pubblico, ovvero le uniche organizzazioni dotate di mezzi finanziari e legittimazione sociale tali da permettere di sostenere gli alti investimenti necessari per l'implementazione del servizio[39].

6.2. SINTESI PROGETTUALE

L'analisi del *livello di soddisfazione* dei requisiti funzionali relativi al veicolo tranviario ed il confronto con la più ampia descrizione del suo *ruolo nella dinamica territoriale* della città diffusa rendono quindi possibile individuare alcuni temi significativi per un intervento progettuale.

AREE DI INTERESSE TECNICO-FUNZIONALE

Un primo elemento di possibile analisi progettuale deriva dal tema della *sicurezza passiva,* nei termini della progettazione della carrozzeria del veicolo in funzione delle *dinamiche di urto*; dal confronto con le caratteristiche dei tre veicoli analizzati emergono due tematiche principali:

1. *Applicazione del protocollo Safetram*: sebbene il progetto non sia ancora giunto a conclusione, è verosimile ipotizzare una sua applicazione in termini di nuovi standard europei relativi alla resistenza agli urti[40] in tempi non troppo lunghi;
2. *Progettazione dell'urto*: i veicoli analizzati non sembrano possedere alle estremità una struttura progettata in relazione alle *conseguenze di urti* di diversa entità; è possibile invece osservare come:
   a. un approccio analogo a quello del Safetram permetterebbe di organizzare la struttura della carrozzeria in *parti separate e sostituibili*, in relazione alla relativa *probabilità* di danneggiamento;
   b. esiste la possibilità di *rendere minime*, in termini economici, le *conseguenze degli urti*: elementi a deformazione programmata potrebbero ad esempio proteggere parti *delicate* e *molto costose*, come i vetri, dai frequenti urti di *bassa entità*;

La struttura delle estremità del veicolo sembra quindi offrire spazio per interventi progettuali, soprattutto in considerazione della natura *strettamente vincolante* del tema della sicurezza passiva sia in ambito ferroviario che nell'esercizio cittadino; allo stesso tempo si pone come requisito di *primaria importanza* anche il mantenimento di totale libertà nella configurazione all'interno dei limiti imposti dal *sistema industriale* e dalla *struttura dei costi.* Una seconda area funzionale caratterizzata da problematiche funzionali *non risolte* è quella dell'*accesso in vettura*: il carattere unico dell'interfaccia tra veicolo e banchina nei servizi *tram-treno* non ha trovato, fino ad ora, *adeguata risposta progettuale*.
Nei sistemi in esercizio la presenza della *medesima quota* per banchine ferroviarie e tranviarie rende una piattaforma mobile larga 250 mm sufficiente a *garantire un buon accesso* in vettura, ma tale condizione risulta poco diffusa sul territorio europeo e soprattutto *non compatibile* con le nuove direttive UIC in termini di geometria di banchina. In fase operativa la dinamica di accesso è però un *fattore determinante*:

1. *la rapidità* di salita e discesa dal mezzo è fondamentale nel mantenimento di *brevi tempi di fermata* e, quindi, dell'efficienza stessa del *sistema tram-treno*;
2. la presenza di vetture a *pianale ribassato* in ambito cittadino rende oramai *irrinunciabile* l'ottenimento di un *accesso a raso*, all'interno delle tolleranze espresse dalla normativa;
3. la dinamica di salita e discesa dal mezzo necessita di *particolare attenzione* in termini di *sicurezza*: in presenza di banchina ferroviaria è sia necessario colmare il *vuoto tra veicolo e banchina* nell'area antistante la porta, sia prevenire la caduta dei passeggeri nelle aree limitrofe.

Tutto ciò dimostra come i problemi relativi all'accesso in vettura siano di *primaria importanza*, all'interno di un sistema prodotto che voglia offrire soluzioni per sistemi tram-treno, per *due ragioni principali*:

A. *accessibilità totale* e *massimo livello di sicurezza* per i passeggeri rappresentano vincoli

[39] Il loro comportamento nei confronti del tram-treno dipenderà molto dall'assetto politico, dalle risorse finanziarie e dall'organizzazione del sistema di trasporti pubblici presenti in ogni singolo paese.

[40] nell'elaborazione della struttura di riferimento per lo studio del comportamento agli urti, la categoria dei veicoli tranviari suburbani è stata nettamente separata da quella dei veicoli cittadini e messa in relazione a differenti scenari di collisione; tale approccio ha condotto al disegno di una struttura completamente differente, la cui applicazione rende necessaria una nuova configurazione del muso, anche nell'ottica dello sfruttamento di economie di scala.

fondamentali, soprattutto per un modo di trasporto di nuova concezione;

B. la dinamica di accesso costituisce un fattore primario nella determinazione della *qualità del servizio*, sia perché indice di confort sia in quanto influente sul valore di *velocità commerciale*.

ELEMENTI DETERMINANTI IL VALORE AGGIUNTO

Come già ampiamente descritto, il *valore aggiunto* di un sistema di tipo tram-treno nel panorama della città diffusa risiede nella capacità di *instillare nuova vivacità* allo spazio abitato favorendone un *pieno utilizzo*.

In particolare, il valore del veicolo si declina in *due componenti*, ovvero la sua capacità di *divenire simbolo* riconoscibile nel territorio e la sua attitudine ad essere *strumento della sua riscoperta*:

- *la prima istanza* deriva la propria soddisfazione da *complessi fattori contingenti* ad ogni singolo scenario, riassumibili nella capacità del singolo progetto locale di *configurazione formale* del veicolo di essere unico, di esprimere l'identità del territorio e, quindi, di stimolare *accettazione* ed *affezione*; fare del veicolo un termine noto nel quotidiano vuol dire garantire il successo della linea sia in termini di *sostenibilità economica* che di *intervento sul panorama suburbano*;
- *la seconda peculiarità* dipende sia dalla buona *progettazione del percorso* in termini ambientali che, soprattutto, dalla presenza di scelte, relative ad arredi interni, materiali, illuminazione e finestratura, tali da massimizzare *l'apertura visiva* del veicolo sull'ambiente esterno.

Queste condizioni, prerogative di scelte riguardanti il *progetto locale* del *singolo lotto* di veicoli, tradotte in termini di *scelte nel disegno del sistema prodotto* spingono alla ricerca di:

- un *sistema modulare* tale da prevedere aperture adeguate ad una *buona osservazione* dell'ambiente esterno;
- una *struttura delle componenti della scocca* che permetta, senza grandi oneri di riprogettazione, una *libera configurazione formale*, con particolare attenzione riguardo al muso;
- una generale *sensibilità verso i rapporti* del veicolo con i passeggeri ed i cittadini, al di là della singola *funzione di trasporto*.

La ricerca di un *valore semantico* nel veicolo per il servizio tram-treno si può quindi sintetizzare nell'adozione un *approccio progettuale* che valorizzi non solo la sua funzione di vettore di trasporto, ma anche la sua natura di *entità che vive all'interno di uno spazio abitato*, che ha rapporti non solo con infrastrutture ma anche con un territorio, la sua identità ed i suoi abitanti.

La sintesi degli *elementi critici* di carattere funzionale con le *necessità emergenti* dal ruolo segnico del veicolo tranviario porta alla *determinazione di due aree* particolarmente interessanti dal punto di vista progettuale; si tratta di interventi *limitati al sistema prodotto*, così come opportuno nel caso di un veicolo per sistemi tram-treno pensato per operare su tutte le reti europee, quindi di soluzioni che devono essere *adattabili* e *riconfigurabili* ogni volta in funzione del singolo scenario. Il primo tema degno di sviluppo riguarda la *struttura delle estremità del veicolo*, ovvero del muso, in relazione ad esigenze di *compatibilità* con i futuri standard di *sicurezza passiva*, di libertà compositiva, di contenimento dei costi di realizzazione e manutenzione:

- la *futura applicazione* del protocollo Safetram rende necessario ipotizzare la creazione di una *struttura portante*, rispondente alle specifiche di comportamento agli urti, *unica per l'intero sistema prodotto*; la complessità progettuale del componente rende infatti l'applicazione di *economie di scala* l'unico modo per *contenere l'inevitabile aumento dei costi*;
- l'adozione di una *struttura portante standard* deve essere conciliata con l'esigenza di garantire *piena libertà di configurazione* nel progetto di ogni singolo lotto, mantenendo minimi gli *oneri di riprogettazione*;
- così come avviene per le componenti strutturali, anche le *componenti della carrozzeria* vanno concepite in funzione delle *diverse tipologie di urto*, al fine di contenere le *conseguenze economiche* di eventi di frequenza significativa rispetto all'intero ciclo di vita;

Il secondo tema di progetto riguarda le *strutture di accesso*, tematica di primaria importanza dal punto di vista funzionale ed altrettanto interessante in relazione al loro valore di *prima interfaccia di rapporto* tra mezzo e passeggero:

- lo scenario delle linee promiscue rende in primo luogo necessario risolvere in maniera *efficace* il problema della dinamica di salita e discesa in vettura, garantendo cioè *accesso a raso, sicurezza, adattabilità* a tutte le possibili tipologie di banchina riscontrabili in Europa e *tempi minimi* di fermata;
- la *natura modulare* del prodotto obbliga poi a concepire la soluzione come struttura realizzabile secondo *logiche seriali* ed allo stesso tempo *adattabile* a differenti configurazioni di veicolo;
- l'importanza dell'elemento porta all'interno dell'*economia formale* di un veicolo tranviario pone inoltre il vincolo di una *adattabilità senza limiti* anche alle più differenti scelte riguardanti gli *elementi caratterizzanti*;
- il *valore simbolico* riscontrabile sia nella *dinamica* di apertura delle porte che nel *gesto* di salita o discesa dal mezzo impone, infine, una particolare attenzione all'*interazione* del primo elemento di contatto del veicolo con lo *spazio circostante* e con i suoi *abitanti*.

7. NUOVA DINAMICA PER L'ACCESSO

La recente diffusione di veicoli tranviari, ferroviari ed autobus dotati di pianale ribassato ha costituito un forte incremento del livello di confort percepito dai clienti del trasporto pubblico, contribuendo in molti casi a migliorare sensibilmente l'immagine dell'intero servizio; l'innalzamento del livello qualitativo erogato, come ben rappresentato delle teorie di Noriaki Kano nella disciplina del marketing, conduce però gradualmente e parallelamente ad un aumento del livello qualitativo richiesto.

Applicato all'analisi della qualità dell'accesso nei mezzi pubblici, tale modello si traduce in una sempre minore accettazione presso i clienti di dinamiche di salita e discesa in vettura diverse dall'accesso a raso, prima ampiamente tollerate nonostante le oggettive difficoltà; se il pianale ribassato, oramai divenuto uno standard nella realizzazione di veicoli per il trasporto pubblico, garantisce un accesso ottimale in gran parte delle tipologie di servizio, esso non risulta però condizione sufficiente nel caso del *tram-treno*.

La natura promiscua del servizio fa sì che il veicolo tranviario, e nello specifico le sue strutture di accesso, debba infatti porsi in relazione con diverse tipologie di strutture di fermata; lungo un ipotetico percorso promiscuo saranno infatti presenti marciapiedi di fermata, tipicamente tranviari e posizionati in ambito urbano, e banchine a norma ferroviaria poste lungo il tratto in condivisione.

7.1. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Le caratteristiche geometriche delle strutture di fermata presenti presso tutti i sistemi *tram-treno* presi in esame sono praticamente omogenee: a Karlsruhe come a Saarbrücken, Kassel e lungo l'Aulnay-Bondy di Parigi sono presenti marciapiedi di fermata tranviari alti 300 mm *s.p.f.* e banchine ferroviarie il cui ciglio è posto a 380 mm *s.p.f.*

Le condizioni operative di un sistema tram-treno operante sul territorio europeo, tenendo conto dei differenti regimi normativi attivi sul continente e dell'applicazione delle più recenti direttive UIC, sono invece caratterizzate da uno scenario differente.

Riprendendo quanto già detto nei paragrafi precedenti, le dimensioni caratteristiche delle strutture di fermata possono essere rappresentate *(Fig. 23)* e descritte secondo due assi posti sul piano della sagoma del veicolo. I marciapiedi delle fermate tranviarie, assunta per il veicolo una larghezza di 2650 mm, saranno posti ad una distanza sull'asse y rispetto alla mezzeria di binario[41] di 1400 mm; l'altezza del ciglio del marciapiede sarà invece variabile, lungo l'asse z, tra 280 mm e 350 mm, in relazione ai vincoli dettati dalla eventuale presenza di materiale rotabile di vecchia concezione.

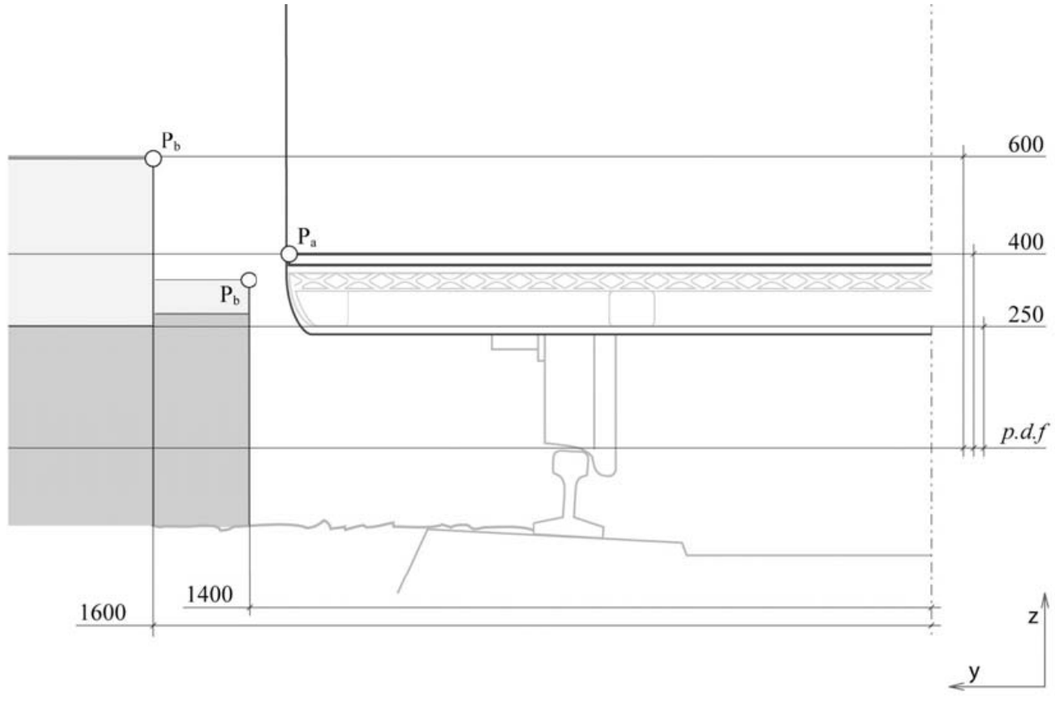


Fig. 23: Prospetto delle principali dimensioni utili alla definizione del rapporto tra veicolo tranviario e banchina in un contesto tram-treno - quote in mm.

Il ciglio della banchina ferroviaria sarà posto ad una distanza di 1600 mm dalla mezzeria sull'asse y; l'altezza del piano della banchina varierà invece lungo l'asse z da un minimo di 250 mm, per alcune vecchie linee regionali del centro Europa, ad un massimo di 600 mm per le realizzazioni più recenti[42].

Da queste considerazioni emerge come le condizioni riscontrabili lungo i tracciati già interessati da servizio tram-treno siano eccezionalmente favorevoli: banchine ferroviarie e marciapiedi tranviari presentano un'altezza sul *p.d.f.* praticamente identica, limitando il problema dell'accesso alla differente distanza sull'asse y del ciglio dalla mezzeria di binario. In un tale scenario per garantire facilità di incarrozzamento è sufficiente prevedere, come nei veicoli in servizio, la presenza di una pedana mobile azionabile dal conducente: la pedana, che una volta in posizione colma la distanza tra pavimento del veicolo e ciglio della banchina ferroviaria, è estesa per tutta l'ampiezza del vano porta, larga 250 mm e posta a quota 250 mm o 300 mm rispetto al *p.d.f.*

La semplicità di tale soluzione non evita peraltro la presenza di problemi residui, ad esempio riguardo all'incarrozzamento di utenti su sedia a ruote: a Kassel una tale evenienza richiede il macchinoso montaggio di uno scivolo alloggiato nella cabina del manovratore. Le caratteristiche dei contesti su cui è

[41] Si definisce mezzeria di binario il piano, perpendicolare al piano del ferro, posto a distanza intermedia tra le facce interne del fungo delle due rotaie.

[42] Sebbene la norma UIC indichi come standard un valore massimo di 550 mm rispetto al *p.d.f.*, il valore descritto risulta troppo diffuso per non essere considerato nella trattazione.

stato fino ad oggi applicato il concetto di tram-treno hanno quindi reso possibile evitare il confronto con la problematica dell'accesso in tutta la sua complessità; lo studio di un sistema prodotto che offra una soluzione applicabile su tutto il territorio europeo rende però necessario trovare una soluzione funzionale valida per tutti gli scenari prevedibili.

7.2. REQUISITI DI PROGETTO

Riprendendo i risultati dell'analisi progettuale è ora opportuno descrivere i principali requisiti cui lo studio di un nuovo sistema porta specifico per servizi tram-treno dovrà rispondere:

A. ACCESSO A RASO

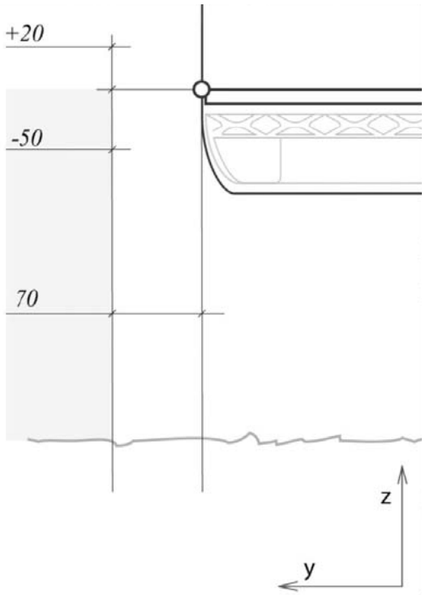


Fig. 24. *Tolleranze massime previste dalla normativa per l'incarrozzamento, quote in mm relative al ciglio della porta del veicolo.*

La realizzazione di un *accesso a raso* in ogni condizione operativa, ovvero con *ogni possibile tipologia di banchina*, costituisce un obiettivo di primaria importanza: in primo luogo essa garantisce un *accesso in vettura semplice* ad ogni categoria di utenza, compresi anziani, persone su sedia a ruote o con bici al seguito; l'assenza di gradini permette inoltre dinamiche di *incarrozzamento più rapide*, a vantaggio della riduzione dei tempi di fermata, e riduce la *probabilità di infortuni* per i passeggeri.

Come già accennato, l'accesso a raso costituisce inoltre una condizione oramai inalienabile dalla realizzazione di un nuovo sistema di trasporto, capace, se assente, di avere pesanti ricadute negative sulla percezione di qualità del servizio.

La *continuità della superficie* del pavimento del veicolo con quella della banchina di fermata *(Fig. 24)* si realizza, secondo le più recenti indicazioni normative, garantendo in condizioni normali[43] una *distanza* tra ciglio della banchina e veicolo massima di 70 mm sull'asse y ed un *dislivello verticale* compreso tra - 50 mm e + 20 mm. Tali condizioni andrebbero quindi ricreate per ogni geometria di infrastruttura di fermata rintracciabile su un percorso tram-treno.

La promiscuità della linea e l'insindacabile applicazione delle differenti normative tranviaria e ferroviaria rendono la presenza di diverse geometrie necessaria in un *sistema tram-treno proprio*: la soddisfazione di questo requisito non può quindi che tradursi in una soluzione riguardante il veicolo e, nello specifico, il suo sistema di apertura.

B. DINAMICA DI INCARROZZAMENTO SICURA

Come insegna l'esempio della linea Kassel-Baunatal[44], la ricerca di un incarrozzamento agevole può anche risolversi in dinamiche intrinsecamente pericolose. Il valore del gap orizzontale, tenendo conto di una distanza teorica tra sagoma e banchina di 275 mm e di uno scostamento aggiuntivo medio di 75 mm dovuto alla rastrematura delle pareti, raggiunge 350 mm; l'importanza di questo dato e la presenza di un congruo dislivello verticale tra pavimento del veicolo e piano della banchina ferroviaria rendono questo scenario inaccettabile in termini di sicurezza.

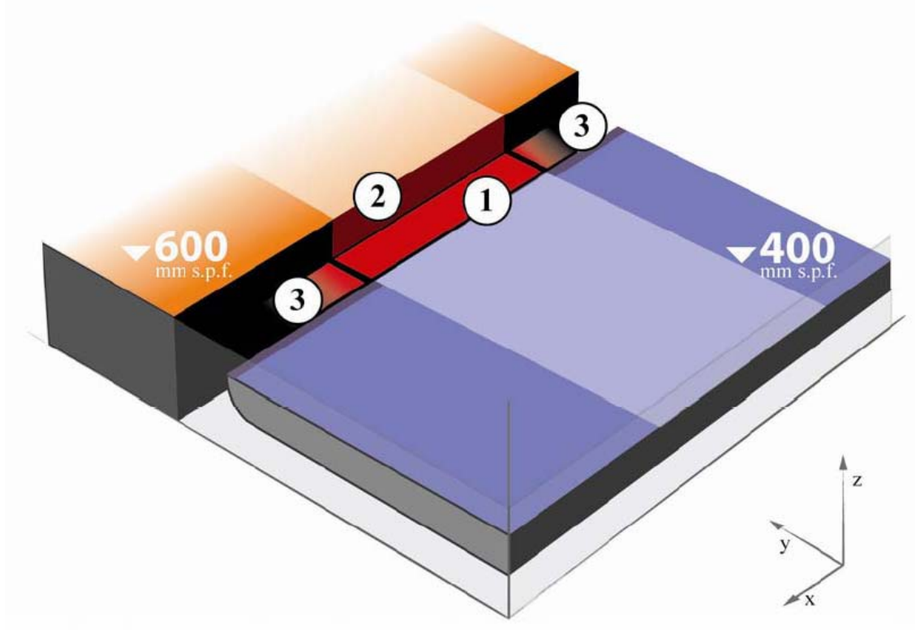


Fig. 25. Rappresentazione schematica della zona di incarrozzamento con indicate le aree critiche per la sicurezza - indicazioni di quota delle superfici in mm.

L'intervento può essere articolato in base a tre elementi di rischio *(Fig. 25)*:

1. *Eliminazione del gap orizzontale tra pavimento del veicolo e banchina ferroviaria*: il primo fattore di rischio per i passeggeri nel trasferimento da banchina ferroviaria a veicolo tranviario e viceversa è sicuramente rappresentato dalla possibilità di cadere nello spazio vuoto di fronte alla porta.

[43] Per *condizione normale* si intende la condizione in cui tutte le parti sia del rotabile sia del sistema funzionano correttamente e rispettano le tolleranze di manutenzione

[44] si veda a tal proposito quanto descritto in ACCESSO IN VETTURA, pp. 14;

Tale gap è presente in ogni interfaccia veicolo banchina e rappresenta un franco necessario legato alla tolleranza di posizionamento della cassa, in base a variabili meccaniche e di carico; un'ampiezza di 350 mm rappresenta però un valore troppo elevato per non essere considerato come importante fattore di rischio.

La predisposizione di una superficie di appoggio mobile in questa zona costituisce senza dubbio un primo rimedio efficace nell'evitare la caduta dei passeggeri, garantendo la continuità del piano di appoggio sulla dimensione xy;

1. *Eliminazione del dislivello verticale tra banchina ferroviaria e pavimento*: il valore del gradino che si viene a creare tra ciglio della banchina ferroviaria e pavimento del veicolo è, come precedentemente illustrato, variabile, ma può arrivare a valori di 200 mm.
   La presenza di un tale gradino nella zona di salita e discesa rappresenta un secondo elemento di rischio poco accettabile, ancor più per l'atipicità del suo orientamento: al contrario di quanto avviene normalmente, in questo caso il pavimento del veicolo è posto a quota inferiore rispetto alla banchina, creando evidenti disagi soprattutto durante l'uscita.
   La presenza di un dislivello di tale entità rappresenta inoltre un evidente impedimento per l'accesso a persone anziane, bambini e disabili, categorie numericamente importanti all'interno dell'ipotetica utenza di un servizio tram-treno;

2. *Prevenzione della possibilità di caduta nelle aree limitrofe al vano porta:* ultima considerazione circa la sicurezza delle operazioni di incarrozzamento riguarda la possibilità di caduta nello spazio vuoto ai lati della zona prospiciente il vano porta. In presenza di una pedana mobile, in pratica, un passeggero potrebbe cadere ai lati della stessa, data la rilevante distanza tra ciglio della banchina e pareti del veicolo.

   Il reale rischio legato ad un tale evento non è elevato, ma sempre significativo soprattutto in considerazione del reale dislivello presente; in sede ferroviaria infatti esso può infatti raggiungere, considerando la distanza tra terreno e piano del ferro, il valore massimo di 800 mm.

C. TEMPI DI FERMATA RIDOTTI

La struttura del sistema porta deve garantire il mantenimento di tempi bassi per le operazioni di salita e discesa, non solo offrendo soluzioni tali da facilitare i movimenti dei passeggeri, ma anche limitando il tempo necessario alla disposizione di eventuali elementi mobili ed all'apertura delle porte.
Il rispetto di questo requisito è fondamentale, come già espresso, perché influente sul valore di velocità commerciale e quindi sulla competitività stessa di un servizio tram treno.

D. COMPATIBILITÀ CON IL SISTEMA PRODOTTO

La realizzazione di un sistema di apertura specifico per la nicchia dei veicoli tram treno deve chiaramente costituire una soluzione implementabile su un sistema prodotto genericamente tranviario; a questo scopo tipologia di componenti, lavorazioni ed ingombri devono mantenersi in linea con le caratteristiche di un veicolo leggero e del sistema industriale.

Va inoltre specificata l'importanza di una adeguata progettazione del sistema per un ciclo di vita molto lungo, mantenendo semplici manutenzione, sostituzione e ripristino delle parti.

E. VALORIZZAZIONE DEL GESTO

La dinamica di accesso in un veicolo di trasporto pubblico, sia durante l'effettivo svolgimento delle operazioni di salita e discesa che nelle fasi percettive che, in entrambi i casi, le precedono, riveste un'importanza cruciale nella definizione del rapporto tra utente e mezzo.
Il controllo delle variabili, sia funzionali che percettive, legate all'accesso è ancora più importante nell'ottica di un sistema tram-treno: per un sistema di trasporto pubblico di nuovo impianto sul territorio la creazione di un alto livello qualitativo percepito e l'innesco di dinamiche relazionali costituiscono una leva competitiva fortissima e vitale.
Dal punto di vista formale, innanzitutto, il sistema dovrà adeguarsi a diverse configurazioni, interne ed esterna, favorendo il pieno adattamento alle scelte formali operate sul resto del veicolo; dal punto di vista funzionale inoltre il sistema dovrà consentire un accesso piacevole, con particolare attenzione ai feedback percettivi.

L'analisi procederà quindi alla progressiva definizione di un *concept* di sistema porta tale da soddisfare tutte le differenti esigenze finora emerse; un ruolo chiaramente centrale all'interno dello schema di requisiti è rivestito dal tema funzionale, inteso come realizzazione di accesso a raso e, contestualmente, come ottenimento di un buon livello di sicurezza per l'incarrozzamento.

7.3. RIDISEGNO DEI MOVIMENTI

Per giungere alla definizione di una soluzione di massima capace di garantire l'accesso a raso con tutte le geometrie di banchina possibili è utile creare uno schema descrittivo della posizione reciproca di veicolo ed infrastruttura; con riferimento alle dimensioni rappresentate in *Fig.* 23, l'analisi partirà dallo studio della condizione peggiore possibile, ovvero la presenza di banchina ferroviaria a 600 mm *s.p.f.*

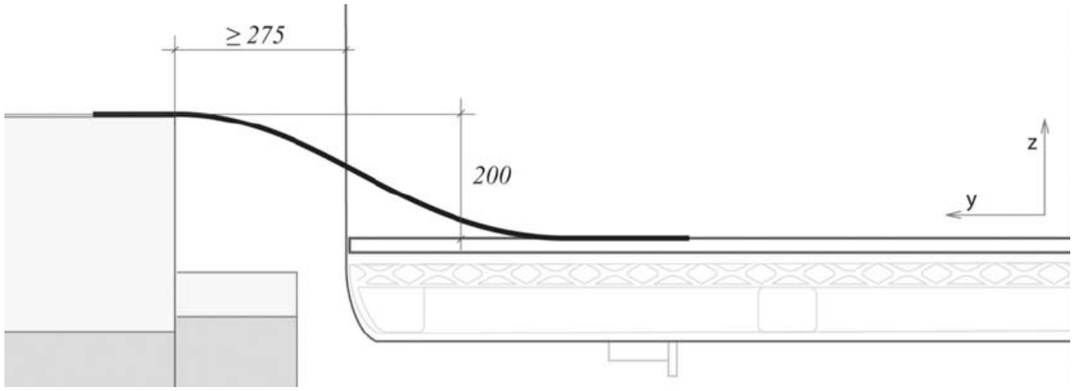


Fig. 26. Schema rappresentativo della posizione reciproca di veicolo e banchina e della curva ideale di continuità, misure in mm.

Come rappresentato in *Fig. 26,* i due elementi vanno a generare un gap orizzontale teorico di 275 mm, che sale a causa della consueta rastrematura delle pareti, ed un dislivello sull'asse z di ben 200 mm. Realizzare l'accesso a raso in questa condizione vorrebbe dire generare una struttura di pavimento a geometria variabile capace di descrivere la curva ideale rappresentata: tangente sia alla superficie della banchina che al pavimento, la curva realizza sul piano *yz* una perfetta continuità.

Possono quindi essere ipotizzate ed analizzate diverse soluzioni possibili, tutte volte alla realizzazione dell'accesso a raso nella condizione prima descritta:

- *allineamento del veicolo alla geometria tranviaria e realizzazione di una pedana mobile a geometria fissa per l'accesso da banchina ferroviaria(Fig. 27)*: tale soluzione, adottata nel sistema di Saarbrücken, risulta capace di garantire continuità nella sola dimensione orizzontale, mentre un collegamento del pavimento a quota tranviaria con una banchina a norma UIC comporterebbe un gradino di 150 o 200 mm, non convertibile a rampa; la Saarbahn presenta banchine ferroviarie a soli 380 mm *s.p.f.*, come molte altre reti regionali di vecchia concezione, rendendo *molto semplice* la realizzazione di accesso a raso;

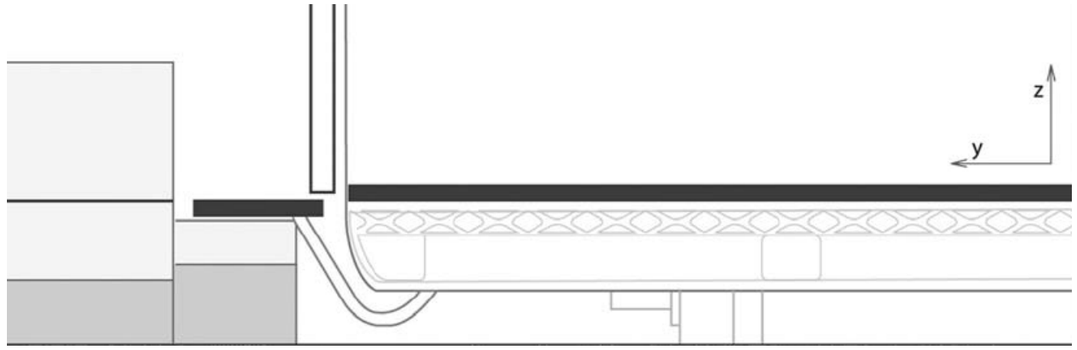


Fig. 27: Soluzione con pedana mobile a quota 300 mm s.p.f. - modello SaarBahn - veicolo con pianale posto a 400 mm s.p.f.

- *presenza di pavimento a pendenza variabile in prossimità della porta e di una pedana mobile a geometria fissa per l'accesso da banchina ferroviaria (*Fig. 28*)*: la *realizzazione separata* di continuità orizzontale e verticale ha il vantaggio di mantenere tutto il sistema porta all'interno della sagoma del veicolo, mentre il gap orizzontale viene colmato con una pedana esterna.
  Il posizionamento e l'azionamento di una tale pedana potrebbero risultare molto complessi e con ogni probabilità interferenti col *movimento di apertura delle porte*; anche ipotizzando il pianale alla quota intermedia di 450 mm *s.p.f.*, mantenere pendenze contenute nella parte variabile del pavimento potrebbe rendere necessario *estendere l'area mobile troppo in prossimità della mezzeria del veicolo*, con evidenti problemi di praticabilità dello spazio in veicoli *solitamente bidirezionali*;

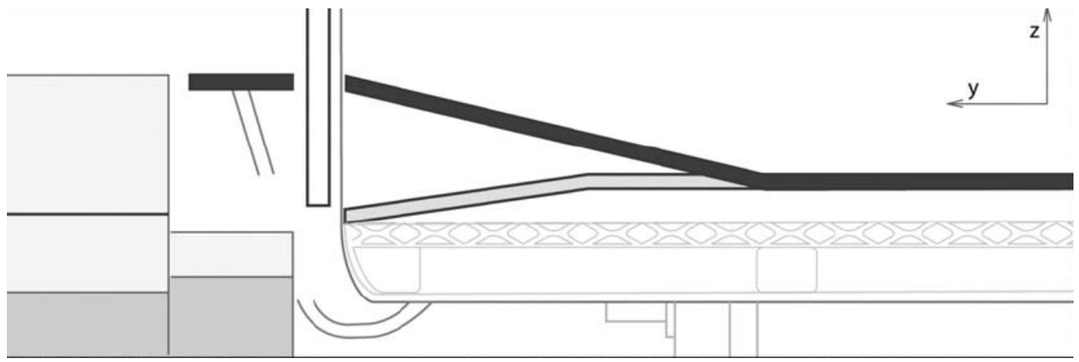


Fig. 28. Configurazione composta da pavimento interno ad inclinazione variabile e pedana esterna a quota della banchina ferroviaria – veicolo con pianale posto a 450 mm s.p.f.

- *realizzazione di un'unica struttura con pavimento a geometria variabile su entrambe le dimensioni (Fig. 29):* questa soluzione elimina la necessità di una pedana esterna e realizza la continuità attraverso lo *spostamento della linea di soglia* della porta in base alle differenti posizioni orizzontali e verticali del ciglio di banchina; in questo modo la pendenza del pavimento in caso di

fermata ferroviaria diviene ammissibile mantenendo l'area mobile *abbastanza distante dalla mezzeria*: anche lo spazio tra banchina e veicolo viene infatti utilizzato per la descrizione della curva ideale;

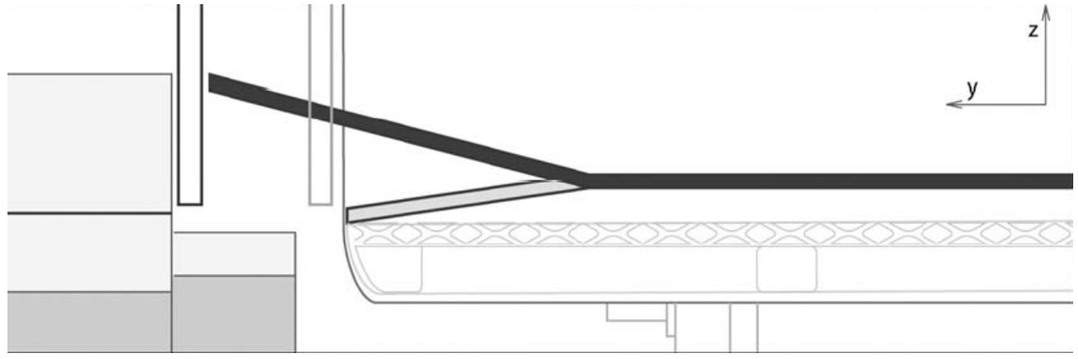


Fig. 29. Schema di pavimento con posizione della soglia variabile lungo y e z – veicolo con pianale posto a 450 mm s.p.f.

Anche se *più difficile da immaginare* nell'applicazione su un normale veicolo tranviario, la terza soluzione appare in linea teorica quella *maggiormente percorribile*; non sono state prese in considerazione nel confronto soluzioni *palesemente incompatibili* con criteri di fattibilità tecnica ed economica o sicurezza, come quelle basate sulla variazione della geometria delle banchine o della quota dell'intero vano passeggeri.

La scelta di una soluzione a geometria variabile comporta innanzitutto la ricerca di una *struttura logica di componenti e movimenti* che concili fattibilità, efficienza e sicurezza per i passeggeri: la soglia di un *sistema porta* di questo tipo dovrà essere, riassumendo, capace di un'escursione di 350 mm lungo y e 250 mm lungo z, realizzando quindi una superficie di incarrozzamento posta ad un'altezza variabile tra 350 mm *s.p.f.* e 600 mm *s.p.f.* La ricerca di tale struttura logica partirà dal confronto con l'attuale architettura di movimenti di un sistema porta tranviario, al fine di mantenerne le doti di semplicità ed efficacia.

Analizzando la *natura geometrica* della struttura di movimenti delle porte così come viene attualmente realizzata *(Fig. 30 a)*, è possibile notare come le ante subiscano una prima traslazione su *y*, quindi una seconda di reciproco allontanamento su *x* a realizzare l'effettiva apertura; una tale sequenza, *continua* e realizzata solitamente da un *unico cinematismo*, è necessaria per conciliare la *continuità della superficie esterna* del veicolo durante la marcia con l'effettiva apertura delle ante.

Ipotizzando di trasferire il primo movimento di traslazione su *y* dai *binari delle ante* all'intera *cornice della porta (Fig. 30 b)*, non più solidale quindi con la struttura della cassa, e di *aumentare la sua escursione da circa 50 mm a 350 mm*, sarebbe possibile giungere a colmare il gap orizzontale. L'assimilazione concettuale del movimento necessario a colmare il *gap orizzontale* con quello già realizzato nell'attuale struttura delle porte minimizza l'inevitabile *sofisticazione cinematica* dell'intero sistema: il cinematismo agente sui binari delle ante viene in questa ipotesi ridotto sul solo asse *x*, mantenendo *inalterata la dinamica globale*.

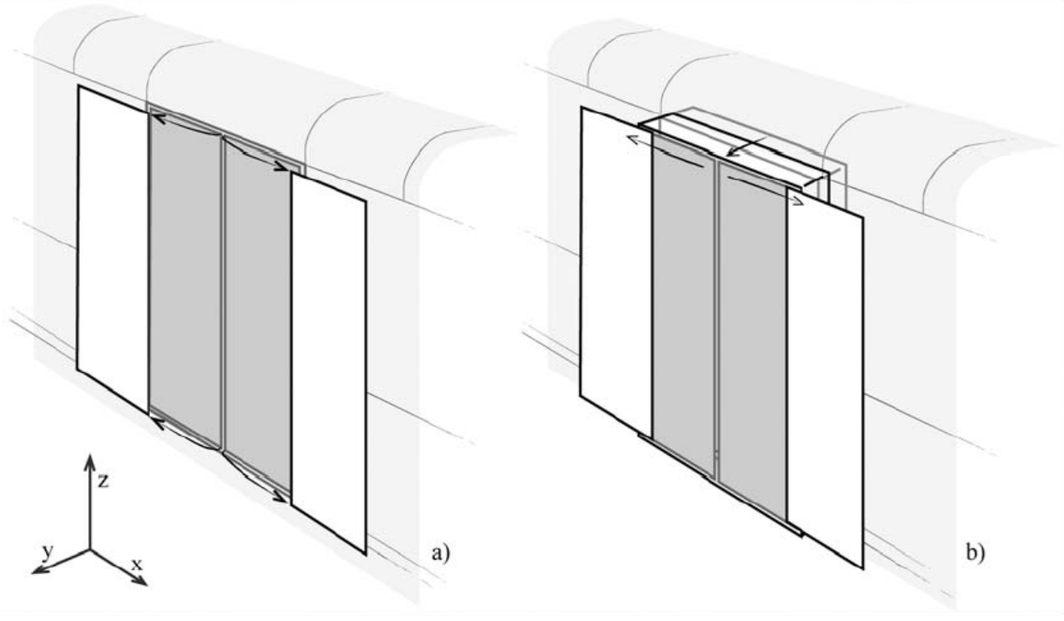


Fig. 30. Analisi dei movimenti dalle ante in un sistema standard (a) e nell'ipotesi in studio (b).

Rimane ora da ipotizzare l'attuazione del *secondo movimento* relativo alla soglia, ovvero quello sull'asse *z*: la sua linea guida va concepita solidale alla struttura della cornice della porta, in maniera tale da *seguirne la traslazione su y*. Riguardo a questo movimento emerge però subito l'obiezione relativa alla sicurezza: mentre la traslazione su y, già presente seppure in diversa misura, appare *compatibile con la presenza di passeggeri* sia in banchina che all'interno del veicolo, la *variazione in altezza del pavimento* nell'area della porta suscita giustamente *seri interrogativi*.

Sebbene esistano esempi di come *movimentazioni simili* vengano già realizzate all'interno di mezzi di trasporto pubblici *(Fig. 31)*, uno *spostamento verticale di 250 mm* del pavimento durante la *già critic*a fase di decelerazione in fermata non rappresenta una dinamica ammissibile causa l'*evidente pericolosità* per i passeggeri; non è allo stesso tempo possibile realizzare tale escursione con velocità adeguatamente basse *a veicolo fermo* in quanto ciò si tradurrebbe in un inammissibile *aumento dei tempi di fermata*.

Fig. 31. Pavimento a geometria variabile in una vettura tranviaria di San Francisco, California.

La soluzione del problema potrebbe essere costituita dalla realizzazione del movimento nell'intero arco di tempo impiegato tra una fermata e l'altra: l'estensione dell'azionamento dei cinematismi per un tale intervallo di tempo, quantificabile in almeno 90 secondi, permetterebbe il mantenimento di *velocità talmente basse da risultare impercettibili*.
A tutto ciò va aggiunto che la natura di uno *scenario tipo di servizio tram-treno* prevede *interi tratti* di natura tranviaria ed altri di tipo ferroviario, limitando quindi la realizzazione di tale escursione verticale ai *pochi punti di trasferimento* di sede, con intertempi ancora più lunghi: il veicolo proveniente da sede tranviaria si adeguerà quindi alle banchine ferroviarie uscendo dal centro abitato, *manterrà tale configurazione* per tutte le fermate ferroviarie per poi riconfigurarsi nel caso di *nuova immissione* in circuiti tranviari.

Prima di procedere alla definizione di massima del sistema porta è utile creare un modello geometrico semplificato: in esso saranno rappresentati, come entità logiche, i macro-elementi cui attribuire i diversi movimenti e le differenti funzioni *(Fig. 32)*.
Come già descritto il sistema dovrà principalmente disporre di un ancoraggio al telaio, di una struttura mobile che funga anche la cornice della porta, di un elemento flessibile costituente il pavimento e, chiaramente, di ante.

Il modello è quindi composto da:

1. *Telaio:* questa struttura, solidale alla cassa, funge da interfaccia rigida per il montaggio degli elementi mobili e da elemento di rinforzo; esso costituisce anche la parte di base per il *movimento A* e l'ancoraggio interno del pavimento flessibile;
2. *Cornice porta:* l'elemento, svincolato rispetto alla cassa, costituisce il fulcro funzionale dei movimenti: esso effettua infatti il *movimento A* sul *telaio,* costituisce la base per il *movimento B* e per l'apertura delle ante;
3. *Pavimento:* tramite un'alta flessibilità questo componente, che risulta da un lato vincolato al pavimento del veicolo e dall'altro oggetto del *movimento B*, crea una superficie continua tra banchina di fermata e spazio interno;
4. *Ante:* elementi di chiusura del vano porta soggetti ad un semplice movimento di traslazione lungo x, molto simili alle componenti generalmente utilizzate.

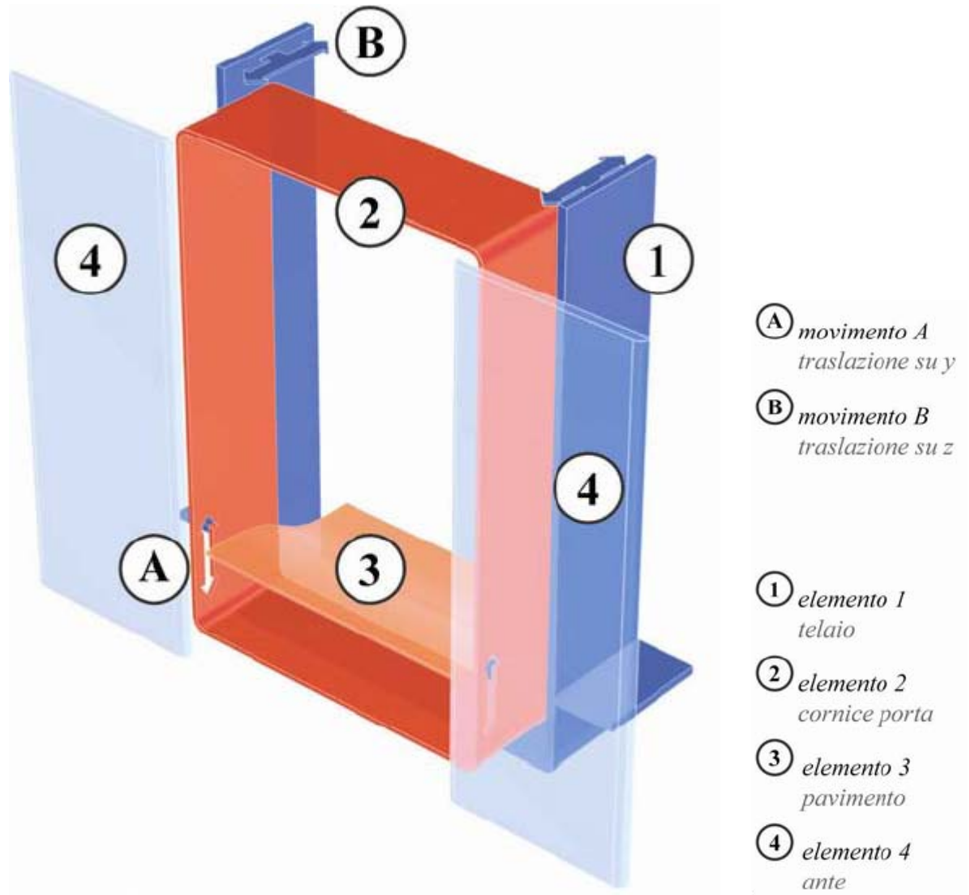


Fig. 32. Modello geometrico del sistema porta, organizzato secondo macro-elementi e funzioni.

Già dalla resa schematica del sistema porta l'elemento di cui risulta più difficile da immaginare la realizzazione è sicuramente il pavimento flessibile: questo componente dovrà essere in grado sia di

fornire un piano di appoggio meccanicamente adeguato a passaggio e sosta di passeggeri, sia di modificare la propria geometria lungo gli assi y e z; una prima analisi geometrica del problema porta ad ipotizzare la presenza di un sistema composto di più elementi liberi di ruotare attorno all'asse x e quindi di orientarsi, come mostrato in Fig. 31, in maniera tale da formare una superficie continua in tutte le condizioni possibili. Prima importante osservazione riguarda la necessità di prevedere un vano, al di sotto del pavimento interno, in cui la struttura possa ritrarsi nelle configurazioni caratterizzate da minore estensione lungo l'asse y.

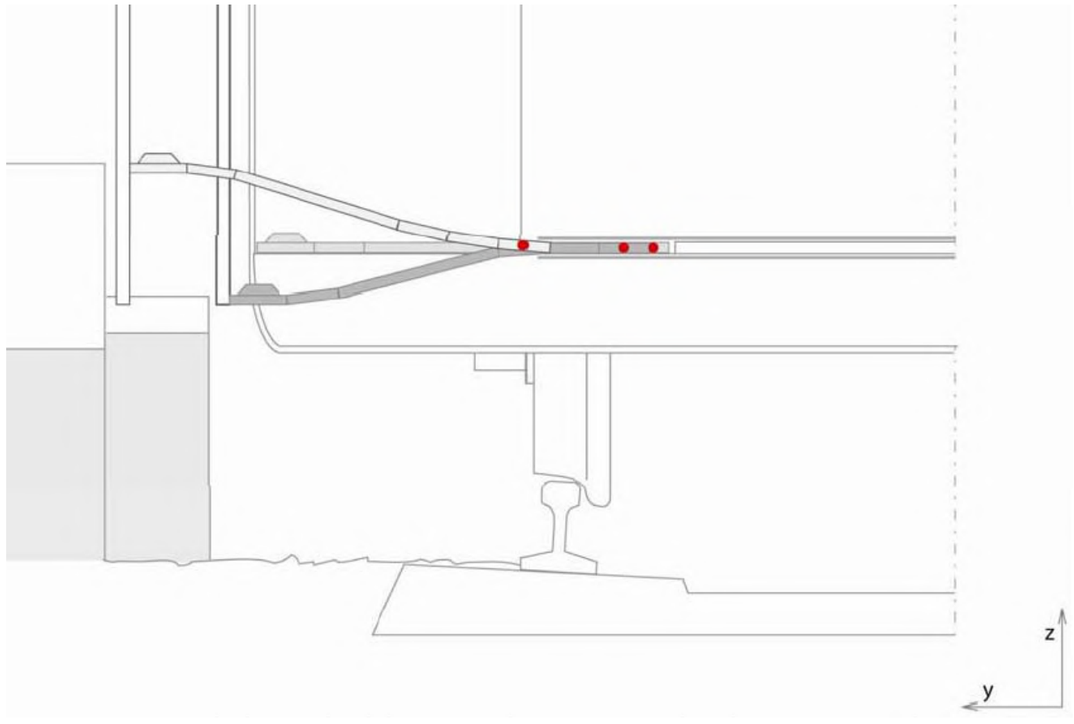


Fig. 33. Vista in sezione sul piano z-y della soluzione ipotizzata per il pavimento flessibile; sono rappresentate tre posizioni, banchina ferroviaria, marciapiede tranviario ed intermedia; evidenziata in rosso la posizione dell'elemento finale.

Il modello geometrico, in cui è già identificabile il nuovo principio di organizzazione dei movimenti, è utile anche ai fini di una prima verifica, di carattere qualitativo, riguardo alla soddisfazione dei requisiti di progetto.

7.4. VERIFICA PRELIMINARE DEI REQUISITI

Dopo aver ipotizzato una struttura in grado di soddisfare il requisito A, ovvero di garantire un accesso a raso, è utile considerare il valore della soluzione rispetto ai restanti requisiti.

B. DINAMICA DI INCARROZZAMENTO SICURA

La struttura di *sistema porta* ipotizzata nella definizione del modello geometrico, oltre ad *eliminare i problemi di discontinuità* nell'area di transito, deve garantire un buon livello di sicurezza durante l'incarrozzamento: l'accesso a raso permette implicitamente di eliminare i fattori di rischio 1 e 2 *(Fig. 25).*

1. Riguardo al fattore di rischio 3, la geometria ipotizzata prevede *due differenti accorgimenti*: il *protendersi dell'intero telaio* porta verso il ciglio della banchina va a costituire un piccolo *corridoio chiuso* per tutta l'altezza, eliminando la possibilità di caduta laterale dall'area prospiciente il vano porta;
2. il particolare *movimento delle ante*, che si aprono solo quando *radenti* alla banchina, garantisce che le operazioni di salita e discesa inizino solamente a struttura correttamente posizionata; quando aperte, inoltre, esse vanno a costituire una *parete visiva e fisica* tale da impedire la caduta nello spazio tra banchina e veicolo dalle aree di banchina limitrofe al vano porta.

Tale ipotesi non prevede chiaramente che le *porte in posizione aperta* siano capaci di *sostenere il peso* di un passeggero in caduta in quanto ciò richiederebbe una rigidità difficilmente ottenibile; si tratta invece, *utilizzando la loro superficie*, di impedire che i passeggeri in attesa in banchina mettano i piedi in posizioni tali da compromettere il loro equilibrio, attraverso una percezione chiara del limite della piattaforma.

C. TEMPI DI FERMATA RIDOTTI

I tempi di fermata ottenibili con un veicolo dotato del sistema porta a geometria variabile risultano dipendenti da due fattori:

1. *tempi di azionamento del sistema porta:* chiaramente una struttura che preveda regolazioni dinamiche dell'intero vano porta necessita di tempi di azionamento maggiori rispetto ad un sistema porta tradizionale; considerando la regolazione del pavimento già avvenuta all'arrivo in fermata, tali tempi dipendono unicamente dalla movimentazione della *cornice della porta* e dall'apertura delle ante, movimenti sequenziali ma indipendenti.

   Ipotizzando una velocità di azionamento della traslazione della *cornice della porta* pari a 0,1 m/s, in

realtà molto più bassa di quanto sufficiente a garantire un alto livello di sicurezza[45], ed un tempo di apertura delle ante massimo di 2,5 s[46], i tempi globali di azionamento risultano:

- *fermata tranviaria*: ipotizzando un'escursione di 100 mm per la *cornice della porta,* necessaria a liberare le ante e ad avvicinare la soglia della porta alla banchina, il tempo teorico di azionamento è di 3,5 s;
- *fermata ferroviaria*: l'escursione raggiunge in questo caso i 340 mm, garantendo un franco minimo, ed il tempo di azionamento raggiunge il valore di 6 s.

2. *tempi di incarrozzamento:* la presenza di accesso a raso e di continuità di superficie permette un incarrozzamento agevole per tutte le classi di utenza, riducendo quindi al massimo i tempi globali di fermata;

Si può quindi concludere che la complessa dinamica dei movimenti non influisce negativamente sui tempi globali di fermata, neanche nel caso di banchina ferroviaria, mantenendo tempi di azionamento bassi in termini assoluti; allo stesso tempo la realizzazione dell'accesso a raso elimina qualsiasi elemento di rallentamento nelle operazioni di salita e discesa: i tempi globali di fermata potrebbero quindi, almeno potenzialmente, diminuire.

D. COMPATIBILITÀ CON IL SISTEMA PRODOTTO

La verifica dell'effettiva compatibilità tecnica con una piattaforma prodotto tranviaria dipende dalle soluzioni che saranno adottate nella successiva fase di definizione; sulla base del modello geometrico è però possibile dedurre come la struttura del vano porta non necessiti di stravolgimenti della struttura della cassa. Va invece analizzata l'incidenza dell'adozione di una tale sistema porta sul costo del singolo veicolo: la *complicazione della struttura*, sebbene non eccessiva, esiste e come tale è ipotizzabile anche un *aumento del costo* di ogni vano porta. Possono però essere fatte alcune considerazioni:

- l'adozione del sistema a geometria variabile è *l'unica soluzione possibile* in molti contesti; si dovrebbe altrimenti ipotizzare di rinunciare all'accesso totale ed ad un buon livello di sicurezza, oppure intervenire sulla struttura delle banchine, contravvenendo alle normative e con costi molto alti;
- Il sistema si presta anche a *configurazioni semplificate*; è possibile ipotizzare l'adozione del sistema completo su una o due porte per lato, privando le altre della regolazione in quota del pavimento ed ipotizzando, quindi, un accesso con gradino. In questo caso sarebbero in ogni caso ottenuti livelli di accesso soddisfacenti;
- La geometria variabile realizza continuità di superficie e quindi permette la rimozione di pedane automatiche, mobili o amovibili, pulsanti di apertura diversificata e comandi manuali in cabina; a tutto ciò vanno aggiunte le conseguenze positive su *immagine, attrattività, velocità commerciale e riduzione degli infortuni*;

Il sistema sembra quindi sostenibile anche da un punto di vista commerciale, ipotizzando inoltre gli effetti sui costi di una possibile produzione in serie.

E. VALORIZZAZIONE DEL GESTO

La soddisfazione questo requisito non è quantificabile, ma necessita della formulazione di un'analisi approfondita e tale da condurre alla formulazione di linee guida che, implementate nella definizione di massima del sistema porta, permettano di raggiungere una corretta progettazione percettiva dell'accesso.

7.5. FORMA E PROPOSIZIONE

Le porte costituiscono, nell'economia formale della vettura, un elemento di *rottura del volume*, un'area di *discontinuità* su superfici che sono sempre più rastremate ed uniformi; il vano di accesso è allo stesso tempo la *prima interfaccia* tra passeggero e veicolo e l'elemento di *connessione simbolica* tra spazio libero e volume interno.

Il vano porta si configura quindi come *area di passaggio* dall'esterno ad un poco visibile interno, o dal noto spazio chiuso alla prospettiva aperta del panorama suburbano: in entrambi i casi è chiaro come in quest'area si concentri il passaggio tra due diverse dimensioni spaziali e temporali, come vi risieda quindi una *forte variabile,* agente sul rapporto tra veicolo e spazio abitato.

Nelle vecchie vetture a pianale alto il *gesto* di ingresso o uscita dal veicolo, pur nella sua criticità funzionale, si lega a *forme, volumi, aree e materiali* altamente specifici all'interno del veicolo; l'adozione del pianale ribassato rende invece l'area di accesso in perfetta *continuità geometrica* sia con la banchina che con il *resto del veicolo*, massimizzandone la funzionalità ma annullandone quasi la funzione topologica.

L'elemento porta può essere connesso a tre differenti funzioni:

- *la porta è* elemento di prima interfaccia, quasi *gesto che cerca* la generazione di un rapporto con il passeggero;
- *esso è quindi varco* attraverso cui passare dall'ampio spettro del panorama urbano alla *dimensione finita* del vano vettura e viceversa;

[45] In assenza di dispositivi paragonabili, viene presa a riferimento la velocità di azionamento di sistemi di trasporto pubblico continui: una scala mobile prevede velocità del piano di calpestio variabili tra 0,5 e 0,65 m/s ;

[46] Prestazione erogata da un sistema porta a scorrimento semplice per veicoli di trasporto di massa, fonte Curtis Door systems Inc, *Sliding Door Operator - Leadscrew Type Data Sheet*

- la sua forma è *espressione topologica* di *interruzione* sia nella continuità del volume dell'oggetto veicolo, sia nell'architettura degli spazi interni;

L'applicazione delle tre categorie identificate al *modello geometrico* conduce ad un confronto tra le forme ottenute ed il loro possibile uso ai fini di un valore percettivo aggiunto. La prima osservazione riguarda necessariamente la *presenza di volumi diversi* e *quantitativamente più rilevanti* rispetto alla struttura di un vano senza geometria variabile:

a. All'interno si nota la presenza delle pareti formate dai *montanti laterali*, elementi specifici e *sicuramente incisivi* nell'architettura: se il loro volume non causa perdita di spazio utile in quanto utilizzabile come *parete di appoggio* di elementi di aggancio per sedie a ruote, biciclette o comuni sedute, esso funge però da *elemento fortemente caratterizzante* delle aree di accesso.
   La particolare struttura di un veicolo *tram-treno* articolato su tre casse, composto di un'ampia area intermedia e di due aree alle estremità per i passeggeri *intervallate da due zone polifunzionali*, evidenzia ancor di più la *diversa natura* degli spazi ritagliati all'interno dei montanti: l'azione su *variabili cromatiche e luminose* potrebbe accentuare tale legame tra dinamica dei volumi e funzione, dando maggiore carattere allo spazio.

b. L'esterno è invece *segnato dall'emergere dei volumi* del vano porta durante la fermata: tale evento di *rottura dinamica* della continuità si presenta però *radicalmente differente* rispetto al normale moto a due stadi delle porte tranviarie. La dinamica di funzionamento del *sistema porta variabile*, al fine di contenere i tempi di fermata, prevede infatti che *il movimento della cornice della porta* abbia luogo subito a veicolo fermo, indipendentemente dalla richiesta degli utenti: questa sarà invece responsabile della *sola apertura delle ante*. L' *estrazione automatica* dei volumi può essere tradotto in un netto cambiamento della *percezione* del rapporto tra utente e veicolo:

   - una volta fermo il veicolo *non rimane muto e compatto* aspettando una esplicita *richiesta ad aprirsi*, come accade nel caso di azionamento a mezzo pulsante, ma si pone in una *condizione attiva di manifesta attesa*;
   - il suo movimento non è *sola reazione* al comando, spesso spiacevole[47], dato tramite i pulsanti di apertura; produrre una parte del movimento subito fa sì che alla pressione segua una semplice ed immediata apertura delle ante;
   - il veicolo viene in tale maniera *indotto a proporsi*, cioè a manifestare la ricerca di un rapporto, un senso di accoglienza, un *invito ad entrare in uno spazio prossimo* che si schiude istantaneamente al primo gesto;

   Tale *possibile interpretazione* di una diversa dinamica va veicolata attraverso le scelte formali del *progetto locale*, lavorando sulla natura visiva delle porte, forse da *mettere in risalto* piuttosto che da confondere nella fiancata, o di altri elementi quali, ad esempio, i *pulsanti di apertura*; giocare sui movimenti per generare *feedback singolari* può costituire un modo per recuperare il *valore del gesto,* raggiungendo *intimità e sensibilità* nel dialogo tra utente e mezzo.

La dinamica operativa ed i volumi del vano porta, originati da considerazioni puramente funzionali, sono quindi *stimoli e potenziali origini* di una ricerca formale che, all'interno del progetto locale, tenti di favorire un *intimo e quotidiano rapporto* tra vettore e uomo; stimolare l'attenzione del passeggero può *rendere la semplice fruizione* di una funzione di trasporto *esperienza* e quindi garantire al *tempo del viaggio* un posto nella *memoria del quotidiano*.

7.6. LA CONTINUITÀ

Rendere la presenza di un sistema tram-treno un *segno forte nel tessuto suburbano* significa anche tentare di instaurare un *altrettanto forte legame* tra il veicolo e spazio abitato: questo può avvenire attraverso la ricerca di *intimità nel rapporto* con la dimensione quotidiana del singolo individuo, ma anche l'espressione di *continuità tra spazio abitabile nel veicolo e panorama suburbano*.
Connettere la *dimensione simbolica* di continuità tra esterno ed interno e l'ottenimento dell'effettiva *continuità di superficie* tra area di accesso e banchina è banale, ma allo stesso tempo *significativo*; il facile accesso in vettura potrebbe essere anche ridotto ad un semplice aumento del livello di confort e della qualità del servizio. Concentrare l'attenzione sulla sola *veicolazione della qualità* del servizio rischia però di limitare la prospettiva di intervento alla sola dimensione del viaggio, trascurando quindi la *potenzialità comunicativa* di una *reale* e *continuata* presenza sul territorio: questo è il limite del diffuso tentativo di rendere il mezzo *microcosmo protetto ed isolato*, scelta rischiosa sia nella sua effettiva *sostenibilità* che nelle conseguenze di *netta cesura* operata nei confronti del mondo altro.
Nella città diffusa tale strategia non farebbe che riproporre ad un diverso livello la stessa dinamica di *enclosing* generativa dello *sprawl,* ovvero di quell'indistinto *mucchio di pezzetti di spazio* che rende il panorama non interpretabile; i binari diverrebbero allora elementi estranei in un territorio indistinto ed il viaggio salto in una *temporanea dimensione estranea*. L'auspicabile *ricerca di valore estetico* nel viaggio rende invece necessario concepire lo spazio del veicolo come costantemente penetrabile alla realtà esterna, punto di vista privilegiato ed allo stesso tempo spazio *simbolicamente e geometricamente continuo con essa*; la *continuità geometrica* di superficie va quindi sfruttata per veicolare *identità*, magari attraverso un trattamento cromatico comune tra superficie della banchina e pavimento del veicolo. La stessa geometria osservabile nel *modello* di porta ed ante, che andrebbero concepite più come *elemento impalpabile* di temporanea separazione che come pareti di *netta distinzione*, richiama più caratteri architettonici che trasportistici. La continuità va allora letta non solo come *elemento di qualità funzionale*

[47] Nei veicoli tranviari con apertura a richiesta le ante scattano infatti subito proprio contro la mano che ha azionato il comando, generando un feedback poco piacevole tanto più la reazione è immediata; tale sensazione si fa ancora meno gradevole nel caso in cui i comandi siano a sfioramento, ovvero privi di feedback diretto di tipo meccanico;

ma come opportunità da sfruttare per *annullare la cesura* tra esterno ed interno, instillando nel veicolo uno status di *luogo in moto del paesaggio urbano*.

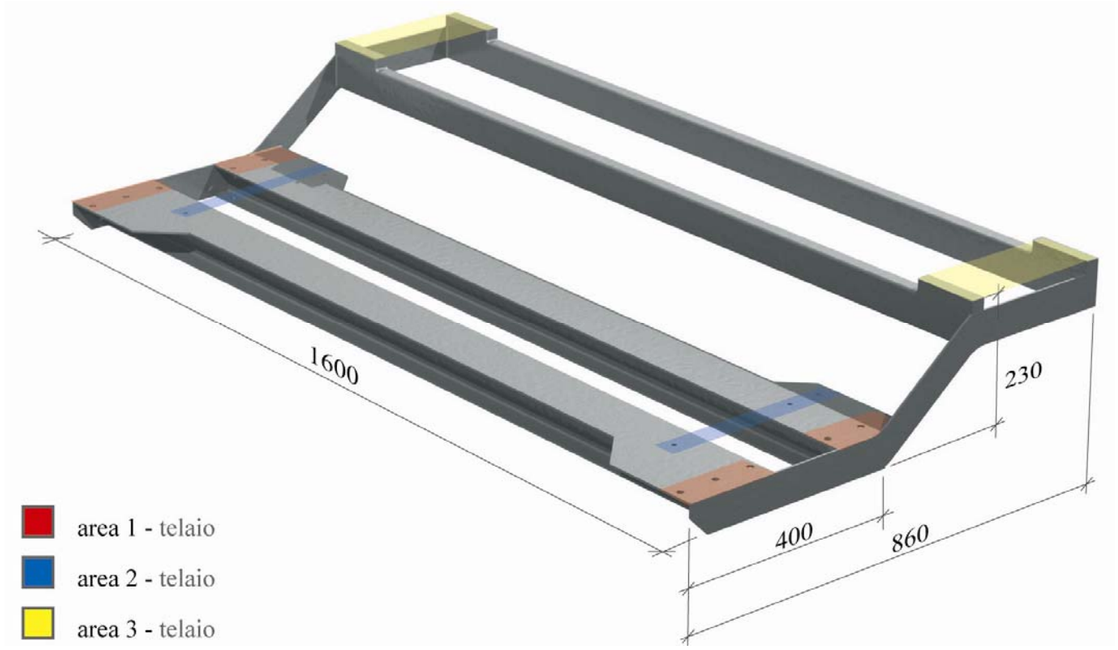


Fig. 34. PEDANA D'ACCESSO: supporto inferiore con indicate le aree predisposte per il montaggio di altre componenti -quote di massima in mm (elaborazione Andrea Alessandri).

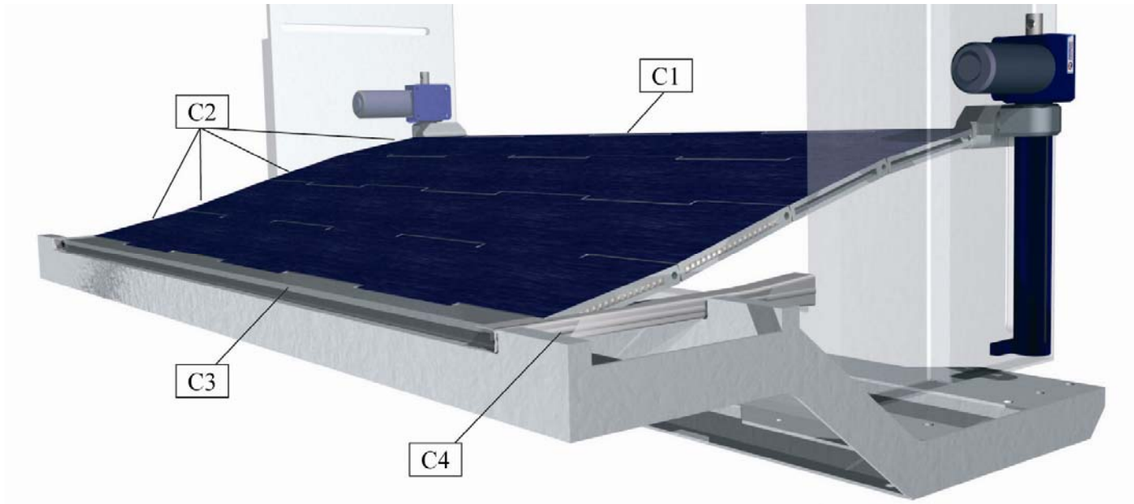
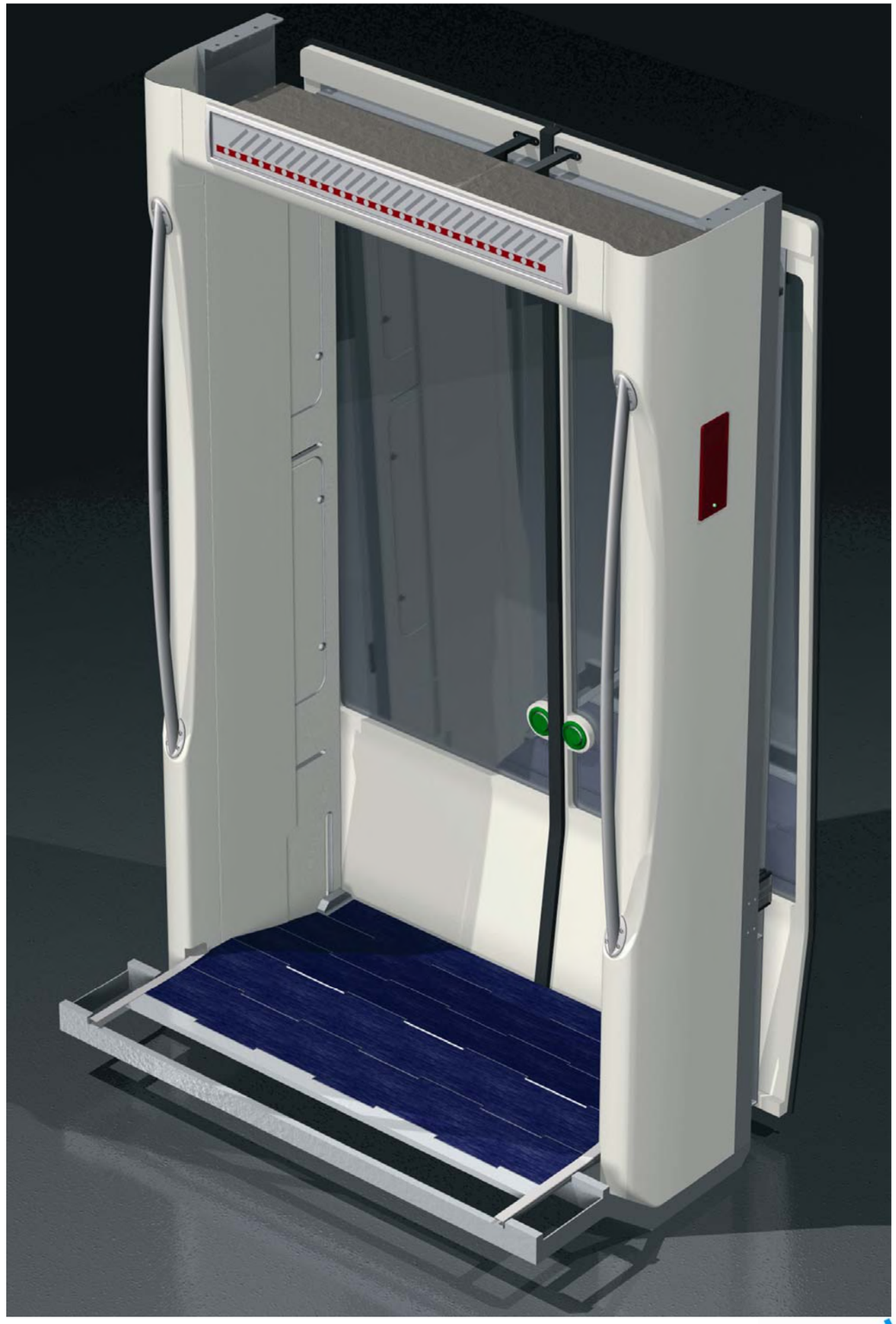
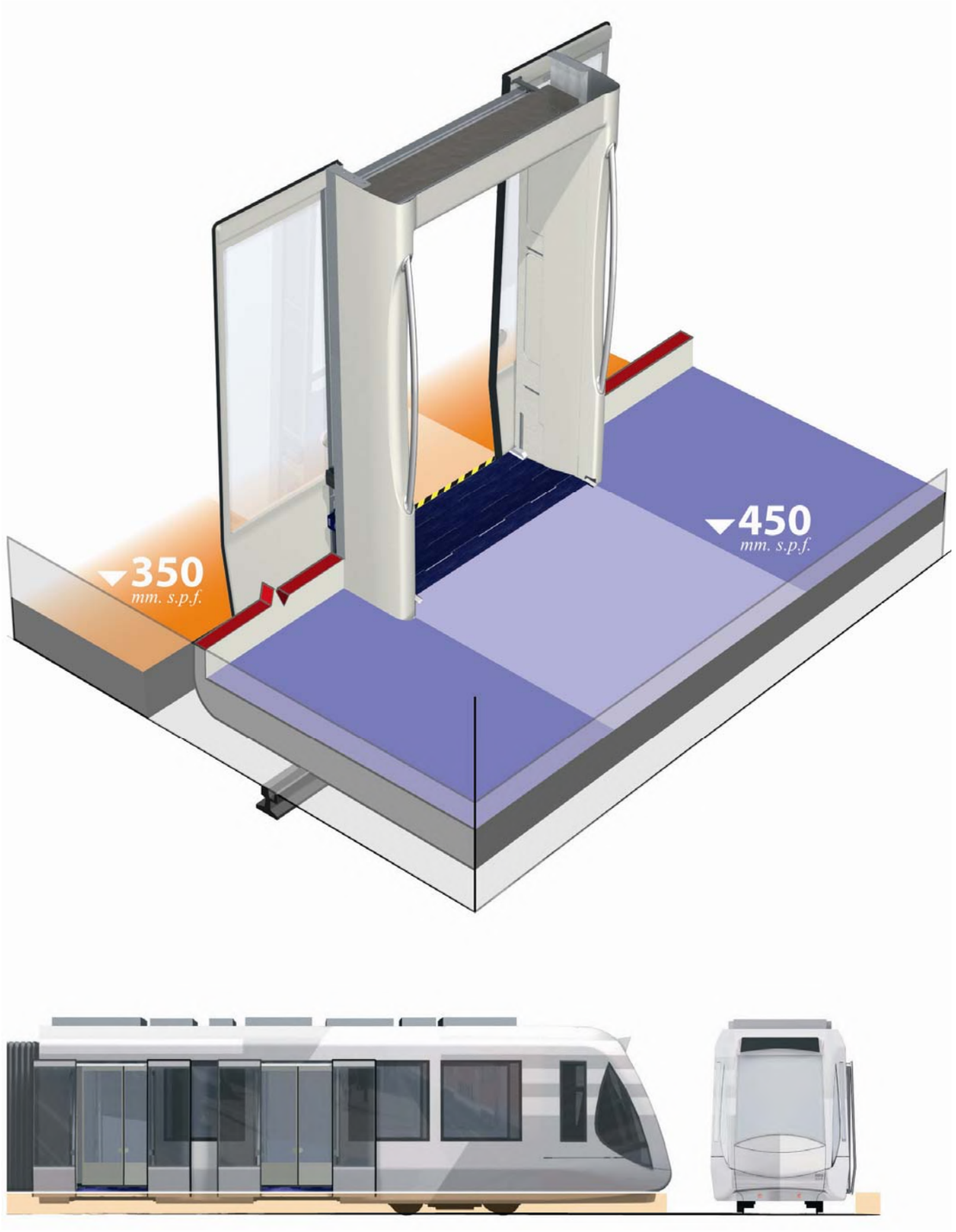


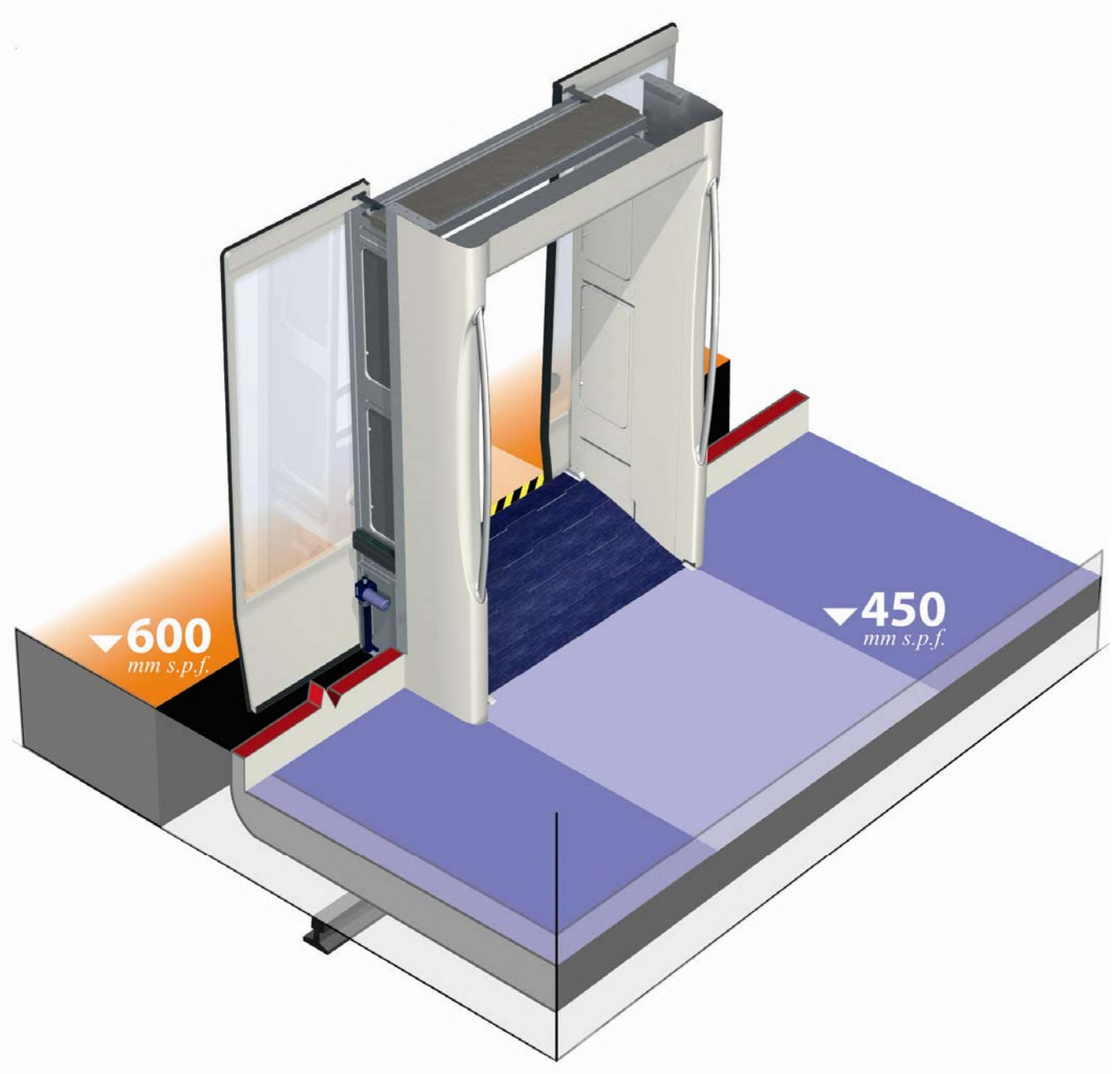
Fig. 35. PEDANA D'ACCESSO: assieme in configurazione di banchina ferroviaria con bollatura delle componenti (elaborazione Andrea Alessandri). C1: soglia mobile; C2: traversa; C3: slitta; C4: canali di guida.

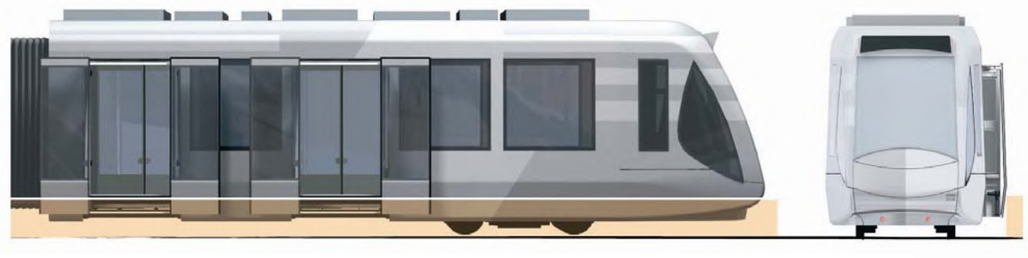


-1- MODALITÀ TRAM



-2- MODALITÀ TRENO





7.7. COSTO DEL MATERIALE ROTABILE

COSTO MATERIALE ROTABILE TIPO	**€**	**1.760.000**
COSTO PACCO BATTERIA SINGOLO	**€**	**455.000**

LOTTO FUNZIONALE 1 - MATERIALE ROTABILE

	Voce	Quantità			Importo
TRATTA 1	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**				
MATERIALE ROTABILE					
	Veicoli di servizio	3	N	€	5.280.000
	Veicolo di volano	1	N	€	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	3	N	€	1.365.000

TRATTA 1. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE	**€**	**8.405.000**

LOTTO FUNZIONALE 2 - MATERIALE ROTABILE

	Voce	Quantità			Importo
TRATTE 2-3	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**				
MATERIALE ROTABILE					
	Veicoli di servizio	1	N	€	1.760.000
	Veicolo di volano	1	N	€	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	1	N	€	455.000

TRATTE 2-3. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE	**€**	**3.975.000**

LOTTO FUNZIONALE 3 - MATERIALE ROTABILE

	Voce	Quantità			Importo
TRATTE 4-5	**FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA**				
MATERIALE ROTABILE					
	Veicoli di servizio	2	N	€	3.520.000
	Veicolo di volano	1	N	€	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	2	N	€	910.000

TRATTE 4-5. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE	**€**	**6.190.000**

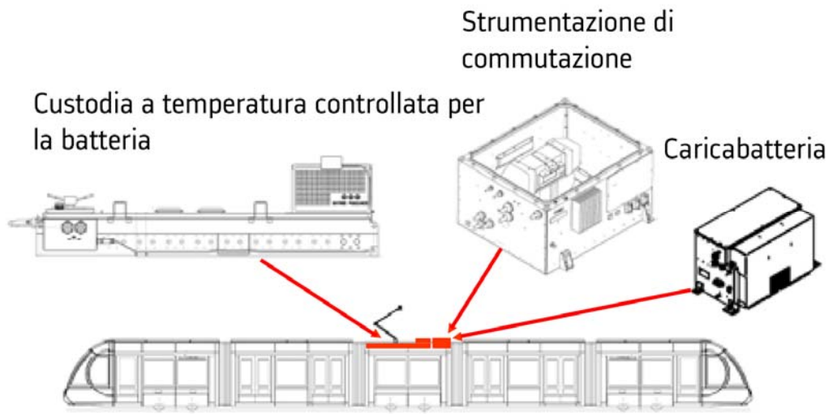
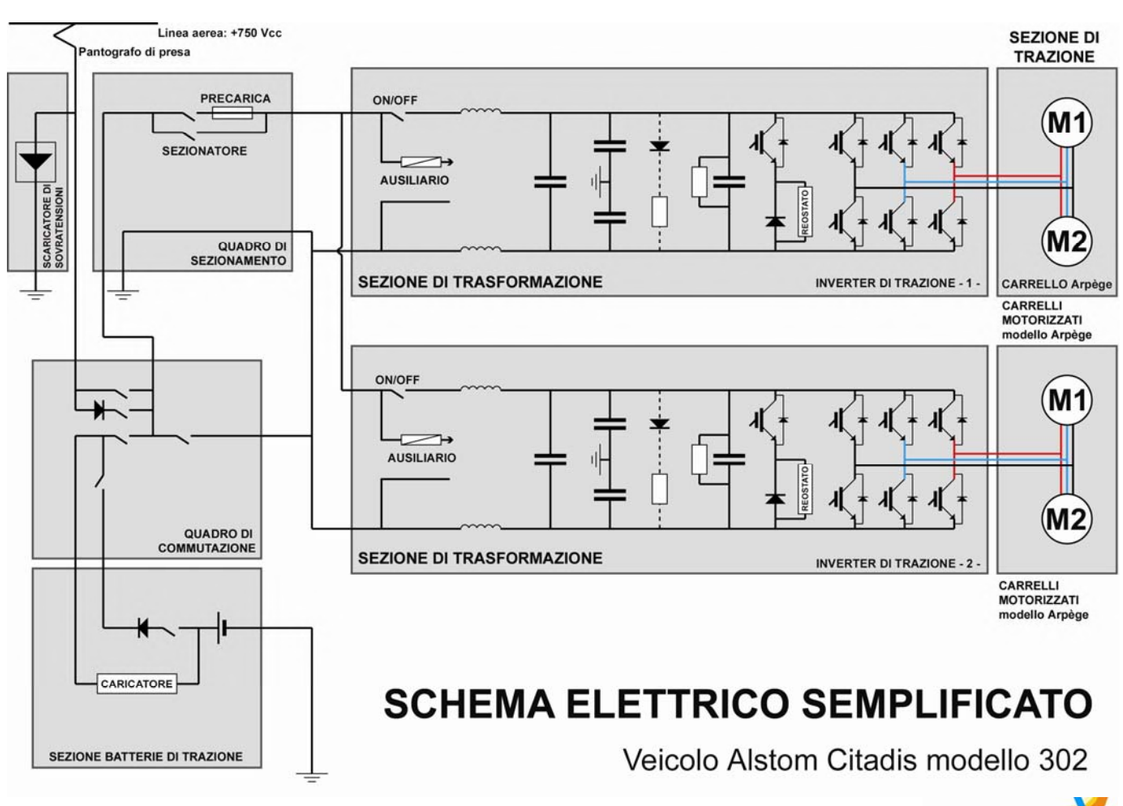
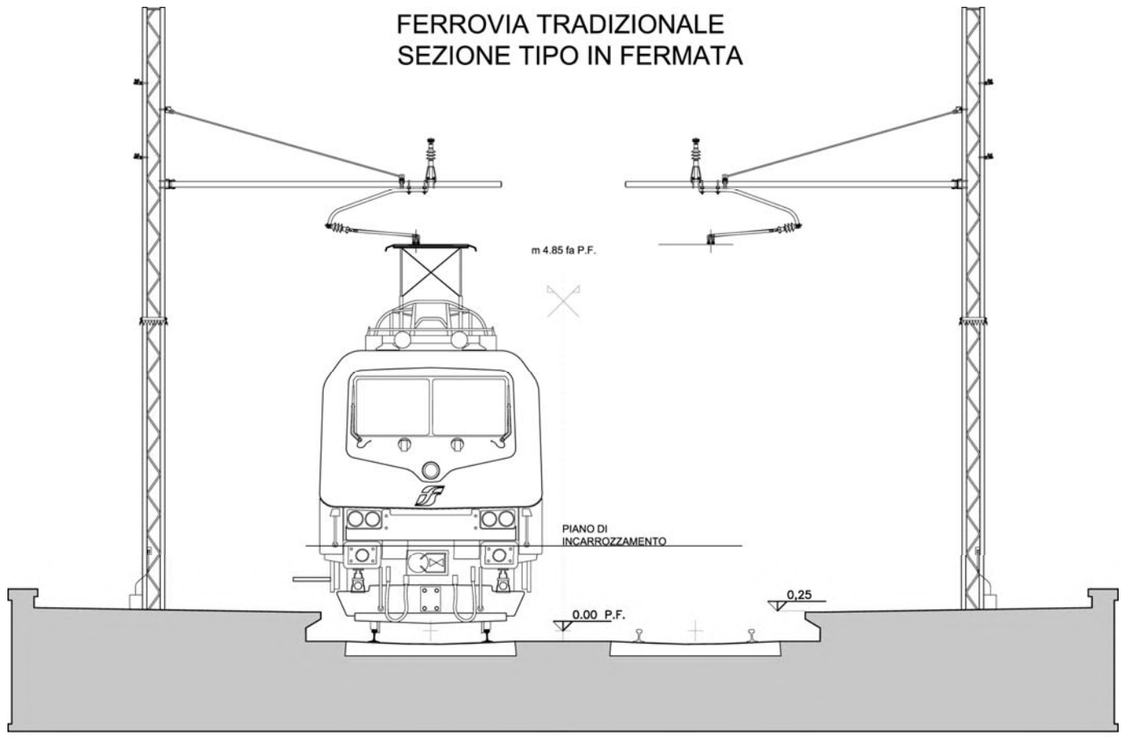


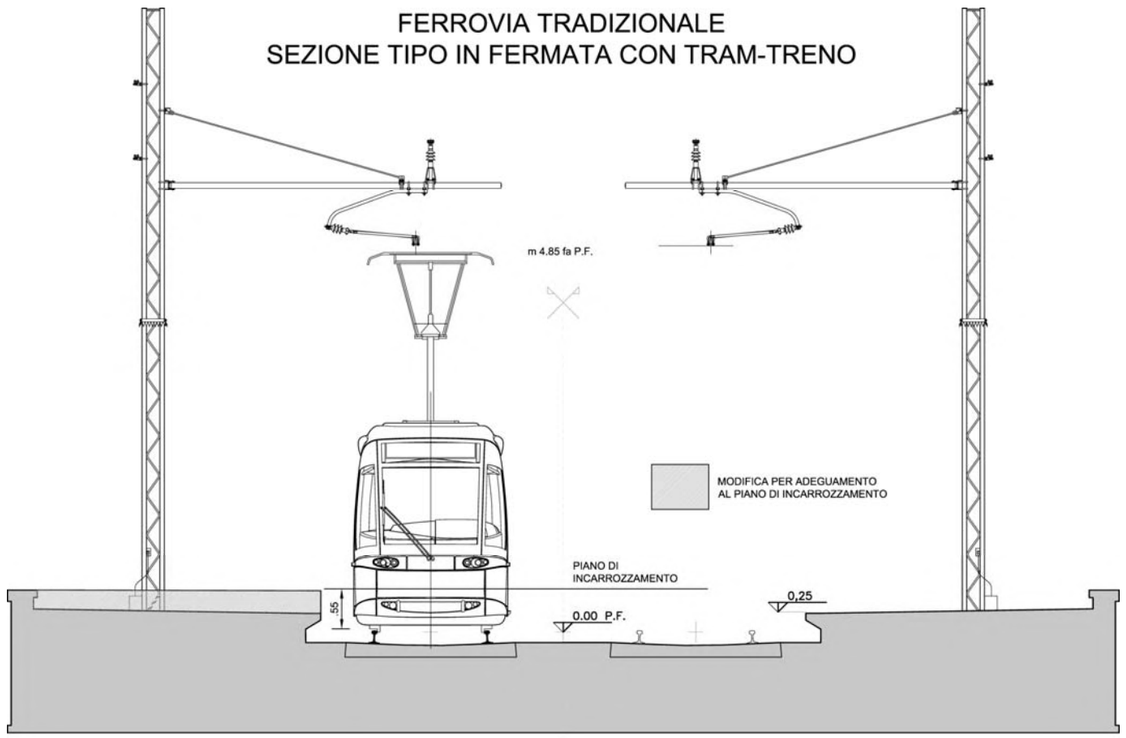
Fig. 36. Schema di disposizione di PACCHI BATTERIE su un veicolo tranviario (es. ALSTOM CITADIS, Nizza).

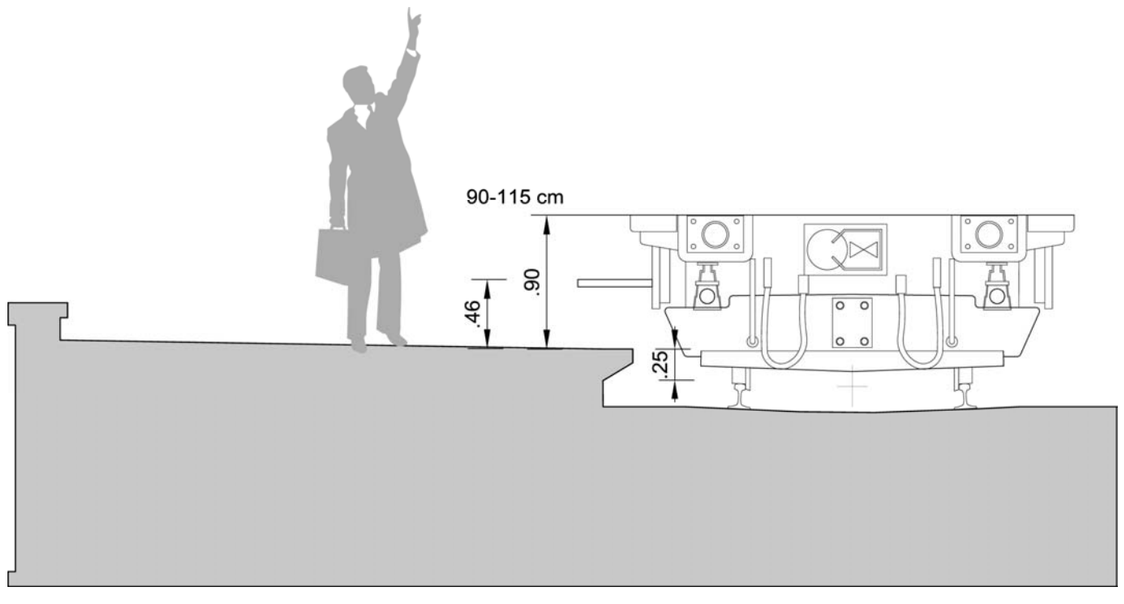
Per l'attraversamento del Nuovo Ponte II Giugno (mobile) si prevede l'adozione di pacchi batteria di bordo per la marcia senza linea di alimentazione. Anche nelle sezioni adiacenti la pista 1, in zona di Coccia di Morto si potrà evitare la posa della linea aerea così come la si potrà valutare nell'attraversamento della zona più sensibile del Parco Archeologico. Il massimo tratto percorribile senza presa diretta dell'alimentazione è di 600 metri circa.

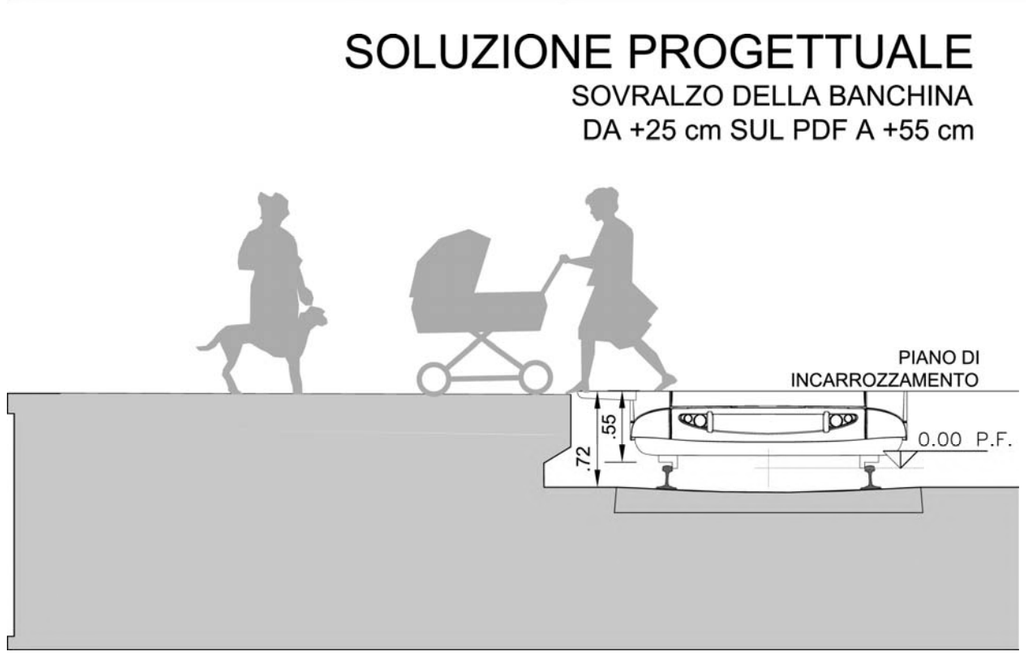


7.8. COMPATIBILITÀ CON LINEA FERROVIARIA ORDINARA



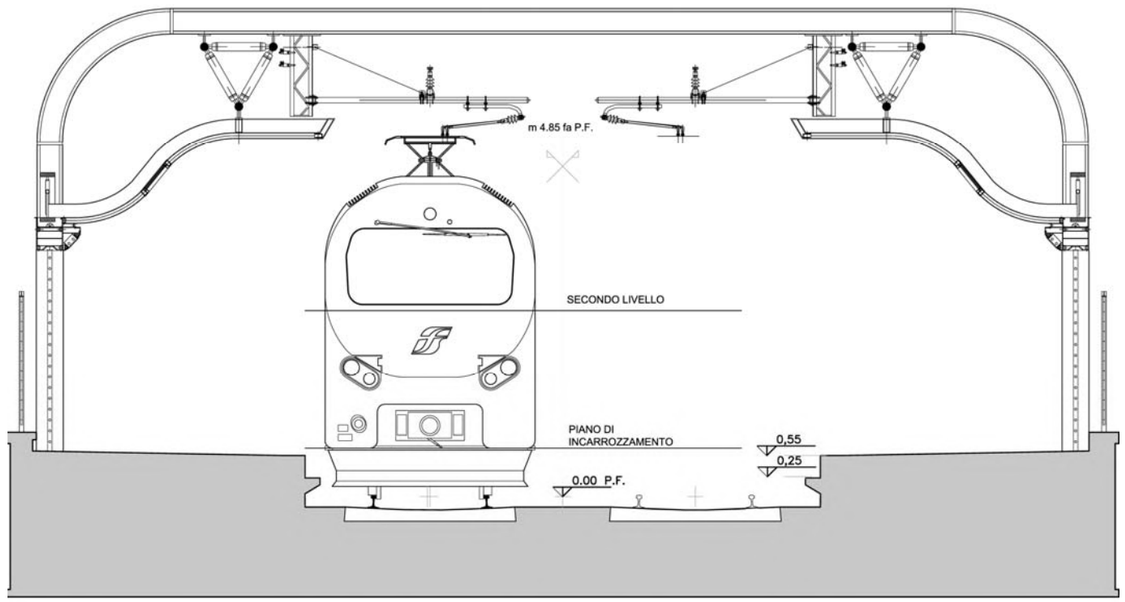




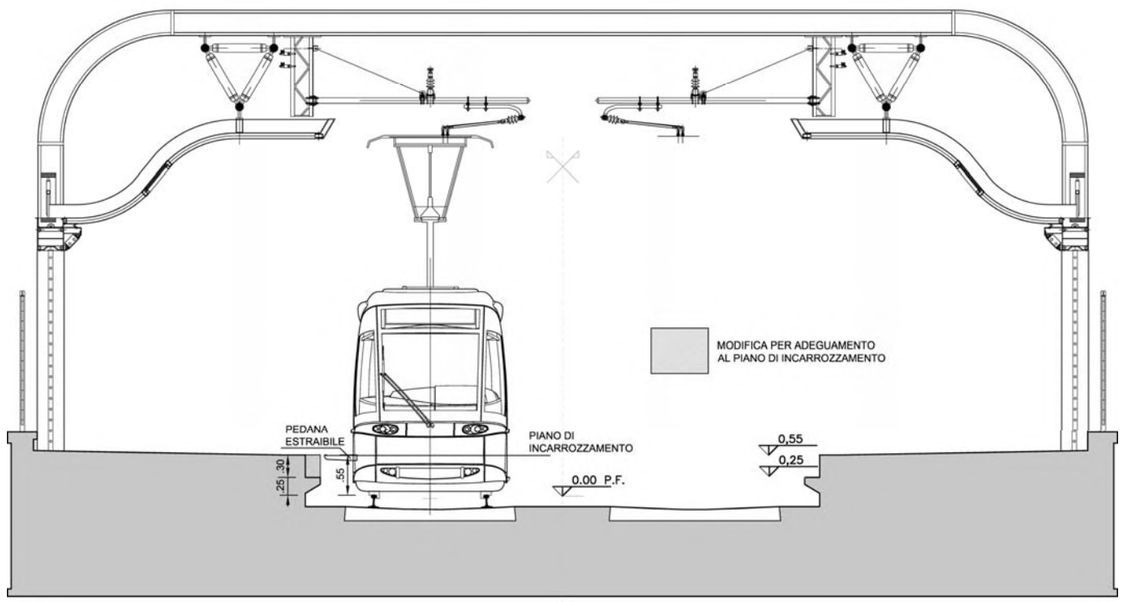


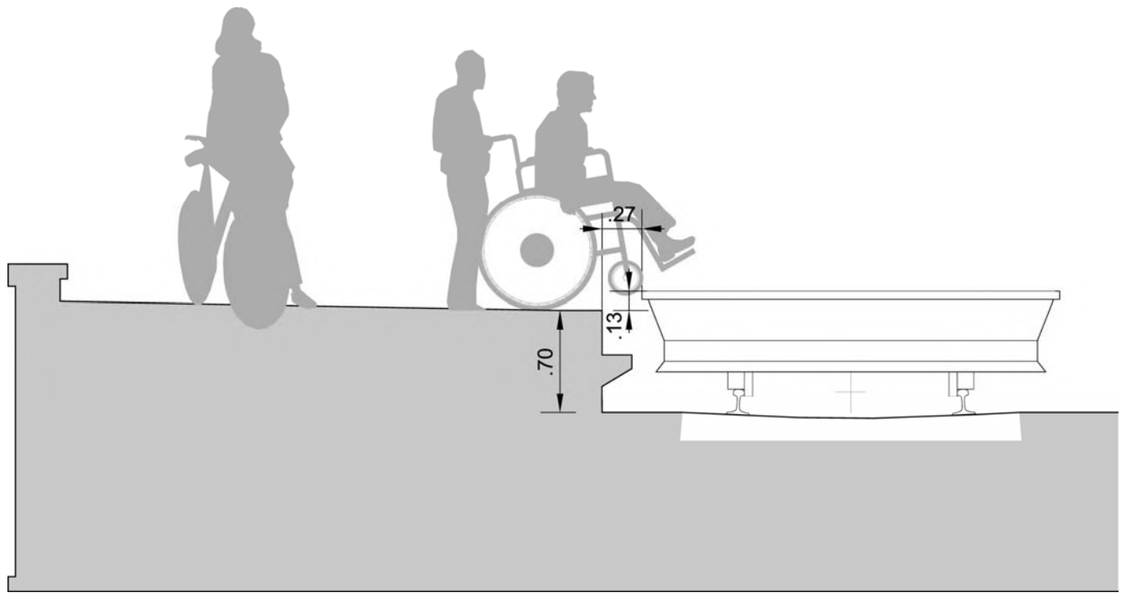
7.9. COMPATIBILITÀ CON LINEA FERROVIARIA REGIONALE

FERROVIA METROPOLITANA
SEZIONE TIPO IN FERMATA

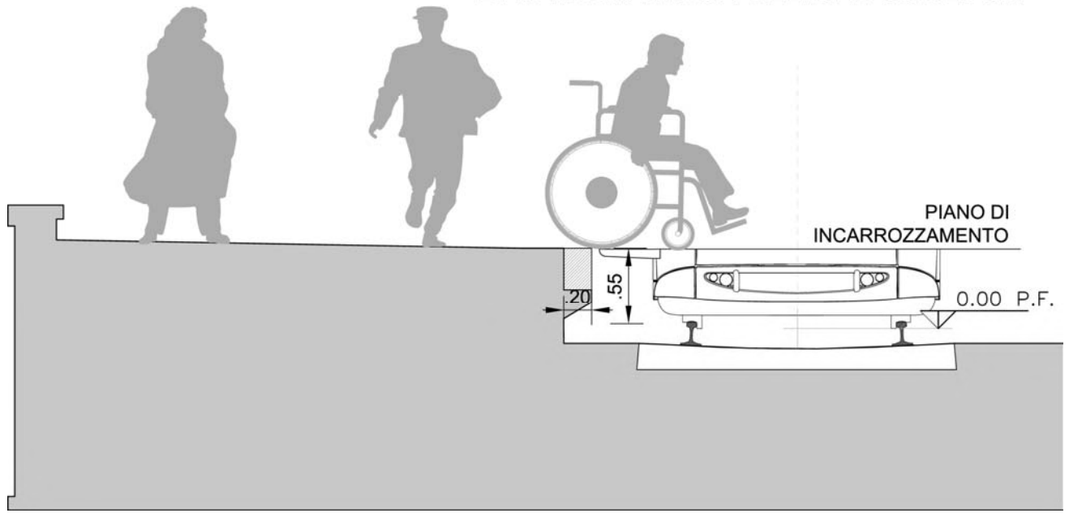


FERROVIA METROPOLITANA
SEZIONE TIPO IN FERMATA CON TRAM-TRENO



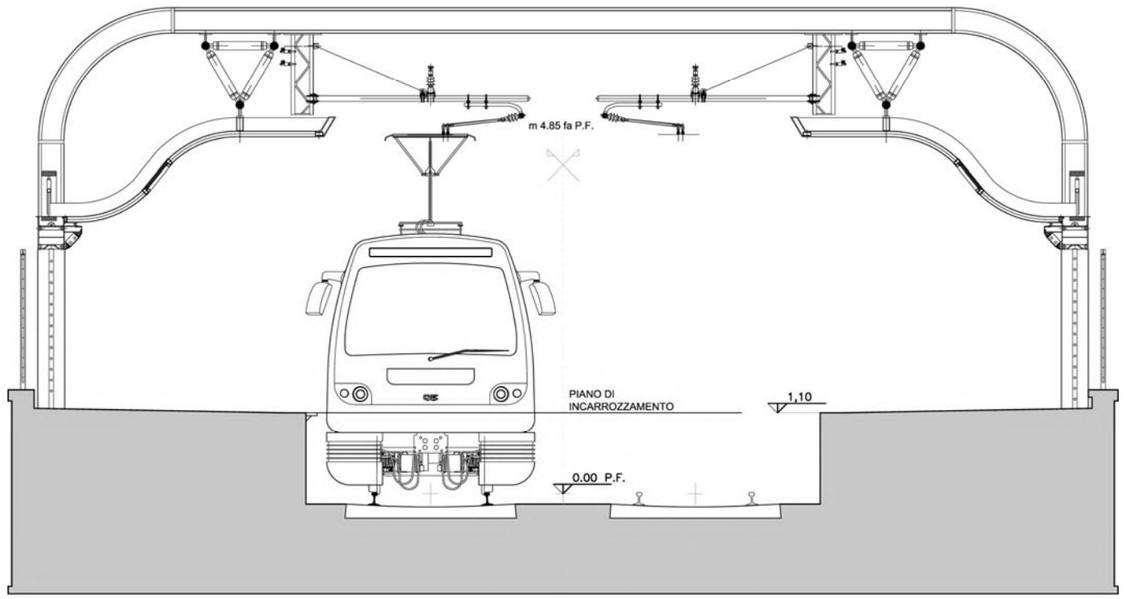


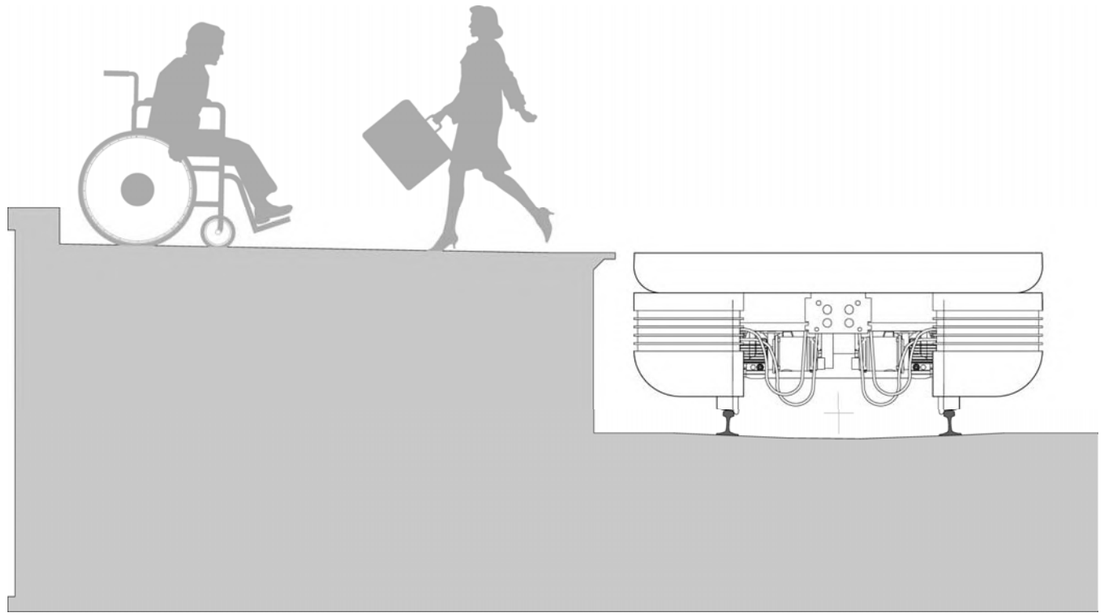
SOLUZIONE PROGETTUALE
AGGIUNTA DI UN CORDOLO SUL CIGLIO
DI BANCHINA CON SEZIONE 55 x 20 cm



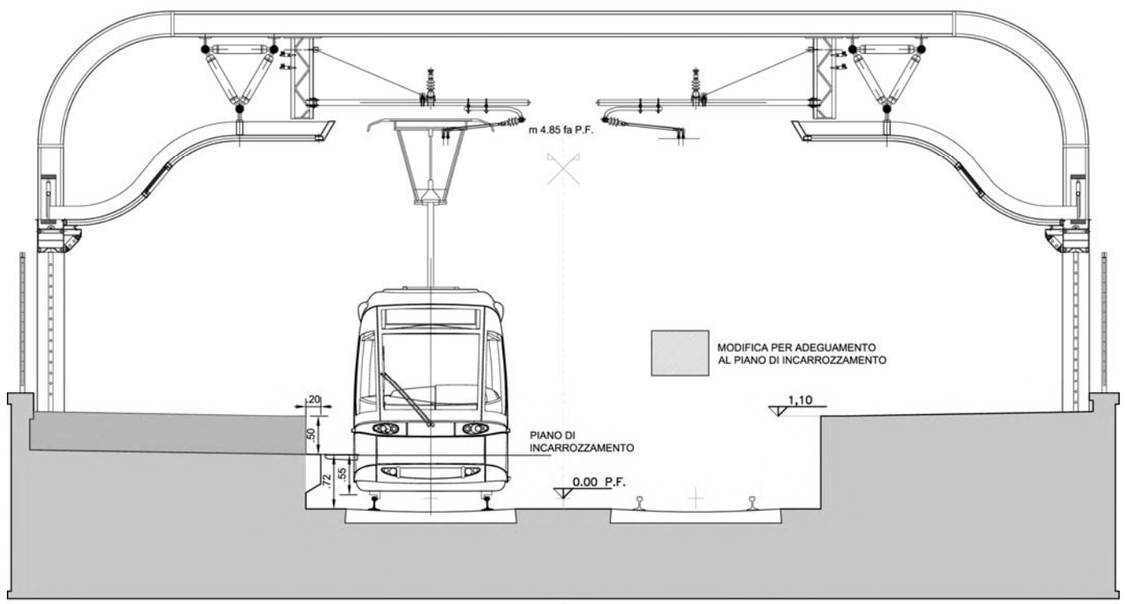
7.10. COMPATIBILITÀ CON LINEA METROPOLITANA (ROMA-LIDO)

ROMA LIDO
SEZIONE TIPO IN FERMATA

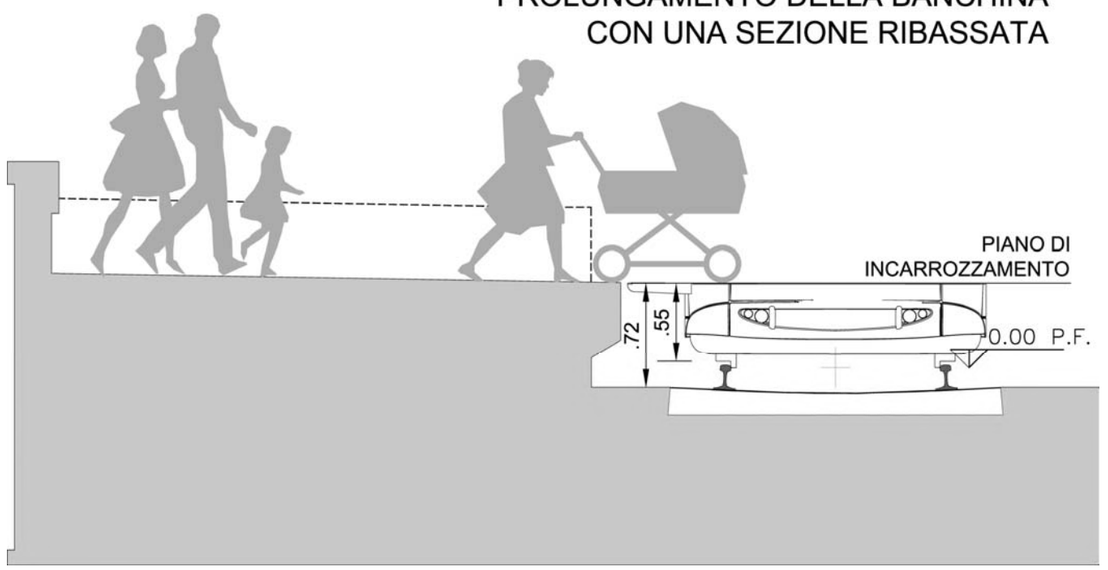




ROMA LIDO
SEZIONE TIPO IN FERMATA



SOLUZIONE PROGETTUALE
PROLUNGAMENTO DELLA BANCHINA
CON UNA SEZIONE RIBASSATA



8. IL TRAM COME SIMBOLO URBANO

Gli esiti di numerose esperienze europee – iniziate negli anni Ottanta[48] - indicano sotto vari aspetti la validità dell'adozione del mezzo di trasporto tranviario nell'ambito della ristrutturazione delle aree urbane centrali.

Negli ampi e sfrangiati territori del periurbano nelle grandi città, caratterizzati sovente, sotto il profilo morfologico, da problemi connessi alla mancanza di una riconoscibile struttura d'insieme e di coerenza delle parti, dalla carente qualità dei tessuti urbani e da una sostanziale "segregazione" formale e funzionale, il tram – in misura superiore ad altre modalità di trasporto - presenta tutte le potenzialità per costituire un vettore di ricomposizione urbana dal forte impatto spaziale: affranca dall'isolamento quartieri periferici collegandoli al centro, attraversa aree di risulta o in disuso e quindi fonte di nuovi possibili sviluppi, viene a costituire elemento lineare di riferimento e facente struttura per parti di città prive di dialogo reciproco e di riferimenti unitari.

[48] L'esperienza europea mostra una estesa serie di risultati positivi in questo senso: fra i casi particolarmente significativi possono essere citati non solo gli interventi francesi (Strasburgo, Nantes, Grenoble), ma anche gli interventi di ristrutturazione di tranvie esistenti e di realizzazione di nuove linee nel Regno Unito, tra i quali quelli di Sheffield e Manchester, nonché i vari interventi nel Nord Europa, tra cui quelli per Stoccolma.

Se è vero che il tram è un efficiente mezzo di trasporto – adatto a domande di spostamento di media consistenza -, che risponde a esigenze di impiego ottimale di risorse finanziarie – il costo della sua gestione e realizzazione è di gran lunga inferiore rispetto a quello di una linea metropolitana -, che risponde soprattutto a delle esigenze ecologiche, dal momento che non inquina ed è silenzioso, è anche vero che esso può costituire il mezzo per dare forma e struttura a viali, piazze e luoghi centrali lineari nella città esistente.

Nello sprawl urbano delle periferie, in particolare, le fermate e le stazioni lungo la linea diventano nuovi elementi di identificazione urbana e di riferimento formale e funzionale dei contesti preesistenti, mentre l'arredo funzionale alla linea stessa può essere un ulteriore elemento di qualità e identificazione, non solo per l'infrastruttura stessa, ma per l'intera parte di città che gravita su di essa.

La valorizzazione delle potenzialità progettuali connaturate all'integrazione urbana del mezzo tranviario, per evidenziare con efficacia nuove continuità urbane e consentire di percepire nuove relazioni tra settori e quartieri diventa parte di un **PROGETTO URBANO COMPLESSIVO**, basato anche sulla definizione di un nuovo paesaggio viario e in particolare sulla messa a punto di un sistema continuo e coerente di spazi pubblici, messo a sistema dalla presenza strutturante della nuova infrastruttura di trasporto.

Il tram non costituisce così un semplice mezzo di trasporto, ma un **EPISODIO URBANO DI RIFERIMENTO** essenziale nella riqualificazione del contesto urbano e soprattutto in quello periferico. L'effetto strutturante, di caratterizzazione formale e identificazione urbana esercitato dall'infrastruttura in sede fissa viene reso evidente e incisivo per mezzo di interventi di riqualificazione dello spazio collettivo e di valorizzazione degli elementi urbani emergenti esteso all'intero sistema dei luoghi urbani e degli ambiti lineari interessati. Tali interventi riguardano in particolare la qualificazione morfologica e funzionale dei luoghi centrali, dei nodi di scambio, degli attestamenti di rete e dei contenitori edilizi speciali, ma attenzione primaria viene riservata soprattutto al disegno dei **MICROSPAZI URBANI** – banchine d'attesa, varchi d'ingresso e uscita, attraversamenti pedonali, piccole piazze, intersezioni viarie, etc. – la cui importanza si rivela spesso tutt'altro che secondaria nella definizione dello spazio collettivo di pertinenza dell'infrastruttura e all'arredo e ai manufatti di servizio.

La presenza della tranvia viene a costituire un elemento di riferimento per la connessione e l'attestamento della rete dei percorsi pedonali a servizio degli insediamenti adiacenti. Le fermate intermedie e gli insediamenti sono luoghi candidati a divenire momenti privilegiati di riferimento e di condensazione di valori urbani, nell'ambito dello spazio pubblico strutturato dalla tranvia.

Accanto alla qualità delle forme architettoniche e dell'arredo è opportuno incentivare la presenza, almeno nelle stazioni di scambio, di esercizi commerciali e di attrezzature ricettive e di servizio in dotazione e livello commisurati alle qualità di traffico, in modo da assicurare un assortimento funzionale capace di conferire interesse e vivacità ai luoghi a prescindere dalla funzione di trasporto. **LA STAZIONE E LA FERMATA DIVENTANO PORTE DI ACCESSO ALLE MICROCITTÀ ATTRAVERSATE.**

8.1. L'ESTETICA DEL TRAM

A differenza di altri vettori di trasporto, il tram si presta in modo particolare ad assumere una forma fisica singolare e caratteristica, che viene a costituire un dato di riferimento formale di importanza tutt'altro che secondaria nel repertorio di immagini e nell'identità della città[49].

Le vetture del tram sono costruite in base a cicli produttivi non seriali e unificati, ma con procedimenti "icastici" e mirati alla specifica realizzazione, all'interno dei quali la ricerca in fase di progettazione di una forma esteticamente valida e non convenzionale assume un ruolo proprio e di rilievo. La forma fisica delle vetture – in quanto forma di un oggetto strettamente legato e in parte apparentemente "inamovibile" dallo scenario urbano – assume nell'ambito delle forme presenti nella città un significato intrinseco che travalica di gran lunga i caratteri fisico – estetici di un mezzo di trasporto collettivo e diventa quindi, parte del carattere morfologico della città[50].

Se in un'analisi in ordine di tempo estesa a diverse epoche si osservano e pongono a confronto le forme fisiche di vetture tranviarie in diversi Paesi e in diversi contesti urbani, e se da questo confronto si individua una sorta di percorso di evoluzione estetica dai primi tram elettrici alle più moderne vetture, ci si rende conto che rispetto a un analogo iter evolutivo riferito ad esempio alla forma dei treni, o degli autobus, l'evoluzione del tram presenta in molti casi un aspetto peculiare e caratteristico: il riferimento, nella forma, ai caratteri fisici e allo stile degli edifici della città .

L'evoluzione nel tempo della forma delle vetture segna un distacco sempre più netto da questa iniziale ricerca di integrazione con le forme fisiche della città, che progredisce del resto di pari passo alla serializzazione dei procedimenti di fabbricazione, alla perdita di riconoscibilità degli elementi di permanenza nell'architettura delle forme urbane, ai mutamenti dei codici estetici di riferimento nel progetto sia civile che industriale: all'originaria articolazione della forma delle vetture in molte parti differenti va progressivamente sostituendosi una forma nell'involucro che tende a eliminare differenze e sporgenze, a rendere snelle, compatte e di aspetto unitario le forme del mezzo.

Una serie di innovazioni nella tecnologia e nei requisiti di accessibilità delle vetture ha inoltre ricadute dirette sulle nuove forme dei tram: l'adozione dei materiali rotabili con una posizione ribassata dei pianali, ad esempio, consente accanto all'agevolazione dell'accesso per disabili e anziani il disegno di vetture con carrelli incassati; l'adozione di ampie aperture finestrate permette una più ampia visione della scena urbana dall'interno delle vetture.

Linee filanti con un disegno che spesso si presenta aggressivo e aerodinamico, con superfici compatte unitarie, massimo occultamento di apparecchi di supporto tecnico e parti sporgenti, ampie superfici finestrate disposte in fasce di aspetto unitario, colorazioni omogenee e contrastanti con le tinte dominanti nel paesaggio urbano, in una ricerca della qualità della forma che tende a qualificare il mezzo con un aspetto singolare. La sorprendente linea avveniristica costituisce una frattura nel paesaggio urbano che diventa esso stesso elemento di ricucitura delle diverse componenti della città.

8.2. LE FERMATE

Un'attenzione primaria, nel progetto mobilido, occupa il disegno dei microspazi urbani come le banchine, i varchi d'accesso alle fermate, gli attraversamenti pedonali, le intersezioni tra flussi diversi. La fermata diventa un luogo polifunzionale, un piccola piazza, la cui importanza si rivela tutt'altro che secondaria nella definizione dello spazio collettivo di pertinenza dell'infrastruttura.

La presenza di un servizio di trasporto pubblico fisso, viene a costituire un elemento di riferimento per la connessione e l'attestamento della rete dei percorsi pedonali a servizio degli insediamenti contermini. Le fermate sono luoghi candidati a divenire momenti privilegiati di riferimento e di condensazione di valori urbani, nell'ambito dello spazio pubblico strutturato dalla nuova infrastruttura.

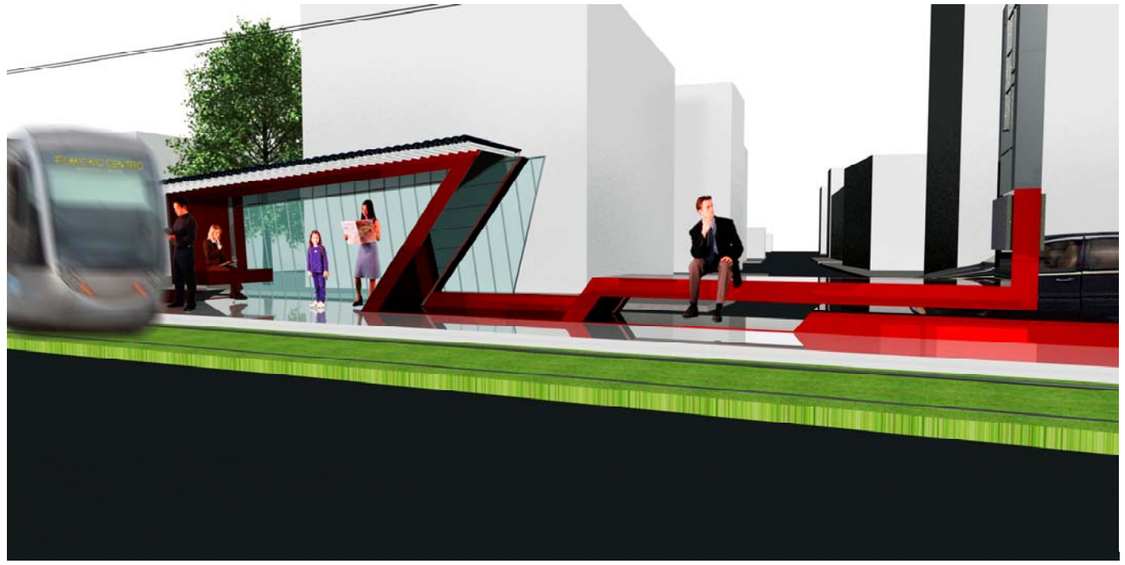
Ogni fermata è innanzi tutto provvista di due banchine salvagente di larghezza pari ad almeno 2,80 m poste a lato della sede tranviaria e comunque coincidenti coi marciapiedi nel tratto promiscuo.

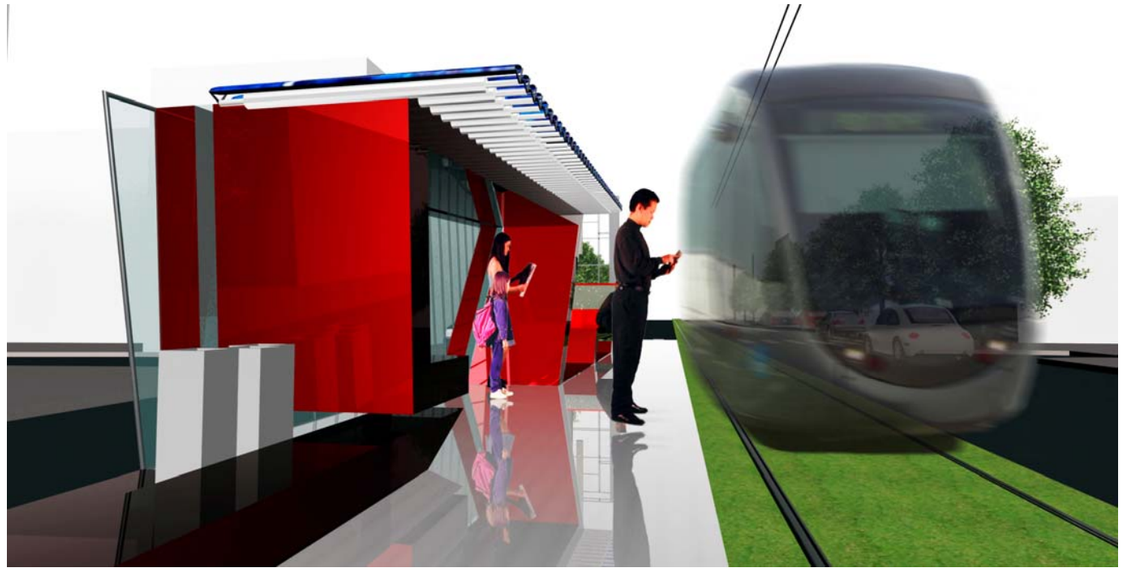
Su ogni banchina è prevista una pensilina costituita da un pannello in cristallo antisfondamento sagomato, delimitato e sostenuto da due aste tubolari rastremate verso l'alto, in acciaio tinte con una vernice ferromicacea. La piattaforma è lunga 30,0 e 60,0 per le fermate sulle tratte ferroviarie.

Alternati di modulo in modulo, ci sono panchine per l'attesa del tram e pannelli contenenti informazioni sulla linea.

[49] Si pensi, ad esempio, all'importanza che la presenza del tram assume nell'ambito dei caratteri dello scenario urbani nei casi delle città di Lisbona e Praga.

[50] Osservando l'evoluzione nella forma dei mezzi tranviari in differenti contesti nei primi decenni del Novecento in Francia o in Gran Bretagna, si può notare che accanto a una cura approfondita nella definizione dei dettagli costruttivi, sono presenti evidenti riferimenti a caratteri costruttivi e architettonico-stilistici degli edifici della città nella forma delle aperture di accesso e nelle bordature dei finestrini, nelle decorazioni e nelle fasce laterali, nei fascioni di coronamento delle vetture, talvolta nei colori dei mezzi.





LA FERMATA COME

ELEMENTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA

9. ARMAMENTO

9.1. ROTAIE

I tipi di rotaia adottati per il tracciato in progetto sono i seguenti: rotaie nuove da 18 m. per retta di profilo, Ii1 per incroci e per curva esterna, NP4 in retta e NP 4 AM (in curva interna) (Armamento su ballast) LC8090 per i tratti in retta e LC8090 a gola semipiena per i tratti in curva esterna (Armamento su platee flottanti).

9.2. ARMAMENTO SU PLATEE FLOTTANTI

Per la realizzazione di tale armamento si procederà come di seguito indicato. Recintato il cantiere verrà effettuato lo scavo a sezione obbligata praticando un taglio netto, mediante lame opportune, nel tappeto bituminoso. In questa fase dovranno essere espiantati gli eventuali alberi presenti, demoliti e trasportati a rifiuto i cordoli, le aiuole e quant'altro presente nel tratto interessato dallo scavo, incluso lo spostamento dei pozzetti e le opere necessarie per garantire il corretto esercizio dei sottoservizi che si attraversano.

Effettuato lo scavo, si disporrà un foglio di tessuto non tessuto (Geotessile) per l'intera superficie interessata dall'armamento. Dopo aver compattato il fondo mediante rulli ed opportune bonifiche, sino al raggiungimento delle caratteristiche meccaniche richieste, si effettuerà il getto di una prima soletta armata con rete elettrosaldata ø 8 20x20 opportunamente distaccata dal fondo in modo da risultare baricentrica. Tale soletta avrà uno spessore di 10 cm quando il tracciato interessa gli strati di sabbia e ghiaia mediamente addensata, uno spessore di cm. 20 nel caso in cui sotto: materiali di riporto eterogenei si trovano i limi sabbiosi - argillosi che presentano caratteristiche meccaniche.

Subito dopo la maturazione del getto si procederà alla messa in opera dei blocchi laterali prefabbricati (in cls vibrato) e dell'eventuale materassino antivibrante (esclusivamente nei tratti in cui la linea transita adiacente al marciapiede es. controviali) Si disporrà a questo punto il foglio di politilene che avrà il compito di isolare la soletta dal getto successivo, in modo da permettere la sostituzione dell'eventuale materassino di cui sopra. Questo foglio deve essere portato al di sopra dei blocchi in cls senza soluzione di continuità.

Verranno portati in cantiere e posti in opera mediante una gru leggera i tralicci metallici che poggiano su manicotti filettati, al di sotto dei quali verranno posti dei dischi di gomma densa per evitare il funzionamento del materassino quando questo è previsto. Successivamente, dopo una prima regolazione dell'altezza mediante i vitoni che scorrono all'interno dei manicotti verranno portate in cantiere le platee assemblate con materassino sottoplatea, le canale in vetroresina e posizionate sullo stesso traliccio. Le platee saranno di due tipi differenti: Tipo A, con uno spessore di cm. 30 ed il profilo a G in acciaio inox incluso nel getto; tipo B, di spessore ridotto con il profilo ad H sovrapposto (per i tratti promiscui). Entrambi i tipi verranno portati a pie' d'opera con il materassino antivibrante già incollato inferiormente e sui lati e con la canala in vetroresina fissata temporaneamente mediante spinotti sfilabili.

Posizionate le platee sui tralicci si possono effettuare le microregolazioni in altezza ed in piano mediante i tronchetti che verranno poi svitati per poter essere riutilizzati. Avvenute le microregolazioni si procede a getto di completamento. Questo verrà effettuato mediante pompa e calcestruzzi con rapporto acqua = cemento tale da garantire l'assenza di vuoti e/o crepe da ritiro.

Gli ultimi 3 cm saranno comunque ottenuti utilizzando cemento autolivellante al fine di garantire le tolleranze richieste. Si procederà quindi alla realizzazione di uno strato misto-granulometrico il cui spessore sarà strettamente legato alla natura dei detriti superficiali che interessano i vari tratti del tracciato, che può essere stimato in uno spessore medio di cm. 30.
Messa a punto le platee ed eseguito il getto verranno fissate le rotaie negli alloggiamenti metallici (profilo a C o profilo ad H) mediante bulloni in acciaio inox posti ad un interasse di cm. 33, previo inserimento dei profili in gomma laterali e sottorotaia.

Si porranno in opera le lastre di rivestimento che saranno trasportate in cantiere con il materassino antivibrante già incollato all'intradosso. Preventivamente alla posa in opera delle lastre saranno posizionati i giunti in gomma, a sezione triangolare che garantiscono una perfetta aderenza tra lastre e piastre, permettendo di sfilare le une indipendentemente dalle altre.

Queste verranno bloccate mediante spinotti tipo plastirail inserite in fori effettuati in opera utilizzando come guide le asole predisposte nelle stesse lastre. Fissati i dadi con la coppia di serraggio richiesta, il vano che contiene il sistema descritto verrà chiuso mediante tappo filettato in acciaio, rivestito superiormente in gomma, per consentire nelle successive fasi di manutenzione un agevole smontaggio delle lastre.

Sia le lastre che le platee avranno l'estradosso finito mediante stampo a matrice predisposto in stabilimento direttamente dentro il cassero (tipo Sanpietrini).

Nel caso in cui si fossero utilizzate le platee di tipo B, eseguito il getto di completamento, questo non verrà finito con i 3 cm. di cemento autolivellante, ma sarà altresì sagomato in modo tale da garantire le pendenze necessarie alla raccolta ed allo smaltimento attraverso tubazioni in PVC opportunamente legate, delle acque meteoriche e di irrigazione del tappeto erboso.

Nel caso in cui la finitura sia in asfalto lo spessore di 15 cm. verrà colmato rispettivamente con 6 cm. di tout venant, 6 cm di binder, e 3 cm di tappetino di usura.

Avendo cura di disporre in aderenza al profilo ad H che ospita la rotaia due nastri Tok - band al fine di evitare la frantumazione nel punto di contatto. All'interno del deposito verrà utilizzato lo stesso profilo ad H, ancorato ad un solettone armato dello spessore di 20 cm, ricavato al posto dell'attuale pavimentazione.

Gli spazi tra i profili verranno colmati da una nuova pavimentazione in cemento lisciato ed opportunamente sagomato per garantire il deflusso di eventuali acque meteoriche e di lavaggio con una finitura in terra vegetale e manto superiore a prato.

Nei tratti sopra i torrenti la quota desiderata verrà predisposta mediante un massetto in malta antiespansiva sulla quale verrà poggiato il profilo ad H con la gomma posta inferiore soluzione detta "a tutta gomma". Tali profili verranno collegati mediante barre in acciaio capaci di impedire i movimenti relativi delle due rotaie e di consentire, in fase di posa, le microregolazioni necessarie per ottenere il corretto scartamento. Ogni 60 m il sistema verrà ancorato alla soletta sottostante (copertura in c.a. dello scatolare che contiene il torrente).

9.3. ARMAMENTO SU TRAVERSINE IN C.A.

Eseguito lo scavo e predisposto lo strato di misto granulometrico sopra il foglio di geotessile, con le stesse modalità dell'art. precedente si procede alla realizzazione della soletta in c.a. spessa 10 cm. ed armata con rete elettrosaldata ø 20x20. Al di sopra di questa. Verrà disposto esclusivamente per il tratto di raccordo tra l'accesso al deposito ed il binario di prova e per lo stesso binario un materassino antivibrante, al di sopra del quale verrà posizionato un foglio di styradur di spessore opportuno tale da garantire la protezione dello smorzatore sottostante.

Lo spessore di ballast di 30 cm. verrà rincalzato dopo la posa delle traversine sino a garantire una perfetta stabilità del sistema. Al di sopra delle traversine verranno posti mediante piastre e caviglie protette da appositi cappelotti in plastica, i binari isolati da profili in gomma rispetto al riempimento uno strato che sarà composto da tre strati così suddivisi 10,4 cm strato di base, 7 cm di binder, 4 cm di tappetino di usura.

Fig. 7. Roma, particolare della sede tranviaria prima dei lavori di rifacimento della via di corsa in via Labicana: si noti l’assenza di materiale isolante, il distacco e le screpolature del manto stradale ad opera delle vibrazioni e degli agenti atmosferici.

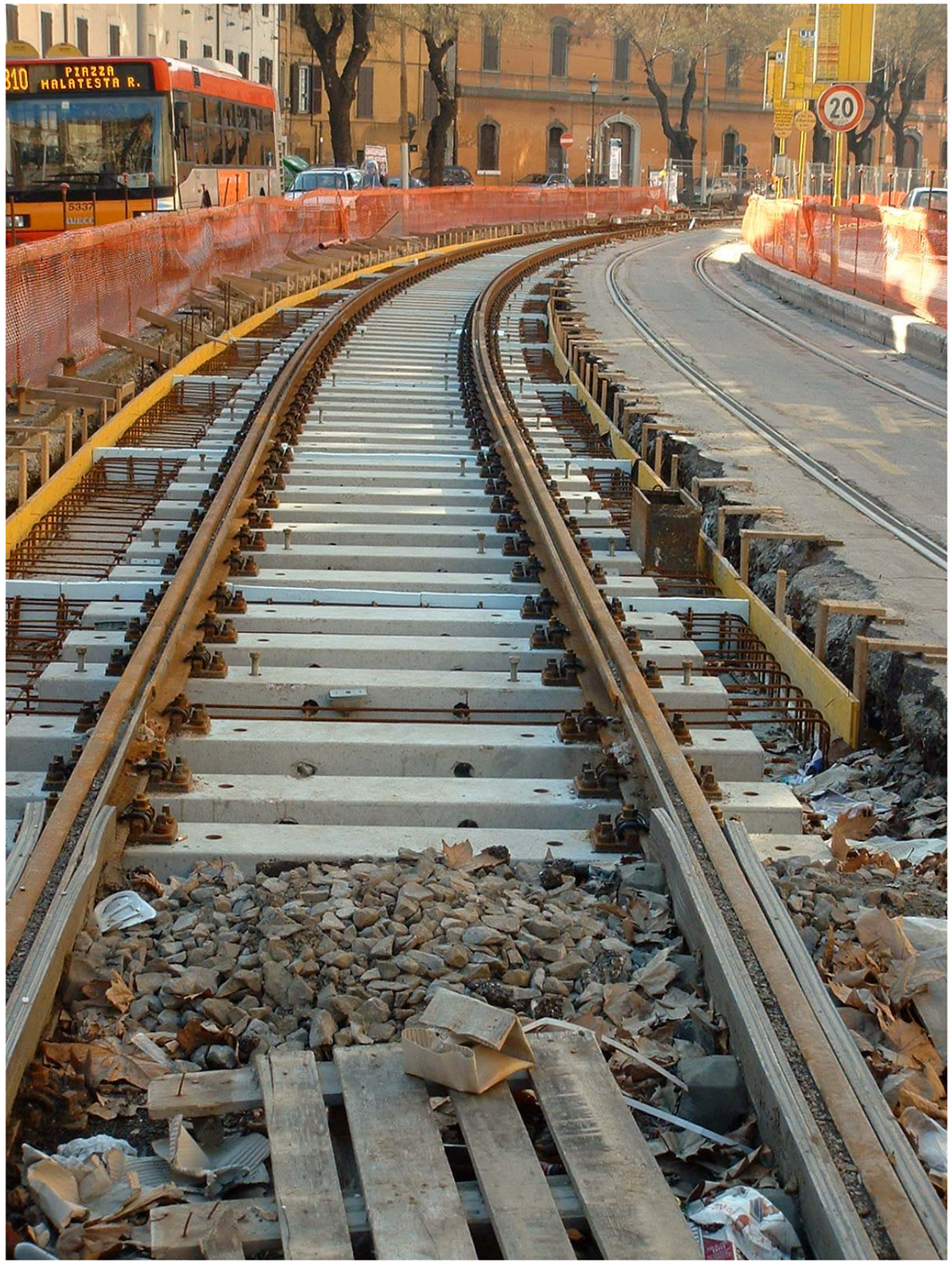


Fig. 8. Roma, particolare dei lavori di posa in opera del nuovo armamento lungo via Labicana (foto A. Spinosa).

Fig. 9. Roma, particolare dei lavori di posa in opera del nuovo armamento lungo via Labicana (foto A. Spinosa).

10. ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA

10.1. ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI

SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE DI CONVERSIONE

Per l'alimentazione dell'intero impianto sono installate n. 3 sottostazioni elettriche, ubicate presso le fermate omonime:

- SSE "CENTRO DIREZIONALE", nel piazzale antistante i locali deposito e officina tranviari;
- SSE "MACCARESE", in un'area di proprietà RFI nei pressi della Stazione ferroviaria;
- SSE "OSTIA NORD", adiacente alla fermata in Ostia.

ALIMENTAZIONE ELETTRICA DELLE SSE

L'alimentazione elettrica delle SSE avverrà con tensione 20 KV prelevata da due punti di fornitura ENEL ubicati presso le due SSE di estremità ("MACCARESE" e "OSTIA NORD").

Tutte le tre SSE saranno collegate con linea propria a 20 KV, realizzata con cavi posti in opera in apposita sezione della polifora, che segue il percorso tranviario, e ciò al fine di consentire indifferentemente due possibili alternative di alimentazione:

- due SSE alimentate da uno dei punti di consegna e la terza dall'altro;
- tutte e tre le SSE alimentate da uno qualsiasi dei due punti di consegna.

Tale soluzione é stata adottata al fine di ottenere un maggior grado di sicurezza per la continuità di esercizio, dato che la fornitura ENEL alle due SSE di estremità proviene da due diverse sottostazioni di trasformazione.

CARATTERISTICHE DELLA SSE

Ciascuna stazione è realizzata (come indicato nei disegni di progetto) con un manufatto di cemento precompresso costituito da una struttura autoportante accessibile dalla pubblica via e costruita in materiale isolante, ignifugo e adeguatamente resistente ad atti vandalici. La posa in opera è prevista fuori terra su opportuno basamento in superficie piana. La potenza complessiva dell'impianto di ciascuna SSE è di 2 MW, con uscita verso la linea di contatto pari a 750 Vcc. nominali.

L'impianto può essere suddiviso in diverse categorie elettriche come di seguito indicato:

- Sezione di impianto in Media Tensione
- Sezione di impianto per la conversione elettrica da alternata in corrente continua
- Sezione di distribuzione alle varie tratte di linea di contatto
- Apparati elettronici di telecontrollo e comunicazione delle informazioni
- Apparati di alimentazione ausiliari e di continuità
- Impianti accessori (illuminazione, rete di terra, controllo accessi, ventilazioni, antincendio, emergenza ed antimurina).

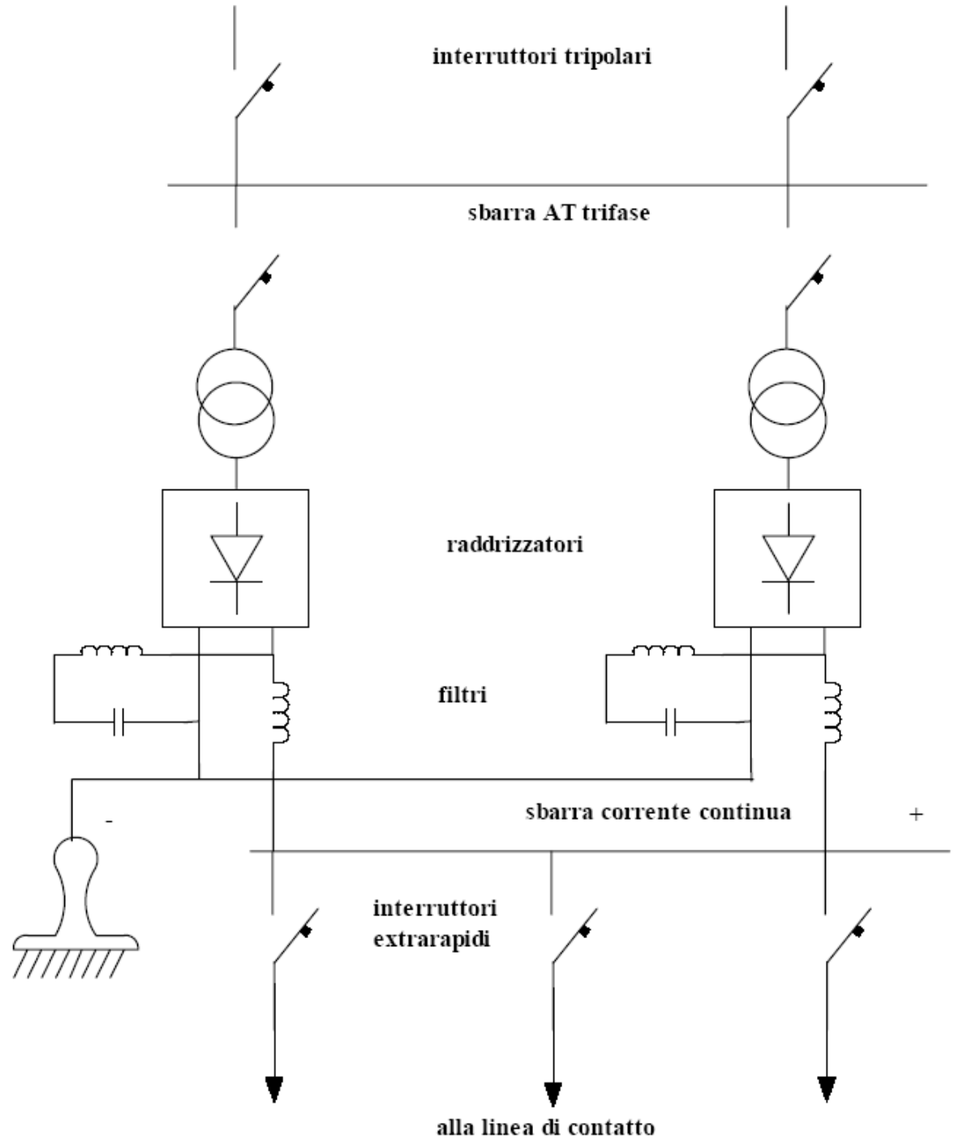


Fig. 10. Schema di una Sottostazione Elettrica (SSE).

L'architettura della stazione è indicata nei disegni di progetto; la sezione impiantistica di media tensione sarà costituita da scomparti modulari ad elementi prefabbricati, impiegante tecnologia di interruzione elettrica in esafloruro. Gli stalli saranno inoltre dotati di tutte le apparecchiature di diagnostica, misura e protezione atte a consentirne il governo tramite un centro di controllo.

La sezione relativa agli impianti di conversione elettrica da corrente alternata in corrente continua è prevista con equipaggiamento di due trasformatori di potenza pari a 1250 KVA cadauno, isolati in resina, segregati in opportune celle dotate di dispositivi di interblocco meccanico ed elettrico contro eventuali errate manovre, e di gruppi raddrizzatori corrispondenti a classi di sovraccarico elettrico pari al 150% per due ore della potenza nominale per sopperire alle necessità derivanti dalla trazione e per riconfigurazioni elettriche conseguenti ad eventi di guasto. Gli stalli di MT sono provvisti di relé, per la protezione dei circuiti di conversione elettrica, di protezioni per il sovraccarico (50), corto circuito per massima corrente tra le fasi (51) e direzionale di terra (51N) per corto circuito verso terra.

All'uscita delle suddette apparecchiature è presente un interruttore extrarapido generale di macchina a protezione del gruppo trasformatore / raddrizzatore per protezione, manovra, sezionamento e messa a terra. La terza sezione costituita dagli apparati di distribuzione elettrica alle varie tratte di linea di contatto è realizzata tramite interruttori extrarapidi, dotati di relais di protezione elettrica e magnetica ai fini della protezione dell'impianto da sovraccarichi elettrici e dai corto circuiti.

Tutte le apparecchiature che realizzano l'impianto di conversione e distribuzione a 750 Vcc saranno di tipo modulare segregato in opportuni box metallici, anch'essi dotati, ai fini antinfortunistici, dei dispositivi di interblocco meccanico contro eventuali errate manovre.

Nella scelta progettuale effettuata è stato privilegiato il criterio della modularità, e semplice manutenibilità di ciascun apparato indicato, particolarmente esaltato dalla estraibilità dai rispettivi contenitori di alloggiamento.

Le alimentazioni elettriche per il governo dell'elettronica di telecontrollo e degli ausiliari di cabina e dei diversi impianti accessori quali l'impianto di illuminazione, antincendio, antimurina e di ventilazione, vengono ottenute tramite degli appositi trasformatori di riduzione della tensione elettrica ai valori di 380/220 Vca 50 Hz, integrate da un gruppo di continuità e ciò al fine di garantire il governo dello stato dell'impianto anche nel caso di assenza dell'energia elettrica primaria.

Particolare cura dovrà riguardare la bassa emissione di livelli di rumorosità all'esterno con limiti (45 dB (A)) da non superare alle condizioni di erogazione della piena potenza e misurati ad una distanza di 5 metri dalla cabina.
Il manufatto di alloggiamento é predisposto ad accogliere anche le apparecchiature di consegna e misura di proprietà dell'ente fornitore di energia elettrica in media tensione (ENEL); tale predisposizione, in base a quanto già detto circa l'alimentazione in MT delle SSE, sarà utilizzata solo nei due di estremità. Nel manufatto intermedio (SSE "Stazione") la superficie prevista per la consegna sarà invece destinata a deposito di materiale.

Tutti gli ambienti descritti, compresi anche i dispositivi di controllo degli accessi e del governo locale sono stati previsti per essere telesegnalati e telegestiti a distanza presso il centro di supervisione sito nei locali presso il deposito.

Per la trasmissione dei dati, sia in senso centripeto che centrifugo tra la cabina di conversione ed il centro di controllo è stato progettato l'impiego di coppie telefoniche dedicate e in alternativa la rete Pubblica Telecom.

È anche previsto un sistema registratore cronologico degli eventi delle grandezze elettriche dei comandi attinenti l'esercizio, integrati da un sistema per lo scambio moduli di servizio automatizzato per la autorizzazione alla esecuzione delle manovre di rete. Sono anche previsti dei dispositivi elettronici per il controllo del corto circuito e dello stato di isolamento della linea di contatto.

10.2. DATI DI RIFERIMENTO PRINCIPALI DEL PROGETTO DEGLI IMPIANTI E DELLE APPARECCHIATURE DI TRAZIONE ELETTRICA

SOTTOSTAZIONI

- numero: 3
- ubicazione: Fiumicino Centro – Maccarese stazione – Ostia Nord
- numero gruppi trasformatori/raddrizzatori installati per ogni sottostazione:
  - Fiumicino centro: 2
  - Maccarese stazione: 2
  - Ostia Nord: 2
- potenza di ogni gruppo raddrizzatore:
  - Fiumicino centro: 1000 kW
  - Maccarese stazione: 1000 kW
  - Ostia Nord: 1000 kW
- tensione nominale: 750 Vcc
- corrente nominale di ogni gruppo a 750 Vcc: 1340 A
- gruppi in parallelo per sottostazioni in funzionamento normale: 2
- degrado di funzionamento con un solo gruppo in servizio in ogni sottostazione
- degrado di funzionamento con una sottostazione fuori servizio

- interruzione del servizio e possibile alimentazione per sgombero vetture tram.

CAVI E LINEA DI CONTATTO

- tensione nominale di alimentazione di linea: 750 Vcc
- cavi di alimentazione per ciascuna sottostazione:
  - SSE Fiumicino centro 4
  - SSE Maccarese stazione 4
  - SSE Ostia Nord 4
- portata del singolo cavo: 1000 A
- sezione del filo della linea di contatto: 100 mm2
- collegamenti equipotenziali ogni 100 m
- tratte alimentate tutte a sbalzo
- lunghezza delle tratte della linea di contatto (andata più ritorno) attribuite a ciascuna sottostazione:
  - SSE Fiumicino centro: 12.600 m (suddivisi in n° 7 sottotratte)
  - SSE Maccarese stazione: 23.700 m (suddivisi in n° 12 sottotratte)
  - SSE Ostia Nord: 9.100 m (suddivisi in n° 5 sottotratte)
- lunghezza totale della linea di contatto: 90.800 m andata più ritorno
- sezionamenti di linea sui positivi telecomandabili a distanza.

TRASFORMATORI

- potenza nominale in servizio continuo: 1250 KA
- sovraccarichi a partire dalle condizioni nominali:
  - 150% per 2 h
  - 200% per 1'
- tenuta dinamica al corto circuito (IEC 76-5) maggiore a 500 ms
- tensione primaria nominale (trifase di linea): 20 KV
- regolazione della tensione primaria: ± 4x2,5%
- tensione secondaria nominale (trifase di linea): 750 V
- gruppo $\triangle$y 11
- tensione di corto circuito (riferita alla potenza nominale): 10%
- isolamento a secco inglobato in resina classe F
- classi ambientali, climatiche e resistenza al fuoco: E1/C1/F1
- sovratemperatura ammessa a fine ciclo di sovraccarico con temperatura ambiente di 40°C: 100°C.

RADDRIZZATORE A PONTE TRIFASE A 6 RAMI

- Potenza nominale in esercizio continuo: 1000 KW
- sovraccarichi a partire dalle condizioni di regime:
  - 150% 2 h
  - 100% 1'

VETTURE TRAMVIARE

- Potenza nominale in servizio continuo: 300 KW
- tensione di alimentazione: 750 Vcc

CRITERI PROGETTUALI

La valutazione della potenza elettrica assorbita dalle sottostazioni è stata fatta mediante il valore quadratico medio della corrente ipotizzando una potenza nominale dei veicoli pari a 300 KW (in servizio continuativo) con tensione di esercizio pari a 750 Vcc, considerando la presenza di n. 14 veicoli sull'impianto, e valutando opportunamente le prevedibili ipotesi di sovraccarico.

10.3. TELEGESTIONE

In ogni sottostazione è stato previsto il collegamento degli impianti ad un sistema di telegestione al fine di consentire le tre funzioni di telecontrollo, telemisura e telecomando. Al sistema di telegestione è previsto per consentire da un centro di telecontrollo sito presso gli uffici situati al deposito, la completa gestione tramite tastiera di tipo alfanumerico e mouse degli impianti, relativi alle sottostazioni descritte in modo da avere il quadro della situazione attuale sia in forma grafica che alfanumerica, con la possibilità di inviare telecomandi e teleregolazioni. Inoltre i dati ricevuti verranno storicizzati attraverso un sistema cronologico degli eventi in modo da permettere confronti e correlazioni successive.

Il sistema di telecontrollo previsto è composto da:

- centro di controllo ed elaborazione dati;
- apparati periferici.

La tecnologia prescelta sia in periferia che al posto centrale, è di tipo intelligente ed impiegante microprocessori, ciò in quanto caratterizzata da meccaniche particolarmente robuste, grande

espandibilità e consente inoltre di acquisire grandezze elettriche ed eseguire comandi, di realizzare algoritmi per eseguire operazioni di automazione locale.

Il centro di controllo verrà costituito da elaboratori con prestazioni pari o superiori a quelle fornite dalla classe *core duo*, sistema di comunicazione su fibra ottica e nodi di trasmissione dati con interfaccia FDDI, stampanti di servizio e quindi sinottici a sola lettura indicanti le due reti di trazione e di alimentazione in M.T. , nonché di stazione (del tipo con tecnologia a retrovisione). Per il collegamento tra il posto di telecomando e la sottostazione di conversione (comando, controllo e misura) sarà utilizzata un sistema a rete cablata.

L'integrità dei dati trasmessi verrà garantita con controlli di parità orizzontale e verticale. La velocità di comunicazione è stata prevista non inferiore ai 1200 baud. Il protocollo da utilizzare previsto è di tipo standardizzato ed in grado di colloquiare con una vasta gamma di apparecchiature quali ad esempio personal computer di qualsiasi marca e tipo.

Il software del centro sarà costituito da una serie di programmi applicativi in ambiente windows implementato a partire da un pacchetto software di base realizzato per sistemi di telecontrollo. All'interno di detto pacchetto software saranno comprese le funzionalità diagnostiche ed applicative in modo da avere on-line la situazione della periferia e del sistema, in modo che ogni anomalia sia immediatamente riscontrata e segnalata all'operatore.

Esso sarà realizzato con linguaggio ad alto livello e sarà costituito, secondo il criterio della modularità, flessibilità ed espandibilità, da cinque parti distinte:

- configurazione;
- interfaccia uomo - macchina;
- acquisizione dati;
- elaborazione dati;
- archiviazione dati.

L'operatore comunicherà con il processo e con il sistema secondo procedure impostate su pagine video, i tasti funzionali saranno attivati ponendo il puntatore sulla tavola di controllo e premendo su di esso. Le varie informazioni disponibili di volta in volta saranno riportate in apposite finestre. Sul monitor verranno rappresentati gli schemi funzionali di ogni sottostazione con presentazione essenziale dei simboli e delle didascalie con l'uso di finestre, divisioni dello schermo, controlli di colore.

Ogni evento rappresenterà immediatamente sui monitor e sui quadri sinottici la posizione del parametro controllato, con messaggio chiaro d'interpretazione, e per gli allarmi si indirizzerà ad una lista di memorizzazione programmabile. Per le misure sono programmabili livelli di allarme corrispondenti a quelli indicati come soglia minima. L'operatore può acquisire un allarme tramite la digitalizzazione di un opportuno tasto funzionale, effettuarne la tacitazione e porlo in archiviazione come riconoscimento.

È previsto che l'operatore abbia facoltà di eseguire la stampa del tabulato d'impianto in cui sono riportati i limiti estremi di ogni misura, di ogni segnale (nome, valore ecc..) suddivisi per ogni unità periferica. Il sistema sarà dotato di pacchetti software per la diagnostica di sistema per le apparecchiature degli impianti telecontrollati, nonché dei software per la redazione automatica dei programmi di manutenzione. Per tale funzione, attraverso le stesse stampanti, verranno redatti i vari moduli di intervento manutentivo secondo le prescrizioni predefinite e dettate dall'impiantistica elettrica ed elettronica.

10.4. RETE AEREA

LINEA DI CONTATTO

La rete aerea è composta dalla linea di contatto, dai trasversali isolanti che la sostengono, dalle sospensioni per rettilineo, da quelle per le curve e dagli accessori vari occorrenti per sostenere ed ormeggiare le condutture ed i tiranti. La linea di contatto è costituita da un conduttore di rame del diametro di mm 11,8, con sagoma del tipo ad otto e sezione di 100 mm2, rispondente alle Norme CEI - UNEL 70611 - 71, posato a m. 5,60 dal piano del ferro.

La poligonazione in rettilineo è prevista nei limiti di ±30 cm dall'asse del binario e riferita ad una distanza massima tra i due punti di poligonazione contigui di circa 100 m. In curva, per evitare che il pattino del pantografo incontrando bruschi cambi di direzione si possa staccare dal filo di contatto e possa scarrucolare, la poligonazione è prevista in modo che tra due campate contigue non vengano a trovarsi angoli maggiori di 15°.

La linea di contatto viene alimentata con una tensione a corrente continua di 750 V; per contenere le cadute di tensione, tra i fili di contatto dei due binari sono previsti dei collegamenti equipotenziali ogni 100 metri circa. Il circuito di ritorno è costituito dalle rotaie che sono collegate alle sbarre negative delle sottostazioni di conversione, tramite degli appositi conduttori di rame.

I trasversali che sostengono la linea di contatto sono costituiti da funi isolanti di materiale sintetico (parafil) provvisti di terminali ed anelli in acciaio inox per realizzare ormeggi ed incroci. Le sospensioni trasversali che reggono la linea di contatto in curva sono del tipo rigido.

Il filo di contatto sarà posato con un tiro pari a circa 900 Kg. in modo da garantire il regolare contatto tra pantografo e conduttore nelle diverse condizioni di temperatura ambientale. I sostegni sono realizzati con pali tubolari metallici rastremati a stelo unico e di norma, procedendo affiancati i binari nelle due direttrici di marcia, saranno dotati di doppia mensola in vetroresina ed installati al centro della sede tranviaria.

Nelle curve, o in alcuni incroci stradali nei quali l'uso dei pali comporterebbe l'ingombro della sede utilizzata da altri veicoli, per il sostegno della linea di contatto si farà ricorso a poligonali realizzate con funi isolanti in materiale sintetico, i cui vertici esterni saranno fissati ad appositi sostegni, costituiti da pali tubolari metallici rastremati a stelo unico di idonea altezza e resistenza meccanica; solo in casi eccezionali, si farà ricorso a ganci fissati a muro. La distanza minima della generatrice di ciascun palo rispetto alla rotaia più vicina sarà di 1,40 mt in rettifilo e variabile in curva, in funzione del raggio della stessa. Nella linea tranviaria da realizzare sono presenti scambi nei capolinea, nonché nei tronchini ricovero. Tali scambi saranno attuati mediante sistema di radioazionamento, che verrà comandato mediante opportuni apparati radio presenti a bordo vettura. La posizione degli aghi degli scambi verrà indicata mediante opportuni sistemi di segnalamento del tipo semaforico (con tecnologia a LED). Sopra gli scambi la linea aerea di contatto sarà realizzata in modo da assicurare il corretto scorrimento del pantografo, senza pericoli di impigliamento sia per tram che percorrono il binario principale o il binario secondario, sia per tram che debbono, per necessità contingente, operare manovre in retromarcia.

Nel tratto di attraversamento del Ponte II Giugno e, probabilmente, nella sezione terminale di viale del Lago di Traiano la marcia procederà senza linea aerea grazie alla dotazione di batterie sulle vetture.

ALIMENTAZIONI E SEZIONAMENTI

Le linee di contatto dei due binari di linea sono tra loro collegate da collegamenti equipotenziali, ma sono interrotte da sezionamenti attuati con appositi isolatori di sezione per linea aerea, che suddivideranno il percorso in più zone. Ogni zona sarà alimentata da sezionatore amperometrico, la cui manovra dovrà essere comandata attraverso un opportuno sistema di telecontrollo. In ciascuna zona la linea di contatto potrà ricevere l'alimentazione da uno qualsiasi dei due sezionatori amperometrici installati all'estremità della zona stessa.

Ciascuna connessione dei cavi negativi al binario sarà anch'essa sezionabile mediante apposito complessivo di sezionamento. Ogni complessivo di sezionamento é dotato di un apparato elettronico in grado di ricevere ed attuare i comandi in apertura e chiusura provenienti dal posto centrale di supervisione, nonché di restituire i controlli effettuati sull'apparecchio di manovra e sezionamento (stato di funzionamento, presenza tensione, ecc.).

CAVI DI ALIMENTAZIONE

Così come rilevabile dai disegni di progetto, l'alimentazione è derivata dalle tre sottostazioni sino alla linea aerea di contatto mediante cavi di sezione pari a 500 mmq, disposti nelle polifore che seguono il tracciato di tutta la linea. Anche il cavo per la connessione del binario al negativo avrà la sezione di 500 mmq.

SISTEMA DI RADIOAZIONAMENTO SCAMBI

Il sistema di radioazionamento è realizzato mediante apparati elettronici e casse di manovra a comando elettroidraulico e tallonabili dotate di dispositivi di controllo che consentono al sistema elettronico nel suo insieme di ottenere localmente l'esecuzione delle seguenti funzioni:

- azionamenti in sicurezza degli scambi;
- segnalazione dello scambio al guidatore;
- interblocco dello scambio in caso di accodamento delle vetture con segnalazione della posizione degli aghi;
- segnalazione libera / occupato sulla comunicazione;
- rilevazione passiva del convoglio tramite circuito di binario;
- rilevazione attiva del convoglio tramite trasmissione codificate bordo terra.

I suddetti sistemi, localmente, riceveranno dai convogli, dotati di apparati di comando a bordo (transponder) eventuali richieste di posizionamento degli scambi e le attueranno, se non verranno rilevati contrasti con le condizioni di circolazione del momento sul sistema di comunicazione. Rimane anche attivabile l'azionamento manuale dello scambio, tramite l'inserzione di una leva in una presa di forza meccanica della cassa di manovra. Il sistema impiegherà una lanterna a LED di indicazione al conducente della posizione assunta dagli aghi.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEL SISTEMA

L'apparato è nel suo complesso composto dai seguenti sottosistemi:

- Dispositivo di comunicazione bordo terra;
- Logica di controllo dello scambio;
- Attuazione di potenza dello scambio.

La struttura del sistema di comunicazione bordo terra, prevede la presenza di un dispositivo interrogatore posto a terra che emette ciclicamente treni di impulsi ad una certa frequenza (100 KHz) attraverso una spira elettromagnetica posta sotto la superficie di transito. Questo segnale di interrogazione predispone il dispositivo interrogatore in attesa di eventuale risposta.

Quando il transponder (Rx/Tx) presente a bordo del veicolo tramviario entra nel campo di induzione magnetica creato dalla spira riceve il segnale di interrogazione, diventa attivo in trasmissione e risponde inviando un pacchetto di dati. L'interrogatore a terra riceve il messaggio e ne controlla la congruità. Per ulteriore sicurezza l'interrogazione rappresenta uno dei principali elementi di sicurezza del sistema.

La corretta ricezione del segnale di transponder della vettura determina la convalidazione del trasferimento dell'informazione di comando ad elaborazioni successive. Subordinatamente all'attuazione dello scambio il sistema verifica una serie di condizioni di agibilità della via di corsa. Detta verifica viene realizzata attraverso l'ausilio di sensori esterni posti sulla via di corsa. La logica elettronica controlla il riconoscimento della condizione di scambio agibile, in caso contrario, attua il blocco dello stesso e visualizza al guidatore le informazioni di via libera o stop tramite le lanterne semaforiche. Il tipo di trasmissione impiegata è a modulazione angolare FFSK - NRZ (frequency fast shitf Keing - no return to zero) con frequenze operative 50 e 100 KHz, velocità di modulazione 100 KBPS. L'alimentazione dell'azionamento elettroidraulico di comando dello scambio viene prelevata direttamente dalla rete primaria a 230 Vc.a. - 50 Hz, mentre i rilevatori di posizione previsti sempre in numero ridondante saranno alimentati a bassa tensione (24 Vd.c.) mediante una sorgente esterna proveniente dall'apparato di terra del radioazionamento. È previsto che ciascun dispositivo elettromeccanico venga integrato da uno scaricatore di sovratensione e gli elementi di coordinamento dell'isolamento siano tali da sopportare le sovratensioni provenienti dalla linea di contatto in accordo a quanto prescritto dalle norme CEI.

APPARATI E FUNZIONI DEL CIRCUITO DI BINARIO

Il circuito di binario ha lo scopo di rilevare la presenza del tram durante il transito cioè:

- in fase di avvicinamento;
- in fase di presenza sugli aghi;
- alla liberazione dell'area di scambio.
- Inoltre esso ha anche il compito di mantenere lo scambio nella posizione di blocco rispetto ad altri eventuali comandi durante tutto il transito di ogni tram ed attivare la corrispondente segnalazione.

La condizione descritta viene realizzata mediante l'impiego di sensori passivi cioè che rilevano il mezzo indipendentemente dalla trasmissione di un segnale identificativo. La combinazione dei due sistemi di rilevamento, puramente elettronico e passivo (mediante il circuito di binario), consente di realizzare tutte quelle sicurezze del passaggio sullo scambio di due vetture in sequenza stretta ed evitare eventuali accidentali eventi di sviamento.

Il termine della condizione di blocco dello scambio viene normalmente effettuato mediante l'impiego di un rilevatore di massa metallica installata in prossimità degli aghi dello scambio.

Le eventuali indesiderate disattivazioni del blocco nello scambio, da parte di qualsiasi corpo metallico che ne abbia le capacità, vengono evitate mediante l'adozione di criteri di sequenzialità nella logica delle rilevazioni.

SEQUENZA OPERATIVA STD. DI IMPEGNO DELLO SCAMBIO

- Trasmissione del codice di comando;
- Impegno e blocco in sicurezza dello scambio;
- Attivazione del circuito di binario che continua durante tutto il passaggio del tram;
- Blocco dello scambio;
- Impegno di rilevatore di massa metallica;
- Uscita dal circuito di binario;
- Carrello del tram;
- Disimpegno del rilevatore di massa metallica;
- Rilascio dello scambio.

Il circuito di binario opera su una frequenza di circa 8,5 KHz ed è provvisto di apparecchi di compensazione dei valori locali di conducibilità del terrreno. Il rilevatore di massa metallica invece opera su un campo di frequenza aggiustabile per la taratura sulla massima risposta, compreso da 40 ÷ 60 KHz ed è integrato con dei dispositivi che consentono di mantenere stabile la risposta al variare della condizione della temperatura ambientale.

La logica di controllo del sistema verifica che il comando imposto dal conducente abbia avuto esito positivo con una battuta degli aghi sui contro aghi netta e totale, senza alcun rischio di tallonamento, e allora avrà indicazione semaforica corrispondente alla posizione effettiva. Contrariamente (cioè per movimento incompleto degli aghi), si avrà l'indicazione di barra orizzontale di stop. La stessa indicazione di stop comparirà alle vetture accodate quando una vettura inizia ad occupare il circuito di binario.

10.5. PROTEZIONE DALLE CORRENTI VAGANTI

Un problema abbastanza sentito in un sistema ferroviario, quindi anche nelle linee ferrotranviarie come quella in progetto, è quello delle correnti vaganti disperse, ovvero quelle correnti che abbandonano le rotaie di corsa nel loro percorso di ritorno passando per il suolo, causa il non perfetto isolamento. Queste correnti seguono il percorso di minor resistenza e quindi tubazioni metalliche sotterranee e, in presenza di strutture in cemento armato, le relative armature.

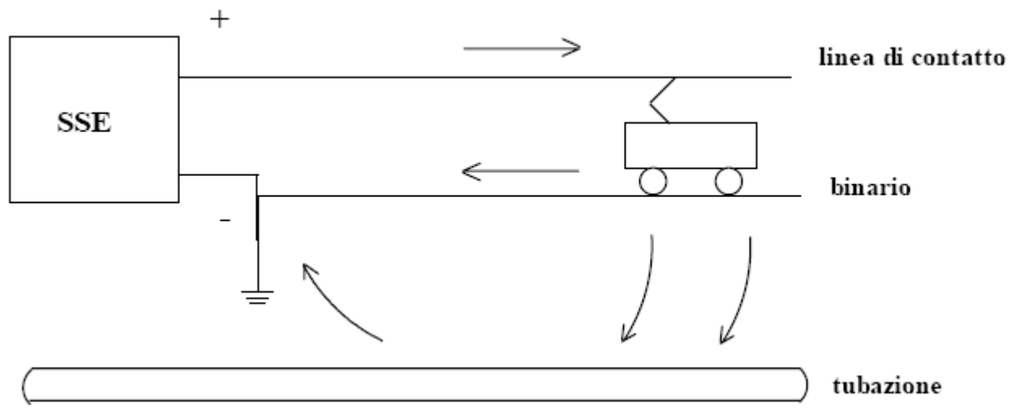


Fig. 11. Correnti vaganti disperse in presenza di tubazione o condotte.

Il problema è ancora più sentito in presenza di corrente continua, causa di corrosione di queste strutture nei punti in cui essa le abbandona. Pertanto le parti più a rischio sono le rotaie nelle zone più lontane dalle sottostazioni e le tubazioni o altre strutture metalliche nelle zone più vicine alle sottostazioni. Un primo provvedimento che può essere preso consiste nel limitare le correnti disperse isolando al meglio le rotaie di corsa, anche se non produce risultati accettabili. Si può anche pensare di isolare le tubature, ma si hanno dei costi eccessivi e, inoltre, delle piccole imperfezioni nella qualità dell'isolamento porterebbero ad una rapida corrosione in queste parti danneggiate, ottenendo un effetto contrario. Dei risultati si possono ottenere, invece, collegando elettricamente la tubatura al dispersore di cabina della sottostazione, cercando di creare un percorso preferenziale alle correnti disperse. Per evitare l'inversione della corrente, possibile in condizioni di anormale funzionamento, si ricorre ad un collegamento tramite diodo.

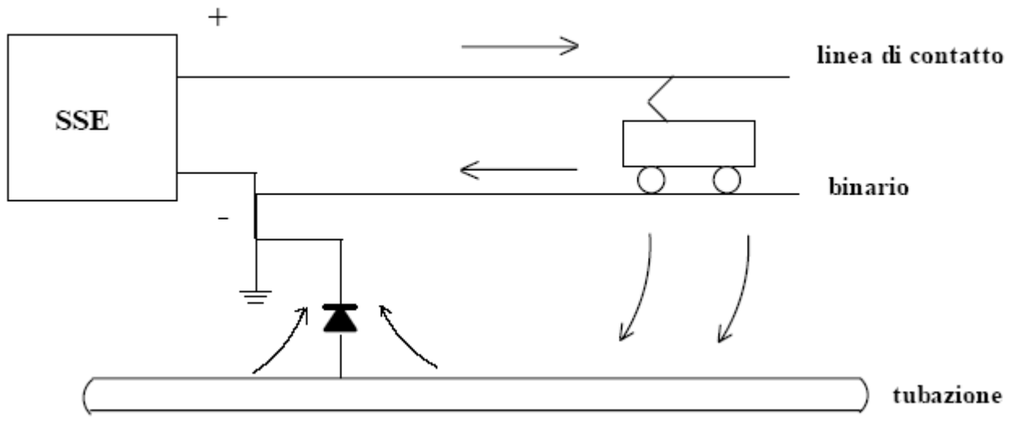


Fig. 12. Protezione tubatura tramite drenaggio elettrico polarizzato.

Al posto del diodo può essere usata anche una sorgente di f.e.m continua in modo da dare una " spinta " alla corrente. In entrambi i modi, le correnti sono entranti e non uscenti dalle condutture, in modo da evitare la corrosione. Le tubature però devono essere molto vicine alla sottostazione. In altri casi si può ricorrere alla protezione catodica, in cui la conduttura viene collegata ad un elettrodo attraverso cui si richiude la corrente, in modo che la corrosione interessi quest'ultimo, sostituibile, e non la tubatura.

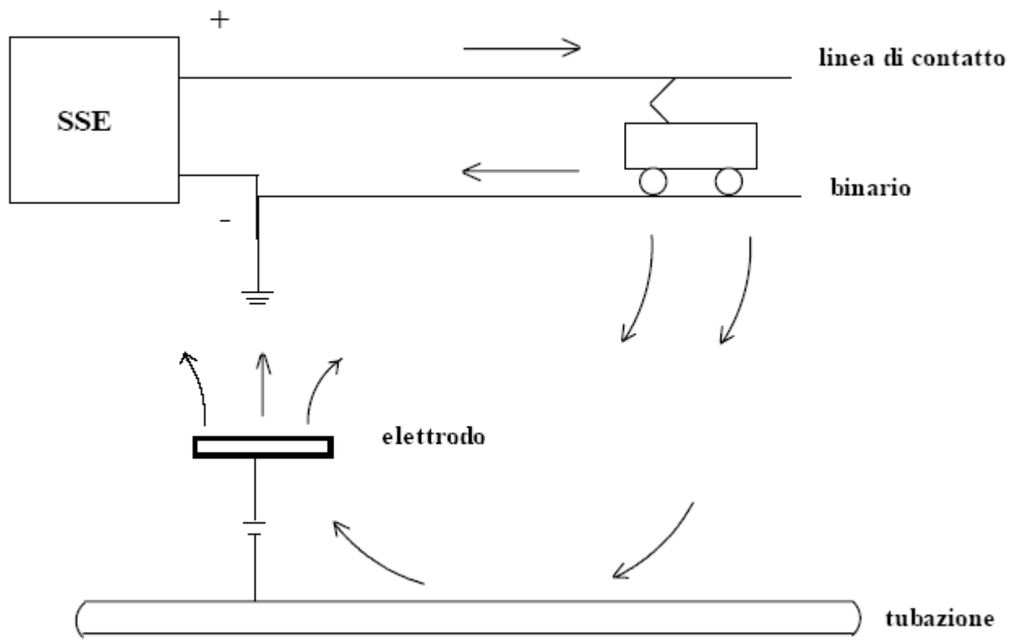


Fig. 13. Schema di protezione catodica.

10.6. ASSERVIMENTO SEMAFORICO

Uno degli aspetti qualificanti una metrotranvia è certamente la gestione efficiente dell'attraversamento degli incroci semaforizzati, con richiesta di priorità automatica da parte del veicolo in approccio.

Dall'analisi delle tabelle di marcia della linea, si osserva come ogni tratta compresa tra due fermate sia generalmente interessata da alcuni attraversamenti stradali trasversali da parte del traffico privato. Oltre a questi, si verificano intersezioni con i veicoli che devono accedere agli accessi carrabili laterali alla sede filoviaria.

Quindi, se non opportunamente gestiti, creerebbero un notevole rallentamento nella circolazione dei veicoli pubblici, causando una diminuzione non trascurabile della velocità commerciale del TramLido e, quindi, una caduta dell'attrattiva che il mezzo pubblico può esercitare sugli utenti (potenziali e non).

In virtù di ciò è previsto un sistema di asservimento semaforico in grado di predisporre la semaforizzazione stradale in modo da favorire il mezzo pubblico, dopo aver rilevato l'approccio del veicolo all'incrocio.

Nella determinazione delle tabelle di marcia (cronogramma) si è considerato che al tram venga concesso in ogni caso il "via libera". Nonostante ciò, per motivi di sicurezza si è considerata una diminuzione della velocità fino al valore di 20 km/h, in prossimità dell'attraversamento.

L'ipotesi di asservimento deve, però, essere compatibile con le esigenze del trasporto privato: si deve, infatti, considerare che il cadenzamento di 5 minuti per ogni direzione di marcia previsto nelle ore di punta, si traduce nel passaggio di un veicolo sull'attraversamento mediamente ogni 2,5 minuti nelle due direzione di marcia. Pertanto, l'asservimento totale della semaforizzazione al trasporto pubblico potrebbe portare al rischio del blocco della circolazione automobilistica (anch'essa intensa in modo particolare negli orari di punta). Da ciò sono scaturite le considerazioni di asservimento condizionato evidenziate nei paragrafi seguenti. Si intende evidenziare che gli attraversamenti sono generalmente caratterizzati dall'incrocio di una strada ordinaria con la sede filoviaria. Ciò significa che normalmente, in assenza di veicolo pubblico in approccio, per l'incrocio stradale viene eseguito il normale ciclo delle fasi semaforiche delle direzioni confluenti.

La richiesta di asservimento deve quindi inserirsi all'interno di questi cicli. In questo caso dovranno essere rispettati i vincoli esistenti di minimo tempo di verde sulla direzione incrociante e minimo tempo di sgombero dell'incrocio da parte dei mezzi stradali.

L'asservimento semaforico consente all'Esercente di tendere all'obiettivo principale dell'esercizio, che è quello di garantire il rispetto dell'orario teorico, sia per fornire un servizio regolare agli utenti, sia per mantenere invariata la propria organizzazione interna in termini di veicoli circolanti e di personale viaggiante. Si possono però verificare situazioni di particolare degrado della linea (per esempio in caso di guasti o di ingorghi di traffico), nelle quali l'orario teorico viene disatteso. In questo caso il sistema di asservimento semaforico può consentire un rapido riallineamento alle ipotesi di esercizio predefinite, effettuando una regolazione della circolazione con l'obiettivo di ripristinare il regolare distanziamento dei veicoli.

Infine si deve tenere in debito conto l'influenza che tali asservimenti semaforici possono esercitare sulle strade poste nelle vicinanze dell'attraversamento. Pertanto può essere previsto un collegamento tra le centraline che gestiscono gli incroci con la filovia e quelle di incroci limitrofi: le due centraline semaforiche possono essere così sincronizzate tra loro, così da regolare in modo organico il flusso del traffico privato in corrispondenza dell'incrocio.

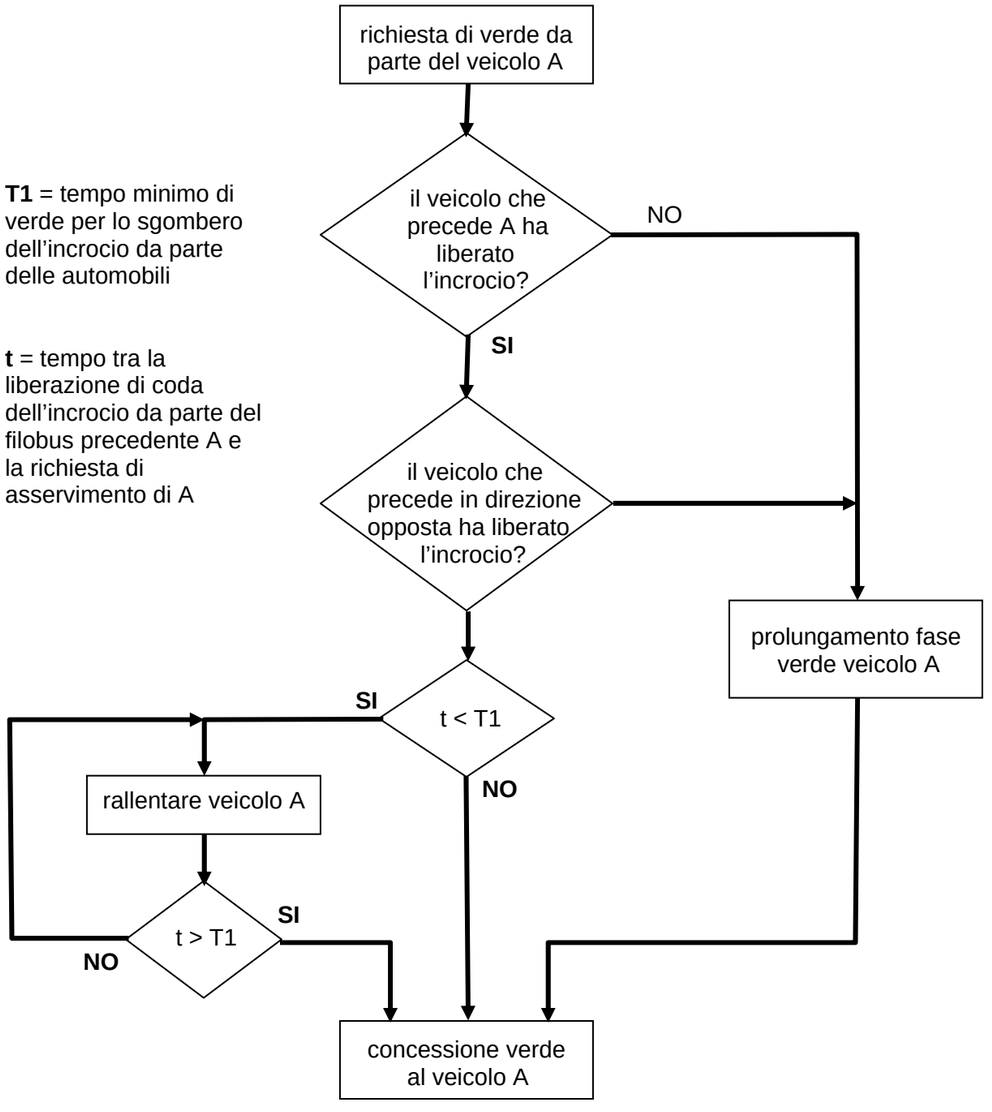
CRITERI DELL'ASSERVIMENTO SEMAFORICO

In condizioni di normale svolgimento dell'esercizio, il veicolo filoviario che si appresta ad attraversare l'incrocio con la viabilità ordinaria, invia all'unità intelligente di terra (UdE), attraverso il ricevitore di terra, la richiesta di asservimento semaforico.

L'UdE inoltra tale richiesta alla centralina semaforica, la quale verifica la possibilità di concedere il "via libera" al veicolo e, in caso positivo, attua il comando.

T1 = tempo minimo di verde per lo sgombero dell'incrocio da parte delle automobili

t = tempo tra la liberazione di coda dell'incrocio da parte del filobus precedente A e la richiesta di asservimento di A



Pertanto è la centralina semaforica che stabilisce se e come concedere la priorità al mezzo pubblico. Questa scelta è dettata da ragioni di semplicità realizzativa e concettuale, nonché dal fatto che la responsabilità della programmazione delle strategie semaforiche è a carico della Vigilanza Urbana, in quanto ente che concilia le esigenze della circolazione privata con quella dei mezzi pubblici. Si è, quindi, ritenuto opportuno che tutta la logica della priorità del tram risieda nelle centraline semaforiche.

Le azioni da eseguire in seguito alla ricezione di un messaggio di richiesta di priorità sono le seguenti:

- **Nessuna azione**, se nel momento di arrivo del mezzo sull'incrocio è già presente un verde di durata sufficiente nella direzione del tram (ad esempio già richiesto da un veicolo che procede nella direzione opposta);
- **Azione di prolungamento del verde**, se nel momento di arrivo è presente un verde ma di durata insufficiente;
- **Azione di troncamento del verde**, nella direzione contrapposta (garantendo una durata minima di verde e un adeguato tempo di sgombero) se nel momento di arrivo è presente un rosso.

In generale il tempo di verde sottratto alle direzioni concorrenti per effetto del preferenziamento deve poter essere recuperato, in parte o totalmente, nel corso del ciclo semaforico successivo, rendendo quindi minime le penalizzazioni al traffico privato.

Il criterio che sta alla base della regolazione del sistema è che la somma dei tempi di verde per tutti i movimenti all'interno del ciclo oggetto dell'azione e del successivo, non varino rispetto al piano base. Le direttrici penalizzate dall'azione devono quindi essere avvantaggiate in uscita recuperando la stessa quantità di verde sottratta in precedenza. Questa gestione consente di non penalizzare i flussi antagonisti garantendo il ritorno a un funzionamento coordinato nel minor tempo possibile.

Per poter effettuare la traslazione del piano semaforico "centrando" la finestra di verde sull'istante di arrivo del mezzo pubblico, è necessario che la previsione di arrivo:

- Sia disponibile in anticipo di almeno un ciclo semaforico (colloquio tra l'apparecchiatura di bordo e il ricevitore di terra, che consente di annunciare l'arrivo del mezzo con un sufficiente anticipo);
- Che la stima del tempo di arrivo sia sufficientemente precisa in modo da non incorrere nei vincoli di massima durata del tempo di rosso sulle direttrici concorrenti (si deve tenere conto anche dei tempi di sosta presso eventuali fermate che precedono l'incrocio). Tale condizione può essere sufficientemente garantita facendo viaggiare le vetture su corsie protette.

La rilevazione progressiva del veicolo durante la fase di approccio del veicolo all'incrocio potrebbe essere realizzata nel seguente modo:

- Un primo rilevamento a distanza, per consentire alla centralina semaforica di predisporre il proprio ciclo, in modo da essere pronta a fornire il via libera per tempo;
- Un secondo rilevamento a distanza, per segnalare alla centralina semaforica l'approccio a breve distanza dall'incrocio;
- Un terzo rilevamento, infine, per confermare l'avvenuto passaggio e la conseguente "liberazione di coda" del crocevia.

La distanza tra i punti di rilevamento e l'incrocio stesso dovrà essere valutata incrocio per incrocio in funzione delle velocità valutate localmente.

11. COMPUTO DELLE OPERE DI LINEA

Nelle seguenti tabelle le descrizione dei prezzi unitari alla base della valutazione degli importi dei lavori adottati nelle calcolazioni economiche e finanziarie dei capitoli 12 e 13[51].

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Spostamento sottoservizi			
	Spostamento sottoservizi (valore medio adattato al caso di Roma)	€/m	€ 1.150,00
	Aggravio lavori con falda affiorante		25%
		€/m	**€ 1.437,50**

[51] Fonti: Prezziario delle Opere Pubbliche della Regione Lazio, 2007; Prezziario RFI – 2001. I prezziari sono stati aggiornati secondo gli indici ISTAT.

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Sede tranviaria urbana con finitura in betonelle			
	Scotico superficiale compreso l'asportazione della sola vegetazione erbacea, la regolarizzazione del piano di scavo ed il carico, trasporto e scarico del materiale escavato alla pubblica discarica. Scotico per una profondità fino a 30 cm	€/m	€ 9,30
	Scavo a sezione obbligata, all'interno dei centri urbani su strade in presenza di traffico veicolare fino alla profondità di 2,00 m dal piano di sbancamento od, in mancanza di questo, dall'orlo del cavo, di terreni in rocce con resistenza superiore a 8 N/mm² eseguito con qualsiasi mezzo escluso le mine, sia in asciutto che bagnato, anche in presenza di acqua stabilizzantesi nel cavo fino all'altezza di 0,20 m esclusa l'acqua proveniente da falda, compreso altresì lo spianamento e la configurazione del fondo, il tiro in alto sull'orlo del cavo e comunque in posizione di sicurezza, le eventuali sbadacchiature di qualunque tipo e resistenza, esclusa soltanto quella a cassa chiusa. Eseguito con mezzi meccanici, compreso il carico sui mezzi di trasporto		€ 37,68
	Bonifica del piano di posa della fondazione stradale con materiali naturali sciolti, o provenienti dagli impianti di riciclaggio, compresi la fornitura, lo spandimento e un idoneo costipamento, misurato su autocarro prima dello scarico o in cumuli a piè d'opera		€ 27,45
	Geotessile non tessuto, costituito da fibre sintetiche in poliestere o polipropileniche, coesionate mediante agugliatura meccanica con esclusione di colle ed altri componenti chimici		€ 2,58
	Costruzione picchettazione nei tratti a semplice binario allo scoperto		€ 5,40
	SOLETTA DI SOTTOFONDO. Conglomerato cementizio in opera eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste compreso lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, le casseforme e il ferro di armatura: eseguito con cemento 32.5 R per magrone di sottofondazione con i seguenti dosaggi: 300 kg/m³		€ 75,93
	SOLETTA DI SOTTOFONDO. Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio lavorato e tagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo Fe B 22 K, Fe B 32 K, Fe B 38 K, Fe B 44 K in barre lisce o ad aderenza migliorata, del tipo controllato in stabilimento: lavorato in stabilimento		€ 26,87
	SOLETTA DI SOTTOFONDO. Rete in acciaio elettrosaldata a maglia quadra di qualsiasi dimensione per armature di conglomerato cementizio lavorata e tagliata a misura, posta in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc., diametro tondino da 4 mm a 12 mm		€ 13,45
	SOLETTA DI SOTTOFONDO. Casseforme rette per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compresi armo, disarmante disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo.		€ 13,45
	BINARIO. Rotaie		€ 91,60
	BINARIO. Traverse in C.A.P. 60 UNI tipo FS.V.35		€ 61,50
	BINARIO. Attacchi tipo PANDROL		€ 329,50
	BINARIO. Fornitura, trasporto e posa in opera di profili antivibranti in gomma per rotaie UNI 3142 tipo Ir2 (n° 4 profili per binario 2 interni e 2 esterni).		€ 255,72
	BINARIO. Costruzione di doppio binario di tipo massivo su materassino antivibrante con rotaie Ir2 UNI 3142		€ 608,29
	Saldatura di rotaie con procedimento elettrico a scintillio fuori esercizio		€ 4,06
	Regolazione delle tensioni interne di lunghe rotaie saldate armate con attacchi PANDROL, con saldatura di regolazione eseguita mediante sistema elettrico a scintillio; per ogni metro di rotaia in opera		€ 0,15
	Sistemazione di un corsetto nella sede tranviaria		€ 284,98
	Formazione o ripristino di cunette in terra		€ 11,70
	Formazione di canaletti di scarico		€ 1,92
	Livellamento sistematico del binario con mezzi meccanici rincalzatori del tipo pesante		€ 1,41
	Oneri livellamento binario con attacco Pandrol		€ 0,37
	Posa in opera di binario su cordoli in cemento armato		€ 17,55
	Posa in opera di serraglie definitive utilizzando rotaie di qualsiasi tipo		€ 4,25
	Posa in opera di giunti isolanti incollati su binari fuori esercizio		€ 11,97
	Revisione generale dell'armamento da eseguirsi nei binari con giunzioni		€ 9,58
	Mattoncino nuovo sul fianco delle rotaie in opera con malta ordinaria o calcestruzzo di laterizi a completa colmatura del vuoto della rotaia		€ 3,36
	Pavimentazione in cubetti di selce, posti in opera su sottostante massetto di fondazione, da pagarsi a parte, compresi l'onere delle interruzioni intorno agli alberi, chiusini, pendenze, materiale di allettamento, battitura con ogni mezzo e sigillatura dei giunti ecc. e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte, con cubetti allettati anche a figure geometriche, in letto di sabbia e cemento.		€ 123,95
	Sigillatura dei giunti di pavimentazione in cubetti di porfido o di selce con bitume e graniglia silicea previa scarnitura dei giunti, e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a regola d'arte in letto di sabbia.		€ 7,20
	Aumento di prezzo per costruzione di selciati nei binari e negli interbinari fino alla larghezza di 2 m e su due strisce adiacenti al binario, di larghezza di 0,60 m		€ 89,10
	Revisione generale dell'armamento da eseguirsi nei binari con giunzioni		€ 9,58
	Posa in opera di cordoli di protezione (25x30x250)		€ 89,50
	Rifiniture e sistemazioni secondarie		25%
		€/m	**€ 2.786,69**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Sede tranviaria extraurbana isolata			
	Scotico superficiale compreso l'asportazione della sola vegetazione erbacea, la regolarizzazione del piano di scavo ed il carico, trasporto e scarico del materiale escavato alla pubblica discarica. Scotico per una profondità fino a 30 cm	€/m	€ 4,67
	Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2,00 m dal piano di sbancamento od, in mancanza di questo, dall'orlo del cavo, di rocce sciolte di qualsiasi natura e consistenza con resistenza inferiore a 8 N/mm² (argille sciolte e compatte, sabbie, ghiaie, pozzolane, lapilli, tufi ecc.), sia in asciutto che bagnato, anche in presenza di acqua stabilizzantesi nel cavo fino all'altezza di 0,20 m esclusa l'acqua proveniente da falda, compreso altresì lo spianamento e la configurazione del fondo, il tiro in alto sull'orlo del cavo e comunque in posizione di sicurezza, le eventuali sbadacchiature di qualunque tipo e resistenza, esclusa soltanto quella a cassa chiusa. Eseguito con mezzi meccanici, compreso il carico sui mezzi di trasporto		€ 17,62
	Costruzione picchettazione nei tratti a semplice binario allo scoperto		€ 6,70
	BINARIO. Rotaie		€ 91,60
	BINARIO. Traverse in C.A.P. 60 UNI tipo FS.V.35		€ 61,50
	BINARIO. Attacchi tipo PANDROL		€ 329,50
	BINARIO. Fornitura, trasporto e posa in opera di profili antivibranti in gomma per rotaie UNI 3142 tipo Ir2 (n° 4 profili per binario 2 interni e 2 esterni).		€ 255,72
	BINARIO. Costruzione di binario con massicciata tipo 'A' con rotaie 36 metri e traverse C.A.P. interasse 60 cm in lunga barra		€ 29,49
	Saldatura di rotaie con procedimento elettrico a scintillio fuori esercizio		€ 4,06
	Regolazione delle tensioni interne di lunghe rotaie saldate armate con attacchi PANDROL, con saldatura di regolazione eseguita mediante sistema elettrico a scintillio; per ogni metro di rotaia in opera		€ 0,15
	Posa in opera di serraglie definitive utilizzando rotaie di qualsiasi tipo		€ 4,25
	Posa in opera di giunti isolanti incollati su binari fuori esercizio		€ 11,97
	Trasporto di pietrisco con mezzi stradali per distanze oltre i 50 Km e fino a 100 Km		€ 4,55
	Formazione o ripristino di cunette in terra		€ 11,70
	Formazione di canaletti di scarico		€ 1,92
	Livellamento sistematico del binario con mezzi meccanici rincalzatori del tipo pesante		€ 1,41
	Oneri livellamento binario con attacco Pandrol		€ 0,37
	Scarico, spandimento e regolare spianatura di pietrischetto e detriti di cava da carri di qualunque tipo di proprietà dell'Appaltatore		€ 21,30
	Scarico dai carri ferroviari di traverse in C.A.V.P. di peso fino a 300 Kg		€ 0,59
	Carico su carri ferroviari di materie terrose o ghiaiose comunque rimosse, escluse le successive		€ 8,97
	Carico, trasporto, scarico e sistemazione a rifiuto di materie terrose o ghiaiose		€ 4,84
	Fornitura di pietrisco di 2a categoria		€ 10,91
	Revisione generale dell'armamento da eseguirsi nei binari con giunzioni		€ 9,58
	Rifiniture e sistemazioni secondarie		18%
		€/m	**€ 1.054,18**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Telecontrollo e asservimento semaforico			
	Posa in opera rete di telecontrollo e sistema di gestione incroci con asservimento semaforico	€/m	€ 862,50
		€/m	**€ 862,50**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
PCC			
	Realizzazione di nuovo posto centrale PCC		€ 8.250.000,00
		€/m	**€ 8.250.000,00**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Sede tranviaria extraurbana in affiancamento a linea RFI			
	Scotico superficiale compreso l'asportazione della sola vegetazione erbacea, la regolarizzazione del piano di scavo ed il carico, trasporto e scarico del materiale escavato alla pubblica discarica. Scotico per una profondità fino a 30 cm	€/m	€ 4,67
	Scavi di materie di qualsiasi natura, durezza e consistenza su binari di corsa, precedenza e circolazione con carico su carri F.S.		€ 13,32
	Costruzione picchettazione nei tratti a semplice binario allo scoperto		€ 6,10
	BINARIO. Rotaie		€ 91,60
	BINARIO. Traverse in C.A.P. 60 UNI tipo FS.V.35		€ 61,50
	BINARIO. Attacchi tipo PANDROL		€ 329,50
	BINARIO. Costruzione di binario con massicciata tipo 'A' con rotaie 36 metri e traverse C.A.P. interasse 60 cm in lunga barra		€ 29,49
	Costruzione di binario con massicciata tipo 'A' con rotaie 36 metri e traverse C.A.P. interasse 60 cm in lunga barra		€ 29,49
	Saldatura di rotaie con procedimento elettrico a scintillio fuori esercizio		€ 4,06
	Regolazione delle tensioni interne di lunghe rotaie saldate armate con attacchi PANDROL, con saldatura di regolazione eseguita mediante sistema elettrico a scintillio; per ogni metro di rotaia in opera		€ 0,15
	Posa in opera di serraglie definitive utilizzando rotaie di qualsiasi tipo		€ 4,25
	Posa in opera di giunti isolanti incollati su binari fuori esercizio		€ 11,97
	Formazione o ripristino di cunette in terra		€ 11,70
	Formazione di canaletti di scarico		€ 1,92
	Livellamento sistematico del binario con mezzi meccanici rincalzatori del tipo pesante		€ 1,41
	Oneri livellamento binario con attacco Pandrol		€ 0,37
	Scarico, spandimento e regolare spianatura di pietrischetto e detriti di cava da carri di qualunque tipo di proprietà dell'Appaltatore		€ 21,30
	Scarico dai carri ferroviari di traverse in C.A.V.P. di peso fino a 300 Kg		€ 0,59
	Carico su carri ferroviari di materie terrose o ghiaiose comunque rimosse, escluse le successive		€ 8,97
	Carico, trasporto, scarico e sistemazione a rifiuto di materie terrose o ghiaiose		€ 4,84
	Fornitura di pietrisco di 2a categoria		€ 10,91
	Revisione generale dell'armamento da eseguirsi nei binari con giunzioni		€ 9,58
	Rifiniture e sistemazioni secondarie		15%
		€/m	**€ 756,34**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Scambio o deviatoio			
	Livellamento di scambi con mezzi meccanici individuali 60 UNI tangente 0,055 e 0,040	cad	€ 744,73
	Scarico da automezzi stradali di traversoni in C.A.V.P. da scambi		€ 2,39
	Formazione in opera di scambio aereo		€ 254,16
	Posa in opera di isolatore di sezione		€ 185,50
	Forza motrice RED		€ 25.600,00
		€/cad	**€ 26.786,78**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Scavo e sistemazione di piazzale			
	Scavi di materie di qualsiasi natura, durezza e consistenza con successivo carico, trasporto e scarico	€/m^2	€ 7,97
	Sistemazione delle materie di risulta, su aree al di fuori del corpo stradale reperite dall'Appaltatore	€/m^2	€ 3,30
	Costruzione di paraurti a cassone	cad	319,17
	Posa in opera di paraurti metallici	cad	170,23
	Revisione generale dell'armamento da eseguirsi nei binari con giunzioni	€/m^2	€ 7,42
	Sistemazioni e opere di piazzale	€/m^2	€ 25,00
		€/m^2	**€ 68,16**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Linea aerea in area urbana			
	Posa in opera e tesatura di condutture di alimentazione 750 Vcc	€/m	€ 32,88
	Stendimento e allacciamento conduttura di alimentazione 750 Vcc tra pali, o pali e frontali di fabbricati		€ 27,05
	Formazione in opera di discese e collegamenti tra alimentatori-condutture di contatto-sezionatori		€ 109,04
	Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali sezionatori di linea di qualsiasi tipo, comandati a motore.		€ 2,05
	Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali argani di manovra a motore		€ 0,26
	Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali scaricatori di qualsiasi tipo		€ 0,57
	Posa in opera di un posto di rilevamento voltmetrico intermedio alle SSE		€ 0,87
	Fornitura di dispositivo di sezionamento per scaricatore		€ 0,25
	Fornitura di isolatori		€ 3,08
	Esecuzione di posto di trasformazione		€ 1,73
	Posa in opera di condensatore su palo o portale		€ 1,38
	Formazione in opera di blocchi in conglomerato cementizio armato per pali e TT		€ 2,58
	Composizione e posa in opera della sospensione per il sostegno del trefolo ceraunico		€ 1,27
	Posa in opera di trefolo ceraunico su staffe predisposte sulle mensole		€ 1,78
	Posa e tesatura delle corde di alluminio		€ 8,31
	Formazione in opera del circuito di terra di protezione T.E. in piena linea allo scoperto con posa di una corda di alluminio		€ 2,79
	Formazione in opera sospensioni di protezione della corda di alluminio		€ 3,15
	Passaggio e sistemazione della palificazione		€ 3,55
	Formazione e posa in opera di prese di terra		€ 4,17
	Fornitura e posa in opera di dispersori di profondità		€ 1,27
	Posa in opera di collegamenti trasversali e connessioni longitudinali		€ 0,38
	Formazione e posa in opera di connessioni elettriche		€ 1,23
	Formazione in opera di collegamenti tra rotaie a terra, complessi di terra, casse induttive e rotaie		€ 6,87
	Fornitura in opera (non in attraversamento) di canalette in cemento o laterizio, con coperchio a 20 cm di profondità		€ 7,40
	Fornitura di sospensione a mensola inclinata e tirante		€ 11,90
	Esecuzione di fori per fissaggio grappe di sostegno apparecchiature delle condutture di contatto		€ 4,53
	Fornitura di dispositivo di tensionatura a molla		€ 25,13
	Fornitura di morsetteria in bronzo alluminio		€ 1,67
	Fornitura di pendini conduttori in corda di bronzo da 16 mm^2		€ 7,11
	Fornitura di complesso fune isolante		€ 5,44
	Fornitura giunti a compressione a piena trazione per linee aeree con corde in rame		€ 0,48
	Posa in opera, in aggrappamenti già predisposti, di pali o montanti di portali di qualsiasi tipo		€ 504,00
	Lavori di saldatura ai montanti dei portali		€ 11,45
	Formazione e posa in opera del complesso di sospensione		€ 10,58
	Lavorazione di mensole tubolari di acciaio		€ 1,67
	Rifiniture e sistemazioni		15%
		€/m	**€ 929,04**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Sottostazione elettrica			
	SSE da media tensione a 750 Vcc	cad	€ 930.700,00
	Gruppo raddrizzatore		€ 516.000,00
	Extrarapido		€ 76.000,00
	Cabina TE		€ 130.000,00
	Impianto di trasmissione		€ 26.000,00
	Spese di finitura		20%
		cad	**€ 2.014.440,00**

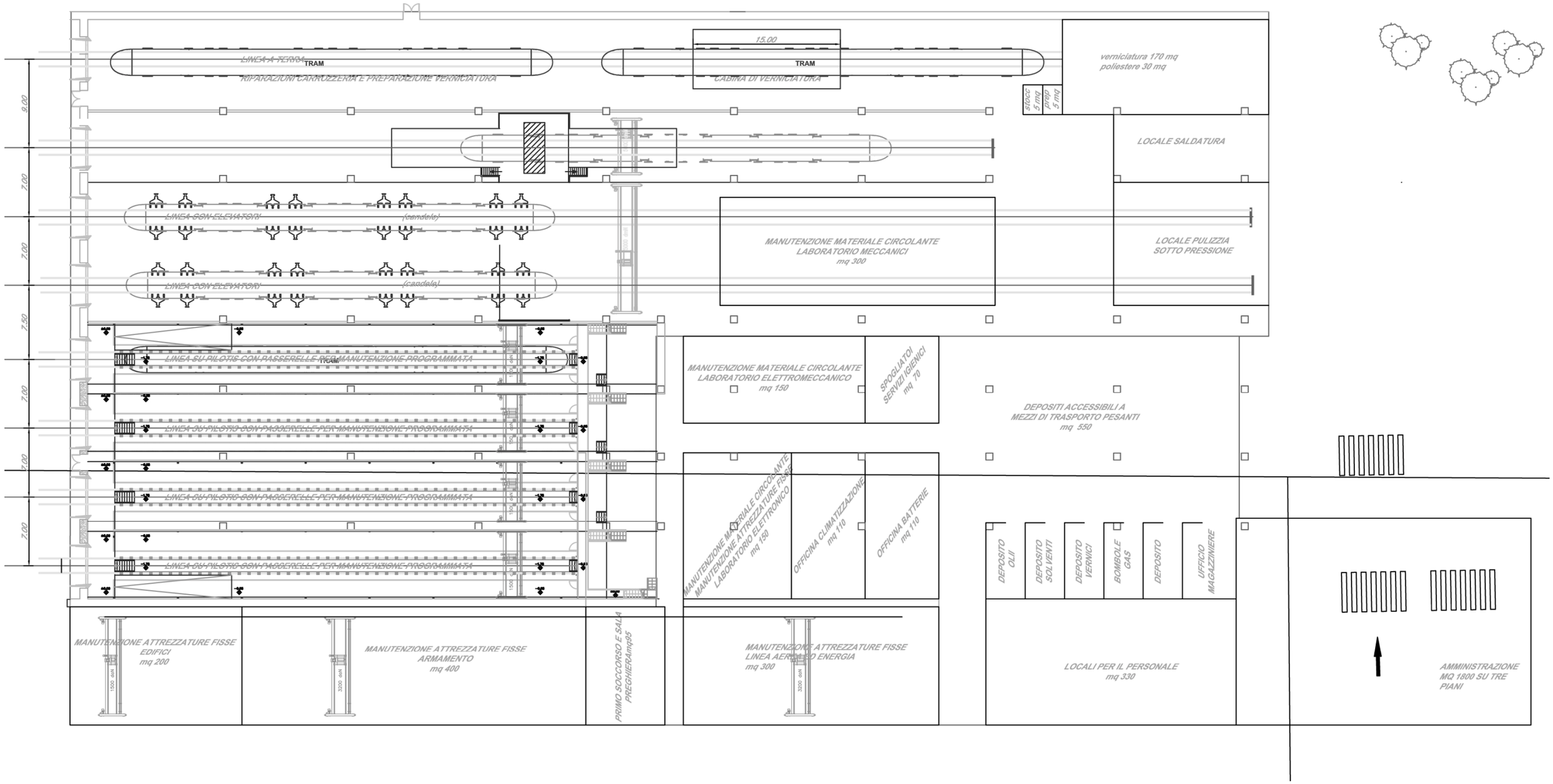
Linea aerea in area extraurbana		
Posa in opera e tesatura di condutture di alimentazione 750 Vcc	€/m	€ 32,88
Stendimento e allacciamento conduttura di alimentazione 750 Vcc tra pali, o pali e frontali di fabbricati		€ 19,10
Formazione in opera di discese e collegamenti tra alimentatori-condutture di contatto-sezionatori		€ 81,06
Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali sezionatori di linea di qualsiasi tipo, comandati a motore.		€ 1,58
Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali argani di manovra a motore		€ 0,19
Posa in opera di apparecchi vari per condutture a 750 Vcc quali scaricatori di qualsiasi tipo		€ 0,43
Posa in opera mensolame, telai, ferramenta per sostegno sezionatori, scaricatori, commutatori, argani su blocchi di fondazione o su opere murarie.		€ 0,59
Fornitura di dispositivo di sezionamento per scaricatore		€ 0,25
Fornitura di isolatori		€ 3,08
Esecuzione di posto di trasformazione		€ 1,73
Posa in opera di condensatore su palo o portale		€ 1,38
Formazione in opera di blocchi in conglomerato cementizio armato per pali e TT		€ 2,58
Composizione e posa in opera della sospensione per il sostegno del trefolo ceraunico		€ 1,27
Posa in opera di trefolo ceraunico su staffe predisposte sulle mensole		€ 1,78
Posa e tesatura delle corde di alluminio		€ 8,31
Formazione in opera del circuito di terra di protezione T.E. in piena linea allo scoperto con posa di una corda di alluminio		€ 2,79
Formazione in opera sospensioni di protezione della corda di alluminio		€ 3,15
Passaggio e sistemazione della palificazione		€ 3,55
Formazione e posa in opera di prese di terra		€ 4,17
Fornitura e posa in opera di dispersori di profondità		€ 1,27
Posa in opera di collegamenti trasversali e connessioni longitudinali		€ 0,38
Formazione e posa in opera di connessioni elettriche		€ 1,23
Formazione in opera di collegamenti tra rotaie a terra, complessi di terra, casse induttive e rotaie		€ 6,87
Fornitura in opera (non in attraversamento) di canalette in cemento o laterizio, con coperchio a 20 cm di profondità		€ 7,40
Fornitura di sospensione a mensola inclinata e tirante		€ 11,90
Esecuzione di fori per fissaggio grappe di sostegno apparecchiature delle condutture di contatto		€ 4,53
Fornitura di dispositivo di tensionatura a molla		€ 25,13
Fornitura di morsetteria in bronzo alluminio		€ 1,67
Fornitura di pendini conduttori in corda di bronzo da 16 mm²		€ 7,11
Fornitura di complesso fune isolante		€ 5,44
Fornitura giunti a compressione a piena trazione per linee aeree con corde in rame		€ 0,48
Posa in opera, in aggrappamenti già predisposti, di pali o montanti di portali di qualsiasi tipo		€ 288,00
Lavori di saldatura ai montanti dei portali		€ 11,45
Formazione e posa in opera del complesso di sospensione		€ 10,58
Lavorazione di mensole tubolari di acciaio		€ 1,67
Rifiniture e sistemazioni		15%
	€/m	**€ 638,22**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Segnalamento - tratta urbana			
	BAB di singolo binario	€/m	€ 50,70
	Impianto di fermata		€ 175,30
	Sistema RTB		€ 5,00
	Linea di comunicazione		€ 52,55
	Altre spese e completamento		25%
		€/m	**€ 354,44**

Opera d'arte	Descrizione	Grandezza	Valore
Segnalamento - tratta extraurbana			
	BAB di singolo binario	€/m	€ 75,50
	Impianto di fermata		€ 291,60
	Sistema RTB		€ 5,00
	Linea di comunicazione		€ 52,55
	Altre spese e completamento		30%
		€/m	**€ 552,05**

Fermata urbana (30 m)		
Scotico superficiale compreso l'asportazione della sola vegetazione erbacea, la regolarizzazione del piano di scavo ed il carico, trasporto e scarico del materiale escavato alla pubblica discarica. Scotico per una profondità fino a 30 cm	cad	€ 140,10
Scavo a sezione obbligata, all'interno dei centri urbani su strade in presenza di traffico veicolare fino alla profondità di 2,00 m dal piano di sbancamento od, in mancanza di questo, dall'orlo del cavo, di terreni in rocce con resistenza superiore a 8 N/mm² eseguito con qualsiasi mezzo escluso le mine, sia in asciutto che bagnato, anche in presenza di acqua stabilizzantesi nel cavo fino all'altezza di 0,20 m esclusa l'acqua proveniente da falda, compreso altresì lo spianamento e la configurazione del fondo, il tiro in alto sull'orlo del cavo e comunque in posizione di sicurezza, le eventuali sbadacchiature di qualunque tipo e resistenza, esclusa soltanto quella a cassa chiusa. Eseguito con mezzi meccanici, compreso il carico sui mezzi di trasporto		€ 6.443,30
Geotessile non tessuto, costituito da fibre sintetiche in poliestere o polipropileniche, coesionate mediante agugliatura meccanica con esclusione di colle ed altri componenti chimici		€ 77,52
BANCHINA. Conglomerato cementizio in opera eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste compreso lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, le casseforme e il ferro di armatura: eseguito con cemento 32.5 R per magrone di sottofondazione con i seguenti dosaggi: 300 kg/m³		€ 2.277,90
BANCHINA. Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio lavorato e tagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo Fe B 22 K, Fe B 32 K, Fe B 38 K, Fe B 44 K in barre lisce o ad aderenza migliorata, del tipo controllato in stabilimento: lavorato in stabilimento		€ 967,32
BANCHINA. Pavimentazione in cubetti di selce, posti in opera su sottostante massetto di fondazione, da pagarsi a parte, compresi l'onere delle interruzioni intorno agli alberi, chiusini, pendenze, materiale di allettamento, battitura con ogni mezzo e sigillatura dei giunti ecc. e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte, con cubetti allettati anche a figure geometriche, in letto di sabbia e cemento.		€ 11.378,20
BANCHINA. Sigillatura dei giunti di pavimentazione in cubetti di porfido o di selce con bitume e graniglia silicea previa scarnitura dei giunti, e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a regola d'arte in letto di sabbia.		€ 777,60
BANCHINA. Regolarizzazione delle banchine di piattaforma o sistemazione sentieri pedonali eseguita nei lavori senza risanamento, oppure eseguita a sé stante		€ 159,60
BANCHINA. Tappeto cromatico e finiture		€ 5.440,00
BANCHINA. Elementi di arredo		€ 2.250,00
BANCHINA. Impianto smaltimento acque meteoriche		€ 735,00
PENSILINA. Montanti: 3 x 448 cm con sezione FEB510 171 cm2		€ 5.186,77
PENSILINA. Montante longitudinale (1.246 cm con sezione FEB510 220 cm2)		€ 7.139,28
PENSILINA. Pannelli di rivestimento in vetro antisfondamento (21,35 m2)		€ 3.310,50
PENSILINA. Traversi e altre parti in ferro		€ 2.490,30
PENSILINA. Carter, rivestimenti e finiture		€ 10.340,00
PENSILINA. Elemento di seduta longitudinale (617 x 22 x 180 cm di larghezza)		€ 15.863,90
PENSILINA. Elemento di seduta interna (437 x 22 x 160 cm di larghezza)		€ 11.942,80
PENSILINA. Impianto fotovoltaico di copertura (16 m2)		€ 8.460,00
TOTEM. Travi HEB (490 cm con sezione FEB510 200 cm2)		€ 4.374,00
TOTEM. Finiture e schermo *touchscreen*		€ 25.400,00
Posa in opera di apparecchiature stagne per lampade fluorescenti		€ 192,20
Posa in opera di canalizzazioni e derivazioni		€ 789,70
Impianto di telecomunicazione		€ 1.370,75
Esecuzione di giunzioni su cavi principali		€ 1.840,70
SEGNALETICA. Esecuzione scritte su pannelli metallici e carter		€ 54,60
SEGNALETICA. Messaggio di "vietato attraversare i binari" e varianti serie 1000. F/DV - pannello-vr/PT - tipo B - pannello a portale		€ 931,48
SEGNALETICA. Elemento a portale con nome stazione o linea di percorrenza Serie 5000.F/ID - portale(mf) - vr - tipo B - pannello monof. grafiche in vinile.		€ 1.956,20
SEGNALETICA. Elemento a bandiera Serie 6000. F/ID - bandiera-vr/40- elemento bifacciale (altezza 400 mm, spessore 50 mm) con pittogramma in vinile		€ 692,40
Lastre di vetro lucido tirato incolore con spessore nominale di 6 mm		€ 245,90
Percorsi tattili		€ 855,00
Mappe tattili (2 con dimensioni 70 x 50)		€ 878,00
Lampioni di illuminazione (n. 5 di tipo pedonale)		€ 1.588,00
Lampade a vapori di alogenuri alta pressione (80 lm/W; colore bianco e temperatura di colore 3000-6000K)		€ 11.000,00
MEB. Macchina automatica emettitrice biglietti		€ 22.480,00
	€/cad	**€ 170.029,02**

Fermata extraurbana (60 m)		
Scotico superficiale compreso l'asportazione della sola vegetazione erbacea, la regolarizzazione del piano di scavo ed il carico, trasporto e scarico del materiale escavato alla pubblica discarica. Scotico per una profondità fino a 30 cm	cad	€ 280,20
Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2,00 m dal piano di sbancamento od, in mancanza di questo, dall'orlo del cavo, di rocce sciolte di qualsiasi natura e consistenza con resistenza inferiore a 8 N/mm² (argille sciolte e compatte, sabbie, ghiaie, pozzolane, lapilli, tufi ecc.), sia in asciutto che bagnato, anche in presenza di acqua stabilizzantesi nel cavo fino all'altezza di 0,20 m esclusa l'acqua proveniente da falda, compreso altresì lo spianamento e la configurazione del fondo, il tiro in alto sull'orlo del cavo e comunque in posizione di sicurezza, le eventuali sbadacchiature di qualunque tipo e resistenza, esclusa soltanto quella a cassa chiusa. Eseguito con mezzi meccanici, compreso il carico sui mezzi di trasporto		€ 3.513,89
Geotessile non tessuto, costituito da fibre sintetiche in poliestere o polipropileniche, coesionate mediante agugliatura meccanica con esclusione di colle ed altri componenti chimici		€ 193,80
BANCHINA. Conglomerato cementizio in opera eseguito secondo le prescrizioni tecniche previste compreso lo spargimento, la vibrazione e quant'altro necessario per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, le casseforme e il ferro di armatura: eseguito con cemento 32.5 R per magrone di sottofondazione con i seguenti dosaggi: 300 kg/m³		€ 5.694,75
BANCHINA. Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio lavorato e tagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo Fe B 22 K, Fe B 32 K, Fe B 38 K, Fe B 44 K in barre lisce o ad aderenza migliorata, del tipo controllato in stabilimento: lavorato in stabilimento		€ 2.418,30
BANCHINA. Pavimentazione in cubetti di selce, posti in opera su sottostante massetto di fondazione, da pagarsi a parte, compresi l'onere delle interruzioni intorno agli alberi, chiusini, pendenze, materiale di allettamento, battitura con ogni mezzo e sigillatura dei giunti ecc. e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte, con cubetti allettati anche a figure geometriche, in letto di sabbia e cemento.		€ 28.445,50
BANCHINA. Sigillatura dei giunti di pavimentazione in cubetti di porfido o di selce con bitume e graniglia silicea previa scarnitura dei giunti, e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a regola d'arte in letto di sabbia.		€ 1.944,00
BANCHINA. Regolarizzazione delle banchine di piattaforma o sistemazione sentieri pedonali eseguita nei lavori senza risanamento, oppure eseguita a sé stante		€ 159,60
BANCHINA. Tappeto cromatico e finiture		€ 5.440,00
BANCHINA. Elementi di arredo		€ 2.250,00
BANCHINA. Impianto smaltimento acque meteoriche		€ 1.470,00
PENSILINA. Montanti: 3 x 448 cm con sezione FEB510 171 cm2		€ 5.186,77
PENSILINA. Montante longitudinale (1.246 cm con sezione FEB510 220 cm2)		€ 7.139,28
PENSILINA. Pannelli di rivestimento in vetro antisfondamento (21,35 m2)		€ 3.310,50
PENSILINA. Traversi e altre parti in ferro		€ 2.490,30
PENSILINA. Carter, rivestimenti e finiture		€ 10.340,00
PENSILINA. Elemento di seduta longitudinale (617 x 22 x 180 cm di larghezza)		€ 15.863,90
PENSILINA. Elemento di seduta interna (437 x 22 x 160 cm di larghezza)		€ 11.942,80
PENSILINA. Impianto fotovoltaico di copertura (16 m2)		€ 8.460,00
TOTEM. Travi HEB (490 cm con sezione FEB510 200 cm2)		€ 4.374,00
TOTEM. Finiture e schermo *touchscreen*		€ 25.400,00
Posa in opera di apparecchiature stagne per lampade fluorescenti		€ 480,50
Posa in opera di canalizzazioni e derivazioni		€ 1.974,25
Impianto di telecomunicazione		€ 1.370,75
Esecuzione di giunzioni su cavi principali		€ 1.840,70
SEGNALETICA. Esecuzione scritte su pannelli metallici e carter		€ 54,60
SEGNALETICA. Messaggio di "vietato attraversare i binari" e varianti serie 1000. F/DV - pannello-vr/PT - tipo B - pannello a portale		€ 1.862,96
SEGNALETICA. Elemento a portale con nome stazione o linea di percorrenza Serie 5000.F/ID - portale(mf) - vr - tipo B - pannello monof. grafiche in vinile.		€ 1.956,20
SEGNALETICA. Elemento a bandiera Serie 6000. F/ID - bandiera-vr/40- elemento bifacciale (altezza 400 mm, spessore 50 mm) con pittogramma in vinile		€ 692,40
Lastre di vetro lucido tirato incolore con spessore nominale di 6 mm		€ 245,90
Percorsi tattili		€ 1.710,00
Mappe tattili (2 con dimensioni 70 x 50)		€ 878,00
Lampioni di illuminazione (n. 8 di tipo pedonale)		€ 2.540,80
Lampade a vapori di alogenuri alta pressione (80 lm/W; colore bianco e temperatura di colore 3000-6000K)		€ 17.600,00
MEB. Macchina automatica emettitrice biglietti		€ 22.480,00
	€/cad	**€ 202.004,65**



CENTRO DI RICOVERO E MANUTENZIONE DI FIUMICINO CENTRO

LAYOUT FUNZIONALE

12. CALCOLO DELLE PERCORRENZE

Nelle seguenti tabelle i calcoli relativi ai tempi di percorrenza e le velocità medie nelle diverse configurazioni del sistema proposto.

PRESTAZIONI TRENO				
		ZONA URBANA		
Velocità massima	30,0	km/h	8,3	m/s
Accelerazione	1,2	m/s^2		
Decelerazione	1,2	m/s^2		
T_{80}	6,9	s		
S_{80}	28,9	m		
		ZONA EXTRAURBANA		
Velocità massima	70,0	km/h	19,4	m/s
Accelerazione	1,2	m/s^2		
Decelerazione	1,2	m/s^2		
T_{80}	16,2	s		
S_{80}	157,5	m		

T1. FIUM. PORTO - FIERA DI ROMA

Fermata	Progressiva	Distanza	T_{PER}	v_{MAX} (m/s)	v_{MAX} (km/h)	T_F	T_{OK}	Cronogramma
Porto Zona Commerciale	0,00							0,00
Porto Imbarchi Crociere	591,10	591,10	47,01	8,3	30,0	25,0	**47,0**	47,01
Fiumicino Borgo	1.157,50	566,40	44,05	8,3	30,0	25,0	**69,0**	116,06
Fiumicino centro direzionale	2.138,16	980,66	66,64	8,3	30,0	25,0	**91,6**	207,70
Parco Archeologico-Porti Imperiali	3.917,90	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	340,43
Aeroporto-Centro direzionale	5.007,54	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	437,67
Business Park sud-Cargo City	6.638,07	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	562,73
Parco Leonardo	7.505,79	867,72	60,83	19,4	70,0	25,0	**85,8**	648,56
Fiera di Roma	9.715,51	2.209,72	129,85	19,4	70,0	25,0	**154,8**	803,41

pari a	13,4	minuti
VELOCITA' COMMERCIALE	**43,5**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**2,6**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**3**	**veicoli**

T1A. FIUM. CENTRO - FIERA DI ROMA

Fermata	Progressiva	Distanza	T_{PER}	v_{MAX} (m/s)	v_{MAX} (km/h)	T_F	T_{OK}	Cronogramma
Fiumicino centro direzionale	0,00							0,00
Parco Archeologico-Porti Imperiali	1.779,74	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**107,7**	107,73
Aeroporto-Centro direzionale	2.869,38	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	204,98
Business Park sud-Cargo City	4.499,91	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	330,04
Parco Leonardo	5.367,63	867,72	60,83	19,4	70,0	25,0	**85,8**	415,86
Fiera di Roma	7.577,35	2.209,72	129,85	19,4	70,0	25,0	**154,8**	570,71

pari a	9,5	minuti
VELOCITA' COMMERCIALE	**47,8**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**2,6**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**2**	**veicoli**

T_{PER} è il tempo di percorrenza tra le due stazioni

T_F è il tempo di fermata

T_{OK} è il tempo necessario affinché il treno liberi la sezione e la fermata in modo che il treno precedente possa passare

T1 + T2: FIUM. PORTO - INTERPORTO								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Porto Zona Commerciale	0,00							0,00
Porto Imbarchi Crociere	591,10	591,10	47,01	8,3	30,0	25,0	**47,0**	47,01
Fiumicino Borgo	1.157,50	566,40	44,05	8,3	30,0	25,0	**69,0**	116,06
Fiumicino centro direzionale	2.138,16	980,66	66,64	8,3	30,0	25,0	**91,6**	207,70
Parco Archeologico-Porti Imperiali	3.917,90	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	340,43
Aeroporto-Centro direzionale	5.007,54	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	437,67
Business Park sud-Cargo City	6.638,07	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	562,73
Parco Leonardo	7.505,79	867,72	60,83	19,4	70,0	25,0	**85,8**	648,56
Fiera di Roma	9.715,51	2.209,72	129,85	19,4	70,0	25,0	**154,8**	803,41
Business Park	10.860,37	1.144,86	75,08	19,4	70,0	25,0	**100,1**	903,49
Parco Commerciale	11.910,53	1.050,17	70,21	19,4	70,0	25,0	**95,2**	998,70
Vignole	12.579,87	669,33	50,63	19,4	70,0	25,0	**75,6**	1.074,33
Interporto Romano	13.375,85	795,99	57,14	19,4	70,0	25,0	**82,1**	1.156,47

pari a	19,3	minuti
VELOCITA' COMMERCIALE	**30,2**	**km/h**

FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**2,6**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**4**	**veicoli**

T1 + T2 + T3: FIUM. PORTO - MACCARESE - CERVETERI								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Porto Zona Commerciale	0,00							0,00
Porto Imbarchi Crociere	591,10	591,10	47,01	8,3	30,0	25,0	**47,0**	47,01
Fiumicino Borgo	1.157,50	566,40	44,05	8,3	30,0	25,0	**69,0**	116,06
Fiumicino centro direzionale	2.138,16	980,66	66,64	8,3	30,0	25,0	**91,6**	207,70
Parco Archeologico-Porti Imperiali	3.917,90	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	340,43
Aeroporto-Centro direzionale	5.007,54	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	437,67
Business Park sud-Cargo City	6.638,07	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	562,73
Parco Leonardo	7.505,79	867,72	60,83	19,4	70,0	25,0	**85,8**	648,56
Business Park	8.650,65	1.144,86	75,08	19,4	70,0	25,0	**100,1**	748,64
Parco Commerciale	9.700,81	1.050,17	70,21	19,4	70,0	25,0	**95,2**	843,86
Vignole	10.370,15	669,33	50,63	19,4	70,0	25,0	**75,6**	919,48
Interporto Romano	11.166,13	795,99	57,14	19,4	70,0	25,0	**82,1**	1.001,62
Maccarese	17.749,38	6.583,24	354,77	19,4	70,0	25,0	**379,8**	1.381,39
Maccarese/Rospigliosi	19.052,44	1.303,06	83,22	19,4	70,0	25,0	**108,2**	1.489,61
Maccarese/Maggese	20.990,30	1.937,86	115,86	19,4	70,0	25,0	**140,9**	1.630,48
Torrimpietra/Ponte Tre Denari	22.622,08	1.631,78	100,12	19,4	70,0	25,0	**125,1**	1.755,60
Palidoro Borgo	24.744,90	2.122,82	125,38	19,4	70,0	25,0	**150,4**	1.905,98
Palidoro Ospedale Bambino Gesù	27.784,20	3.039,30	172,51	19,4	70,0	25,0	**197,5**	2.103,49
Marina di San Nicola	29.971,17	2.186,97	128,68	19,4	70,0	25,0	**153,7**	2.257,17
Palo Laziale	31.582,17	1.611,00	99,06	19,4	70,0	25,0	**124,1**	2.381,22
Cerveteri-Ladispoli	33.965,03	2.382,86	138,75	19,4	70,0	25,0	**163,8**	2.544,97

pari a	42,4	minuti
VELOCITA' COMMERCIALE	**12,2**	**km/h**

FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**6,3**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**15,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**4**	**veicoli**

T1 + T4: FIERA DI ROMA - FIUMICINO - OSTIA (soluziona 1 - via del FARO)								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Fiera di Roma	0,00							0,00
Parco Leonardo	2.209,72	2.209,72	241,25	19,4	70,0	25,0	**241,2**	241,25
Business Park sud-Cargo City	3.077,44	867,72	80,21	19,4	70,0	25,0	**105,2**	346,45
Aeroporto-Centro direzionale	4.707,97	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	471,51
Parco Archeologico-Porti Imperiali	5.797,60	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	568,75
Fiumicino centro direzionale	7.577,35	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	701,49
Villa Guglielmi	8.512,82	935,47	64,31	19,4	70,0	25,0	**89,3**	790,80
Fiumicino Sud	9.352,57	839,75	59,39	19,4	70,0	25,0	**84,4**	875,19
Vele di Isola	9.778,43	425,86	38,10	19,4	70,0	25,0	**63,1**	938,30
Porto Turistico di Isola Sacra	10.280,72	502,29	42,04	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.005,33
Cantieri di Fiumara	10.918,04	637,32	48,98	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.079,31
Parco Pasolini-CHM	12.368,45	1.450,41	90,80	19,4	70,0	25,0	**115,8**	1.195,11
Porto Turistico di Roma	12.870,92	502,47	42,05	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.262,15
Duca degli Abruzzi-Gasparri	13.338,46	467,54	40,25	19,4	70,0	25,0	**65,2**	1.327,40
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	13.808,88	470,42	40,40	19,4	70,0	25,0	**65,4**	1.392,80
Toscanelli-Repubbliche Marinare	14.293,46	484,58	41,13	19,4	70,0	25,0	**66,1**	1.458,93
Toscanelli-Velieri	14.751,46	458,00	39,76	19,4	70,0	25,0	**64,8**	1.523,68
Pontile	14.995,78	244,32	40,36	12,1	43,6	25,0	**65,4**	1.589,04
Posta	15.366,78	371,00	35,28	19,4	70,0	25,0	**60,3**	1.649,32
Ostia Centro	15.708,74	341,96	33,79	19,4	70,0	25,0	**58,8**	1.708,12

pari a 28,5 minuti

VELOCITA' COMMERCIALE	**20,6**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**4,0**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**5**	**veicoli**

T1 + T4: FIERA DI ROMA - FIUMICINO - OSTIA (soluziona 1 - via del FARO - completa)								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Fiera di Roma	0,00							0,00
Parco Leonardo	2.209,72	2.209,72	241,25	19,4	70,0	25,0	**241,2**	241,25
Business Park sud-Cargo City	3.077,44	867,72	80,21	19,4	70,0	25,0	**105,2**	346,45
Aeroporto-Centro direzionale	4.707,97	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	471,51
Parco Archeologico-Porti Imperiali	5.797,60	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	568,75
Fiumicino centro direzionale	7.577,35	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	701,49
Villa Guglielmi	8.512,82	935,47	64,31	19,4	70,0	25,0	**89,3**	790,80
Fiumicino Sud	9.352,57	839,75	59,39	19,4	70,0	25,0	**84,4**	875,19
Vele di Isola	9.778,43	425,86	38,10	19,4	70,0	25,0	**63,1**	938,30
Porto Turistico di Isola Sacra	10.280,72	502,29	42,04	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.005,33
Cantieri di Fiumara	10.918,04	637,32	48,98	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.079,31
Parco Pasolini-CHM	12.368,45	1.450,41	90,80	19,4	70,0	25,0	**115,8**	1.195,11
Porto Turistico di Roma	12.870,92	502,47	42,05	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.262,15
Duca degli Abruzzi-Gasparri	13.338,46	467,54	40,25	19,4	70,0	25,0	**65,2**	1.327,40
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	13.808,88	470,42	40,40	19,4	70,0	25,0	**65,4**	1.392,80
Toscanelli-Repubbliche Marinare	14.293,46	484,58	41,13	19,4	70,0	25,0	**66,1**	1.458,93
Toscanelli-Velieri	14.751,46	458,00	39,76	19,4	70,0	25,0	**64,8**	1.523,68
Pontile	14.995,78	244,32	40,36	12,1	43,6	25,0	**65,4**	1.589,04
Posta	15.366,78	371,00	35,28	19,4	70,0	25,0	**60,3**	1.649,32
Ostia Centro	15.708,74	341,96	33,79	19,4	70,0	25,0	**58,8**	1.708,12
Vittoria	16.645,82	937,08	64,40	19,4	70,0	25,0	**89,4**	1.797,51
Stella Polare	17.327,97	682,15	51,29	19,4	70,0	25,0	**76,3**	1.873,80
Borghetto dei Pescatori/Parco dello Staç	17.965,75	637,78	49,00	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.947,80
Castel Fusano	18.694,17	728,41	53,66	19,4	70,0	25,0	**78,7**	2.026,47
Gran Pavese	19.343,01	648,84	49,57	19,4	70,0	25,0	**74,6**	2.101,04
Cristoforo Colombo	19.961,07	618,06	47,99	19,4	70,0	25,0	**73,0**	2.174,03

pari a 36,2 minuti

VELOCITA' COMMERCIALE	**16,2**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**4,0**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**6**	**veicoli**

T1 + T4: FIERA DI ROMA - FIUMICINO - OSTIA (soluziona 2 - via della SCAFA)								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Fiera di Roma	0,00							0,00
Parco Leonardo	2.209,72	2.209,72	241,25	19,4	70,0	25,0	**241,2**	241,25
Business Park sud-Cargo City	3.077,44	867,72	80,21	19,4	70,0	25,0	**105,2**	346,45
Aeroporto-Centro direzionale	4.707,97	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	471,51
Parco Archeologico-Porti Imperiali	5.797,60	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	568,75
Fiumicino centro direzionale	7.577,35	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	701,49
Villa Guglielmi	8.512,82	935,47	64,31	19,4	70,0	25,0	**89,3**	790,80
Fiumicino Sud	9.352,57	839,75	59,39	19,4	70,0	25,0	**84,4**	875,19
Vele di Isola	9.778,43	425,86	38,10	19,4	70,0	25,0	**63,1**	938,30
Porto Turistico di Isola Sacra	10.280,72	502,29	42,04	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.005,33
Cantieri di Fiumara	10.918,04	637,32	48,98	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.079,31
Parco Pasolini-CHM	12.368,45	1.450,41	90,80	19,4	70,0	25,0	**115,8**	1.195,11
Porto Turistico di Roma	12.870,92	502,47	42,05	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.262,15
Duca degli Abruzzi-Gasparri	13.338,46	467,54	40,25	19,4	70,0	25,0	**65,2**	1.327,40
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	13.808,88	470,42	40,40	19,4	70,0	25,0	**65,4**	1.392,80
Toscanelli-Repubbliche Marinare	14.293,46	484,58	41,13	19,4	70,0	25,0	**66,1**	1.458,93
Toscanelli-Velieri	14.751,46	458,00	39,76	19,4	70,0	25,0	**64,8**	1.523,68
Pontile	14.995,78	244,32	40,36	12,1	43,6	25,0	**65,4**	1.589,04
Posta	15.366,78	371,00	35,28	19,4	70,0	25,0	**60,3**	1.649,32
Ostia Centro	15.708,74	341,96	33,79	19,4	70,0	25,0	**58,8**	1.708,12

pari a 28,5 minuti

VELOCITA' COMMERCIALE	**20,6**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**4,0**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**5**	**veicoli**

T1 + T4: FIERA DI ROMA - FIUMICINO - OSTIA (soluziona 2 - via della SCAFA)								
Fermata	**Progressiva**	**Distanza**	**T_{PER}**	**v_{MAX} (m/s)**	**v_{MAX} (km/h)**	**T_F**	**T_{OK}**	**Cronogramma**
Fiera di Roma	0,00							0,00
Parco Leonardo	2.209,72	2.209,72	241,25	19,4	70,0	25,0	**241,2**	241,25
Business Park sud-Cargo City	3.077,44	867,72	80,21	19,4	70,0	25,0	**105,2**	346,45
Aeroporto-Centro direzionale	4.707,97	1.630,53	100,06	19,4	70,0	25,0	**125,1**	471,51
Parco Archeologico-Porti Imperiali	5.797,60	1.089,64	72,24	19,4	70,0	25,0	**97,2**	568,75
Fiumicino centro direzionale	7.577,35	1.779,74	107,73	19,4	70,0	25,0	**132,7**	701,49
Villa Guglielmi	8.512,82	935,47	64,31	19,4	70,0	25,0	**89,3**	790,80
Fiumicino Sud	9.352,57	839,75	59,39	19,4	70,0	25,0	**84,4**	875,19
Vele di Isola	9.778,43	425,86	38,10	19,4	70,0	25,0	**63,1**	938,30
Porto Turistico di Isola Sacra	10.280,72	502,29	42,04	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.005,33
Cantieri di Fiumara	10.918,04	637,32	48,98	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.079,31
Parco Pasolini-CHM	12.368,45	1.450,41	90,80	19,4	70,0	25,0	**115,8**	1.195,11
Porto Turistico di Roma	12.870,92	502,47	42,05	19,4	70,0	25,0	**67,0**	1.262,15
Duca degli Abruzzi-Gasparri	13.338,46	467,54	40,25	19,4	70,0	25,0	**65,2**	1.327,40
Duca degli Abruzzi-Idrovolante	13.808,88	470,42	40,40	19,4	70,0	25,0	**65,4**	1.392,80
Toscanelli-Repubbliche Marinare	14.293,46	484,58	41,13	19,4	70,0	25,0	**66,1**	1.458,93
Toscanelli-Velieri	14.751,46	458,00	39,76	19,4	70,0	25,0	**64,8**	1.523,68
Pontile	14.995,78	244,32	40,36	12,1	43,6	25,0	**65,4**	1.589,04
Posta	15.366,78	371,00	35,28	19,4	70,0	25,0	**60,3**	1.649,32
Ostia Centro	15.708,74	341,96	33,79	19,4	70,0	25,0	**58,8**	1.708,12
Vittoria	16.645,82	937,08	64,40	19,4	70,0	25,0	**89,4**	1.797,51
Stella Polare	17.327,97	682,15	51,29	19,4	70,0	25,0	**76,3**	1.873,80
Borghetto dei Pescatori/Parco dello Staç	17.965,75	637,78	49,00	19,4	70,0	25,0	**74,0**	1.947,80
Castel Fusano	18.694,17	728,41	53,66	19,4	70,0	25,0	**78,7**	2.026,47
Gran Pavese	19.343,01	648,84	49,57	19,4	70,0	25,0	**74,6**	2.101,04
Cristoforo Colombo	19.961,07	618,06	47,99	19,4	70,0	25,0	**73,0**	2.174,03

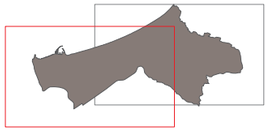
pari a 36,2 minuti

VELOCITA' COMMERCIALE	**16,2**	**km/h**
FREQUENZA MINIMA POSSIBILE	**4,0**	**minuti**
FREQUENZA MINIMA SCELTA	**7,0**	**minuti**
TRENI NECESSARI	**6**	**veicoli**

FASE 2- VALUTAZIONE DELLA PROPOSTA

SOTTOFASE 2.3. - APPLICAZIONE DEI MODI DI TRASPORTO ALLE ALTERNATIVE DI RETE

FLUSSIGRAMMI - IPOTESI 01
INQUADRAMENTO GENERALE 1



PROGETTO PILOTA "COMPLESSITÀ TERRITORIALI " FIUMICINO CITTA'

FLUSSIGRAMMI - IPOTESI 01
INQUADRAMENTO GENERALE 1

Flussi

Stazione Sistema Mobilità

1.209 Passeggeri Saliti - Discesi Giorno Feriale Inverno

16.947 Passeggeri/giorno per Direzione Giorno Feriale Inverno

1.392 Passeggeri/ora di Punta Giorno Feriale Inverno

PROGETTO PILOTA "COMPLESSITÀ TERRITORIALI" FIUMICINO CITTA'

3.2.3.0.2

PROGETTO PILOTA "COMPLESSITÀ TERRITORIALI" FIUMICINO CITTA'

FLUSSIGRAMMI - IPOTESI02
INQUADRAMENTO GENERALE 2

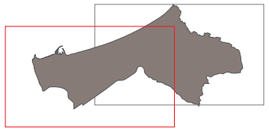
1.392 Passeggeri/ora Ora di Punta Giorno Feriale Inverno

16.947 Passeggeri/giorno per Direzione Giorno Feriale Inverno

1.209 Passeggeri Saliti - Discesi

Stazione Sistema Mobilità

Flussi



PROGETTO PILOTA "COMPLESSITÀ TERRITORIALI" FIUMICINO CITTA'

STUDIO DI FATTIBILITA' 3 - AZIONE LOCALE

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE

COMUNE DI FIUMICINO

FASE 2- VALUTAZIONE DELLA PROPOSTA

SOTTOFASE 2.3. - APPLICAZIONE DEI MODI DI TRASPORTO ALLE ALTERNATIVE DI RETE

FLUSSIGRAMMI - IPOTESI 02
INQUADRAMENTO GENERALE 2

N
0
1,0
2,0
Km
LIDO DI MACCARESE
VILLAGGIO DEI PESCATORI
FREGENE
PALIDORO
CERVETERI-LADISPOLI
TORRIMPIETRA
MACCARESE
VASCHE DI MACCARESE
MACCHIAGRANDE
FOCENE
COCCIA DI MORTO
FOCE DI FIUMICINO PORTO CANALE
FIUMICINO SUD
FARO DI ISOLA SACRA
FOCE DI FIUMARA GRANDE
ZONA COMMERCIALE
ISOLA SACRA
STAGNI DI OSTIA
OSTIA ANTICA
OSTIA ANTICA
LIDO DI OSTIA SUD
CANALE DEI PESCATORI
PINETA DI CASTEL FUSANO
CANALE DELLA LINGUA
CRISTOFORO COLOMBO
CASTEL FUSANO
ROMA XII
CASTEL DI GUIDO
MACCHIAGRANDE DI GALERIA
PIANA DEL SOLE
NUOVA FIERA DI ROMA
ROMA XVI
ARANOVA
INTERPORTO SCALO
MACCARESE-FREGENE
MACCARESE-CERVETERI
MACCARESE-TORRIMPIETRA
TORRIMPIETRA-PALIDORO
PALIDORO-CERVETERI
CERVETERI-LADISPOLI
FIUMICINO-MACCARESE
FIUMICINO-FREGENE
FIUMICINO-OSTIA
OSTIA-CASTEL FUSANO
CASTEL FUSANO-CRISTOFORO COLOMBO
FIUMICINO-INTERPORTO
INTERPORTO-MACCARESE
INTERPORTO-NUOVA FIERA DI ROMA
8.808
5.999
5.187
10.332
7.390
7.809
4.224
7.396
6.007
7.191
17.014
15.394
14.429
11.652
11.670
5.920
6.909
6.909
6.909

13. ANALISI COSTI-BENEFICI

L'analisi ha lo scopo di valutare la convenienza economica relativa alla realizzazione di un'opera pubblica, confrontando i costi ed i benefici che ne derivano, sulla base dei seguenti elementi:

- analisi economiche per la valutazione dei benefici
- analisi finanziarie per la determinazione delle entrate monetarie derivanti dall'uso dell'opera, e per la verifica della copertura dei costi di investimento e di gestione.

13.1. ANALISI DELLA REDDITIVITÀ

I criteri adottati per la valutazione degli interventi si basano sui seguenti punti:

- selezione dei benefici diretti quantificabili
- valutazione e stima dei costi d'investimento
- valutazione e stima dei costi di manutenzione delle infrastrutture e dei costi di gestione
- determinazione del Tasso Interno di Rendimento (TIR)
- determinazione del Valore Attuale Netto (VAN)

La previsione sull'andamento futuro del progetto deve essere formulata in riferimento alla sua vita utile e per un arco di tempo sufficientemente lungo per poter apprezzare il suo probabile impatto nel medio-lungo periodo. I dati devono contenere informazioni sugli input e gli output su base annua. Per ogni anno della durata del progetto (30 anni dal termine degli investimenti) saranno confrontati i flussi finanziari delle ipotesi progettuali. Le voci principali di cui si compongono i costi e ricavi finanziari sono le seguenti:

- ricavi (provenienti dalle tariffe applicati ai flussi dei passeggeri)
- costi di investimento
- costi di esercizio

Sono state messe a confronto le seguenti opzioni:

- situazione d'intervento per lo scenario standard – soluzione A (ipotesi 1 e ipotesi 2)
- situazione d'intervento per lo scenario standard – soluzione B
- situazione di intervento per lo scenario pessimistico – soluzione A (ipotesi 1 e ipotesi 2)
- situazione di intervento per lo scenario pessimistico – soluzione B
- situazione di intervento per lo scenario ottimistico – soluzione A (ipotesi 1 e ipotesi 2)
- situazione di intervento per lo scenario ottimistico – soluzione B

Nello scenario standard, pessimistico e ottimistico vengono, in tutte le soluzioni, adottate diverse ipotesi per quanto riguarda lo sviluppo del flusso di passeggeri.

L'ipotesi A si suddivide in due sottoipotesi, 1 e 2, che differiscono nella scelta progettuale relativa alla tratta 4; nella soluzione 1 si prevede, per l'attraversamento del fiume Tevere, la realizzazione di un ponte, nella soluzione 2 si prevede invece la realizzazione di una galleria.

I flussi dei passeggeri sono uguali in tutte e due le sottoipotesi ed i costi di esercizio vengono anche essi per semplicità considerati uguali. Per quanto riguarda lo scenario pessimistico, si adottano ipotesi riduttive per il flusso dei passeggeri e si prevede anche una maggiore difficoltà nel reperire gli investimenti.

In quanto l'opera in questione è di nuova realizzazione e non sostituisce nessuna opera esistente in esercizio l'ipotesi 0 si considera nell'analisi finanziaria nulla. L'analisi finanziaria viene eseguita dal punto di vista di un ente unico, che investe e gestisce l'opera. L'analisi economica si eseguirà dal punto di vista dell'ente suddetto e della collettività.

La scelta dei benefici diretti quantificabili e monetizzabili si è basata essenzialmente sui seguenti criteri:

- massima semplicità dei meccanismi di calcolo
- massima riduzione delle duplicazioni

Inoltre al fine di ridurre le distorsioni nella conduzione dello studio è stato necessario:

- evitare il ricorso ai prezzi ombra
- limitare il più possibile l'applicazione dei costi di opportunità
- eseguire i calcoli con prezzi costanti per evitare le distorsioni dovute all'inflazione e ai cambi
- eseguire i calcoli considerando i valori economici depurati dagli effetti delle tasse

I flusso degli investimenti ha l'inizio dall'anno 2010. A completamento della prima tratta e quindi dalla messa in regime di essa hanno inizio i flussi finanziari della fase di esercizio (dall'anno 2011). L'ultimazione dei lavori è prevista per l'anno 2017. Gli effetti reali dell'interventi avranno quindi l'impatto da circa la metà del 2018 in poi.

Ai fini del presente studio sono stati considerati esclusivamente i benefici diretti derivanti dai maggiori introiti del servizio tranviario offerto. In particolare si avranno:

- benefici derivanti dalla tariffa nel trasporto delle merci e dei passeggeri

- benefici derivanti dagli aumenti di traffico merci e passeggeri generato/attratto agli orizzonti temporali previsti.

I benefici indiretti che possono rivestire una certa importanza per lo studio in oggetto sono:

- generazione di nuove attività economiche nell'area d'intervento
- aumento delle attività economiche per l'aumentata accessibilità e fluidità del traffico
- riduzione dei costi esterni causata dallo spostamento del traffico stradale pesante sulla ferrovia sul trasporto su ferro
- risparmio del tempo dei passeggeri

La definizione dei singoli flussi finanziari si basa sui risultati del modello *TRANSCAD* sugli annuari statistici e sugli studi similari elaborati dalla società. Analisi è stata realizzata per la fase dei lavori (anno 2010 – 2018) e la fase dell'esercizio di durata di 37 anni (anno 2011 – 2047). Nel calcolo del valore attuale netto è stato utilizzato il tasso di sconto di 6% e di 8%.

I valori saranno espressi in Euro.

13.2. Valutazione dei costi e dei benefici

COSTI FINANZIARI. Nel flusso finanziario di costi sono stati inclusi i costi investimento, i costi di gestione e di esercizio, i costi di manutenzione dell'infrastruttura.

COSTI DI INVESTIMENTO. Per quanto riguarda la spesa in materiale rotabile la seguente tabella riporta il dettaglio del relativo costi di investimento. Per tutte e due le soluzioni progettuali (A e B) si prevede lo stesso ammontare nell'investimento in rotabili. I costi sono espressi in prezzi costanti dell'anno 2008.

Costo di investimento in materiale rotabile **(valori in Euro)**

LOTTO FUNZIONALE 1 - MATERIALE ROTABILE				
	Voce	**Quantità**		**Importo**
TRATTA 1	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**			
	Veicoli di servizio	3	N	5.280.000
	Veicolo di volano	1	N	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	3	N	1.365.000
TRATTA 1. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE				**8.405.000**

LOTTO FUNZIONALE 2 - MATERIALE ROTABILE				
	Voce	**Quantità**		**Importo**
TRATTE 2-3	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**			
	Veicoli di servizio	1	N	1.760.000
	Veicolo di volano	1	N	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	1	N	455.000
TRATTE 2-3. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE				**3.975.000**

LOTTO FUNZIONALE 3 - MATERIALE ROTABILE				
	Voce	**Quantità**		**Importo**
TRATTE 4-5	**FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA**			
	Veicoli di servizio	2	N	3.520.000
	Veicolo di volano	1	N	1.760.000
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	2	N	910.000
TRATTE 4-5. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE				**6.190.000**

Nella tabella seguente sono specificati i costi di investimento della soluzione A, con le due ipotesi di attraversamento del Tevere. I costi sono ripartiti per le tratte di intervento indipendenti,Nelle due tabelle seguenti vengono riportati i costi finanziari di investimento necessari per la realizzazione degli interventi, ripartiti per la tipologia di spesa e distribuiti su un periodo temporale di 4 anni (2006-2010).

I costi sono espressi in in Euro e sono riferiti a prezzi costanti dell'anno 2008. Essi includono il costo del materiale rotabile da acquistare nelle singole fasi.

La tabella successiva contiene i costi finanziari di investimento relativi alla soluzione A, con le due sottoipotesi, ripartiti per tipologia di spesa in infrastrutture.

COSTI DI INVESTIMENTO ripartiti per tipologia di spesa in infrastrutture

SOLUZIONE A – ipotesi 1

SOLUZIONE A. - IPOTESI 1		
	Descrizione	**Valore**
	LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI	
TRATTA 1A FASE	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**	
	Fermate	2.360.105
	Armamento	10.365.383
	Segnalamento	15.718.217
	Elettrificazione	6.850.457
	Opere d'Arte	1.202.014
	COSTO TOTALE	**36.496.176**
TRATTA 1B FASE	**PORTO - FIUMICINO CENTRO**	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	4.580.760
	Segnalamento	2.795.766
	Elettrificazione	1.701.221
	Opere d'Arte	548.132
	COSTO TOTALE	**10.646.053**
TRATTA 1. COSTO TOTALE		**47.142.229**
	LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI	
TRATTA 2	**FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE**	
	Fermate	1.764.241
	Armamento	15.128.666
	Segnalamento	12.071.657
	Elettrificazione	10.021.919
	Opere d'Arte	5.123.361
TRATTA 2. COSTO TOTALE		**44.109.844**
TRATTA 3	**MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**	
	Fermate	3.232.074
	Armamento	18.100.963
	Segnalamento	19.468.433
	Elettrificazione	16.565.157
TRATTA 3. COSTO TOTALE		**57.366.627**
	LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI	
TRATTA 4/1	**FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	
	Fermate	4.760.813
	Armamento	46.819.339
	Segnalamento	9.895.398
	Elettrificazione	16.216.721
	Opere d'Arte	39.687.453
TRATTA 4. SOLUZIONE 1 COSTO TOTALE		**117.379.725**
TRATTA 5A FASE	**OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA**	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	1.392.428
	Segnalamento	1.857.876
	Opere d'Arte	164.002
	COSTO TOTALE	**4.434.479**
TRATTA 5B FASE	**OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO**	
	Fermate	1.581.270
	Armamento	1.713.562
	Segnalamento	2.286.355
	COSTO TOTALE	**5.581.186**
TRATTA 5. COSTO TOTALE		**10.015.665**
SOLUZIONE A IPOTESI 1 - COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI		**276.014.090**

COSTI DI INVESTIMENTO ripartiti per tipologia di spesa in infrastrutture

SOLUZIONE A – ipotesi 2

SOLUZIONE A. - IPOTESI 2		
LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI		
	Descrizione	Valore
TRATTA 1A FASE	FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA	
	Fermate	2.360.105
	Armamento	10.365.383
	Segnalamento	15.718.217
	Elettrificazione	6.850.457
	Opere d'Arte	1.202.014
	COSTO TOTALE	36.496.176
TRATTA 1B FASE	PORTO - FIUMICINO CENTRO	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	4.580.760
	Segnalamento	2.795.766
	Elettrificazione	1.701.221
	Opere d'Arte	548.132
	COSTO TOTALE	10.646.053
TRATTA 1. COSTO TOTALE		47.142.229

LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 2	FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE	
	Fermate	1.764.241
	Armamento	15.128.666
	Segnalamento	12.071.657
	Elettrificazione	10.021.919
	Opere d'Arte	5.123.361
TRATTA 2. COSTO TOTALE		44.109.844

TRATTA 3	MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI	
	Fermate	3.232.074
	Armamento	18.100.963
	Segnalamento	19.468.433
	Elettrificazione	16.565.157
TRATTA 3. COSTO TOTALE		57.366.627

LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 4	FIUMICINO CENTRO - OSTIA	
	Fermate	4.760.813
	Armamento	46.819.339
	Segnalamento	9.895.398
	Elettrificazione	16.216.721
	Opere d'Arte	32.676.746
TRATTA 4. SOLUZIONE A2 COSTO TOTALE		110.369.018

TRATTA 5a	OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	1.392.428
	Segnalamento	1.857.876
	Opere d'Arte	164.002
	COSTO TOTALE	4.434.479
TRATTA 5b	OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO	
	Fermate	1.581.270
	Armamento	1.713.562
	Segnalamento	2.286.355
	COSTO TOTALE	5.581.186
TRATTA 5. COSTO TOTALE		10.015.665

SOLUZIONE A IPOTESI 2 COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI	269.003.383

Per quanto riguarda la distribuzione temporale degli investimenti, si è ipotizzato il seguente impegno finanziario temporale mostrato dalle tabelle successive.

COSTI FINANZIARI DI INVESTIMENTO – RIPARTIZIONE TEMPORALE

SOLUZIONE A IPOTESI 1									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A+rotabili	31.039.567	13.861.609							**44.901.176**
Tratta 1B		10.646.053							**10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2+rotabili		7.313.144	29.252.576	11.519.124					**48.084.844**
Tratta 3			25.994.253	25.994.253	5.378.121				**57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4+rotabili					34.693.515	34.693.515	34.693.515	19.489.181	**123.569.725**
Tratta 5A							4.434.479		**4.434.479**
Tratta 5B							2.627.557	2.953.629	**5.581.186**
TOTALE	**31.039.567**	**31.820.806**	**55.246.829**	**37.513.377**	**40.071.636**	**34.693.515**	**41.755.551**	**22.442.810**	**294.584.090**

SOLUZIONE A IPOTESI 2									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A	31.039.567	13.861.609							**44.901.176**
Tratta 1B		10.646.053							**10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2		7.313.144	29.252.576	11.519.124					**48.084.844**
Tratta 3			25.994.253	25.994.253	5.378.121				**57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4					35.842.122	35.842.122	35.842.122	9.032.651	**116.559.018**
Tratta 5A							4.434.479		**4.434.479**
Tratta 5B							2.627.557	2.953.629	**5.581.186**
TOTALE	**31.039.567**	**31.820.806**	**5.246.829**	**37.513.377**	**41.220.244**	**35.842.122**	**42.904.158**	**11.986.280**	**287.573.383**

Per quanto riguarda la soluzione B che differisce dalla soluzione A con diverse ipotesi progettuali relative all'attraversamento dell'Isola Sacra di Fiumicino (cfr. § 4.5) sono stati individuati i seguenti costi finanziari di investimento.

COSTI DI INVESTIMENTO ripartiti per singole tratte . SOLUZIONE B

LOTTO FUNZIONALE 1 - COSTI COMPLESSIVI				
	Voce	Quantità		Importo
TRATTA 1	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**			
COSTRUZIONE				
	Tratta 1A	7.577	km	36.496.176
	Tratta 1B	2.138	km	10.646.053
ROTABILI				
	Acquisto materiale rotabile	3+1	N	8.405.000
TOTALE				**55.547.229**
COSTO AL KM				**5.717.391**

LOTTO FUNZIONALE 2 - COSTI COMPLESSIVI				
	Voce	Quantità		Importo
TRATTE 2-3	**PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**			
COSTRUZIONE				
	Tratta 2	5.145	km	44.109.844
	Tratta 3	22.799	km	57.366.627
ROTABILI				
	Acquisto materiale rotabile	1+1	N	3.975.000
TOTALE				**105.451.471**
COSTO AL KM				**3.773.741**

LOTTO FUNZIONALE 3 - COSTI COMPLESSIVI				
	Voce	Quantità		Importo
TRATTE 4-5	**FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	**SOLUZIONE B**		
COSTRUZIONE				
	Tratta 4	7.143	km	85.194.780
	Tratta 5	6.844	km	10.015.665
ROTABILI				
	Acquisto materiale rotabile	2+1	N	6.190.000
TOTALE				**101.400.446**
COSTO AL KM				**7.249.344**

COSTI DI INVESTIMENTO ripartiti per tipologia di spesa in infrastrutture – soluzione B

SOLUZIONE 2		
	Descrizione	Valore
LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 1A FASE	FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA	
	Fermate	2.360.105
	Armamento	10.365.383
	Segnalamento	15.718.217
	Elettrificazione	6.850.457
	Opere d'Arte	1.202.014
	COSTO TOTALE	36.496.176
TRATTA 1B FASE	PORTO - FIUMICINO CENTRO	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	4.580.760
	Segnalamento	2.795.766
	Elettrificazione	1.701.221
	Opere d'Arte	548.132
	COSTO TOTALE	10.646.053
TRATTA 1. COSTO TOTALE		47.142.229
LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 2	FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE	
	Fermate	1.764.241
	Armamento	15.128.666
	Segnalamento	12.071.657
	Elettrificazione	10.021.919
	Opere d'Arte	5.123.361
TRATTA 2. COSTO TOTALE		44.109.844
TRATTA 3	MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI	
	Fermate	3.232.074
	Armamento	18.100.963
	Segnalamento	19.468.433
	Elettrificazione	16.565.157
TRATTA 3. COSTO TOTALE		57.366.627
LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 4	FIUMICINO CENTRO - OSTIA	
	Fermate	4.080.696
	Armamento	41.097.582
	Segnalamento	8.692.852
	Elettrificazione	14.380.614
	Opere d'Arte	16.943.036
TRATTA 4. COSTO TOTALE		85.194.780
TRATTA 5A FASE	OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA	
	Fermate	1.020.174
	Armamento	1.392.428
	Segnalamento	1.857.876
	Elettrificazione	0
	Opere d'Arte	164.002
	COSTO TOTALE	4.434.479
TRATTA 5B FASE	OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO	
	Fermate	1.581.270
	Armamento	1.713.562
	Segnalamento	2.286.355
	Elettrificazione	0
	Opere d'Arte	0
	COSTI TOTALI	5.581.186
TRATTA 5. COSTO TOTALE		10.015.665
SOLUZIONE 2 COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI		243.829.145

La seguente tabella riporta infine i costi di investimento finanziari con la sequenza temporale di essi.

COSTI FINANZIARI DI INVESTIMENTO – RIPARTIZIONE TEMPORALE

SOLUZIONE B									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A + rotabili	31.039.567	13.861.609							**44.901.176**
Tratta 1B		10.646.053							**10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2 + rotabili		7.313.144	29.252.576	11.519.124					**48.084.844**
Tratta 3			25.994.253	25.994.253	5.378.121				**57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4 + rotabili					32.978.625	32.978.625	25.427.531		**91.384.780**
Tratta 5A							4.434.479		**4.434.479**
Tratta 5B							2.790.593	2.790.593	**5.581.186**
TOTALE	**31.039.567**	**31.820.806**	**55.246.829**	**37.513.377**	**38.356.746**	**32.978.625**	**32.652.603**	**2.790.593**	**262.399.145**

Per un migliore confronto si riporta in seguito la ripartizione dei costi finanziari di investimento riassunti per le singole soluzioni, tratte e materiale rotabile.

COSTI DI INVESTIMENTO PER L'IPOTESI A (1 E 2) E B

CAUSALE DI INVESTIMENTO	SOLUZIONE A ipotesi 1	SOLUZIONE A ipotesi 2	SOLUZIONE B
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA			
Tratta 1A	36.496.176	36.496.176	36.496.176
Tratta 1B	10.646.053	10.646.053	10.646.053
Materiale rotabile	8.405.000	8.405.000	8.405.000
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI			
Tratta 2	44.109.844	44.109.844	44.109.844
Tratta 3	57.366.627	57.366.627	57.366.627
Materiale rotabile	3.975.000	3.975.000	3.975.000
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA			
Tratta 4	117.379.725	110.369.018	85.194.780
Tratta 5A	4.434.479	4.434.479	4.434.479
Tratta 5B	5.581.186	5.581.186	5.581.186
Materiale rotabile	6.190.000	6.190.000	6.190.000
TOTALE	**294.584.090**	**287.573.383**	**262.399.145**

È inoltre necessario stabilire il valore residuo dell'investimento, da considerare come un beneficio economico e finanziario finale da inserire nell'ultimo anno considerato dall'analisi. Per individuare il beneficio suddetto si analizza di seguito la vita economica delle singole opere realizzate dall'intervento studiato.

VITA ECONOMICA DELLE OPERE DI TRASPORTO

Infrastrutture	**Anni**	
- gallerie	100	(50 - 100)
- ponti in acciaio	50	(50 - 80)
- ponti in cemento armato	50	(50 - 100)
- sottopassi e cavalcavia	50	(50 - 100)
Equipaggiamenti fissi per la trazione elettrica		
- Sottostazioni per la trazione:		
o Ingegneria civile	60	(40 - 80)
o Equipaggiamento	40	(20 - 50)
Linee aeree		
- Di cui la catenaria	-	(5 - 30)
Segnalamento (tutti gli impianti di segnalamento e di sicurezza)	30	(15 - 40)
Impianti e opere		
- Edifice, piattaforme, rampe	50	(30 - 100)
- Strade, parcheggi		
o Infrastrutture	50	(30 - 80)
o Pavimentazione	10	(5 - 20)
- Attrezzature idrauliche	50	(30 - 60)
- Attrezzature di segnalamento	30	(15 - 50)
- Attrezzature di telecomunicazione	20	(10 - 30)
- Attrezzature elettriche a basso voltaggio	30	(20 - 40)
- Attrezzature informatiche	4	(3 - 5)
- Macchinari e attrezzature meccaniche	20	(10 - 30)
- Altra strumentazione	10	(5 - 15)

(Source: Prices and costs in the railway sector – EPFL)

La tabella seguente riporta le percentuali di ammortamento annuo delle singole tipologie dei costi di investimento delle opere su ferro:

Tipologia dei lavori	% di ammortamento
Spostamenti di terra	**2,7%**
Tracciato	**4,5%**
Stazioni e fermate	**4,2%**
Edifici maggiori e minori	**2,0%**
Segnalamento	**5,5%**
Elettrificazione	**3,3%**
TOTALE	**-**

Dal calcolo dell'ammortamento annuo e considerando la vita economica delle strutture può essere approssimativamente derivato il valore residuo degli investimenti studiati che risulta essere alla fine del periodo studiato di 90.047.838 Euro per gli investimenti relativi alla soluzione A, ipotesi 1, di 86.145.562 Euro per la soluzione A ipotesi 2 e di Euro 74.759.641 per la soluzione B.

Per quanto riguarda lo scenario pessimistico si addotta l'ipotesi di un più difficile reperimento dei mezzi finanziari e quindi di una tempistica sfavorevole delle fasi di costruzione.

Le tabelle seguenti riportano la ripartizione dei costi di investimento nello scenario pessimistico per le due soluzioni progettuali con le due sottoipotesi.

Ripartizione dei costi di investimento finanziari – scenario pessimista - soluzione A ipotesi 1

SOLUZIONE A IPOTESI 1														
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA														
Tratta 1A	15.519.784	15.519.784	13.861.609											**44.901.176**
Tratta 1B			10.646.053											**10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI														
Tratta 2			7.313.144	14.626.288	14.626.288	11.519.124								**48.084.844**
Tratta 3					17.329.502	17.329.502	17.329.502	5.378.121						**57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA														
Tratta 4								23.129.010	23.129.010	23.129.010	23.129.010	31.053.686		**123.569.725**
Tratta 5A												4.434.479		**4.434.479**
Tratta 5B												2.627.557	2.953.629	**5.581.186**
TOTALE	**15.519.784**	**15.519.784**	**31.820.806**	**14.626.288**	**31.955.790**	**28.848.626**	**17.329.502**	**28.507.131**	**23.129.010**	**23.129.010**	**23.129.010**	**38.115.721**	**2.953.629**	**294.584.090**

Ripartizione dei costi di investimento finanziari – scenario pessimista - soluzione A ipotesi 2

SOLUZIONE A IPOTESI 2														
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA														
Tratta 1A	15.519.784	15.519.784	5.456.609											**€ 36.496.176**
Tratta 1B			10.646.053											**€ 10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI														
Tratta 2			7.313.144	14.626.288	14.626.288	7.544.124								**€ 44.109.844**
Tratta 3					17.329.502	17.329.502	17.329.502	5.378.121						**€ 57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA														
Tratta 4								€ 23.894.748	€ 23.894.748	€ 23.894.748	€ 23.894.748	€ 17.993.182		**€ 113.572.174**
Tratta 5A												€ 4.434.479		**€ 4.434.479**
Tratta 5B												€ 2.627.557	€ 2.953.629	**€ 5.581.186**
TOTALE	**15.519.784**	**15.519.784**	**23.415.806**	**14.626.288**	**31.955.790**	**24.873.626**	**17.329.502**	**29.272.869**	**23.894.748**	**23.894.748**	**23.894.748**	**25.055.217**	**2.953.629**	**272.206.539**

Ripartizione dei costi di investimento finanziari – scenario pessimista - soluzione B

SOLUZIONE B													
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA													
Tratta 1A + rotabili	15.519.784	15.519.784	13.861.609										**44.901.176**
Tratta 1B			10.646.053										**10.646.053**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI													
Tratta 2 + rotabili			7.313.144	14.626.288	14.626.288	11.519.124							**48.084.844**
Tratta 3					17.329.502	17.329.502	17.329.502	5.378.121					**57.366.627**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA													
Tratta 4 + rotabili								21.985.750	21.985.750	21.985.750	25.427.531		**91.384.780**
Tratta 5A											4.434.479		**4.434.479**
Tratta 5B											2.790.593	2.790.593	**5.581.186**
TOTALE	**15.519.784**	**15.519.784**	**31.820.806**	**14.626.288**	**31.955.790**	**28.848.626**	**17.329.502**	**27.363.871**	**21.985.750**	**21.985.750**	**32.652.603**	**2.790.593**	**262.399.145**

Con una prolungata ripartizione degli investimenti nello scenario pessimistico anche il valore residuo delle opere e degli impianti risulta essere diverso.

Per la soluzione A – ipotesi 1 il valore residuo degli investimenti ammonta a 98.051.510 Euro.

Per la soluzione A – ipotesi 2 il valore residuo degli investimenti ammonta a 93.820.796 Euro.

Per la soluzione B il valore residuo degli investimento ammonta a 78.519.020 Euro.

COSTI DI ESERCIZIO

I costi di trasporto sono composti dalle seguenti tipologie dei costi:

- costi del personale nelle stazioni e sulla linea
- costi della trazione
- costi della manutenzione del parco rotabile
- costi della manutenzione delle infrastrutture
- altri costi di gestione

In base alla lunghezza delle singole tratte ed alle caratteristiche del servizio (passaggi/giorno, tempi medi di percorrenza) sono state calcolate le ore di servizio necessarie per responsabili, coordinatori, macchinisti, operatori ed ausiliari. In base allo stipendio medio delle singole categorie nel settore è stato quindi derivato il costo del personale giornaliero.

I costi per la trazione e l'illuminazione sono stati calcolati in base ai valori medi dei consumi caratteristici del servizio.

Le spese di manutenzione sono state invece calcolate basandosi sugli indicatori medi del settore ed in relazione ai flussi di passeggeri km previsti nei singoli anni.

I suddetti costi giornalieri sono stati calcolati tenendo conto dei carichi feriali e festivi.

Per le due sottoipotesi della soluzione A, i costi del personale, della trazione e illuminazione risultano uguali. Per quanto riguarda le spese di manutenzione, l'ipotesi 1 che prevede l'attraversamento del Tevere con un ponte, presenta una spesa minore rispetto all'ipotesi 2 dove la soluzione della galleria comporta una maggiorazione dei costi suddetti.

Le tabelle seguenti illustrano i costi di esercizio giornalieri e annui previsti per le due ipotesi della soluzione A.

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione A ipotesi 1 Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	3.018,2	**6.404,9**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	278,3	796,4	211,5	10.356,1	**11.642,4**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	229,3	923,3	228,8	10.432,8	**11.814,3**
TOTALE	**1.275,6**	**3.947,1**	**831,8**	**23.807,0**	**29.861,6**

Costi di trasporto annuali per la soluzione A ipotesi 1 Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	869.227,2	**1.844.622,1**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	80.154,3	229.376,1	60.921,1	2.982.549,6	**3.353.001,0**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	66.052,4	265.920,7	65.899,2	3.004.639,9	**3.402.512,2**
TOTALE	**367.379,7**	**1.136.772,3**	**239.566,6**	**6.856.416,7**	**8.600.135,3**

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione A ipotesi 2 Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	3.018,2	**6.404,9**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	278,3	796,4	211,5	10.356,1	**11.642,4**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	229,3	923,3	228,8	11.134,1	**12.515,6**
TOTALE	**1.275,6**	**3.947,1**	**831,8**	**24.508,4**	**30.563,0**

Costi di trasporto annuali per la soluzione A ipotesi 2 Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	869.227,2	**1.844.622,1**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	80.154,3	229.376,1	60.921,1	2.982.549,6	**3.353.001,0**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	66.052,4	265.920,7	65.899,2	3.206.634,5	**3.604.506,8**
TOTALE	**367.379,7**	**1.136.772,3**	**239.566,6**	**7.058.411,3**	**8.802.129,9**

Per quanto riguarda la soluzione B è stato adottato lo stesso sistema di calcolo dei costi di esercizio utilizzato per la soluzione A. Le tabelle seguenti illustrano la ripartizione dei costi di esercizio giornalieri ed annui per la soluzione B.

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione B Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	2.007,7	**5.394,5**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	278,3	796,4	211,5	6.381,4	**7.667,7**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	229,3	1.058,3	228,8	14.419,8	**15.936,2**
TOTALE	**1.275,6**	**4.082,1**	**831,8**	**22.808,9**	**28.998,5**

Costi di trasporto annuali per la soluzione B Scenario standard (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	578.223,4	**1.553.618,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	80.154,3	229.376,1	60.921,1	1.837.852,4	**2.208.303,8**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	66.052,4	304.798,0	65.899,2	4.152.888,9	**4.589.638,5**
TOTALE	**367.379,7**	**1.175.649,6**	**239.566,6**	**6.568.964,7**	**8.351.560,6**

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione A ipotesi 1 Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	2.471,0	**5.857,8**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	201,5	573,8	172,4	6.292,3	**7.240,0**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	201,5	843,6	207,6	6.857,3	**8.110,0**
TOTALE	**1.171,0**	**3.644,7**	**771,5**	**15.620,6**	**21.207,8**

Costi di trasporto annuali per la soluzione A ipotesi 1 Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	711.648,0	**1.687.042,9**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	58.042,9	165.241,3	49.656,9	1.812.182,4	**2.085.123,5**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	58.032,0	242.956,8	59.788,8	1.974.902,4	**2.335.680,0**
TOTALE	**337.248,0**	**1.049.673,6**	**222.192,0**	**4.498.732,8**	**6.107.846,4**

Anche per lo scenario pessimistico i costi di gestione differiscono nell'ipotesi 1 e 2 della soluzione A esclusivamente nelle spese di manutenzione che risultano essere più alte nella ipotesi 2 (tunnel subalveo sotto il fiume Tevere).

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione A ipotesi 2 Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - INVERNO - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	2.471,0	**5.857,8**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	201,5	573,8	172,4	6.292,3	**7.240,0**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	201,5	843,6	207,6	7.636,6	**8.889,3**
TOTALE	**1.171,0**	**3.644,7**	**771,5**	**16.399,9**	**21.987,1**

Costi di trasporto annuali per la soluzione A ipotesi 1 Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	711.648,0	**1.687.042,9**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	58.042,9	165.241,3	49.656,9	1.812.182,4	**2.085.123,5**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	58.032,0	242.956,8	59.788,8	2.199.340,8	**2.560.118,4**
TOTALE	**337.248,0**	**1.049.673,6**	**222.192,0**	**4.723.171,2**	**6.332.284,8**

Costi di trasporto giornalieri per la soluzione B Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - INVERNO - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	768,0	2.227,3	391,5	2.471,7	**5.858,5**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	201,5	573,8	172,4	6.291,6	**7.239,3**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	201,5	978,6	207,6	6.528,9	**7.916,6**
TOTALE	**1.171,0**	**3.779,7**	**771,5**	**15.292,2**	**21.014,4**

Costi di trasporto annuali per la soluzione B Scenario pessimistico (prezzi costanti 2008)

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	221.173,1	641.475,5	112.746,3	711.859,5	**1.687.254,3**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	58.042,9	165.241,3	49.656,9	1.811.970,9	**2.084.912,1**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	58.032,0	281.836,8	59.788,8	1.880.323,2	**2.279.980,8**
TOTALE	**337.248,0**	**1.088.553,6**	**222.192,0**	**4.404.153,6**	**6.052.147,2**

I costi base (giornalieri ed annui in pieno esercizio) dello scenario ottimistico sono uguali allo scenario standard. Cambiano i valori di essi nell'arco temporale in quanto seguono andamento della curva dei flussi di passeggeri che costituisce la differenza tra lo scenario ottimistico e standard.

Segue la ripartizione temporale dei flussi finanziari di gestione individuati per lo scenario standard, pessimistico ed ottimistico.

Ripartizione dei costi finanziari di gestione – soluzioni progettuali – scenario standard (prezzi costanti al 2008)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2012	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618
2013	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618
2014	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**2.416.076**	**3.761.922**
2015	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922
2016	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922
2017	334.354	1.003.812	206.617	5.354.097	6.898.879	334.354	1.003.812	206.617	5.455.094	6.999.876	334.354	1.023.251	206.617	4.492.520	6.056.741
2018	367.380	1.136.772	239.567	6.856.417	8.600.135	367.380	1.136.772	239.567	7.058.411	8.802.130	367.380	1.175.650	239.567	6.568.965	8.351.561
2019	**381.065**	**1.148.140**	**250.934**	**7.111.824**	**8.891.963**	**381.065**	**1.148.140**	**250.934**	**7.321.343**	**9.101.482**	**381.065**	**1.190.773**	**254.690**	**6.813.664**	**8.640.192**
2020	392.008	1.159.508	262.302	7.316.048	9.129.866	392.008	1.159.508	262.302	7.531.584	9.345.401	392.008	1.205.896	269.813	7.009.326	8.877.043
2021	496.505	1.170.875	273.670	9.266.279	11.207.329	496.505	1.170.875	273.670	9.539.270	11.480.320	496.505	1.221.019	284.936	8.877.795	10.880.255
2022	504.863	1.182.243	285.037	9.422.277	11.394.421	504.863	1.182.243	285.037	9.699.863	11.672.007	504.863	1.236.143	300.060	9.027.252	11.068.318
2023	512.856	1.193.611	296.405	9.571.447	11.574.319	512.856	1.193.611	296.405	9.853.428	11.856.300	512.856	1.251.266	315.183	9.170.168	11.249.473
2024	**520.597**	**1.204.979**	**307.773**	**9.715.906**	**11.749.254**	**520.597**	**1.204.979**	**307.773**	**10.002.143**	**12.035.491**	**520.597**	**1.266.389**	**330.306**	**9.308.571**	**11.425.863**
2025	528.164	1.216.346	319.141	9.857.140	11.920.791	528.164	1.216.346	319.141	10.147.538	12.211.189	528.164	1.281.512	345.429	9.443.884	11.598.990
2026	535.616	1.227.714	330.508	9.996.223	12.090.062	535.616	1.227.714	330.508	10.290.718	12.384.557	535.616	1.296.636	360.553	9.577.136	11.769.941
2027	542.996	1.239.082	341.876	10.133.955	12.257.910	542.996	1.239.082	341.876	10.432.508	12.556.463	542.996	1.311.759	375.676	9.709.094	11.939.526
2028	550.337	1.250.450	353.244	10.270.948	12.424.978	550.337	1.250.450	353.244	10.573.537	12.727.567	550.337	1.326.882	390.799	9.840.344	12.108.362
2029	**557.663**	**1.261.817**	**364.612**	**10.407.677**	**12.591.769**	**557.663**	**1.261.817**	**364.612**	**10.714.294**	**12.898.386**	**557.663**	**1.342.006**	**405.923**	**9.971.340**	**12.276.932**
2030	564.995	1.273.185	375.979	10.544.521	12.758.681	564.995	1.273.185	375.979	10.855.170	13.069.329	564.995	1.357.129	421.046	10.102.447	12.445.617
2031	572.350	1.284.553	387.347	10.681.787	12.926.036	572.350	1.284.553	387.347	10.996.479	13.240.729	572.350	1.372.252	436.169	10.233.958	12.614.729
2032	579.741	1.295.920	398.715	10.819.725	13.094.102	579.741	1.295.920	398.715	11.138.481	13.412.858	579.741	1.387.375	451.292	10.366.113	12.784.522
2033	587.180	1.307.288	410.082	10.958.548	13.263.098	587.180	1.307.288	410.082	11.281.394	13.585.944	587.180	1.402.499	466.416	10.499.116	12.955.210
2034	**594.675**	**1.318.656**	**421.450**	**11.098.434**	**13.433.215**	**594.675**	**1.318.656**	**421.450**	**11.425.401**	**13.760.182**	**594.675**	**1.417.622**	**481.539**	**10.633.137**	**13.126.973**
2035	602.236	1.330.024	432.818	11.239.537	13.604.614	602.236	1.330.024	432.818	11.570.661	13.935.738	602.236	1.432.745	496.662	10.768.324	13.299.967
2036	609.869	1.341.391	444.186	11.381.990	13.777.436	609.869	1.341.391	444.186	11.717.311	14.112.757	609.869	1.447.868	511.785	10.904.806	13.474.328
2037	617.580	1.352.759	455.553	11.525.913	13.951.806	617.580	1.352.759	455.553	11.865.474	14.291.367	617.580	1.462.992	526.909	11.042.695	13.650.175
2038	625.376	1.364.127	466.921	11.671.411	14.127.835	625.376	1.364.127	466.921	12.015.258	14.471.682	625.376	1.478.115	542.032	11.182.092	13.827.616
2039	**633.262**	**1.375.494**	**478.289**	**11.818.578**	**14.305.623**	**633.262**	**1.375.494**	**478.289**	**12.166.761**	**14.653.806**	**633.262**	**1.493.238**	**557.155**	**11.323.090**	**14.006.745**
2040	641.241	1.386.862	489.656	11.967.503	14.485.263	641.241	1.386.862	489.656	12.320.073	14.837.833	641.241	1.508.362	572.279	11.465.771	14.187.652
2041	649.319	1.398.230	501.024	12.118.263	14.666.837	649.319	1.398.230	501.024	12.475.275	15.023.849	649.319	1.523.485	587.402	11.610.211	14.370.417
2042	657.500	1.409.598	512.392	12.270.935	14.850.424	657.500	1.409.598	512.392	12.632.445	15.211.934	657.500	1.538.608	602.525	11.756.482	14.555.115
2043	665.786	1.420.965	523.760	12.425.586	15.036.098	665.786	1.420.965	523.760	12.791.652	15.402.164	665.786	1.553.731	617.648	11.904.650	14.741.816
2044	**674.182**	**1.432.333**	**535.127**	**12.582.284**	**15.223.927**	**674.182**	**1.432.333**	**535.127**	**12.952.966**	**15.594.609**	**674.182**	**1.568.855**	**632.772**	**12.054.777**	**14.930.586**
2045	682.692	1.443.701	546.495	12.741.089	15.413.976	682.692	1.443.701	546.495	13.116.450	15.789.337	682.692	1.583.978	647.895	12.206.925	15.121.489
2046	691.317	1.455.069	557.863	12.902.062	15.606.310	691.317	1.455.069	557.863	13.282.165	15.986.413	691.317	1.599.101	663.018	12.361.149	15.314.585
2047	700.061	1.466.436	569.231	13.065.259	15.800.987	700.061	1.466.436	569.231	13.450.170	16.185.898	700.061	1.614.224	678.141	12.517.504	15.509.931

Ripartizione dei costi finanziari di gestione – soluzioni progettuali – scenario pessimista (prezzi costanti al 2008)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2013	221.173	641.475	112.746	711.648	1.687.043	221.173	641.475	112.746	711.648	1.687.043	221.173	641.475	112.746	711.859	1.687.254
2014	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166
2015	**279.216**	**806.717**	**162.403**	**2.523.830**	**3.772.166**	**279.216**	**806.717**	**162.403**	**2.523.830**	**3.772.166**	**279.216**	**806.717**	**162.403**	**2.523.830**	**3.772.166**
2016	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166	279.216	806.717	162.403	2.523.830	3.772.166
2017	308.232	928.195	192.298	3.511.282	4.940.006	308.232	928.195	192.298	3.623.501	5.052.226	308.232	947.635	192.298	3.463.992	4.912.157
2018	337.248	1.049.674	222.192	4.498.733	6.107.846	337.248	1.049.674	222.192	4.723.171	6.332.285	337.248	1.088.554	222.192	4.404.154	6.052.147
2019	354.351	1.060.170	232.689	4.726.879	6.374.089	354.351	1.060.170	232.689	4.962.700	6.609.910	349.891	1.103.036	236.674	4.569.264	6.258.865
2020	**367.636**	**1.070.667**	**243.185**	**4.904.089**	**6.585.577**	**367.636**	**1.070.667**	**243.185**	**5.148.750**	**6.830.238**	**359.996**	**1.117.517**	**251.156**	**4.701.217**	**6.429.886**
2021	378.252	1.081.164	253.682	5.045.711	6.758.809	378.252	1.081.164	253.682	5.297.438	7.010.536	547.392	1.131.999	265.638	7.148.441	9.093.470
2022	575.152	1.091.661	264.179	7.672.261	9.603.252	575.152	1.091.661	264.179	8.055.024	9.986.016	548.340	1.146.481	280.120	7.160.828	9.135.770
2023	576.149	1.102.157	274.676	7.685.556	9.638.538	576.149	1.102.157	274.676	8.068.983	10.021.964	548.590	1.160.963	294.602	7.164.090	9.168.244
2024	576.411	1.112.654	285.172	7.689.057	9.663.294	576.411	1.112.654	285.172	8.072.658	10.046.895	548.319	1.175.445	309.084	7.160.548	9.193.396
2025	**576.126**	**1.123.151**	**295.669**	**7.685.256**	**9.680.202**	**576.126**	**1.123.151**	**295.669**	**8.068.668**	**10.063.613**	**547.649**	**1.189.927**	**323.565**	**7.151.805**	**9.212.947**
2026	575.423	1.133.647	306.166	7.675.872	9.691.108	575.423	1.133.647	306.166	8.058.815	10.074.051	546.669	1.204.409	338.047	7.138.997	9.228.122
2027	574.392	1.144.144	316.663	7.662.125	9.697.324	574.392	1.144.144	316.663	8.044.382	10.079.581	545.440	1.218.891	352.529	7.122.954	9.239.814
2028	573.101	1.154.641	327.159	7.644.906	9.699.808	573.101	1.154.641	327.159	8.026.305	10.081.206	544.011	1.233.373	367.011	7.104.296	9.248.692
2029	571.600	1.165.138	337.656	7.624.882	9.699.276	571.600	1.165.138	337.656	8.005.281	10.079.675	542.419	1.247.855	381.493	7.083.497	9.255.264
2030	**569.927**	**1.175.634**	**348.153**	**7.602.558**	**9.696.272**	**569.927**	**1.175.634**	**348.153**	**7.981.844**	**10.075.558**	**540.690**	**1.262.337**	**395.975**	**7.060.921**	**9.259.923**
2031	568.110	1.186.131	358.650	7.578.328	9.691.219	568.110	1.186.131	358.650	7.956.405	10.069.296	538.847	1.276.819	410.457	7.036.857	9.262.980
2032	566.174	1.196.628	369.146	7.552.501	9.684.449	566.174	1.196.628	369.146	7.929.290	10.061.238	536.908	1.291.301	424.939	7.011.535	9.264.682
2033	564.137	1.207.125	379.643	7.525.323	9.676.227	564.137	1.207.125	379.643	7.900.755	10.051.660	534.887	1.305.782	439.421	6.985.138	9.265.228
2034	562.013	1.217.621	390.140	7.496.992	9.666.766	562.013	1.217.621	390.140	7.871.011	10.040.785	532.795	1.320.264	453.903	6.957.818	9.264.780
2035	**559.815**	**1.228.118**	**400.637**	**7.467.670**	**9.656.239**	**559.815**	**1.228.118**	**400.637**	**7.840.226**	**10.028.796**	**530.642**	**1.334.746**	**468.385**	**6.929.699**	**9.263.472**
2036	557.552	1.238.615	411.133	7.437.491	9.644.791	557.552	1.238.615	411.133	7.808.542	10.015.842	528.435	1.349.228	482.867	6.900.885	9.261.415
2037	555.234	1.249.112	421.630	7.406.565	9.632.540	555.234	1.249.112	421.630	7.776.073	10.002.048	526.182	1.363.710	497.349	6.871.461	9.258.702
2038	552.867	1.259.608	432.127	7.374.985	9.619.587	552.867	1.259.608	432.127	7.742.918	9.987.519	523.888	1.378.192	511.830	6.841.501	9.255.412
2039	550.456	1.270.105	442.623	7.342.830	9.606.014	550.456	1.270.105	442.623	7.709.158	9.972.343	521.557	1.392.674	526.312	6.811.067	9.251.610
2040	**548.007**	**1.280.602**	**453.120**	**7.310.165**	**9.591.894**	**548.007**	**1.280.602**	**453.120**	**7.674.864**	**9.956.593**	**519.195**	**1.407.156**	**540.794**	**6.780.210**	**9.247.355**
2041	545.525	1.291.099	463.617	7.277.047	9.577.288	545.525	1.291.099	463.617	7.640.094	9.940.334	516.803	1.421.638	555.276	6.748.977	9.242.694
2042	543.012	1.301.595	474.114	7.243.526	9.562.247	543.012	1.301.595	474.114	7.604.900	9.923.621	514.385	1.436.120	569.758	6.717.407	9.237.671
2043	540.472	1.312.092	484.610	7.209.643	9.546.817	540.472	1.312.092	484.610	7.569.326	9.906.500	511.945	1.450.602	584.240	6.685.534	9.232.321
2044	537.907	1.322.589	495.107	7.175.434	9.531.037	537.907	1.322.589	495.107	7.533.411	9.889.014	509.483	1.465.084	598.722	6.653.388	9.226.677
2045	**535.321**	**1.333.085**	**505.604**	**7.140.932**	**9.514.942**	**535.321**	**1.333.085**	**505.604**	**7.497.188**	**9.871.198**	**507.003**	**1.479.566**	**613.204**	**6.620.994**	**9.220.766**
2046	532.714	1.343.582	516.101	7.106.164	9.498.562	532.714	1.343.582	516.101	7.460.686	9.853.083	504.505	1.494.047	627.686	6.588.376	9.214.614
2047	530.090	1.354.079	526.597	7.071.156	9.481.922	530.090	1.354.079	526.597	7.423.931	9.834.697	501.991	1.508.529	642.168	6.555.553	9.208.242

Ripartizione dei costi finanziari di gestione – soluzioni progettuali – scenario ottimista (prezzi costanti al 2008)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2012	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618
2013	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618
2014	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**2.416.076**	**3.761.922**
2015	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922
2016	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922
2017	334.354	1.003.812	206.617	5.354.097	6.898.879	334.354	1.003.812	206.617	5.455.094	6.999.876	334.354	1.023.251	206.617	4.492.520	6.056.741
2018	367.380	1.136.772	239.567	6.856.417	8.600.135	367.380	1.136.772	239.567	7.058.411	8.802.130	367.380	1.175.650	239.567	6.568.965	8.351.561
2019	**381.003**	**1.148.140**	**250.934**	**7.110.675**	**8.890.753**	**381.003**	**1.148.140**	**250.934**	**7.320.160**	**9.100.238**	**381.003**	**1.190.773**	**254.690**	**6.812.563**	**8.639.030**
2020	391.901	1.159.508	262.302	7.314.057	9.127.768	391.901	1.159.508	262.302	7.529.534	9.343.245	391.901	1.205.896	269.813	7.007.419	8.875.029
2021	426.542	1.170.875	273.670	7.960.567	9.831.654	426.542	1.170.875	273.670	8.195.091	10.066.178	426.542	1.221.019	284.936	7.626.824	9.559.322
2022	440.036	1.182.243	285.037	8.212.409	10.119.726	440.036	1.182.243	285.037	8.454.352	10.361.669	440.036	1.236.143	300.060	7.868.107	9.844.346
2023	453.442	1.193.611	296.405	8.462.597	10.406.055	453.442	1.193.611	296.405	8.711.911	10.655.369	453.442	1.251.266	315.183	8.107.807	10.127.698
2024	**466.816**	**1.204.979**	**307.773**	**8.712.198**	**10.691.765**	**466.816**	**1.204.979**	**307.773**	**8.968.865**	**10.948.433**	**466.816**	**1.266.389**	**330.306**	**8.346.943**	**10.410.455**
2025	480.200	1.216.346	319.141	8.961.989	10.977.676	480.200	1.216.346	319.141	9.226.015	11.241.702	480.200	1.281.512	345.429	8.586.262	10.693.404
2026	493.626	1.227.714	330.508	9.212.558	11.264.407	493.626	1.227.714	330.508	9.483.966	11.535.815	493.626	1.296.636	360.553	8.826.326	10.977.141
2027	507.118	1.239.082	341.876	9.464.360	11.552.436	507.118	1.239.082	341.876	9.743.186	11.831.263	507.118	1.311.759	375.676	9.067.571	11.262.125
2028	520.696	1.250.450	353.244	9.717.757	11.842.146	520.696	1.250.450	353.244	10.004.049	12.128.438	520.696	1.326.882	390.799	9.310.345	11.548.722
2029	**534.374**	**1.261.817**	**364.612**	**9.973.044**	**12.133.847**	**534.374**	**1.261.817**	**364.612**	**10.266.856**	**12.427.660**	**534.374**	**1.342.006**	**405.923**	**9.554.929**	**11.837.231**
2030	548.168	1.273.185	375.979	10.230.464	12.427.796	548.168	1.273.185	375.979	10.531.860	12.729.192	548.168	1.357.129	421.046	9.801.557	12.127.899
2031	562.086	1.284.553	387.347	10.490.226	12.724.211	562.086	1.284.553	387.347	10.799.275	13.033.260	562.086	1.372.252	436.169	10.050.428	12.420.935
2032	576.140	1.295.920	398.715	10.752.507	13.023.281	576.140	1.295.920	398.715	11.069.282	13.340.057	576.140	1.387.375	451.292	10.301.713	12.716.520
2033	590.336	1.307.288	410.082	11.017.464	13.325.171	590.336	1.307.288	410.082	11.342.045	13.649.752	590.336	1.402.499	466.416	10.555.562	13.014.813
2034	**604.684**	**1.318.656**	**421.450**	**11.285.237**	**13.630.027**	**604.684**	**1.318.656**	**421.450**	**11.617.707**	**13.962.497**	**604.684**	**1.417.622**	**481.539**	**10.812.108**	**13.315.954**
2035	619.190	1.330.024	432.818	11.555.952	13.937.983	619.190	1.330.024	432.818	11.896.397	14.278.429	619.190	1.432.745	496.662	11.071.474	13.620.071
2036	633.859	1.341.391	444.186	11.829.724	14.249.159	633.859	1.341.391	444.186	12.178.235	14.597.671	633.859	1.447.868	511.785	11.333.768	13.927.281
2037	648.698	1.352.759	455.553	12.106.660	14.563.670	648.698	1.352.759	455.553	12.463.330	14.920.340	648.698	1.462.992	526.909	11.599.094	14.237.692
2038	663.711	1.364.127	466.921	12.386.860	14.881.620	663.711	1.364.127	466.921	12.751.786	15.246.545	663.711	1.478.115	542.032	11.867.547	14.551.405
2039	**678.905**	**1.375.494**	**478.289**	**12.670.420**	**15.203.108**	**678.905**	**1.375.494**	**478.289**	**13.043.698**	**15.576.387**	**678.905**	**1.493.238**	**557.155**	**12.139.218**	**14.868.517**
2040	694.283	1.386.862	489.656	12.957.427	15.528.229	694.283	1.386.862	489.656	13.339.162	15.909.964	694.283	1.508.362	572.279	12.414.193	15.189.117
2041	709.851	1.398.230	501.024	13.247.970	15.857.075	709.851	1.398.230	501.024	13.638.264	16.247.369	709.851	1.523.485	587.402	12.692.555	15.513.293
2042	725.613	1.409.598	512.392	13.542.131	16.189.733	725.613	1.409.598	512.392	13.941.091	16.588.693	725.613	1.538.608	602.525	12.974.383	15.841.129
2043	741.573	1.420.965	523.760	13.839.991	16.526.288	741.573	1.420.965	523.760	14.247.726	16.934.024	741.573	1.553.731	617.648	13.259.756	16.172.708
2044	**757.735**	**1.432.333**	**535.127**	**14.141.629**	**16.866.824**	**757.735**	**1.432.333**	**535.127**	**14.558.251**	**17.283.446**	**757.735**	**1.568.855**	**632.772**	**13.548.748**	**16.508.109**
2045	774.104	1.443.701	546.495	14.447.123	17.211.423	774.104	1.443.701	546.495	14.872.745	17.637.044	774.104	1.583.978	647.895	13.841.434	16.847.411
2046	790.684	1.455.069	557.863	14.756.549	17.560.164	790.684	1.455.069	557.863	15.191.286	17.994.901	790.684	1.599.101	663.018	14.137.887	17.190.690
2047	807.478	1.466.436	569.231	15.069.982	17.913.127	807.478	1.466.436	569.231	15.513.953	18.357.098	807.478	1.614.224	678.141	14.438.180	17.538.024

13.3. RICAVI FINANZIARI

I ricavi finanziari consistono negli introiti finanziari del trasporto passeggeri. I flussi passeggeri sono stati definiti utilizzando le curve di crescita dei flussi riferite ai diversi scenari. Sono state definite le seguenti curve di crescita:

- **SCENARIO STANDARD** – si tratta dello scenario medio, dove si prevede che circa nell'anno 2022 il flusso di passeggeri raggiunge il valore base (100%) individuato dal modello trasportistico utilizzato di 138.182 passeggeri trasportati al giorno. La curva di crescita dello scenario standard ha una crescita media che raggiunge il 50% dell'incremento circa nel 2050.
- **SCENARIO OTTIMISTICO** – il valore base dello scenario standard viene raggiunto circa nel 2021. Questo scenario differisce dalla situazione standard in una più veloce crescita dei flussi di passeggeri. Infatti l'incremento previsto raggiunge alla fine dell'analisi (2050) più del 100%.
- **SCENARIO PESSIMISTICO** – il valore individuato dal modello trasportistico è più basso rispetto allo scenario standard e ottimistico – di circa 97.200 passeggeri al giorno. Inoltre per quanto riguarda la crescita si prevede il raggiungimento del flusso suddetto negli anni successivi al termine della realizzazione dell'opera (nel 2023) con un successivo, lento declino dei passeggeri che utilizzano il sistema di trasporto studiato. Infatti il valore nell'ultimo anno di analisi raggiunge circa 88%.
- **OPZIONE ZERO** – in questo scenario, dove l'intervento del trasporto su ferro non viene realizzato, si ipotizzano i flussi passeggeri che nella zona utilizzano attualmente il trasporto pubblico. Si prevede infatti che senza il miglioramento del trasporto pubblico e quindi la realizzazione della linea tranviaria il flusso passeggeri individuato nel trasporto pubblico raggiunge nel 2050 circa 26%. La parte rimanente dei flussi previsti utilizza il trasporto individuale.

Gli scenari suddetti sono stati definiti per la soluzione A e la soluzione B del progetto. Le due ipotesi della soluzione A sono assunte uguali. Le tabelle seguenti mostrano i flussi dei passeggeri trasportati individuati come valori base per sviluppare le curve di crescita.

Scenario Standard Soluzione A – flussi passeggeri base giornalieri

TRAFFICO PASSEGGERI - GIORNALIERO - IPOTESI A		
RICAVI	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	154.280	28.288
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	513.943	27.555
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	480.360	82.339
TOTALE	**1.148.583**	**138.182**

Scenario Standard Soluzione A – flussi passeggeri base annui

TRAFFICO PASSEGGERI COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A		
COSTI DI ESERCIZIO	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	51.525.663	8.146.944
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	171.644.113	7.935.840
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	160.428.231	23.713.632
TOTALE	**383.598.007**	**39.796.416**

Scenario Pessimistico Soluzione A – flussi passeggeri base giornalieri

TRAFFICO PASSEGGERI – GIORNALIERO - IPOTESI A		
RICAVI	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	72.335	16.552
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	375.669	23.431
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	350.477	57.217
TOTALE	**798.481**	**97.200**

Scenario Pessimistico Soluzione A – flussi passeggeri base annui

TRAFFICO PASSEGGERI COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI A		
COSTI DI ESERCIZIO	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	36.388.224	6.355.008
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	92.636.928	5.160.096
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	100.937.376	16.478.496
TOTALE	**229.962.528**	**27.993.600**

Scenario Standard Soluzione B – flussi passeggeri base giornalieri

TRAFFICO PASSEGGERI - GIORNALIERO - IPOTESI B		
RICAVI	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	102.628	18.661
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	315.939	15.536
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	704.476	98.042
TOTALE	**1.123.043**	**132.239**

Scenario Standard Soluzione B – flussi passeggeri base annui

TRAFFICO PASSEGGERI COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI B		
COSTI DI ESERCIZIO	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	51.525.663	5.374.368
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	171.644.113	4.474.368
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	151.898.510	28.236.096
TOTALE	375.068.286	38.084.832

Scenario Pessimistico Soluzione B – flussi passeggeri base giornalieri

TRAFFICO PASSEGGERI - GIORNALIERO - IPOTESI B		
RICAVI	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	126.348	22.066
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	321.656	17.917
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	333.692	49.784
TOTALE	781.696	89.767

Scenario Pessimistico Soluzione B – flussi passeggeri base annui

TRAFFICO PASSEGGERI COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI B		
COSTI DI ESERCIZIO	PASSEGGERI KM	PASSEGGERI TOTALI
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	36.388.224	6.355.008
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	92.636.928	5.160.096
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	96.103.296	14.337.792
TOTALE	225.128.448	25.852.896

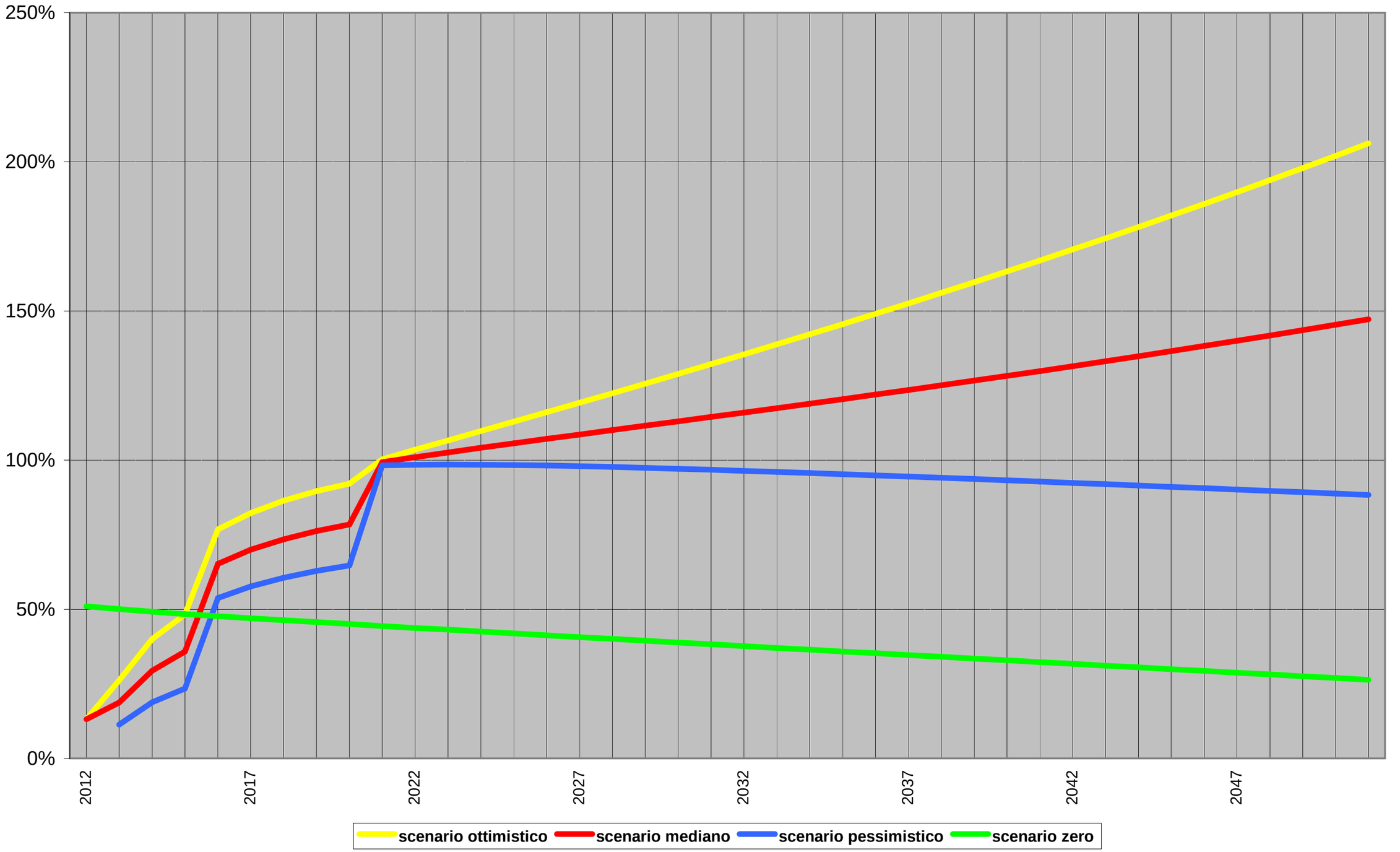
Il grafico di pagina 129 mostra l'andamento delle curve di crescita del flusso passeggeri previsto nei singoli scenari.

La tariffa passeggeri unitaria è stata calcolata analizzano i ricavi della società di trasporto pubblico ATAC e calcolando i ricavi medi per passeggero nei diversi mezzi di trasporto. La tariffa individuata per l'infrastruttura studiata è una media della tariffa di un tram, metropolitana leggera, metropolitana e treno suburbano (3 fasce).
La suddetta tariffa corrisponde a **0,0882** Euro a passeggero km.

Negli anni successivi non si prevede un aumento della tariffa, sia per non sopravalutare l'ipotesi degli introiti, sia perché per semplificazione dell'analisi non prevediamo ulteriori investimenti nell'infrastruttura.

Le tabelle delle pagg. 131-133 mostrano lo sviluppo dei ricavi nelle singole ipotesi progettuali.

CURVE DI CRESCITA DEI FLUSSI DI PASSEGGERI PREVISTI NEI SINGOLI SCENARI



Introiti annuali – Scenario Standard – Soluzione A e Soluzione B

Anno	pax km soluzione A	Incrementi	Tariffa	Entrate Anno	Incrementi	pax Km soluzione B	Incrementi	Tariffa	Entrate Anno	Incrementi
		%	€ pax-km	Euro			%	€ pax-km	Euro	
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	34.104.568	-	0,0882	3.007.455	3.007.455	33.346.216	0,00%	0,09	2.941.136	-
2013	71.776.483	110,46%	0,0882	6.329.490	3.322.035	70.180.454	110,46%	0,0882	6.189.916	3.248.780
2014	**112.739.105**	**57,07%**	**0,0882**	**9.941.711**	**3.612.221**	**110.232.227**	**57,07%**	**0,0882**	**9.722.482**	**3.532.566**
2015	137.365.508	21,84%	0,0882	12.113.349	2.171.638	134.311.035	21,84%	0,0882	11.846.233	2.123.751
2016	250.290.336	82,21%	0,0882	22.071.438	9.958.089	244.724.856	82,21%	0,0882	21.584.732	9.738.499
2017	268.314.118	7,20%	0,0882	23.660.835	1.589.397	262.347.861	7,20%	0,0882	23.139.081	1.554.349
2018	281.820.270	5,03%	0,0882	24.851.853	1.191.018	275.553.688	5,03%	0,0882	24.303.835	1.164.754
2019	**292.318.305**	**3,73%**	**0,0882**	**25.777.605**	**925.752**	**285.818.288**	**3,73%**	**0,0882**	**25.209.173**	**905.338**
2020	300.712.565	2,87%	0,0882	26.517.838	740.234	294.025.893	2,87%	0,0882	25.933.084	723.911
2021	380.873.195	26,66%	0,0882	33.586.671	7.068.832	372.404.064	26,66%	0,0882	32.846.038	6.912.955
2022	387.285.170	1,68%	0,0882	34.152.100	565.429	378.673.461	1,68%	0,0882	33.398.999	552.961
2023	393.416.525	1,58%	0,0882	34.692.783	540.683	384.668.479	1,58%	0,0882	33.927.760	528.761
2024	**399.354.270**	**1,51%**	**0,0882**	**35.216.394**	**523.610**	**390.474.191**	**1,51%**	**0,0882**	**34.439.824**	**512.064**
2025	405.159.422	1,45%	0,0882	35.728.311	511.918	396.150.259	1,45%	0,0882	34.940.453	500.629
2026	410.876.168	1,41%	0,0882	36.232.433	504.122	401.739.887	1,41%	0,0882	35.433.458	493.005
2027	416.537.410	1,38%	0,0882	36.731.660	499.227	407.275.245	1,38%	0,0882	35.921.677	488.219
2028	422.168.245	1,35%	0,0882	37.228.206	496.546	412.780.873	1,35%	0,0882	36.407.273	485.596
2029	**427.788.243**	**1,33%**	**0,0882**	**37.723.796**	**495.590**	**418.275.904**	**1,33%**	**0,0882**	**36.891.935**	**484.662**
2030	433.412.960	1,31%	0,0882	38.219.803	496.006	423.775.549	1,31%	0,0882	37.377.003	485.069
2031	439.054.990	1,30%	0,0882	38.717.336	497.533	429.292.122	1,30%	0,0882	37.863.565	486.562
2032	444.724.699	1,29%	0,0882	39.217.309	499.974	434.835.759	1,29%	0,0882	38.352.514	488.949
2033	450.430.752	1,28%	0,0882	39.720.488	503.179	440.414.932	1,28%	0,0882	38.844.597	492.083
2034	**456.180.501**	**1,28%**	**0,0882**	**40.227.520**	**507.032**	**446.036.829**	**1,28%**	**0,0882**	**39.340.448**	**495.851**
2035	461.980.269	1,27%	0,0882	40.738.963	511.443	451.707.633	1,27%	0,0882	39.840.613	500.165
2036	467.835.565	1,27%	0,0882	41.255.303	516.340	457.432.730	1,27%	0,0882	40.345.567	504.954
2037	473.751.249	1,26%	0,0882	41.776.968	521.665	463.216.872	1,26%	0,0882	40.855.728	510.161
2038	479.731.657	1,26%	0,0882	42.304.340	527.372	469.064.299	1,26%	0,0882	41.371.471	515.743
2039	**485.780.704**	**1,26%**	**0,0882**	**42.837.765**	**533.425**	**474.978.839**	**1,26%**	**0,0882**	**41.893.134**	**521.662**
2040	491.901.955	1,26%	0,0882	43.377.558	539.792	480.963.978	1,26%	0,0882	42.421.023	527.889
2041	498.098.695	1,26%	0,0882	43.924.007	546.449	487.022.926	1,26%	0,0882	42.955.422	534.399
2042	504.373.972	1,26%	0,0882	44.477.382	553.375	493.158.666	1,26%	0,0882	43.496.594	541.172
2043	510.730.640	1,26%	0,0882	45.037.934	560.552	499.373.986	1,26%	0,0882	44.044.786	548.191
2044	**517.171.393**	**1,26%**	**0,0882**	**45.605.901**	**567.967**	**505.671.522**	**1,26%**	**0,0882**	**44.600.228**	**555.443**
2045	523.698.788	1,26%	0,0882	46.181.508	575.607	512.053.773	1,26%	0,0882	45.163.143	562.915
2046	530.315.272	1,26%	0,0882	46.764.972	583.464	518.523.132	1,26%	0,0882	45.733.740	570.597
2047	537.023.196	1,26%	0,0882	47.356.499	591.527	525.081.898	1,26%	0,0882	46.312.223	578.483

Introiti annuali – Scenario Pessimistico – Soluzione A e Soluzione B

Anno	pax km soluzione A	Incrementi %	Tariffa € pax-km	Entrate Anno Euro	Incrementi	pax km soluzione B	Incrementi %	Tariffa € pax-km	Entrate Anno Euro	Incrementi
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	10.696.094	-	0,0882	943.396	943.396	25.391.246		0,0882	2.239.508	
2014	**25.936.460**	**142,49%**	**0,0882**	**2.287.596**	**1.344.200**	**42.286.986**	**66,54%**	0,0882	**3.729.712**	**1.490.204**
2015	43.194.995	66,54%	0,0882	3.809.799	1.522.203	52.611.779	24,42%	0,0882	4.640.359	910.647
2016	53.741.487	24,42%	0,0882	4.739.999	930.201	120.961.438	129,91%	0,0882	10.668.799	6.028.440
2017	123.558.788	129,91%	0,0882	10.897.885	6.157.886	129.750.881	7,27%	0,0882	11.444.028	775.229
2018	132.536.962	7,27%	0,0882	11.689.760	791.875	136.331.000	5,07%	0,0882	12.024.394	580.366
2019	**139.258.373**	**5,07%**	**0,0882**	**12.282.588**	**592.828**	**141.442.021**	**3,75%**	0,0882	**12.475.186**	**450.792**
2020	144.479.141	3,75%	0,0882	12.743.060	460.472	145.526.636	2,89%	0,0882	12.835.449	360.263
2021	148.651.463	2,89%	0,0882	13.111.059	367.999	221.280.672	52,06%	0,0882	19.516.955	6.681.506
2022	226.032.131	52,06%	0,0882	19.936.034	6.824.975	221.664.128	0,17%	0,0882	19.550.776	33.821
2023	226.423.820	0,17%	0,0882	19.970.581	34.547	221.765.084	0,05%	0,0882	19.559.680	8.904
2024	**226.526.944**	**0,05%**	**0,0882**	**19.979.676**	**9.096**	**221.655.468**	**-0,05%**	0,0882	**19.550.012**	**-9.668**
2025	226.414.974	-0,05%	0,0882	19.969.801	-9.876	221.384.813	-0,12%	0,0882	19.526.140	-23.872
2026	226.138.507	-0,12%	0,0882	19.945.416	-24.384	220.988.328	-0,18%	0,0882	19.491.171	-34.970
2027	225.733.509	-0,18%	0,0882	19.909.695	-35.721	220.491.718	-0,22%	0,0882	19.447.369	-43.801
2028	225.226.235	-0,22%	0,0882	19.864.954	-44.742	219.914.179	-0,26%	0,0882	19.396.431	-50.939
2029	**224.636.295**	**-0,26%**	**0,0882**	**19.812.921**	**-52.033**	**219.270.331**	**-0,29%**	0,0882	**19.339.643**	**-56.787**
2030	223.978.622	-0,29%	0,0882	19.754.915	-58.007	218.571.502	-0,32%	0,0882	19.278.007	-61.637
2031	223.264.788	-0,32%	0,0882	19.691.954	-62.960	217.826.601	-0,34%	0,0882	19.212.306	-65.700
2032	222.503.892	-0,34%	0,0882	19.624.843	-67.111	217.042.729	-0,36%	0,0882	19.143.169	-69.138
2033	221.703.188	-0,36%	0,0882	19.554.221	-70.622	216.225.614	-0,38%	0,0882	19.071.099	-72.070
2034	**220.868.527**	**-0,38%**	**0,0882**	**19.480.604**	**-73.617**	**215.379.926**	**-0,39%**	0,0882	**18.996.509**	**-74.590**
2035	220.004.681	-0,39%	0,0882	19.404.413	-76.191	214.509.511	-0,40%	0,0882	18.919.739	-76.771
2036	219.115.575	-0,40%	0,0882	19.325.994	-78.419	213.617.561	-0,42%	0,0882	18.841.069	-78.670
2037	218.204.474	-0,42%	0,0882	19.245.635	-80.359	212.706.751	-0,43%	0,0882	18.760.735	-80.333
2038	217.274.106	-0,43%	0,0882	19.163.576	-82.058	211.779.335	-0,44%	0,0882	18.678.937	-81.798
2039	**216.326.775**	**-0,44%**	**0,0882**	**19.080.022**	**-83.555**	**210.837.227**	**-0,44%**	0,0882	**18.595.843**	**-83.094**
2040	215.364.438	-0,44%	0,0882	18.995.143	-84.878	209.882.062	-0,45%	0,0882	18.511.598	-84.245
2041	214.388.764	-0,45%	0,0882	18.909.089	-86.054	208.915.248	-0,46%	0,0882	18.426.325	-85.273
2042	213.401.189	-0,46%	0,0882	18.821.985	-87.104	207.937.997	-0,47%	0,0882	18.340.131	-86.194
2043	212.402.954	-0,47%	0,0882	18.733.941	-88.044	206.951.364	-0,47%	0,0882	18.253.110	-87.021
2044	**211.395.135**	**-0,47%**	**0,0882**	**18.645.051**	**-88.890**	**205.956.268**	**-0,48%**	0,0882	**18.165.343**	**-87.767**
2045	210.378.672	-0,48%	0,0882	18.555.399	-89.652	204.953.515	-0,49%	0,0882	18.076.900	-88.443
2046	209.354.388	-0,49%	0,0882	18.465.057	-90.342	203.943.813	-0,49%	0,0882	17.987.844	-89.056
2047	208.323.006	-0,49%	0,0882	18.374.089	-90.968	202.927.789	-0,50%	0,0882	17.898.231	-89.613

Introiti annuali – Scenario Ottimistico – Soluzione A e Soluzione B

Anno	pax km	Incrementi	Tariffa	Entrate Anno	Incrementi	PassKm	Incrementi	Tariffa	Entrate Anno	Incrementi
		%	€ pax-km	Euro			%	€ pax-km	Euro	
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	50.367.098	-	0,0882	4.442.378	4.442.378	49.247.130	0,00%	0,0882	4.343.597	
2013	100.288.637	99,12%	0,0882	8.845.458	4.403.080	98.058.609	99,12%	0,0882	8.648.769	4.305.172
2014	**153.425.105**	**52,98%**	**0,0882**	**13.532.094**	**4.686.637**	**150.013.530**	**52,98%**	**0,0882**	**13.231.193**	**4.582.424**
2015	185.085.421	20,64%	0,0882	16.324.534	2.792.440	180.969.845	20,64%	0,0882	15.961.540	2.730.347
2016	294.473.593	59,10%	0,0882	25.972.571	9.648.037	287.925.650	59,10%	0,0882	25.395.042	9.433.502
2017	315.544.762	7,16%	0,0882	27.831.048	1.858.477	308.528.280	7,16%	0,0882	27.212.194	1.817.152
2018	331.345.155	5,01%	0,0882	29.224.643	1.393.595	323.977.333	5,01%	0,0882	28.574.801	1.362.606
2019	**343.632.518**	**3,71%**	**0,0882**	**30.308.388**	**1.083.745**	**335.991.473**	**3,71%**	**0,0882**	**29.634.448**	**1.059.647**
2020	353.461.232	2,86%	0,0882	31.175.281	866.893	345.601.635	2,86%	0,0882	30.482.064	847.616
2021	384.704.637	8,84%	0,0882	33.930.949	2.755.668	376.150.309	8,84%	0,0882	33.176.457	2.694.393
2022	396.875.214	3,16%	0,0882	35.004.394	1.073.445	388.050.260	3,16%	0,0882	34.226.033	1.049.576
2023	408.965.904	3,05%	0,0882	36.070.793	1.066.399	399.872.100	3,05%	0,0882	35.268.719	1.042.686
2024	**421.028.169**	**2,95%**	**0,0882**	**37.134.685**	**1.063.892**	**411.666.147**	**2,95%**	**0,0882**	**36.308.954**	**1.040.235**
2025	433.099.644	2,87%	0,0882	38.199.389	1.064.704	423.469.200	2,87%	0,0882	37.349.983	1.041.029
2026	445.208.710	2,80%	0,0882	39.267.408	1.068.020	435.309.008	2,80%	0,0882	38.394.254	1.044.271
2027	457.377.371	2,73%	0,0882	40.340.684	1.073.276	447.207.085	2,73%	0,0882	39.443.665	1.049.410
2028	469.623.116	2,68%	0,0882	41.420.759	1.080.075	459.180.532	2,68%	0,0882	40.499.723	1.056.058
2029	**481.960.167**	**2,63%**	**0,0882**	**42.508.887**	**1.088.128**	**471.243.256**	**2,63%**	**0,0882**	**41.563.655**	**1.063.932**
2030	494.400.341	2,58%	0,0882	43.606.110	1.097.223	483.406.809	2,58%	0,0882	42.636.481	1.072.825
2031	506.953.643	2,54%	0,0882	44.713.311	1.107.201	495.680.975	2,54%	0,0882	43.719.062	1.082.581
2032	519.628.706	2,50%	0,0882	45.831.252	1.117.941	508.074.194	2,50%	0,0882	44.812.144	1.093.082
2033	532.433.101	2,46%	0,0882	46.960.600	1.129.348	520.593.869	2,46%	0,0882	45.916.379	1.104.235
2034	**545.373.573**	**2,43%**	**0,0882**	**48.101.949**	**1.141.350**	**533.246.596**	**2,43%**	**0,0882**	**47.032.350**	**1.115.970**
2035	558.456.216	2,40%	0,0882	49.255.838	1.153.889	546.038.332	2,40%	0,0882	48.160.581	1.128.231
2036	571.686.607	2,37%	0,0882	50.422.759	1.166.920	558.974.530	2,37%	0,0882	49.301.554	1.140.973
2037	585.069.910	2,34%	0,0882	51.603.166	1.180.407	572.060.241	2,34%	0,0882	50.455.713	1.154.160
2038	598.610.959	2,31%	0,0882	52.797.487	1.194.320	585.300.190	2,31%	0,0882	51.623.477	1.167.763
2039	**612.314.317**	**2,29%**	**0,0882**	**54.006.123**	**1.208.636**	**598.698.839**	**2,29%**	**0,0882**	**52.805.238**	**1.181.761**
2040	626.184.331	2,27%	0,0882	55.229.458	1.223.335	612.260.438	2,27%	0,0882	54.001.371	1.196.133
2041	640.225.174	2,24%	0,0882	56.467.860	1.238.402	625.989.067	2,24%	0,0882	55.212.236	1.210.865
2042	654.440.873	2,22%	0,0882	57.721.685	1.253.825	639.888.665	2,22%	0,0882	56.438.180	1.225.944
2043	668.835.341	2,20%	0,0882	58.991.277	1.269.592	653.963.056	2,20%	0,0882	57.679.542	1.241.361
2044	**683.412.397**	**2,18%**	**0,0882**	**60.276.973**	**1.285.696**	**668.215.975**	**2,18%**	**0,0882**	**58.936.649**	**1.257.107**
2045	698.175.785	2,16%	0,0882	61.579.104	1.302.131	682.651.083	2,16%	0,0882	60.209.826	1.273.177
2046	713.129.190	2,14%	0,0882	62.897.995	1.318.890	697.271.983	2,14%	0,0882	61.499.389	1.289.563
2047	728.276.250	2,12%	0,0882	64.233.965	1.335.971	712.082.231	2,12%	0,0882	62.805.653	1.306.264

14. ANALISI FINANZIARIA

L'analisi finanziaria ha come obiettivo il confronto tra i flussi di cassa positivi e negativi legati al progetto studiato. Si tratta dei flussi di cassa attualizzati, i risultati della valutazione dipendono direttamente dal tasso di sconto adottato e dalla lunghezza del periodo analizzato. I tassi di sconto adottati sono così come per l'analisi economica di 6 e 8% e il periodo studiato consiste in 35 anni dalla messa in esercizio della prima tratta dell'intervento progettato.

L'analisi è stata suddivisa nelle seguenti parti:

- Analisi della fattibilità finanziaria degli interventi;
- Elaborazione del piano finanziario degli interventi.

14.1. FATTIBILITA' FINANZIARIA DEGLI INTERVENTI

La fattibilità finanziaria degli interventi è fondata sulle valutazione eseguite nei capitoli precedenti:

- Previsione e ripartizione dei costi di investimento;
- Previsione e ripartizione dei costi di gestione;
- Previsione e ripartizione di traffico passeggeri;
- Calcolo delle entrate finanziarie dell'ente gestore dal traffico passeggeri.

L'analisi è stata eseguita dal punto di vista del futuro gestore, considerato come un ente unico che investe e gestisce l'infrastruttura tranviaria. Sono stati calcolati il Valore Attuale Netto (VAN), il Tasso Interno di Rendimento (TIR) e il rapporto Benefici / Costi nelle seguenti situazioni:

- Scenario standard
- Scenario pessimistico
- Scenario ottimistico

Gli scenari suddetti sono stati analizzati per tutte le ipotesi progettuali. Negli scenari suddetti sono stati, in base ai risultati introdotti le seguenti modifiche dei dati a scopo di capire le ripercussioni di eventuali ipotesi peggiorative sui risultati dell'analisi finanziaria.

- Sono state analizzate le seguenti situazioni:
- Costi di investimento incrementati del 10%
- Costi di investimento incrementati del 20%
- Flusso di passeggeri diminuito del 10%
- Flusso di passeggeri diminuito del 15%
- Costi di gestione incrementati del 10%
- Costi di gestione incrementati del 20%
- Costi di investimento incrementati del 5%, flusso di passeggeri diminuito del 10%, costi di gestione incrementati del 10%
- Costi di investimento incrementati del 10%, flusso di passeggeri diminuito del 10%, costi di gestione incrementati del 10%

Seguono le tabelle dell'analisi finanziaria dello scenario standard della soluzione a (ipotesi 1 e 2) e della soluzione B.

Analisi finanziaria – Scenario Standard – soluzione A Ipotesi 1

Valori in Euro

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	31.039.567	0	0	-31.039.567	0	0	0	0
2011	31.820.806	0	0	-31.820.806	-30.019.628	-30.019.628	-29.463.709	-29.463.709
2012	55.246.829	1.844.622	3.007.455	-54.083.996	-48.134.564	-78.154.193	-46.368.310	-75.832.019
2013	37.513.377	1.844.622	6.329.490	-33.028.509	-27.731.373	-105.885.566	-26.219.095	-102.051.114
2014	40.071.636	5.197.623	9.941.711	-35.327.548	-27.982.727	-133.868.293	-25.966.803	-128.017.917
2015	34.693.515	5.197.623	12.113.349	-27.777.789	-20.757.180	-154.625.472	-18.905.096	-146.923.013
2016	41.755.551	5.197.623	22.071.438	-24.881.736	-17.540.642	-172.166.115	-15.679.714	-162.602.728
2017	22.442.810	6.898.879	23.660.835	-5.680.854	-3.778.092	-175.944.207	-3.314.724	-165.917.451
2018		8.600.135	24.851.853	16.251.717	10.196.529	-165.747.678	8.780.297	-157.137.154
2019		8.891.963	25.777.605	16.885.642	9.994.585	-155.753.093	8.447.025	-148.690.129
2020		9.129.866	26.517.838	17.387.973	9.709.353	-146.043.740	8.053.996	-140.636.134
2021		11.207.329	33.586.671	22.379.341	11.789.158	-134.254.582	9.598.116	-131.038.018
2022		11.394.421	34.152.100	22.757.679	11.309.869	-122.944.713	9.037.388	-122.000.630
2023		11.574.319	34.692.783	23.118.465	10.838.838	-112.105.874	8.500.611	-113.500.019
2024		11.749.254	35.216.394	23.467.139	10.379.538	-101.726.336	7.989.647	-105.510.372
2025		11.920.791	35.728.311	23.807.520	9.934.046	-91.792.290	7.505.123	-98.005.249
2026		12.090.062	36.232.433	24.142.371	9.503.555	-82.288.735	7.046.928	-90.958.321
2027		12.257.910	36.731.660	24.473.750	9.088.680	-73.200.055	6.614.495	-84.343.826
2028		12.424.978	37.228.206	24.803.228	8.689.657	-64.510.398	6.206.984	-78.136.842
2029		12.591.769	37.723.796	25.132.027	8.306.462	-56.203.936	5.823.394	-72.313.448
2030		12.758.681	38.219.803	25.461.122	7.938.898	-48.265.038	5.462.638	-66.850.810
2031		12.926.036	38.717.336	25.791.299	7.586.650	-40.678.388	5.123.590	-61.727.220
2032		13.094.102	39.217.309	26.123.208	7.249.323	-33.429.065	4.805.116	-56.922.104
2033		13.263.098	39.720.488	26.457.390	6.926.472	-26.502.592	4.506.098	-52.416.006
2034		13.433.215	40.227.520	26.794.306	6.617.619	-19.884.974	4.225.444	-48.190.562
2035		13.604.614	40.738.963	27.134.350	6.322.266	-13.562.707	3.962.101	-44.228.461
2036		13.777.436	41.255.303	27.477.867	6.039.911	-7.522.797	3.715.056	-40.513.405
2037		13.951.806	41.776.968	27.825.162	5.770.047	-1.752.750	3.483.343	-37.030.062
2038		14.127.835	42.304.340	28.176.505	5.512.174	3.759.424	3.266.044	-33.764.018
2039		14.305.623	42.837.765	28.532.142	5.265.799	9.025.223	3.062.284	-30.701.734
2040		14.485.263	43.377.558	28.892.295	5.030.441	14.055.664	2.871.239	-27.830.495
2041		14.666.837	43.924.007	29.257.170	4.805.632	18.861.296	2.692.129	-25.138.366
2042		14.850.424	44.477.382	29.626.958	4.590.916	23.452.212	2.524.218	-22.614.148
2043		15.036.098	45.037.934	30.001.836	4.385.855	27.838.067	2.366.813	-20.247.335
2044		15.223.927	45.605.901	30.381.974	4.190.025	32.028.092	2.219.261	-18.028.074
2045		15.413.976	46.181.508	30.767.532	4.003.016	36.031.109	2.080.948	-15.947.126
2046		15.606.310	46.764.972	31.158.662	3.824.438	39.855.547	1.951.298	-13.995.828
2047	- 90.047.838	15.800.987	47.356.499	121.603.350	14.080.839	53.936.386	7.051.258	-6.944.570

VAN	**53.936.386**	VAN	**-6.944.570**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
TIR	**0,066**	TIR	**0,066**
B/C	**1,267**	B/C	**0,964**

Periodo di rientro del capitale investito: 2040 (30 anni)

Analisi finanziaria – Scenario Standard – Soluzione A Ipotesi 2

Valori in Euro

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	31.039.567	0	0	-31.039.567	0	0	0	0
2011	31.820.806	0	0	-31.820.806	-30.019.628	-30.019.628	-29.463.709	-29.463.709
2012	55.246.829	1.844.622	3.008.023	-54.083.428	-48.134.059	-78.153.687	-46.367.823	-75.831.532
2013	37.513.377	1.844.622	6.330.686	-33.027.313	-27.730.369	-105.884.056	-26.218.146	-102.049.678
2014	41.220.244	5.197.623	9.943.589	-36.474.278	-28.891.045	-134.775.100	-26.809.683	-128.859.361
2015	35.842.122	5.197.623	12.115.638	-28.924.107	-21.613.776	-156.388.876	-19.685.261	-148.544.623
2016	42.904.158	5.197.623	22.075.608	-26.026.173	-18.347.425	-174.736.301	-16.400.904	-164.945.527
2017	11.986.280	6.999.876	23.665.305	4.679.149	3.111.901	-171.624.400	2.730.238	-162.215.288
2018		8.802.130	24.856.548	16.054.418	10.072.740	-161.551.660	8.673.702	-153.541.586
2019		9.101.482	25.782.475	16.680.992	9.873.454	-151.678.206	8.344.649	-145.196.937
2020		9.345.401	26.522.848	17.177.447	9.591.797	-142.086.409	7.956.482	-137.240.455
2021		11.480.320	33.593.016	22.112.696	11.648.692	-130.437.717	9.483.756	-127.756.699
2022		11.672.007	34.158.552	22.486.545	11.175.124	-119.262.593	8.929.716	-118.826.982
2023		11.856.300	34.699.338	22.843.038	10.709.707	-108.552.886	8.399.338	-110.427.645
2024		12.035.491	35.223.047	23.187.555	10.255.878	-98.297.007	7.894.459	-102.533.185
2025		12.211.189	35.735.061	23.523.872	9.815.690	-88.481.317	7.415.706	-95.117.480
2026		12.384.557	36.239.278	23.854.721	9.390.322	-79.090.995	6.962.966	-88.154.514
2027		12.556.463	36.738.600	24.182.137	8.980.385	-70.110.610	6.535.681	-81.618.834
2028		12.727.567	37.235.239	24.507.672	8.586.111	-61.524.499	6.133.021	-75.485.812
2029		12.898.386	37.730.923	24.832.537	8.207.477	-53.317.023	5.753.998	-69.731.814
2030		13.069.329	38.227.023	25.157.694	7.844.288	-45.472.735	5.397.538	-64.334.276
2031		13.240.729	38.724.650	25.483.921	7.496.233	-37.976.502	5.062.527	-59.271.749
2032		13.412.858	39.224.718	25.811.861	7.162.923	-30.813.579	4.747.847	-54.523.902
2033		13.585.944	39.727.992	26.142.048	6.843.917	-23.969.663	4.452.390	-50.071.511
2034		13.760.182	40.235.120	26.474.938	6.538.742	-17.430.921	4.175.080	-45.896.431
2035		13.935.738	40.746.660	26.810.922	6.246.908	-11.184.013	3.914.875	-41.981.557
2036		14.112.757	41.263.097	27.150.340	5.967.917	-5.216.096	3.670.774	-38.310.783
2037		14.291.367	41.784.860	27.493.493	5.701.269	485.174	3.441.823	-34.868.960
2038		14.471.682	42.312.332	27.840.650	5.446.470	5.931.644	3.227.113	-31.641.846
2039		14.653.806	42.845.858	28.192.052	5.203.033	11.134.677	3.025.783	-28.616.063
2040		14.837.833	43.385.752	28.547.919	4.970.482	16.105.159	2.837.016	-25.779.047
2041		15.023.849	43.932.305	28.908.456	4.748.354	20.853.513	2.660.042	-23.119.005
2042		15.211.934	44.485.784	29.273.850	4.536.200	25.389.713	2.494.133	-20.624.872
2043		15.402.164	45.046.442	29.644.279	4.333.585	29.723.298	2.338.605	-18.286.267
2044		15.594.609	45.614.517	30.019.908	4.140.091	33.863.389	2.192.813	-16.093.453
2045		15.789.337	46.190.233	30.400.896	3.955.315	37.818.705	2.056.151	-14.037.303
2046		15.986.413	46.773.807	30.787.394	3.778.869	41.597.573	1.928.048	-12.109.255
2047	- 86.145.562	16.185.898	47.365.446	117.325.110	13.585.448	55.183.021	6.803.181	-5.306.074

VAN	**55.183.021**	VAN	**-5.306.074**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,067**	IRR	**0,067**
B/C	**1,278**	B/C	**0,972**

Periodo di rientro del capitale investito: 2039 (29 anni)

Analisi finanziaria – Scenario Standard – Soluzione B

Valori in Euro

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	31.039.567	0	0	-31.039.567	0	0	0	0
2011	31.820.806	0	0	-31.820.806	-30.019.628	-30.019.628	-29.463.709	-29.463.709
2012	55.246.829	1.553.618	2.941.136	-53.859.311	-47.934.595	-77.954.223	-46.175.678	-75.639.387
2013	37.513.377	1.553.618	6.189.916	-32.877.079	-27.604.230	-105.558.453	-26.098.885	-101.738.273
2014	38.356.746	3.761.922	9.722.482	-32.396.186	-25.660.813	-131.219.266	-23.812.164	-125.550.436
2015	32.978.625	3.761.922	11.846.233	-24.894.314	-18.602.479	-149.821.746	-16.942.652	-142.493.088
2016	32.652.603	3.761.922	21.584.732	-14.829.793	-10.454.419	-160.276.164	-9.345.285	-151.838.373
2017	2.790.593	6.056.741	23.139.081	14.291.747	9.504.828	-150.771.336	8.339.097	-143.499.276
2018		8.351.561	24.303.835	15.952.275	10.008.655	-140.762.682	8.618.518	-134.880.758
2019		8.640.192	25.209.173	16.568.981	9.807.155	-130.955.527	8.288.616	-126.592.142
2020		8.877.043	25.933.084	17.056.041	9.524.004	-121.431.523	7.900.247	-118.691.895
2021		10.880.255	32.846.038	21.965.783	11.571.300	-109.860.223	9.420.748	-109.271.148
2022		11.068.318	33.398.999	22.330.682	11.097.665	-98.762.558	8.867.821	-100.403.327
2023		11.249.473	33.927.760	22.678.287	10.632.466	-88.130.093	8.338.759	-92.064.568
2024		11.425.863	34.439.824	23.013.960	10.179.097	-77.950.996	7.835.357	-84.229.211
2025		11.598.990	34.940.453	23.341.463	9.739.577	-68.211.419	7.358.203	-76.871.008
2026		11.769.941	35.433.458	23.663.517	9.315.056	-58.896.363	6.907.155	-69.963.853
2027		11.939.526	35.921.677	23.982.151	8.906.118	-49.990.246	6.481.631	-63.482.223
2028		12.108.362	36.407.273	24.298.911	8.512.973	-41.477.273	6.080.779	-57.401.444
2029		12.276.932	36.891.935	24.615.003	8.135.579	-33.341.694	5.703.593	-51.697.850
2030		12.445.617	37.377.003	24.931.386	7.773.724	-25.567.970	5.348.984	-46.348.866
2031		12.614.729	37.863.565	25.248.836	7.427.082	-18.140.889	5.015.826	-41.333.040
2032		12.784.522	38.352.514	25.567.992	7.095.248	-11.045.641	4.702.989	-36.630.051
2033		12.955.210	38.844.597	25.889.387	6.777.771	-4.267.870	4.409.358	-32.220.692
2034		13.126.973	39.340.448	26.213.475	6.474.166	2.206.296	4.133.848	-28.086.845
2035		13.299.967	39.840.613	26.540.646	6.183.934	8.390.230	3.875.410	-24.211.435
2036		13.474.328	40.345.567	26.871.239	5.906.568	14.296.798	3.633.039	-20.578.396
2037		13.650.175	40.855.728	27.205.553	5.641.560	19.938.358	3.405.777	-17.172.620
2038		13.827.616	41.371.471	27.543.856	5.388.408	25.326.766	3.192.711	-13.979.909
2039		14.006.745	41.893.134	27.886.388	5.146.621	30.473.387	2.992.977	-10.986.932
2040		14.187.652	42.421.023	28.233.371	4.915.716	35.389.103	2.805.757	-8.181.175
2041		14.370.417	42.955.422	28.585.005	4.695.225	40.084.328	2.630.279	-5.550.896
2042		14.555.115	43.496.594	28.941.480	4.484.696	44.569.025	2.465.815	-3.085.080
2043		14.741.816	44.044.786	29.302.970	4.283.691	48.852.715	2.311.680	-773.400
2044		14.930.586	44.600.228	29.669.642	4.091.786	52.944.501	2.167.228	1.393.828
2045		15.121.489	45.163.143	30.041.654	3.908.576	56.853.077	2.031.854	3.425.681
2046		15.314.585	45.733.740	30.419.155	3.733.671	60.586.747	1.904.987	5.330.668
2047	- 74.759.641	15.509.931	46.312.223	105.561.933	12.223.352	72.810.100	6.121.085	11.451.753

VAN	**72.810.100**	VAN	**11.451.753**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,072**	IRR	**0,072**
B/C	**1,400**	B/C	**1,065**

Periodo di rientro del capitale investito: 2028 (28 anni)

SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	53.936.386	6,6%	1,267	Scenario Standard	-6.944.570	6,6%	0,964
Scenario Pessimistico	-100.005.561	1,3%	0,458	Scenario Pessimistico	-110.352.186	1,3%	0,353
Scenario Ottimistico	122.489.539	8,4%	1,606	Scenario Ottimistico	42.386.546	8,4%	1,219

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	55.183.021	6,7%	1,278	Scenario Standard	-5.306.074	6,7%	0,972
Scenario Pessimistico	-144.416.765	-1,1%	0,205	Scenario Pessimistico	-142.109.238	-1,1%	0,154
Scenario Ottimistico	123.704.010	8,4%	1,624	Scenario Ottimistico	44.017.758	8,4%	1,231

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	72.810.100	7,2%	1,400	Scenario Standard	11.451.753	7,2%	1,065
Scenario Pessimistico	-75.540.270	1,9%	0,556	Scenario Pessimistico	-88.927.012	1,9%	0,437
Scenario Ottimistico	139.741.887	9,0%	1,768	Scenario Ottimistico	59.604.878	9,0%	1,340

Sulla base della sintesi dei risultati della valutazione finanziari riportati nelle tabelle procedenti si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Nella situazione standard il Valore attuale netto risulta positivo per tutte e tre le ipotesi progettuali, ed il valore del Tasso interno di rendimento risulta essere intorno al valore del 7% percento; esso si colloca quindi a metà tra i due valori di sconto adottati.
- Il rapporto Costi / Benefici è per la situazione standard superiore all'unità.
- Il Valore attuale netto presenta nello scenario pessimistico in tutte e tre le ipotesi progettuali gli importi negativi con i tassi interni di rendimento tra 1% - 2%.
- La situazione ottimistica presenta ovviamente miglioramenti degli indicatori finanziari rispetto ai valori della situazione standard.
- I valori ottenuti dall'analisi finanziaria possono essere considerati molto buoni negli scenari standard e ottimistico.

Per lo scenario standard è da segnalare che sono state assunte ipotesi precauzionali sia per quanto riguarda il flusso dei passeggeri, sia per relativi costi di gestione, con l'obiettivo di non sopravalutare la situazione che si potrà prospettare nei prossimi 40 anni con l'intervento realizzato.

Lo scenario pessimistico presenta valori negativi; esso prevede però un forte disinteresse da parte del pubblico per l'offerta del trasporto studiato ed anche un difficile reperimento dei fondi finanziari per la costruzione. E' da sottolineare che sono state assunte ipotesi fortemente peggiorative per il previsto flusso dei passeggeri con un valore base più basso rispetto allo scenario standard e con una curva di crescita fortemente ridotta. Nel caso si verifichi una situazione similare è necessario mettere in atto gli incentivi con l'obiettivo di incrementare la domanda da parte del pubblico.

È necessario anche considerare il fatto che in genere per le infrastrutture di servizio pubblico, i tassi di rendimento finanziario sono normalmente più bassi, rispetto agli investimenti produttivi, e addirittura negativi, in parte a causa della struttura tariffaria di questi settori. Da una ricerca svolta all'interno dell'Unione Europea su 400 grandi progetti, si ricava che il valore del tasse interno di rendimento finanziario di strutture simili a quella oggetto del presente studio risulta pari a -5% fino ad un valore di 9%.

Resta anche da segnalare che un tasso interno di rendimento finanziario molto basso, o addirittura negativo, non significa necessariamente che il progetto non sia conforme agli obiettivi della politica dell'Unione Europea.

Tra le tre soluzioni progettuali ipotizzate risulta essere migliore la soluzione B. Comunque i valori degli indicatori finanziari ottenuti non sono distanti tra di loro, le tre soluzioni si possono quindi considerare, dal punto di vista finanziario, pressoché equivalenti.

14.2. ANALISI DI SENSIBILITÀ

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO: +10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	33.707.745	6,0%	1,151	Scenario Standard	-26.330.642	6,0%	0,877
Scenario Pessimistico	-118.465.229	0,9%	0,417	Scenario Pessimistico	-127.407.445	0,9%	0,321
Scenario Ottimistico	102.260.899	7,6%	1,460	Scenario Ottimistico	23.000.475	7,6%	1,108

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	35.346.830	6,0%	1,162	Scenario Standard	-24.339.625	6,0%	0,884
Scenario Pessimistico	-162.581.806	-1,3%	0,186	Scenario Pessimistico	-158.916.811	-1,3%	0,140
Scenario Ottimistico	103.867.819	7,7%	1,476	Scenario Ottimistico	24.984.207	7,7%	1,119

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	54.617.121	6,6%	1,273	Scenario Standard	-6.059.878	6,6%	0,969
Scenario Pessimistico	-92.534.802	1,5%	0,505	Scenario Pessimistico	-104.718.665	1,5%	0,397
Scenario Ottimistico	121.548.908	8,3%	1,607	Scenario Ottimistico	42.093.247	8,3%	1,219

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO: +20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	13.479.104	5,4%	1,056	Scenario Standard	-45.716.714	5,4%	0,803
Scenario Pessimistico	-136.924.897	0,6%	0,382	Scenario Pessimistico	-144.462.704	0,6%	0,294
Scenario Ottimistico	82.032.258	7,0%	1,338	Scenario Ottimistico	3.614.403	7,0%	1,016

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	15.510.639	5,5%	1,065	Scenario Standard	-43.373.176	5,5%	0,810
Scenario Pessimistico	-180.746.847	-1,5%	0,171	Scenario Pessimistico	-175.724.385	-1,5%	0,129
Scenario Ottimistico	84.031.628	7,1%	1,353	Scenario Ottimistico	5.950.656	7,1%	1,026

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	36.424.141	6,0%	1,167	Scenario Standard	-23.571.510	6,0%	0,888
Scenario Pessimistico	-109.529.333	1,1%	0,463	Scenario Pessimistico	-120.510.317	1,1%	0,364
Scenario Ottimistico	103.355.929	7,6%	1,473	Scenario Ottimistico	24.581.616	7,6%	1,117

In base all'analisi di sensibilità dei costi finanziari di investimento si può concludere che pur costituendo un'uscita finanziaria di rilievo non costituiscono una grandezza che potrebbe produrre gli effetti particolarmente negativi sui risultati di analisi nel caso della variazione in aumento di essi.

Infatti anche per la variazione positiva di 20% nello scenario standard si ottengono come risultato i valori positivi di valore attuale netto in tutte e tre le soluzioni progettuali con un Tasso interno di rendimento poco sotto della soglia del primo tasso di sconto adottato (6%).

Nel caso dell'adozione del tasso di sconto di 8% i valori di VAN diventano negativi per tutte e tre le soluzioni progettuali.

In conclusione considerando che si tratta di un'infrastruttura pubblica, di trasporto su ferro, i risultati si possono ritenere soddisfacenti anche nel caso di un incremento dei costi di investimento.

VARIAZIONE DEI COSTI DI GESTIONE: +10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	40.919.295	6,3%	1,202	Scenario Standard	-16.483.649	6,3%	0,915
Scenario Pessimistico	-109.413.208	0,9%	0,407	Scenario Pessimistico	-117.263.383	0,9%	0,312
Scenario Ottimistico	109.618.477	8,1%	1,542	Scenario Ottimistico	33.012.150	8,1%	1,170

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	41.890.844	6,3%	1,211	Scenario Standard	-15.039.158	6,3%	0,921
Scenario Pessimistico	-154.144.113	-1,6%	0,151	Scenario Pessimistico	-149.247.668	-1,6%	0,112
Scenario Ottimistico	110.561.945	8,1%	1,557	Scenario Ottimistico	34.453.962	8,1%	1,181

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	60.496.770	6,9%	1,333	Scenario Standard	2.500.391	6,9%	1,014
Scenario Pessimistico	-84.765.468	1,4%	0,501	Scenario Pessimistico	-95.724.823	1,4%	0,394
Scenario Ottimistico	127.568.775	8,7%	1,701	Scenario Ottimistico	50.811.646	8,7%	1,290

VARIAZIONE DEI COSTI DI GESTIONE: +20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	27.902.205	6,9%	1,138	Scenario Standard	-26.022.728	6,9%	0,866
Scenario Pessimistico	-118.820.854	1,4%	0,356	Scenario Pessimistico	-124.174.579	1,4%	0,272
Scenario Ottimistico	96.747.415	8,7%	1,478	Scenario Ottimistico	23.637.753	8,7%	1,122

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	28.598.667	5,9%	1,144	Scenario Standard	-24.772.241	5,9%	0,870
Scenario Pessimistico	-163.871.460	-2,2%	0,098	Scenario Pessimistico	-156.386.098	-2,2%	0,070
Scenario Ottimistico	97.419.879	7,8%	1,491	Scenario Ottimistico	24.890.166	7,8%	1,131

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	48.183.440	6,5%	1,265	Scenario Standard	-6.450.970	6,5%	0,963
Scenario Pessimistico	-93.990.666	0,9%	0,447	Scenario Pessimistico	-102.522.634	0,9%	0,351
Scenario Ottimistico	115.395.663	8,4%	1,634	Scenario Ottimistico	42.018.414	8,4%	1,240

Per quanto riguarda una possibile variazione dei costi di gestione si può dedurre che un potenziale incremento di essi non costituisce un impatto significativo sugli indicatori studiati dall'analisi finanziaria, ma è da tener presente che essendo un'uscita finanziaria costante che costituisce i valori piuttosto elevati, un incremento significativo senza un aumento corrispondente nelle entrate potrebbe influire negativamente sulla gestione finanziaria dell'infrastruttura.

VARIAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO: -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	15.297.016	5,5%	1,076	Scenario Standard	-35.175.264	5,5%	0,819
Scenario Pessimistico	-117.872.320	0,4%	0,361	Scenario Pessimistico	-123.283.423	0,4%	0,277
Scenario Ottimistico	77.140.883	7,2%	1,381	Scenario Ottimistico	9.387.424	7,2%	1,048

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	16.536.351	5,6%	1,083	Scenario Standard	-33.542.101	5,6%	0,824
Scenario Pessimistico	-157.351.498	-1,8%	0,134	Scenario Pessimistico	-151.583.417	-1,8%	0,098
Scenario Ottimistico	78.355.353	7,3%	1,395	Scenario Ottimistico	11.018.635	7,3%	1,058

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	35.022.781	6,1%	1,193	Scenario Standard	-16.156.415	6,1%	0,908
Scenario Pessimistico	-94.205.973	0,9%	0,446	Scenario Pessimistico	-102.623.774	0,9%	0,350
Scenario Ottimistico	95.401.607	7,9%	1,524	Scenario Ottimistico	27.339.527	7,9%	1,156

VARIAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO: -15%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	-4.022.669	5,0%	0,980	Scenario Standard	-49.290.611	5,0%	0,746
Scenario Pessimistico	-126. 805.699	0%	0,313	Scenario Pessimistico	-129.749.041	0%	0,239
Scenario Ottimistico	54.466.554	6,6%	1,269	Scenario Ottimistico	-7.112.138	6,6%	0,963

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	-2.786.983	5,0%	0,986	Scenario Standard	-47.660.114	5,0%	0,750
Scenario Pessimistico	-164.592.833	-2,3%	0,094	Scenario Pessimistico	-156.711.858	-2,3%	0,068
Scenario Ottimistico	55.681.024	6,7%	1,281	Scenario Ottimistico	-5.480.926	6,7%	0,971

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	16.129.122	5,5%	1,089	Scenario Standard	-29.960.499	5,5%	0,829
Scenario Pessimistico	-103.538.824	0,4%	0,391	Scenario Pessimistico	-109.472.156	0,4%	0,307
Scenario Ottimistico	73.231.467	7,2%	1,403	Scenario Ottimistico	11.206.852	7,2%	1,064

Dall'analisi di sensibilità della variabile flussi di traffico risulta che forti variazioni potrebbero produrre effetti negativi sugli indicatori finanziari. Infatti una potenziale riduzione del 15% della domanda di trasporto porta i valori degli indicatori dello scenario standard sotto la soglia del tasso di sconto del 6% e una riduzione del 20% produce come risultati i valori negativi del Valore attuale netto nello scenario standard delle tre soluzioni progettuali.

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO +5%, COSTI DI GESTIONE +10%, FLUSSI DI TRAFFICO -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	-7.834.395	4,9%	0,963	Scenario Standard	-54.407.378	4,9%	0,733
Scenario Pessimistico	-136.509.801	-0,2%	0,296	Scenario Pessimistico	-138.722.248	-0,2%	0,225
Scenario Ottimistico	54.155.500	6,6%	1,255	Scenario Ottimistico	-9.680.009	6,6%	0,952

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	-6.673.921	4,9%	0,968	Scenario Standard	-52.791.960	4,9%	0,736
Scenario Pessimistico	-176.161.366	-2,4%	0,076	Scenario Pessimistico	-167.125.634	-2,4%	0,053
Scenario Ottimistico	55.295.192	6,6%	1,265	Scenario Ottimistico	-8.061.936	6,6%	0,960

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	13.612.962	5,4%	1,071	Scenario Standard	-33.863.592	5,4%	0,816
Scenario Pessimistico	-111.928.436	0,3%	0,373	Scenario Pessimistico	-117.317.412	0,3%	0,292
Scenario Ottimistico	74.132.006	7,2%	1,388	Scenario Ottimistico	9.790.479	7,2%	1,053

La contemporanea variazione in negativo di tutte le variabili scelte per l'analisi di sensibilità produce i risultati negativi del valore attuale netto per la soluzione A con le due sottoipotesi e un valore ancora positivo per la soluzione B.

I valori del tasso interno di rendimento scendono nella situazione standard sotto la soglia del 6% - uno dei valori del tasso di sconto adottato e quello considerato più plausibile nella situazione attuale.

15. ANALISI ECONOMICA

L'analisi economica viene eseguita dal punto di vista della collettività e del gestore dell'infrastruttura studiata valutando le seguenti componenti dei flussi dei benefici e dei costi economici:

- Costi economici di investimento
- Costi economici di gestione
- Ricavi economici
- Benefici economico – sociali: esternalità positive

L'analisi economica è in buona parte basata su quella finanziaria (col calcolo dei costi e benefici economici interni), ma completata da stime sui costi e benefici esterni.

In particolare per quanto riguarda la stima dei costi e dei ricavi economici interni essi si ottengono moltiplicando i costi e ricavi finanziari del progetto per coefficienti minori o maggiori di 1 (fattori di conversione) per depurarli dei "trasferimenti" positivi alla pubblica amministrazione (sostanzialmente imposte e oneri sociali della manodopera) o negativi (sussidi e altre forme di agevolazione finanziaria o reale) rappresentando questi per la collettività una "partita di giro".

Si fornisce in seguito il quadro riassuntivo dei valori assunti nel nostro studio dei principali fattori di conversione.

Quadro riassuntivo dei valori assunti dai principali fattori di conversione

Voci	*Fattore di conversione**
1 Costi di investimento	
1.1Opere civili (esempi)	
Acquedotti	1.0032
Armamento	0,8850
Fermate	0.9334
Opere d'arte	0.9334
Segnalamento	0,4600
Elettrificazione	0,4600
Rotabili	0,8850
2. Costi di gestione	
2.1 Acquisti	0,6480
2.2 Manutenzione ordinaria	1,0182
2.3 Altri costi	0,7144
2.4 Manodopera	0,5994
3. Rientri finanziari	0,5600

15.1. COSTI ECONOMICI

COSTI ECONOMICI DI INVESTIMENTO

Adottando i fattori di conversione suddetti si ottiene la tabella seguente dove è riportata la ripartizione dei costi economici di investimento. Segue la tabella dei costi economici di investimento in materiale rotabile da adottare in tutte le soluzioni progettuali.

Materiale rotabile Costi economici di investimento

LOTTO FUNZIONALE 1 - MATERIALE ROTABILE			
	Voce	**Quantità**	**Importo**
TRATTA 1	PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA		
	Veicoli di servizio	3	4.672.800
	Veicolo di volano	1	1.557.600
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	3	1.208.025
TRATTA 1. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE			7.438.425

LOTTO FUNZIONALE 2 - MATERIALE ROTABILE			
	Voce	**Quantità**	**Importo**
TRATTE 2-3	PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI		
	Veicoli di servizio	1	1.557.600
	Veicolo di volano	1	1.557.600
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	1	402.675
TRATTE 2-3. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE			3.517.875

LOTTO FUNZIONALE 3 - MATERIALE ROTABILE			
	Voce	**Quantità**	**Importo**
TRATTE 4-5	FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA		
	Veicoli di servizio	2	3.115.200
	Veicolo di volano	1	1.557.600
	Pacchi batterie per tratti senza linea aerea	2	805.350
TRATTE 4-5. COSTO TOTALE MATERIALE ROTABILE			5.478.150

Seguono le tabelle dei costi economici di investimento della soluzione A, ipotesi 1 e della ripartizione temporale di essi nello scenario standard.

Costi economici di investimento – Soluzione A Ipotesi 1

LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 1A	FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA	
	Fermate	2.202.922
	Armamento	9.173.364
	Segnalamento	7.230.380
	Elettrificazione	3.151.210
	Opere d'Arte	1.121.960
	COSTO TOTALE	22.879.836
TRATTA 1B	PORTO - FIUMICINO CENTRO	
	Fermate	952.231
	Armamento	4.053.973
	Segnalamento	1.286.052
	Elettrificazione	782.562
	Opere d'Arte	511.626
	COSTO TOTALE	7.586.443
TRATTA 1. COSTO TOTALE		30.466.279
LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 2	FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE	
	Fermate	1.646.743
	Armamento	13.388.870
	Segnalamento	5.552.962
	Elettrificazione	4.610.083
	Opere d'Arte	4.782.145
TRATTA 2. COSTO TOTALE		29.980.802
TRATTA 3	MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI	
	Fermate	3.016.818
	Armamento	16.019.352
	Segnalamento	8.955.479
	Elettrificazione	7.619.972
TRATTA 3. COSTO TOTALE		35.611.622
LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 4	FIUMICINO CENTRO - OSTIA	
	Fermate	4.443.742
	Armamento	41.435.115
	Segnalamento	4.551.883
	Elettrificazione	7.459.692
	Opere d'Arte	37.044.269
TRATTA 4. COSTO TOTALE		94.934.702
TRATTA 5A	OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA	
	Fermate	952.231
	Armamento	1.232.299
	Segnalamento	854.623
	Elettrificazione	-
	Opere d'Arte	153.079
	COSTO TOTALE	3.192.231
TRATTA 5B	OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO	
	Fermate	1.475.957
	Armamento	1.516.502
	Segnalamento	1.051.723
	Elettrificazione	-
	Opere d'Arte	-
	COSTO TOTALE	4.044.182
TRATTA 5. COSTO TOTALE		7.236.413
SOLUZIONE A IPOTESI 1 COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI		198.229.818

Ripartizione temporale costi economici di investimento Soluzione A ipotesi 1

Scenario Standard

SOLUZIONE A IPOTESI 1									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A+rotabili	19.459.030	10.003.812							**29.462.842**
Tratta 1B		7.586.443							**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2+rotabili		4.970.635	19.882.539	8.240.948					**33.094.122**
Tratta 3			16.136.516	16.136.516	3.338.590				**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4+rotabili					28.059.518	28.059.518	28.059.518	15.604.311	**99.782.864**
Tratta 5A							3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B							1.903.953	2.140.229	**4.044.182**
TOTALE	**19.459.030**	**22.560.890**	**36.019.055**	**24.377.464**	**31.398.107**	**28.059.518**	**33.155.702**	**17.744.540**	**212.774.307**

Seguono le tabelle dei costi economici di investimento della soluzione A, ipotesi 2 e della ripartizione temporale di essi nello scenario standard.

Costi economici di investimento – Soluzione A Ipotesi 2

LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 1A	**FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA**	
	Fermate	2.202.922
	Armamento	9.173.364
	Segnalamento	7.230.380
	Elettrificazione	3.151.210
	Opere d'Arte	1.121.960
	COSTO TOTALE	**22.879.836**
TRATTA 1B	**PORTO - FIUMICINO CENTRO**	
	Fermate	952.231
	Armamento	4.053.973
	Segnalamento	1.286.052
	Elettrificazione	782.562
	Opere d'Arte	511.626
	COSTO TOTALE	**7.586.443**
TRATTA 1. COSTO TOTALE		**30.466.279**

LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 2	**FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE**	
	Fermate	1.646.743
	Armamento	13.388.870
	Segnalamento	5.552.962
	Elettrificazione	4.610.083
	Opere d'Arte	4.782.145
TRATTA 2. COSTO TOTALE		**29.980.802**
TRATTA 3	**MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI**	
	Fermate	3.016.818
	Armamento	16.019.352
	Segnalamento	8.955.479
	Elettrificazione	7.619.972
TRATTA 3. COSTO TOTALE		**35.611.622**

LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 4	**FIUMICINO CENTRO - OSTIA**	
	Fermate	4.443.742
	Armamento	41.435.115
	Segnalamento	4.551.883
	Elettrificazione	7.459.692
	Opere d'Arte	30.500.475
TRATTA 4. COSTO TOTALE		**88.390.908**
TRATTA 5A	**OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA**	
	Fermate	952.231
	Armamento	1.232.299
	Segnalamento	854.623
	Elettrificazione	-
	Opere d'Arte	153.079
	COSTO TOTALE	**3.192.231**
TRATTA 5B	**OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO**	
	Fermate	1.475.957
	Armamento	1.516.502
	Segnalamento	1.051.723

Elettrificazione	-
Opere d'Arte	-
	4.044.182
TRATTA 5. COSTO TOTALE	7.236.413
SOLUZIONE A IPOTESI 2 COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI	191.686.025

Ripartizione temporale dei costi economici di investimento soluzione A ipotesi 2

Scenario Standard

SOLUZIONE A IPOTESI 2									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A	19.459.030	10.003.812							**29.462.842**
Tratta 1B		7.586.443							**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2		4.970.635	19.882.539	8.240.948					**33.094.122**
Tratta 3			16.136.516	16.136.516	3.338.590				**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4					28.704.774	28.704.774	28.704.774	7.124.748	**93.239.071**
Tratta 5A							3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B							1.903.953	2.140.229	**4.044.182**
TOTALE	19.459.030	22.560.890	36.019.055	24.377.464	32.043.364	28.704.774	33.800.959	9.264.977	206.230.513

Seguono le tabelle dei costi economici di investimento della soluzione B e della ripartizione temporale di essi nello scenario standard.

Costi di investimento economici – Soluzione B

LOTTO FUNZIONALE 1 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 1A	FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA	
	Fermate	2.202.922
	Armamento	9.173.364
	Segnalamento	7.230.380
	Elettrificazione	3.151.210
	Opere d'Arte	1.121.960
	COSTO TOTALE	22.879.836
TRATTA 1B	PORTO - FIUMICINO CENTRO	
	Fermate	952.231
	Armamento	4.053.973
	Segnalamento	1.286.052
	Elettrificazione	782.562
	Opere d'Arte	511.626
	COSTO TOTALE	7.586.443
TRATTA 1. COSTO TOTALE		30.466.279

LOTTO FUNZIONALE 2 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 2	FIUMICINO PARCO LEONARDO - MACCARESE	
	Fermate	1.646.743
	Armamento	13.388.870
	Segnalamento	5.552.962
	Elettrificazione	4.610.083
	Opere d'Arte	4.782.145
TRATTA 2. COSTO TOTALE		29.980.802
TRATTA 3	MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI	
	Fermate	3.016.818
	Armamento	16.019.352
	Segnalamento	8.955.479
	Elettrificazione	7.619.972
		-
TRATTA 3. COSTO TOTALE		35.611.622

LOTTO FUNZIONALE 3 - IMPORTI GLOBALI		
TRATTA 4	FIUMICINO CENTRO - OSTIA	
	Fermate	3.808.922
	Armamento	36.371.360
	Segnalamento	3.998.712
	Elettrificazione	6.615.083
	Opere d'Arte	15.814.630
TRATTA 4. COSTO TOTALE		66.608.706
TRATTA 5A	OSTIA CENTRO - OSTIA ANTICA	
	Fermate	952.231
	Armamento	1.232.299
	Segnalamento	854.623
	Elettrificazione	-

	Opere d'Arte	153.079
	COSTO TOTALE	**3.192.231**
TRATTA 5B	**OSTIA CENTRO - CRISTOFORO COLOMBO**	
	Fermate	1.475.957
	Armamento	1.516.502
	Segnalamento	1.051.723
	Elettrificazione	-
	Opere d'Arte	-
	COSTO TOTALE	**4.044.182**
TRATTA 5. COSTO TOTALE		**7.236.413**
SOLUZIONE B COSTI DI INVESTIMENTO TOTALI		**169.903.823**

Ripartizione temporale dei costi economici di investimento soluzione progettuale B

Scenario Standard

SOLUZIONE B									
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**TOTALE**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA									
Tratta 1A	19.459.030	10.003.812							**29.462.842**
Tratta 1B		7.586.443							**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI									
Tratta 2		4.970.635	19.882.539	8.240.948					**33.094.122**
Tratta 3			16.136.516	16.136.516	3.338.590				**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA									
Tratta 4					25.784.015	25.784.015	19.888.838		**71.456.869**
Tratta 5A							3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B							2.022.091	2.022.091	**4.044.182**
TOTALE	**19.459.030**	**22.560.890**	**36.019.055**	**24.377.464**	**29.122.605**	**25.784.015**	**25.103.161**	**2.022.091**	**184.448.311**

È stato calcolato (nello stesso modo come per i costi finanziari di investimento) l'ammortamento annuo e considerando la vita economica delle strutture è stato approssimativamente derivato il valore residuo degli investimenti economici che risulta essere alla fine del periodo studiato di

- 68.285.913 Euro per gli investimenti relativi alla soluzione A, ipotesi 1;
- di 64.643.528 Euro per la soluzione A ipotesi 2;
- di Euro 54.527.606 per la soluzione B.

È stata calcolata la ripartizione dei costi di investimento economici anche per lo scenario pessimistico, supponendo l'ipotesi di un più difficile reperimento dei mezzi finanziari e quindi di una tempistica sfavorevole delle fasi di costruzione.

La seguente tabella riporta la ripartizione dei costi economici di investimento nello scenario pessimistico per le due soluzioni progettuali con le due sottoipotesi.

Ripartizione temporale Costi economici di investimento Soluzione A Ipotesi 1 Scenario pessimistico

SOLUZIONE A IPOTESI 1														
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA														
Tratta 1A+rotabili	9.729.515	9.729.515	10.003.812											**29.462.842**
Tratta 1B			7.586.443											**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI														
Tratta 2+rotabili			4.970.635	9.941.270	9.941.270	8.240.948								**33.094.122**
Tratta 3					10.757.677	10.757.677	10.757.677	3.338.590						**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA														
Tratta 4+rotabili								18.706.345	18.706.345	18.706.345	18.706.345	24.957.484		**99.782.864**
Tratta 5A												3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B												1.903.953	2.140.229	**4.044.182**
TOTALE	**9.729.515**	**9.729.515**	**22.560.890**	**9.941.270**	**20.698.947**	**18.998.625**	**10.757.677**	**22.044.935**	**18.706.345**	**18.706.345**	**18.706.345**	**30.053.668**	**2.140.229**	**212.774.307**

Ripartizione temporale Costi economici di investimento Soluzione A Ipotesi 2 Scenario pessimistico

SOLUZIONE A IPOTESI 2														
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017						TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA														
Tratta 1A	9.729.515	9.729.515	10.003.812											**29.462.842**
Tratta 1B			7.586.443											**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI														
Tratta 2			4.970.635	9.941.270	9.941.270	8.240.948								**33.094.122**
Tratta 3					10.757.677	10.757.677	10.757.677	3.338.590						**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA														
Tratta 4								19.136.516	19.136.516	19.136.516	19.136.516	16.693.006		**93.239.071**
Tratta 5A												3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B												1.903.953	2.140.229	**4.044.182**
TOTALE	**9.729.515**	**9.729.515**	**22.560.890**	**9.941.270**	**20.698.947**	**18.998.625**	**10.757.677**	**22.475.106**	**19.136.516**	**19.136.516**	**19.136.516**	**21.789.191**	**2.140.229**	**206.230.513**

Ripartizione temporale Costi economici di investimento Soluzione B Scenario pessimistico

SOLUZIONE B													
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTALE
PORTO - FIUMICINO CENTRO - FIERA DI ROMA													
Tratta 1A	9.729.515	9.729.515	10.003.812										**29.462.842**
Tratta 1B			7.586.443										**7.586.443**
PORTO - FIUMICINO CENTRO - MACCARESE - CERVETERI/LADISPOLI													
Tratta 2			4.970.635	9.941.270	9.941.270	8.240.948							**33.094.122**
Tratta 3					10.757.677	10.757.677	10.757.677	3.338.590					**35.611.622**
FIERA - FIUMICINO CENTRO - OSTIA													
Tratta 4								17.189.344	17.189.344	17.189.344	19.888.838		**71.456.869**
Tratta 5A											3.192.231		**3.192.231**
Tratta 5B											2.022.091	2.022.091	**4.044.182**
TOTALE	9.729.515	9.729.515	22.560.890	9.941.270	20.698.947	18.998.625	10.757.677	20.527.933	17.189.344	17.189.344	25.103.161	2.022.091	184.448.311

Con una prolungata ripartizione dei valori economici degli investimenti nello scenario pessimistico anche il valore residuo delle opere e degli impianti risulta essere diverso.

- Per la **SOLUZIONE A – IPOTESI 1** il valore economico residuo degli investimenti ammonta a 74.464.072 Euro.
- Per la **SOLUZIONE A – IPOTESI 2** il valore economico residuo degli investimenti ammonta a 70.515.123 Euro.
- Per la **SOLUZIONE B** - il valore economico residuo degli investimento ammonta a 57.254.622 Euro.

15.2. COSTI ECONOMICI DI ESERCIZIO

Ai costi di trasporto finanziari sono stati applicati i fattori di conversione illustrati. Le tabelle seguenti illustrano i costi economici di esercizio giornalieri e annui previsti per tutte le soluzioni progettuali.

SOLUZIONE A – IPOTESI 1 – SCENARIO STANDARD (valori in Euro)

COSTI ECONOMICI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI – SOLUZIONE A – IPOTESI 1					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	3.073,1	**5.404,3**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	166,8	569,0	151,1	10.544,6	**11.431,5**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	137,5	659,6	163,5	10.622,7	**11.583,2**
TOTALE	**764,6**	**2.819,8**	**594,3**	**24.240,3**	**28.419,0**

COSTI ECONOMICI DI ESERCIZIO - ANNUALI - SOLUZIONE A – IPOTESI 1					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	885.047,1	**1.556.434,3**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	48.044,5	163.866,3	43.522,0	3.036.832,0	**3.292.264,8**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	39.591,8	189.973,8	47.078,4	3.059.324,4	**3.335.968,3**
TOTALE	**220.207,4**	**812.110,1**	**171.146,4**	**6.981.203,5**	**8.184.667,4**

SOLUZIONE A IPOTESI 2 SCENARIO STANDARD (valori in Euro)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - SOLUZIONE A - IPOTESI 2					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	3.073,1	**5.404,3**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	166,8	569,0	151,1	10.544,6	**11.431,5**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	137,5	659,6	163,5	11.336,8	**12.297,4**
TOTALE	**764,6**	**2.819,8**	**594,3**	**24.954,4**	**29.133,1**

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALI - SOLUZIONE A - IPOTESI 2					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	885.047,1	**1.556.434,3**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	48.044,5	163.866,3	43.522,0	3.036.832,0	**3.292.264,8**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	39.591,8	189.973,8	47.078,4	3.264.995,2	**3.541.639,2**
TOTALE	**220.207,4**	**812.110,1**	**171.146,4**	**7.186.874,4**	**8.390.338,3**

SOLUZIONE B SCENARIO STANDARD (valori in Euro)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	2.044,3	**4.375,5**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	166,8	569,0	151,1	6.497,6	**7.384,5**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	137,5	756,1	163,5	14.682,2	**15.739,2**
TOTALE	**764,6**	**2.916,3**	**594,3**	**23.224,0**	**27.499,2**

COSTI DI ESERCIZIO - ANNUALI - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	588.747,0	**1.260.134,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	48.044,5	163.866,3	43.522,0	1.871.301,3	**2.126.734,1**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	39.591,8	217.747,7	47.078,4	4.228.471,5	**4.532.889,4**
TOTALE	**220.207,4**	**839.884,1**	**171.146,4**	**6.688.519,9**	**7.919.757,7**

SOLUZIONE A IPOTESI 1 SCENARIO PESSIMISTICO (valori in Euro)

COSTI ECONOMICI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI – SOLUZIONE A IPOTESI 1					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	2.516,0	**4.847,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	120,8	409,9	123,2	6.406,8	**7.060,7**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	120,8	602,7	148,3	6.982,1	**7.853,9**
TOTALE	**701,9**	**2.603,8**	**551,2**	**15.904,9**	**19.761,7**

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE – SOLUZIONE A IPOTESI 1					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	724.600,0	**1.395.987,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	34.790,9	118.048,4	35.474,9	1.845.164,1	**2.033.478,3**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	34.784,4	173.568,3	42.713,1	2.010.845,6	**2.261.911,5**
TOTALE	**202.146,5**	**749.886,8**	**158.734,0**	**4.580.609,7**	**5.691.377,0**

SOLUZIONE A IPOTESI 2 SCENARIO PESSIMISTICO (valori in Euro)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - SOLUZIONE A - IPOTESI 2					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	2.516,0	**4.847,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	120,8	409,9	123,2	6.406,8	**7.060,7**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	120,8	602,7	148,3	7.775,6	**8.647,3**
TOTALE	**701,9**	**2.603,8**	**551,2**	**16.698,4**	**20.555,2**

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE – SOLUZIONE A IPOTESI 2					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	724.600,0	**1.395.987,2**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	34.790,9	118.048,4	35.474,9	1.845.164,1	**2.033.478,3**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	34.784,4	173.568,3	42.713,1	2.239.368,8	**2.490.434,6**
TOTALE	**202.146,5**	**749.886,8**	**158.734,0**	**4.809.132,9**	**5.919.900,2**

SOLUZIONE B SCENARIO PESSIMISTICO (valori in Euro)

COSTI DI ESERCIZIO - GIORNALIERI - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	460,3	1.591,2	279,7	2.516,7	**4.847,9**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	120,8	409,9	123,2	6.406,1	**7.059,9**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	120,8	699,1	148,3	6.647,7	**7.615,9**
TOTALE	**701,9**	**2.700,2**	**551,2**	**15.570,5**	**19.523,8**

COSTI DI ESERCIZIO COMPLESSIVO ANNUALE - IPOTESI B					
COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
T1A - Fiumicino centro direzionale-Fiera di Roma	132.571,1	458.270,1	80.546,0	724.815,3	**1.396.202,5**
T 1 + 2 + 3 - Cerveteri-Maccarese-Fiumicino-Porto	34.790,9	118.048,4	35.474,9	1.844.948,8	**2.033.263,0**
T 4+ 5 - Fiumicino - Ostia - Colombo	34.784,4	201.344,2	42.713,1	1.914.545,1	**2.193.386,8**
TOTALE	**202.146,5**	**777.662,7**	**158.734,0**	**4.484.309,2**	**5.622.852,3**

La tabella seguente mostra la sintesi dei costi di esercizio dello scenario standard di tutte le soluzioni progettuali con la ripartizione temporale di essi.

Sintesi costi di esercizio – Scenario standard (valori in Euro)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2012	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	588.747	1.260.134
2013	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	588.747	1.260.134
2014	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**3.921.879**	**4.848.699**	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**3.921.879**	**4.848.699**	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**2.460.048**	**3.386.868**
2015	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	2.460.048	3.386.868
2016	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	2.460.048	3.386.868
2017	200.412	717.123	147.607	5.451.541	6.516.683	200.412	717.123	147.607	5.554.377	6.619.519	200.412	731.010	147.607	4.574.284	5.653.313
2018	220.207	812.110	171.146	6.981.204	8.184.667	220.207	812.110	171.146	7.186.874	8.390.338	220.207	839.884	171.146	6.688.520	7.919.758
2019	**228.410**	**820.231**	**179.267**	**7.241.259**	**8.469.168**	**228.410**	**820.231**	**172.858**	**7.454.591**	**8.676.091**	**228.410**	**848.283**	**172.858**	**6.937.673**	**8.187.224**
2020	234.969	828.352	187.389	7.449.200	8.699.910	234.969	828.352	174.569	7.668.659	8.906.550	234.969	856.682	174.569	7.136.896	8.403.116
2021	297.605	836.473	195.510	9.434.926	10.764.514	297.605	836.473	176.281	9.712.885	11.023.244	297.605	865.081	176.281	9.039.371	10.378.337
2022	302.615	844.595	203.631	9.593.762	10.944.602	302.615	844.595	177.992	9.876.401	11.201.602	302.615	873.479	177.992	9.191.548	10.545.635
2023	307.406	852.716	211.752	9.745.647	11.117.520	307.406	852.716	179.704	10.032.760	11.372.585	307.406	881.878	179.704	9.337.065	10.706.053
2024	**312.046**	**860.837**	**219.873**	**9.892.736**	**11.285.491**	**312.046**	**860.837**	**181.415**	**10.184.182**	**11.538.480**	**312.046**	**890.277**	**181.415**	**9.477.987**	**10.861.725**
2025	316.582	868.958	227.994	10.036.540	11.450.073	316.582	868.958	183.127	10.332.223	11.700.889	316.582	898.676	183.127	9.615.763	11.014.147
2026	321.049	877.079	236.115	10.178.154	11.612.397	321.049	877.079	184.838	10.478.009	11.860.975	321.049	907.075	184.838	9.751.440	11.164.401
2027	325.472	885.200	244.236	10.318.393	11.773.302	325.472	885.200	186.550	10.622.380	12.019.602	325.472	915.474	186.550	9.885.800	11.313.295
2028	329.872	893.321	252.357	10.457.880	11.933.430	329.872	893.321	188.261	10.765.976	12.177.430	329.872	923.872	188.261	10.019.438	11.461.443
2029	**334.263**	**901.442**	**260.478**	**10.597.097**	**12.093.281**	**334.263**	**901.442**	**189.972**	**10.909.295**	**12.334.973**	**334.263**	**932.271**	**189.972**	**10.152.819**	**11.609.326**
2030	338.658	909.563	268.600	10.736.432	12.253.253	338.658	909.563	191.684	11.052.734	12.492.640	338.658	940.670	191.684	10.286.312	11.757.324
2031	343.067	917.684	276.721	10.876.195	12.413.667	343.067	917.684	193.395	11.196.615	12.650.762	343.067	949.069	193.395	10.420.216	11.905.747
2032	347.497	925.806	284.842	11.016.644	12.574.788	347.497	925.806	195.107	11.341.202	12.809.611	347.497	957.468	195.107	10.554.777	12.054.848
2033	351.955	933.927	292.963	11.157.994	12.736.839	351.955	933.927	196.818	11.486.715	12.969.416	351.955	965.867	196.818	10.690.200	12.204.840
2034	**356.448**	**942.048**	**301.084**	**11.300.425**	**12.900.005**	**356.448**	**942.048**	**198.530**	**11.633.343**	**13.130.369**	**356.448**	**974.266**	**198.530**	**10.826.660**	**12.355.904**
2035	360.980	950.169	309.205	11.444.096	13.064.450	360.980	950.169	200.241	11.781.247	13.292.637	360.980	982.664	200.241	10.964.308	12.508.193
2036	365.555	958.290	317.326	11.589.143	13.230.314	365.555	958.290	201.953	11.930.566	13.456.364	365.555	991.063	201.953	11.103.273	12.661.844
2037	370.178	966.411	325.447	11.735.685	13.397.721	370.178	966.411	203.664	12.081.426	13.621.679	370.178	999.462	203.664	11.243.672	12.816.976
2038	374.850	974.532	333.568	11.883.831	13.566.782	374.850	974.532	205.376	12.233.936	13.788.694	374.850	1.007.861	205.376	11.385.607	12.973.694
2039	**379.577**	**982.653**	**341.689**	**12.033.676**	**13.737.596**	**379.577**	**982.653**	**207.087**	**12.388.197**	**13.957.514**	**379.577**	**1.016.260**	**207.087**	**11.529.170**	**13.132.094**
2040	384.360	990.774	349.811	12.185.311	13.910.256	384.360	990.774	208.799	12.544.298	14.128.231	384.360	1.024.659	208.799	11.674.448	13.292.265
2041	389.202	998.895	357.932	12.338.816	14.084.845	389.202	998.895	210.510	12.702.325	14.300.933	389.202	1.033.057	210.510	11.821.517	13.454.286
2042	394.105	1.007.017	366.053	12.494.266	14.261.440	394.105	1.007.017	212.222	12.862.355	14.475.698	394.105	1.041.456	212.222	11.970.450	13.618.233
2043	399.072	1.015.138	374.174	12.651.732	14.440.116	399.072	1.015.138	213.933	13.024.460	14.652.603	399.072	1.049.855	213.933	12.121.314	13.784.175
2044	**404.105**	**1.023.259**	**382.295**	**12.811.281**	**14.620.940**	**404.105**	**1.023.259**	**215.644**	**13.188.710**	**14.831.718**	**404.105**	**1.058.254**	**215.644**	**12.274.174**	**13.952.178**
2045	409.205	1.031.380	390.416	12.972.977	14.803.978	409.205	1.031.380	217.356	13.355.169	15.013.110	409.205	1.066.653	217.356	12.429.091	14.122.305
2046	414.375	1.039.501	398.537	13.136.879	14.989.293	414.375	1.039.501	219.067	13.523.900	15.196.844	414.375	1.075.052	219.067	12.586.122	14.294.616
2047	419.617	1.047.622	406.658	13.303.047	15.176.944	419.617	1.047.622	220.779	13.694.963	15.382.981	419.617	1.083.450	220.779	12.745.323	14.469.169

Sintesi costi di esercizio – Scenario pessimistico (valori in Euro)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2013	132.571	458.270	80.546	724.600	1.395.987	132.571	458.270	80.546	724.600	1.395.987	132.571	458.270	80.546	724.815	1.396.202
2014	132.571	458.270	80.546	724.600	1.395.987	132.571	458.270	80.546	724.600	1.395.987	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466
2015	**167.362**	**576.318**	**116.021**	**2.569.764**	**3.429.466**	**167.362**	**576.318**	**116.021**	**2.569.764**	**3.429.466**	**167.362**	**576.318**	**116.021**	**2.569.764**	**3.429.466**
2016	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466
2017	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466	167.362	576.318	116.021	2.569.764	3.429.466	184.754	676.991	137.377	3.527.037	4.526.159
2018	184.754	663.103	137.377	3.575.187	4.560.421	184.754	663.103	137.377	3.689.449	4.674.683	202.146	777.663	158.734	4.484.309	5.622.852
2019	202.146	749.887	158.734	4.580.610	5.691.377	202.146	749.887	158.734	4.809.133	5.919.900	209.725	785.439	160.321	4.652.425	5.807.911
2020	**209.725**	**757.386**	**166.233**	**4.752.336**	**5.885.679**	**209.725**	**757.386**	**160.321**	**4.989.426**	**6.116.858**	**215.781**	**793.216**	**161.909**	**4.786.779**	**5.957.685**
2021	215.781	764.885	173.732	4.889.576	6.043.973	215.781	764.885	161.909	5.133.513	6.276.087	328.107	800.993	163.496	7.278.542	8.571.138
2022	328.107	772.383	181.231	7.434.849	8.716.570	328.107	772.383	163.496	7.805.768	9.069.754	328.675	808.769	165.083	7.291.155	8.593.683
2023	328.675	779.882	188.729	7.447.733	8.745.020	328.675	779.882	165.083	7.819.295	9.092.935	328.825	816.546	166.671	7.294.476	8.606.517
2024	328.825	787.381	196.228	7.451.125	8.763.559	328.825	787.381	166.671	7.822.856	9.105.733	328.662	824.322	168.258	7.290.870	8.612.113
2025	**328.662**	**794.880**	**203.727**	**7.447.442**	**8.774.711**	**328.662**	**794.880**	**168.258**	**7.818.989**	**9.110.790**	**328.261**	**832.099**	**169.845**	**7.281.968**	**8.612.173**
2026	328.261	802.379	211.226	7.438.348	8.780.214	328.261	802.379	169.845	7.809.442	9.109.927	327.673	839.876	171.433	7.268.926	8.607.908
2027	327.673	809.878	218.725	7.425.027	8.781.302	327.673	809.878	171.433	7.795.456	9.104.439	326.937	847.652	173.020	7.252.591	8.600.201
2028	326.937	817.377	226.224	7.408.341	8.778.878	326.937	817.377	173.020	7.777.937	9.095.271	326.080	855.429	174.607	7.233.595	8.589.711
2029	326.080	824.876	233.723	7.388.936	8.773.615	326.080	824.876	174.607	7.757.564	9.083.128	325.126	863.206	176.195	7.212.417	8.576.943
2030	**325.126**	**832.374**	**241.222**	**7.367.303**	**8.766.025**	**325.126**	**832.374**	**176.195**	**7.734.852**	**9.068.547**	**324.090**	**870.982**	**177.782**	**7.189.430**	**8.562.284**
2031	324.090	839.873	248.720	7.343.823	8.756.506	324.090	839.873	177.782	7.710.201	9.051.946	322.985	878.759	179.369	7.164.928	8.546.042
2032	322.985	847.372	256.219	7.318.795	8.745.371	322.985	847.372	179.369	7.683.924	9.033.651	321.823	886.535	180.957	7.139.144	8.528.459
2033	321.823	854.871	263.718	7.292.458	8.732.869	321.823	854.871	180.957	7.656.273	9.013.923	320.611	894.312	182.544	7.112.267	8.509.735
2034	320.611	862.370	271.217	7.265.003	8.719.201	320.611	862.370	182.544	7.627.449	8.992.974	319.357	902.089	184.131	7.084.450	8.490.028
2035	**319.357**	**869.869**	**278.716**	**7.236.589**	**8.704.531**	**319.357**	**869.869**	**184.131**	**7.597.617**	**8.970.974**	**318.067**	**909.865**	**185.719**	**7.055.820**	**8.469.471**
2036	318.067	877.368	286.215	7.207.344	8.688.992	318.067	877.368	185.719	7.566.913	8.948.065	316.744	917.642	187.306	7.026.481	8.448.173
2037	316.744	884.866	293.714	7.177.375	8.672.699	316.744	884.866	187.306	7.535.449	8.924.365	315.394	925.419	188.893	6.996.522	8.426.228
2038	315.394	892.365	301.212	7.146.772	8.655.744	315.394	892.365	188.893	7.503.319	8.899.972	314.018	933.195	190.481	6.966.017	8.403.711
2039	314.018	899.864	308.711	7.115.612	8.638.206	314.018	899.864	190.481	7.470.604	8.874.968	312.621	940.972	192.068	6.935.028	8.380.690
2040	**312.621**	**907.363**	**316.210**	**7.083.958**	**8.620.153**	**312.621**	**907.363**	**192.068**	**7.437.371**	**8.849.424**	**311.205**	**948.748**	**193.655**	**6.903.610**	**8.357.219**
2041	311.205	914.862	323.709	7.051.865	8.601.641	311.205	914.862	193.655	7.403.677	8.823.400	309.772	956.525	195.243	6.871.809	8.333.348
2042	309.772	922.361	331.208	7.019.381	8.582.721	309.772	922.361	195.243	7.369.573	8.796.948	308.323	964.302	196.830	6.839.664	8.309.119
2043	308.323	929.860	338.707	6.986.546	8.563.435	308.323	929.860	196.830	7.335.100	8.770.112	306.860	972.078	198.417	6.807.211	8.284.567
2044	306.860	937.359	346.206	6.953.396	8.543.820	306.860	937.359	198.417	7.300.296	8.742.931	305.384	979.855	200.005	6.774.480	8.259.724
2045	**305.384**	**944.857**	**353.705**	**6.919.962**	**8.523.908**	**305.384**	**944.857**	**200.005**	**7.265.193**	**8.715.440**	**303.897**	**987.632**	**201.592**	**6.741.496**	**8.234.617**
2046	303.897	952.356	361.203	6.886.270	8.503.727	303.897	952.356	201.592	7.229.821	8.687.667	302.400	995.408	203.179	6.708.284	8.209.272
2047	302.400	959.855	368.702	6.852.345	8.483.302	302.400	959.855	203.179	7.194.203	8.659.638	300.894	1.003.185	204.767	6.674.865	8.183.710

Sintesi costi di esercizio – Scenario ottimistico (valori in Euro)

Anno	SOLUZIONE A Ipotesi 1					SOLUZIONE A Ipotesi 2					SOLUZIONE B				
	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri	Costo di gestione				Totale costo di trasporto passeggeri
	Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione		Personale	Trazione	Illuminazione	Manutenzione	
2012	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	588.747	1.260.134
2013	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	885.047	1.556.434	132.571	458.270	80.546	588.747	1.260.134
2014	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**3.921.879**	**4.848.699**	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**3.921.879**	**4.848.699**	**180.616**	**622.136**	**124.068**	**2.460.048**	**3.386.868**
2015	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	2.460.048	3.386.868
2016	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	3.921.879	4.848.699	180.616	622.136	124.068	2.460.048	3.386.868
2017	200.412	717.123	147.607	5.451.541	6.516.683	200.412	717.123	147.607	5.554.377	6.619.519	200.412	731.010	147.607	4.574.284	5.653.313
2018	220.207	812.110	171.146	6.981.204	8.184.667	220.207	812.110	171.146	7.186.874	8.390.338	220.207	839.884	171.146	6.688.520	7.919.758
2019	**228.373**	**820.231**	**179.267**	**7.240.089**	**8.467.962**	**228.373**	**820.231**	**172.858**	**7.453.387**	**8.674.850**	**228.373**	**848.283**	**172.858**	**6.936.552**	**8.186.066**
2020	234.905	828.352	187.389	7.447.173	8.697.820	234.905	828.352	174.569	7.666.572	8.904.399	234.905	856.682	174.569	7.134.954	8.401.111
2021	255.669	836.473	195.510	8.105.449	9.393.102	255.669	836.473	176.281	8.344.241	9.612.665	255.669	865.081	176.281	7.765.632	9.062.663
2022	263.758	844.595	203.631	8.361.875	9.673.858	263.758	844.595	177.992	8.608.221	9.894.565	263.758	873.479	177.992	8.011.307	9.326.536
2023	271.793	852.716	211.752	8.616.617	9.952.877	271.793	852.716	179.704	8.870.468	10.174.680	271.793	881.878	179.704	8.255.369	9.588.744
2024	**279.810**	**860.837**	**219.873**	**8.870.760**	**10.231.279**	**279.810**	**860.837**	**181.415**	**9.132.098**	**10.454.160**	**279.810**	**890.277**	**181.415**	**8.498.858**	**9.850.359**
2025	287.832	868.958	227.994	9.125.097	10.509.881	287.832	868.958	183.127	9.393.929	10.733.845	287.832	898.676	183.127	8.742.532	10.112.166
2026	295.880	877.079	236.115	9.380.227	10.789.300	295.880	877.079	184.838	9.656.574	11.014.371	295.880	907.075	184.838	8.986.965	10.374.757
2027	303.967	885.200	244.236	9.636.611	11.070.014	303.967	885.200	186.550	9.920.512	11.296.229	303.967	915.474	186.550	9.232.601	10.638.591
2028	312.105	893.321	252.357	9.894.620	11.352.404	312.105	893.321	188.261	10.186.122	11.579.810	312.105	923.872	188.261	9.479.793	10.904.032
2029	**320.304**	**901.442**	**260.478**	**10.154.553**	**11.636.778**	**320.304**	**901.442**	**189.972**	**10.453.713**	**11.865.432**	**320.304**	**932.271**	**189.972**	**9.728.828**	**11.171.376**
2030	328.572	909.563	268.600	10.416.659	11.923.393	328.572	909.563	191.684	10.723.540	12.153.359	328.572	940.670	191.684	9.979.945	11.440.871
2031	336.914	917.684	276.721	10.681.148	12.212.467	336.914	917.684	193.395	10.995.821	12.443.816	336.914	949.069	193.395	10.233.346	11.712.724
2032	345.338	925.806	284.842	10.948.202	12.504.188	345.338	925.806	195.107	11.270.743	12.736.994	345.338	957.468	195.107	10.489.204	11.987.117
2033	353.848	933.927	292.963	11.217.982	12.798.719	353.848	933.927	196.818	11.548.471	13.033.063	353.848	965.867	196.818	10.747.673	12.264.206
2034	**362.448**	**942.048**	**301.084**	**11.490.628**	**13.096.207**	**362.448**	**942.048**	**198.530**	**11.829.149**	**13.332.175**	**362.448**	**974.266**	**198.530**	**11.008.889**	**12.544.132**
2035	371.142	950.169	309.205	11.766.270	13.396.786	371.142	950.169	200.241	12.112.912	13.634.464	371.142	982.664	200.241	11.272.975	12.827.022
2036	379.935	958.290	317.326	12.045.025	13.700.576	379.935	958.290	201.953	12.399.879	13.940.057	379.935	991.063	201.953	11.540.043	13.112.994
2037	388.829	966.411	325.447	12.327.001	14.007.689	388.829	966.411	203.664	12.690.163	14.249.067	388.829	999.462	203.664	11.810.197	13.402.153
2038	397.829	974.532	333.568	12.612.301	14.318.230	397.829	974.532	205.376	12.983.868	14.561.604	397.829	1.007.861	205.376	12.083.537	13.694.602
2039	**406.936**	**982.653**	**341.689**	**12.901.021**	**14.632.300**	**406.936**	**982.653**	**207.087**	**13.281.094**	**14.877.770**	**406.936**	**1.016.260**	**207.087**	**12.360.152**	**13.990.434**
2040	416.153	990.774	349.811	13.193.252	14.949.991	416.153	990.774	208.799	13.581.934	15.197.661	416.153	1.024.659	208.799	12.640.132	14.289.742
2041	425.485	998.895	357.932	13.489.083	15.271.395	425.485	998.895	210.510	13.886.480	15.521.370	425.485	1.033.057	210.510	12.923.559	14.592.612
2042	434.932	1.007.017	366.053	13.788.597	15.596.599	434.932	1.007.017	212.222	14.194.819	15.848.989	434.932	1.041.456	212.222	13.210.517	14.899.127
2043	444.499	1.015.138	374.174	14.091.878	15.925.689	444.499	1.015.138	213.933	14.507.034	16.180.604	444.499	1.049.855	213.933	13.501.083	15.209.370
2044	**454.186**	**1.023.259**	**382.295**	**14.399.006**	**16.258.747**	**454.186**	**1.023.259**	**215.644**	**14.823.211**	**16.516.300**	**454.186**	**1.058.254**	**215.644**	**13.795.335**	**15.523.420**
2045	463.998	1.031.380	390.416	14.710.060	16.595.854	463.998	1.031.380	217.356	15.143.428	16.856.162	463.998	1.066.653	217.356	14.093.348	15.841.355
2046	473.936	1.039.501	398.537	15.025.118	16.937.092	473.936	1.039.501	219.067	15.467.768	17.200.272	473.936	1.075.052	219.067	14.395.197	16.163.252
2047	484.002	1.047.622	406.658	15.344.255	17.282.538	484.002	1.047.622	220.779	15.796.307	17.548.711	484.002	1.083.450	220.779	14.700.955	16.489.186

15.3. BENEFICI ECONOMICI

La stima dei benefici economici relativi ai flussi di cassa individuati dalla valutazione dei costi e dei benefici finanziari sarà determinata nell'ambito della presente analisi economica, applicando ai benefici finanziari i fattori di conversione illustrati precedentemente. Nelle tabelle seguenti sono illustrati i ricavi finanziari che si ottengono in riferimento alle ipotesi progettali nello scenario standard, pessimistico ed ottimistico.

FLUSSI PASSEGGERI E RICAVI SCENARIO STANDARD SOLUZIONE PROGETTUALE A E B

SOLUZIONE A					SOLUZIONE B			
Anno	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi
2012	3.008.023	-	1.684.493	1.684.493	33.346.216	-	1.647.036	1.647.036
2013	6.330.686	52,49%	3.545.184	1.860.691	70.180.454	52,49%	3.466.353	1.819.317
2014	**9.943.589**	**36,33%**	**5.568.410**	**2.023.226**	**110.232.227**	**36,33%**	**5.444.590**	**1.978.237**
2015	12.115.638	17,93%	6.784.757	1.216.347	134.311.035	17,93%	6.633.891	1.189.300
2016	22.075.608	45,12%	12.362.340	5.577.583	244.724.856	45,12%	12.087.450	5.453.559
2017	23.665.305	6,72%	13.252.571	890.231	262.347.861	6,72%	12.957.886	870.435
2018	24.856.548	4,79%	13.919.667	667.096	275.553.688	4,79%	13.610.148	652.262
2019	**25.782.475**	**3,59%**	**14.438.186**	**518.519**	**285.818.288**	**3,59%**	**14.117.137**	**506.989**
2020	26.522.848	2,79%	14.852.795	414.609	294.025.893	2,79%	14.522.527	405.390
2021	33.593.016	21,05%	18.812.089	3.959.294	372.404.064	21,05%	18.393.782	3.871.255
2022	34.158.552	1,66%	19.128.789	316.700	378.673.461	1,66%	18.703.440	309.658
2023	34.699.338	1,56%	19.431.629	302.840	384.668.479	1,56%	18.999.546	296.106
2024	**35.223.047**	**1,49%**	**19.724.906**	**293.277**	**390.474.191**	**1,49%**	**19.286.301**	**286.756**
2025	35.735.061	1,43%	20.011.634	286.728	396.150.259	1,43%	19.566.654	280.352
2026	36.239.278	1,39%	20.293.996	282.362	401.739.887	1,39%	19.842.737	276.083
2027	36.738.600	1,36%	20.573.616	279.620	407.275.245	1,36%	20.116.139	273.402
2028	37.235.239	1,33%	20.851.734	278.118	412.780.873	1,33%	20.388.073	271.934
2029	**37.730.923**	**1,31%**	**21.129.317**	**277.583**	**418.275.904**	**1,31%**	**20.659.483**	**271.411**
2030	38.227.023	1,30%	21.407.133	277.816	423.775.549	1,30%	20.931.122	271.638
2031	38.724.650	1,29%	21.685.804	278.671	429.292.122	1,29%	21.203.597	272.475
2032	39.224.718	1,27%	21.965.842	280.038	434.835.759	1,27%	21.477.408	273.811
2033	39.727.992	1,27%	22.247.676	281.833	440.414.932	1,27%	21.752.974	275.567
2034	**40.235.120**	**1,26%**	**22.531.667**	**283.992**	**446.036.829**	**1,26%**	**22.030.651**	**277.677**
2035	40.746.660	1,26%	22.818.129	286.462	451.707.633	1,26%	22.310.743	280.092
2036	41.263.097	1,25%	23.107.334	289.205	457.432.730	1,25%	22.593.517	282.774
2037	41.784.860	1,25%	23.399.522	292.187	463.216.872	1,25%	22.879.208	285.690
2038	42.312.332	1,25%	23.694.906	295.384	469.064.299	1,25%	23.168.024	288.816
2039	**42.845.858**	**1,25%**	**23.993.681**	**298.775**	**474.978.839**	**1,25%**	**23.460.155**	**292.131**
2040	43.385.752	1,24%	24.296.021	302.341	480.963.978	1,24%	23.755.773	295.618
2041	43.932.305	1,24%	24.602.091	306.069	487.022.926	1,24%	24.055.036	299.264
2042	44.485.784	1,24%	24.912.039	309.948	493.158.666	1,24%	24.358.093	303.056
2043	45.046.442	1,24%	25.226.008	313.969	499.373.986	1,24%	24.665.080	306.987
2044	**45.614.517**	**1,25%**	**25.544.129**	**318.122**	**505.671.522**	**1,25%**	**24.976.128**	**311.048**
2045	46.190.233	1,25%	25.866.531	322.401	512.053.773	1,25%	25.291.360	315.232
2046	46.773.807	1,25%	26.193.332	326.801	518.523.132	1,25%	25.610.895	319.535
2047	47.365.446	1,25%	26.524.650	331.318	525.081.898	1,25%	25.934.845	323.951

FLUSSI PASSEGGERI E RICAVI SCENARIO PESSIMISTA SOLUZIONE PROGETTUALE A E B

SOLUZIONE A					SOLUZIONE B			
Anno	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi
2010	-	-	-	v	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-		-	-	-	-
2013	43.264.329	-	2.136.912	2.136.912	25.391.246	100,00%	1.254.124	1.254.124
2014	**72.053.104**	**39,95%**	**3.558.847**	**1.421.935**	**42.286.986**	**39,95%**	**2.088.639**	**834.514**
2015	89.645.594	19,62%	4.427.775	868.928	52.611.779	19,62%	2.598.601	509.962
2016	206.107.078	56,51%	10.180.041	5.752.266	120.961.438	56,51%	5.974.527	3.375.926
2017	221.083.474	6,77%	10.919.755	739.714	129.750.881	6,77%	6.408.656	434.128
2018	232.295.386	4,83%	11.473.534	553.779	136.331.000	4,83%	6.733.661	325.005
2019	**241.004.093**	**3,61%**	**11.903.674**	**430.140**	**141.442.021**	**3,61%**	**6.986.104**	**252.444**
2020	247.963.898	2,81%	12.247.433	343.759	145.526.636	2,81%	7.187.852	201.747
2021	377.041.754	34,23%	18.622.846	6.375.413	221.280.672	34,23%	10.929.495	3.741.643
2022	377.695.127	0,17%	18.655.118	32.271	221.664.128	0,17%	10.948.435	18.940
2023	377.867.147	0,05%	18.663.614	8.496	221.765.084	0,05%	10.953.421	4.986
2024	**377.680.371**	**-0,05%**	**18.654.389**	**-9.225**	**221.655.468**	**-0,05%**	**10.948.007**	**-5.414**
2025	377.219.200	-0,12%	18.631.611	-22.778	221.384.813	-0,12%	10.934.639	-13.368
2026	376.543.626	-0,18%	18.598.243	-33.368	220.988.328	-0,18%	10.915.055	-19.583
2027	375.697.448	-0,23%	18.556.448	-41.794	220.491.718	-0,23%	10.890.527	-24.529
2028	374.713.375	-0,26%	18.507.843	-48.605	219.914.179	-0,26%	10.862.001	-28.526
2029	**373.616.319**	**-0,29%**	**18.453.657**	**-54.186**	**219.270.331**	**-0,29%**	**10.830.200**	**-31.801**
2030	372.425.579	-0,32%	18.394.844	-58.813	218.571.502	-0,32%	10.795.684	-34.517
2031	371.156.337	-0,34%	18.332.154	-62.690	217.826.601	-0,34%	10.758.891	-36.792
2032	369.820.691	-0,36%	18.266.184	-65.970	217.042.729	-0,36%	10.720.174	-38.717
2033	368.428.403	-0,38%	18.197.416	-68.768	216.225.614	-0,38%	10.679.816	-40.359
2034	**366.987.429**	**-0,39%**	**18.126.243**	**-71.173**	**215.379.926**	**-0,39%**	**10.638.045**	**-41.770**
2035	365.504.323	-0,41%	18.052.990	-73.254	214.509.511	-0,41%	10.595.054	-42.992
2036	363.984.523	-0,42%	17.977.924	-75.066	213.617.561	-0,42%	10.550.999	-44.055
2037	362.432.587	-0,43%	17.901.270	-76.653	212.706.751	-0,43%	10.506.012	-44.987
2038	360.852.355	-0,44%	17.823.220	-78.051	211.779.335	-0,44%	10.460.205	-45.807
2039	**359.247.091**	**-0,45%**	**17.743.932**	**-79.287**	**210.837.227**	**-0,45%**	**10.413.672**	**-46.533**
2040	357.619.579	-0,46%	17.663.546	-80.386	209.882.062	-0,46%	10.366.495	-47.177
2041	355.972.217	-0,46%	17.582.180	-81.367	208.915.248	-0,46%	10.318.742	-47.753
2042	354.307.072	-0,47%	17.499.935	-82.245	207.937.997	-0,47%	10.270.474	-48.268
2043	352.625.940	-0,48%	17.416.900	-83.034	206.951.364	-0,48%	10.221.742	-48.732
2044	**350.930.389**	**-0,48%**	**17.333.154**	**-83.747**	**205.956.268**	**-0,48%**	**10.172.592**	**-49.150**
2045	349.221.791	-0,49%	17.248.763	-84.391	204.953.515	-0,49%	10.123.064	-49.528
2046	347.501.353	-0,50%	17.163.787	-84.976	203.943.813	-0,50%	10.073.193	-49.871
2047	345.770.142	-0,50%	17.078.279	-85.508	202.927.789	-0,50%	10.023.009	-50.183

FLUSSI PASSEGGERI E RICAVI SCENARIO OTTIMISTICO SOLUZIONE PROGETTUALE A E B

SOLUZIONE A					SOLUZIONE B			
Anno	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi	Pass. Km	Incrementi %	Entrate Anno Euro	Incrementi
2010	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	0	-	-	-	0	-
2012	50.367.098	-	2.487.732	2.487.732	49.247.130	-	2.432.414	2.432.414
2013	100.288.637	49,78%	4.953.456	2.465.725	98.058.609	49,78%	4.843.311	2.410.897
2014	**153.425.105**	**34,63%**	**7.577.973**	**2.624.516**	**150.013.530**	**34,63%**	**7.409.468**	**2.566.157**
2015	185.085.421	17,11%	9.141.739	1.563.766	180.969.845	17,11%	8.938.463	1.528.994
2016	294.473.593	37,15%	14.544.640	5.402.901	287.925.650	37,15%	14.221.224	5.282.761
2017	315.544.762	6,68%	15.585.387	1.040.747	308.528.280	6,68%	15.238.829	1.017.605
2018	331.345.155	4,77%	16.365.800	780.413	323.977.333	4,77%	16.001.888	763.060
2019	**343.632.518**	**3,58%**	**16.972.697**	**606.897**	**335.991.473**	**3,58%**	**16.595.291**	**593.402**
2020	353.461.232	2,78%	17.458.157	485.460	345.601.635	2,78%	17.069.956	474.665
2021	384.704.637	8,12%	19.001.331	1.543.174	376.150.309	8,12%	18.578.816	1.508.860
2022	396.875.214	3,07%	19.602.461	601.129	388.050.260	3,07%	19.166.578	587.762
2023	408.965.904	2,96%	20.199.644	597.183	399.872.100	2,96%	19.750.483	583.904
2024	**421.028.169**	**2,86%**	**20.795.423**	**595.779**	**411.666.147**	**2,86%**	**20.333.014**	**582.532**
2025	433.099.644	2,79%	21.391.658	596.234	423.469.200	2,79%	20.915.991	582.976
2026	445.208.710	2,72%	21.989.749	598.091	435.309.008	2,72%	21.500.783	584.792
2027	457.377.371	2,66%	22.590.783	601.034	447.207.085	2,66%	22.088.452	587.670
2028	469.623.116	2,61%	23.195.625	604.842	459.180.532	2,61%	22.679.845	591.393
2029	**481.960.167**	**2,56%**	**23.804.977**	**609.352**	**471.243.256**	**2,56%**	**23.275.647**	**595.802**
2030	494.400.341	2,52%	24.419.422	614.445	483.406.809	2,52%	23.876.429	600.782
2031	506.953.643	2,48%	25.039.454	620.033	495.680.975	2,48%	24.482.675	606.246
2032	519.628.706	2,44%	25.665.501	626.047	508.074.194	2,44%	25.094.801	612.126
2033	532.433.101	2,40%	26.297.936	632.435	520.593.869	2,40%	25.713.172	618.372
2034	**545.373.573**	**2,37%**	**26.937.092**	**639.156**	**533.246.596**	**2,37%**	**26.338.116**	**624.943**
2035	558.456.216	2,34%	27.583.269	646.178	546.038.332	2,34%	26.969.925	631.809
2036	571.686.607	2,31%	28.236.745	653.475	558.974.530	2,31%	27.608.870	638.945
2037	585.069.910	2,29%	28.897.773	661.028	572.060.241	2,29%	28.255.199	646.329
2038	598.610.959	2,26%	29.566.592	668.819	585.300.190	2,26%	28.909.147	653.948
2039	**612.314.317**	**2,24%**	**30.243.429**	**676.836**	**598.698.839**	**2,24%**	**29.570.933**	**661.786**
2040	626.184.331	2,22%	30.928.496	685.068	612.260.438	2,22%	30.240.768	669.835
2041	640.225.174	2,19%	31.622.002	693.505	625.989.067	2,19%	30.918.852	678.084
2042	654.440.873	2,17%	32.324.144	702.142	639.888.665	2,17%	31.605.381	686.529
2043	668.835.341	2,15%	33.035.115	710.972	653.963.056	2,15%	32.300.543	695.162
2044	**683.412.397**	**2,13%**	**33.755.105**	**719.990**	**668.215.975**	**2,13%**	**33.004.523**	**703.980**
2045	698.175.785	2,11%	34.484.298	729.193	682.651.083	2,11%	33.717.502	712.979
2046	713.129.190	2,10%	35.222.877	738.579	697.271.983	2,10%	34.439.658	722.155
2047	728.276.250	2,08%	35.971.021	748.144	712.082.231	2,08%	35.171.166	731.508

Oltre ai ricavi economici direttamente connessi alla vendita del servizio di trasporto e quindi alle tariffe è necessario considerare almeno in via preliminare altri benefici socio – economici che nel nostro caso possono essere i seguenti: esternalità positive (ambiente, sicurezza nei trasporti); risparmio del tempo; risparmi sui costi di gestione del trasporto stradale; impatto socio – economico della nuova infrastruttura nel contesto regionale. In generale per costi esterni dei trasporti, s'intendono i danni che ricadono sulla collettività (individui o Stato) e che non sono sostenuti dagli utenti o dai gestori dei servizi di trasporto.

Per calcolare i costi esterni delle soluzioni progettuali e della ipotesi 0 sono stati utilizzati i costi esterni medi definiti dallo studio "External Costs of Transport - Infras" rilevati in 17 paesi europei.

Costi esterni specifici imputabili ai trasporti passeggeri stradali e ferroviari nel 2000

Euro / 1000 Pkm

	STRADA			FERROVIA
	AUTOVETTURE	MOTOCICLI	AUTOBUS	
INQUINAM. ATMOSFER.	12,7	3,8	20,7	6,9
RUMORE	5,2	16	1,3	3,9
INCIDENTI	30,9	188,6	2,4	0,8
CONGESTIONE	17,8	-	3,7	1,7
CAMBIAMENTO CLIMATICO (ipotesi massima)	17,6	11,7	8,3	6,2
CAMBIAMENTO CLIMATICO (ipotesi minima)	2,5	1,7	1,2	0,9
NATURA E PAESAGGIO	2,9	2,1	0,7	0,6
UP/DOWN-STREAM PROCESS	5,2	3	3,9	3,4
URBAN EFFECTS	1,6	1,1	0,4	1,3

Fonte: INFRAS/IWW – External costs of transport – Results 2000

Se in particolare ci si sofferma sul confronto per categorie di esternalità tra il trasporto passeggeri ferroviario e il trasporto passeggeri su strada, le due modalità che più interessano il progetto in esame, possiamo notare come i maggiori differenziali di costo si presentano, oltre che per l'inquinamento atmosferico e la congestione dove il trasporto ferroviario ha costi esterni specifici trascurabili, per i gas serra (10 volte inferiori rispetto alla strada) e per le conseguenze degli incidenti (circa 30 volte inferiori) che sono nel settore ferroviario praticamente inesistenti. Ai fini di questo studio è necessario applicare il differenziale di costo esterno per passeggeri km deviati dalla strada alla ferrovia. A questo scopo è stato calcolato il flusso dei passeggeri in assenza degli interventi e si è previsto quindi il numero di passeggeri trasportato negli anni di analisi dal trasporto individuale e pubblico stradale.

Si prevede quindi che nel caso di assenza di intervento la domanda di mobilità sarebbe la stessa utilizzata negli scenari di intervento e sarebbe assorbita dal trasporto individuale e pubblico su strada.

Nella soluzione A ipotesi 1 è stato ipotizzato per la tratta 4 che prevede la costruzione di un ponte sul fiume Tevere il costo esterno dovuto agli effetti della rottura di paesaggio che non è previsto in altre tratte in quanto esse utilizzerebbero nella maggioranza dei casi le infrastrutture esistenti.

In tutte le soluzioni progettuali è stato previsto sia lo scenario di ipotesi minima e massima di cambiamento climatico.

La differenza ottenuta nei costi esterni rappresenta un beneficio (o costo) economico esterno da includere nell'analisi economica degli interventi. Seguono le tabelle che illustrano le variazioni nelle esternalità per tutte le soluzioni progettuali – situazione standard.

Esternalità – situazione standard – Soluzione A – Ipotesi 1 (in Euro)

Anno	pax km ipotesi intervento standart	pax km ipotesi 0 trasporto pubblico	pax km ipotesi 0 trasporto privato	pax km tratta 4	Inquinamento atmosferico	Rumore	Incidenti	Congestione	Cambiamento climatico Ipotesi massima	Cambiamento climatico Ipotesi minima	Natura e paesaggio	Up-down stream process	Urban effects	TOTALE con ipotesi minima	TOTALE con ipotesi massima
2012	34.104.568	17.393.330	16.711.239	632.493	336.953	-23.498	530.838	303.838	227.034	31.956	39.796	-10.641	20.395	1.265.822	1.424.714
2013	71.776.483	35.923.225	35.853.257	1.331.144	703.689	-46.791	1.136.660	649.084	484.166	68.142	85.256	101.205	43.742	2.781.146	3.157.011
2014	112.739.105	55.447.070	57.292.035	2.090.824	1.097.463	-69.683	1.813.206	1.033.296	769.568	108.301	136.062	158.962	69.878	4.372.515	5.008.752
2015	137.365.508	66.502.645	70.862.862	2.547.538	1.328.741	-80.785	2.239.376	1.273.897	947.492	133.331	168.106	193.685	86.409	5.454.713	6.156.923
2016	250.290.336	119.371.110	130.919.226	4.641.807	2.406.653	-140.170	4.131.662	2.346.542	1.743.159	245.282	310.266	352.909	159.606	9.832.822	11.310.627
2017	268.314.118	126.114.494	142.199.624	4.976.070	2.565.138	-143.038	4.481.992	2.541.643	1.885.916	265.354	336.685	378.323	173.323	10.615.234	12.219.981
2018	281.820.270	130.571.882	151.248.388	5.226.551	2.679.133	-142.864	4.761.491	2.696.243	1.998.433	281.169	357.793	397.367	184.316	11.227.618	12.931.911
2019	292.318.305	133.515.326	158.802.979	5.421.245	2.763.569	-140.696	4.993.594	2.823.759	2.090.736	294.139	375.346	412.169	193.487	11.726.340	13.511.963
2020	300.712.565	135.405.241	165.307.324	5.576.922	2.827.375	-137.154	5.192.399	2.932.258	2.168.855	305.113	390.401	424.005	201.376	12.220.268	13.999.514
2021	380.873.195	169.068.699	211.804.497	7.063.556	3.561.614	-164.233	6.645.825	3.748.190	2.769.616	389.608	499.819	537.031	257.974	15.485.569	17.855.836
2022	387.285.170	169.467.868	217.817.302	7.182.471	3.601.997	-157.454	6.827.449	3.845.794	2.839.000	399.348	513.617	546.072	265.254	15.851.604	18.281.729
2023	393.416.525	169.685.941	223.730.584	7.296.181	3.639.303	-150.334	7.005.788	3.941.434	2.906.869	408.875	527.171	554.717	272.411	16.208.767	18.697.361
2024	399.354.270	169.762.612	229.591.658	7.406.300	3.674.356	-142.914	7.182.329	4.035.951	2.973.846	418.275	540.593	563.090	279.504	16.560.521	19.106.755
2025	405.159.422	169.725.079	235.434.343	7.513.961	3.707.725	-135.221	7.358.134	4.129.943	3.040.374	427.612	553.963	571.275	286.573	16.909.324	19.512.767
2026	410.876.168	169.592.488	241.283.680	7.619.982	3.739.822	-127.272	7.533.987	4.223.852	3.106.778	436.932	567.340	579.335	293.649	17.256.981	19.917.491
2027	416.537.410	169.378.613	247.158.796	7.724.974	3.770.946	-119.078	7.710.486	4.318.014	3.173.305	446.268	580.768	587.318	300.756	17.604.857	20.322.514
2028	422.168.245	169.093.529	253.074.716	7.829.401	3.801.324	-110.646	7.888.099	4.412.690	3.240.148	455.648	594.284	595.257	307.911	17.954.012	20.729.067
2029	427.788.243	168.744.694	259.043.549	7.933.628	3.831.129	-101.980	8.067.202	4.508.091	3.307.460	465.093	607.914	603.181	315.130	18.305.290	21.138.129
2030	433.412.960	168.337.673	265.075.287	8.037.942	3.860.497	-93.080	8.248.106	4.604.387	3.375.367	474.622	621.684	611.112	322.424	18.659.380	21.550.499
2031	439.054.990	167.876.635	271.178.355	8.142.578	3.889.532	-83.947	8.431.071	4.701.725	3.443.974	484.248	635.612	619.068	329.805	19.007.113	21.966.839
2032	444.724.699	167.364.695	277.360.003	8.247.726	3.918.321	-74.580	8.616.320	4.800.225	3.513.370	493.985	649.716	627.062	337.279	19.368.328	22.387.712
2033	450.430.752	166.804.163	283.626.589	8.353.549	3.946.932	-64.976	8.804.047	4.899.996	3.583.632	503.844	664.009	635.107	344.856	19.733.816	22.813.604
2034	456.180.501	166.196.721	289.983.780	8.460.182	3.975.421	-55.133	8.994.427	5.001.132	3.654.828	513.833	678.506	643.215	352.542	20.103.943	23.244.938
2035	461.980.269	165.543.559	296.436.710	8.567.743	4.003.834	-45.046	9.187.615	5.103.718	3.727.020	523.962	693.218	651.392	360.344	20.479.037	23.682.095
2036	467.835.565	164.845.469	302.990.096	8.676.333	4.032.210	-34.711	9.383.755	5.207.831	3.800.263	534.238	708.156	659.648	368.266	20.859.393	24.125.418
2037	473.751.249	164.102.924	309.648.325	8.786.044	4.060.581	-24.125	9.582.979	5.313.544	3.874.607	544.668	723.330	667.989	376.316	21.245.282	24.575.221
2038	479.731.657	163.316.131	316.415.526	8.896.954	4.088.973	-13.282	9.785.413	5.420.922	3.950.101	555.260	738.749	676.422	384.496	21.636.953	25.031.794
2039	485.780.704	162.485.080	323.295.624	9.009.138	4.117.409	-2.177	9.991.174	5.530.030	4.026.789	566.019	754.423	684.951	392.813	22.034.641	25.495.411
2040	491.901.955	161.609.576	330.292.379	9.122.661	4.145.908	9.195	10.200.376	5.640.926	4.104.713	576.951	770.360	693.582	401.270	22.438.568	25.966.330
2041	498.098.695	160.689.268	337.409.428	9.237.584	4.174.487	20.840	10.413.127	5.753.670	4.183.915	588.062	786.568	702.319	409.872	22.848.945	26.444.798
2042	504.373.972	159.723.667	344.650.305	9.353.963	4.203.158	32.764	10.629.532	5.868.317	4.264.433	599.358	803.056	711.167	418.624	23.265.976	26.931.052
2043	510.730.640	158.712.171	352.018.470	9.471.852	4.231.935	44.972	10.849.695	5.984.922	4.346.306	610.843	819.831	720.130	427.529	23.689.858	27.425.321
2044	517.171.393	157.654.069	359.517.324	9.591.300	4.260.827	57.472	11.073.718	6.103.537	4.429.571	622.524	836.900	729.212	436.593	24.120.782	27.927.829
2045	523.698.788	156.548.561	367.150.227	9.712.355	4.289.841	70.269	11.301.700	6.224.216	4.514.265	634.405	854.273	738.415	445.817	24.558.936	28.438.796
2046	530.315.272	155.394.764	374.920.508	9.835.062	4.318.987	83.370	11.533.739	6.347.010	4.600.423	646.491	871.956	747.745	455.208	25.004.505	28.958.436
2047	537.023.196	154.191.716	382.831.479	9.959.466	4.348.268	96.782	11.769.934	6.471.970	4.688.081	658.788	889.956	757.203	464.768	25.457.670	29.486.963

Esternalità – situazione standard – Soluzione A – Ipotesi 2 (in Euro)

Anno	pax km	pax km ipotesi 0 trasporto pubblico	pax km ipotesi 0 trasporto privato	Inquinamento atmosferico	Rumore	Incidenti	Congestione	Cambiamento climatico Ipotesi massima	Cambiamento climatico ipotesi minima	Natura e paesaggio	Up-down stream process	Urban effects	TOTALE con ipotesi minima	TOTALE con ipotesi massima
2012	34.104.568	17.393.330	16.711.239	336.953	-23.498	530.838	303.838	221.373	31.956	40.175	38.777	20.395	1.279.433	1.468.850
2013	71.776.483	35.923.225	35.853.257	703.689	-46.791	1.136.660	649.084	483.585	68.142	86.055	82.497	43.742	2.723.078	3.138.521
2014	112.739.105	55.447.070	57.292.035	1.097.463	-69.683	1.813.206	1.033.296	784.881	108.301	137.316	130.849	69.878	4.320.627	4.997.207
2015	137.365.508	66.502.645	70.862.862	1.328.741	-80.785	2.239.376	1.273.897	983.682	133.331	169.635	160.804	86.409	5.311.409	6.161.760
2016	250.290.336	119.371.110	130.919.226	2.406.653	-140.170	4.131.662	2.346.542	1.839.008	245.282	313.051	295.340	159.606	9.757.967	11.351.692
2017	268.314.118	126.114.494	142.199.624	2.565.138	-143.038	4.481.992	2.541.643	2.019.423	265.354	339.671	319.017	173.323	10.543.098	12.297.167
2018	281.820.270	130.571.882	151.248.388	2.679.133	-142.864	4.761.491	2.696.243	2.170.048	281.169	360.928	337.533	184.316	11.157.950	13.046.828
2019	292.318.305	133.515.326	158.802.979	2.763.569	-140.696	4.993.594	2.823.759	2.300.624	294.139	378.598	352.603	193.487	11.659.053	13.665.537
2020	300.712.565	135.405.241	165.307.324	2.827.375	-137.154	5.192.399	2.932.258	2.417.042	305.113	393.747	365.256	201.376	12.080.370	14.192.299
2021	380.873.195	169.068.699	211.804.497	3.561.614	-164.233	6.645.825	3.748.190	3.124.323	389.608	504.057	465.782	257.974	15.408.818	18.143.533
2022	387.285.170	169.467.868	217.817.302	3.601.997	-157.454	6.827.449	3.845.794	3.240.300	399.348	517.927	476.805	265.254	15.777.120	18.618.072
2023	393.416.525	169.685.941	223.730.584	3.639.303	-150.334	7.005.788	3.941.434	3.355.440	408.875	531.549	487.558	272.411	16.136.585	19.083.150
2024	399.354.270	169.762.612	229.591.658	3.674.356	-142.914	7.182.329	4.035.951	3.470.427	418.275	545.037	498.146	279.504	16.490.684	19.542.836
2025	405.159.422	169.725.079	235.434.343	3.707.725	-135.221	7.358.134	4.129.943	3.585.761	427.612	558.471	508.644	286.573	16.841.883	20.000.031
2026	410.876.168	169.592.488	241.283.680	3.739.822	-127.272	7.533.987	4.223.852	3.701.815	436.932	571.912	519.107	293.649	17.191.988	20.456.872
2027	416.537.410	169.378.613	247.158.796	3.770.946	-119.078	7.710.486	4.318.014	3.818.881	446.268	585.403	529.575	300.756	17.542.369	20.914.982
2028	422.168.245	169.093.529	253.074.716	3.801.324	-110.646	7.888.099	4.412.690	3.937.192	455.648	598.981	540.081	307.911	17.894.088	21.375.632
2029	427.788.243	168.744.694	259.043.549	3.831.129	-101.980	8.067.202	4.508.091	4.056.941	465.093	612.675	550.651	315.130	18.247.991	21.839.839
2030	433.412.960	168.337.673	265.075.287	3.860.497	-93.080	8.248.106	4.604.387	4.178.290	474.622	626.507	561.304	322.424	18.604.768	22.308.436
2031	439.054.990	167.876.635	271.178.355	3.889.532	-83.947	8.431.071	4.701.725	4.301.378	484.248	640.498	572.059	329.805	18.964.991	22.782.121
2032	444.724.699	167.364.695	277.360.003	3.918.321	-74.580	8.616.320	4.800.225	4.426.331	493.985	654.664	582.930	337.279	19.329.145	23.261.491
2033	450.430.752	166.804.163	283.626.589	3.946.932	-64.976	8.804.047	4.899.996	4.553.258	503.844	669.022	593.930	344.856	19.697.650	23.747.065
2034	456.180.501	166.196.721	289.983.780	3.975.421	-55.133	8.994.427	5.001.132	4.682.261	513.833	683.582	605.069	352.542	20.070.874	24.239.302
2035	461.980.269	165.543.559	296.436.710	4.003.834	-45.046	9.187.615	5.103.718	4.813.433	523.962	698.359	616.358	360.344	20.449.144	24.738.615
2036	467.835.565	164.845.469	302.990.096	4.032.210	-34.711	9.383.755	5.207.831	4.946.863	534.238	713.362	627.805	368.266	20.832.756	25.245.381
2037	473.751.249	164.102.924	309.648.325	4.060.581	-24.125	9.582.979	5.313.544	5.082.634	544.668	728.601	639.418	376.316	21.221.983	25.759.948
2038	479.731.657	163.316.131	316.415.526	4.088.973	-13.282	9.785.413	5.420.922	5.220.826	555.260	744.087	651.206	384.496	21.617.075	26.282.641
2039	485.780.704	162.485.080	323.295.624	4.117.409	-2.177	9.991.174	5.530.030	5.361.516	566.019	759.828	663.175	392.813	22.018.270	26.813.768
2040	491.901.955	161.609.576	330.292.379	4.145.908	9.195	10.200.376	5.640.926	5.504.781	576.951	775.833	675.331	401.270	22.425.791	27.353.620
2041	498.098.695	160.689.268	337.409.428	4.174.487	20.840	10.413.127	5.753.670	5.650.692	588.062	792.111	687.682	409.872	22.839.850	27.902.480
2042	504.373.972	159.723.667	344.650.305	4.203.158	32.764	10.629.532	5.868.317	5.799.324	599.358	808.668	700.232	418.624	23.260.654	28.460.620
2043	510.730.640	158.712.171	352.018.470	4.231.935	44.972	10.849.695	5.984.922	5.950.748	610.843	825.514	712.989	427.529	23.688.400	29.028.305
2044	517.171.393	157.654.069	359.517.324	4.260.827	57.472	11.073.718	6.103.537	6.105.036	622.524	842.655	725.958	436.593	24.123.283	29.605.796
2045	523.698.788	156.548.561	367.150.227	4.289.841	70.269	11.301.700	6.224.216	6.262.258	634.405	860.100	739.145	445.817	24.565.493	30.193.347
2046	530.315.272	155.394.764	374.920.508	4.318.987	83.370	11.533.739	6.347.010	6.422.486	646.491	877.857	752.554	455.208	25.015.216	30.791.211
2047	537.023.196	154.191.716	382.831.479	4.348.268	96.782	11.769.934	6.471.970	6.585.792	658.788	895.932	766.193	464.768	25.472.635	31.399.639

Esternalità – situazione standard – Soluzione B (in Euro)

Anno	pax km	pax km ipotesi 0 trasporto pubblico	pax km ipotesi 0 trasporto privato	Inquinamento atmosferico	Rumore	Incidenti	Congestione	Cambiamento climatico Ipotesi massima	Cambiamento climatico Ipotesi minima	Natura e paesaggio	Up-down stream process	Urban effects	TOTALE con ipotesi minima	TOTALE con ipotesi massima
2012	33.346.216	17.006.570	16.339.646	329.461	-22.976	519.034	297.081	216.450	31.245	59.290	37.915	-3.121	1.247.929	1.433.134
2013	70.180.454	35.124.433	35.056.021	688.042	-45.751	1.111.385	634.651	472.832	66.627	126.250	80.663	-6.329	2.655.539	3.061.744
2014	110.232.227	54.214.144	56.018.084	1.073.060	-68.133	1.772.887	1.010.319	767.429	105.893	200.402	127.940	-9.596	4.212.772	4.874.308
2015	134.311.035	65.023.886	69.287.149	1.299.195	-78.989	2.189.581	1.245.571	961.809	130.367	246.449	157.229	-11.321	5.178.083	6.009.525
2016	244.724.856	116.716.763	128.008.094	2.353.138	-137.053	4.039.790	2.294.364	1.798.116	239.828	452.925	288.773	-19.993	9.511.773	11.070.060
2017	262.347.861	123.310.200	139.037.660	2.508.099	-139.858	4.382.330	2.485.127	1.974.519	259.453	489.526	311.923	-20.780	10.275.820	11.990.886
2018	275.553.688	127.668.474	147.885.215	2.619.559	-139.687	4.655.615	2.636.289	2.121.794	274.917	518.235	330.028	-21.161	10.873.794	12.720.671
2019	285.818.288	130.546.467	155.271.821	2.702.118	-137.567	4.882.556	2.760.969	2.249.467	287.599	541.671	344.763	-21.273	11.360.835	13.322.703
2020	294.025.893	132.394.358	161.631.535	2.764.505	-134.104	5.076.940	2.867.056	2.363.296	298.329	561.408	357.134	-21.200	11.770.068	13.835.035
2021	372.404.064	165.309.272	207.094.792	3.482.418	-160.581	6.498.048	3.664.845	3.054.850	380.944	716.291	455.425	-25.995	15.011.396	17.685.301
2022	378.673.461	165.699.565	212.973.897	3.521.903	-153.953	6.675.634	3.760.279	3.168.248	390.468	733.614	466.203	-25.571	15.368.576	18.146.356
2023	384.668.479	165.912.789	218.755.690	3.558.379	-146.991	6.850.007	3.853.792	3.280.828	399.783	750.530	476.717	-25.108	15.717.109	18.598.154
2024	390.474.191	165.987.755	224.486.436	3.592.652	-139.736	7.022.622	3.946.207	3.393.259	408.975	767.202	487.069	-24.613	16.060.379	19.044.663
2025	396.150.259	165.951.056	230.199.203	3.625.280	-132.214	7.194.518	4.038.109	3.506.028	418.104	783.743	497.334	-24.089	16.400.786	19.488.710
2026	401.739.887	165.821.414	235.918.474	3.656.663	-124.442	7.366.460	4.129.930	3.619.501	427.216	800.239	507.564	-23.539	16.740.091	19.932.376
2027	407.275.245	165.612.295	241.662.950	3.687.095	-116.430	7.539.034	4.221.998	3.733.964	436.344	816.751	517.799	-22.966	17.079.627	20.377.246
2028	412.780.873	165.333.550	247.447.323	3.716.797	-108.186	7.712.698	4.314.569	3.849.644	445.516	833.331	528.072	-22.370	17.420.428	20.824.556
2029	418.275.904	164.992.471	253.283.433	3.745.940	-99.712	7.887.819	4.407.848	3.966.730	454.751	850.017	538.406	-21.752	17.763.317	21.275.296
2030	423.775.549	164.594.501	259.181.048	3.774.654	-91.010	8.064.701	4.502.004	4.085.381	464.068	866.841	548.823	-21.114	18.108.967	21.730.279
2031	429.292.122	164.143.715	265.148.407	3.803.044	-82.081	8.243.597	4.597.177	4.205.733	473.481	883.831	559.339	-20.455	18.457.932	22.190.184
2032	434.835.759	163.643.158	271.192.600	3.831.193	-72.922	8.424.726	4.693.487	4.327.907	483.001	901.009	569.968	-19.776	18.810.686	22.655.592
2033	440.414.932	163.095.090	277.319.842	3.859.167	-63.531	8.608.279	4.791.040	4.452.011	492.640	918.394	580.723	-19.077	19.167.636	23.127.007
2034	446.036.829	162.501.156	283.535.674	3.887.023	-53.907	8.794.426	4.889.927	4.578.146	502.407	936.004	591.615	-18.357	19.529.138	23.604.876
2035	451.707.633	161.862.517	289.845.116	3.914.804	-44.044	8.983.318	4.990.231	4.706.401	512.311	953.855	602.652	-17.617	19.895.511	24.089.601
2036	457.432.730	161.179.950	296.252.780	3.942.549	-33.939	9.175.097	5.092.030	4.836.864	522.358	971.959	613.845	-16.856	20.267.043	24.581.549
2037	463.216.872	160.453.916	302.762.956	3.970.289	-23.588	9.369.891	5.195.391	4.969.616	532.557	990.330	625.200	-16.074	20.643.997	25.081.056
2038	469.064.299	159.684.618	309.379.681	3.998.050	-12.986	9.567.824	5.300.382	5.104.735	542.913	1.008.980	636.726	-15.271	21.026.618	25.588.440
2039	474.978.839	158.872.046	316.106.792	4.025.854	-2.128	9.769.010	5.407.063	5.242.297	553.432	1.027.920	648.428	-14.446	21.415.133	26.103.998
2040	480.963.978	158.016.010	322.947.967	4.053.719	8.991	9.973.559	5.515.494	5.382.376	564.122	1.047.160	660.314	-13.599	21.809.761	26.628.015
2041	487.022.926	157.116.166	329.906.760	4.081.662	20.377	10.181.579	5.625.731	5.525.043	574.986	1.066.711	672.390	-12.730	22.210.707	27.160.764
2042	493.158.666	156.172.037	336.986.628	4.109.697	32.035	10.393.173	5.737.829	5.670.370	586.030	1.086.582	684.662	-11.838	22.618.170	27.702.509
2043	499.373.986	155.183.032	344.190.954	4.137.833	43.972	10.608.441	5.851.840	5.818.427	597.260	1.106.782	697.135	-10.922	23.032.342	28.253.509
2044	505.671.522	154.148.458	351.523.063	4.166.082	56.194	10.827.482	5.967.818	5.969.284	608.681	1.127.321	709.816	-9.983	23.453.411	28.814.014
2045	512.053.773	153.067.533	358.986.240	4.194.452	68.707	11.050.394	6.085.814	6.123.010	620.298	1.148.207	722.709	-9.019	23.881.561	29.384.273
2046	518.523.132	151.939.391	366.583.741	4.222.949	81.516	11.277.274	6.205.877	6.279.675	632.116	1.169.450	735.820	-8.031	24.316.972	29.964.532
2047	525.081.898	150.763.095	374.318.803	4.251.580	94.630	11.508.217	6.328.059	6.439.349	644.139	1.191.059	749.155	-7.017	24.759.822	30.555.032

Lo stesso principio è stato adottato per calcolare la variazione delle esternalità da attribuire in quanto beneficio degli interventi anche per altri scenari previsti – pessimistico ed ottimistico.

Per un'ulteriore verifica dei benefici esterni del progetto in esame sono stati calcolati i costi esterni dei singoli tipi di trasporto utilizzando i dati a disposizione rilevati sulla zona in esame:

- ISS - Istituto Superiore di Sanità – database regionale;
- ARPA Lazio, dati di qualità dell'aria e descrizione del clima acustico;
- Università degli Studi di Roma 1 "La Sapienza" – Facoltà di medicina per le indagine sullla morbilità locale.

Sono elencati nelle tabelle seguenti i principali indicatori e costi utilizzati per il calcolo delle esternalità provocate dai diversi tipi di trasporto sul territorio studiato.

Esternalità negative causate dagli incidenti e dall'inquinamento acustico e di aria

ESTERNALITA'	Tasso di incidentalità per milione di pax-km	Tasso di mortalità per milione di pax-km	Emissione acustica dB(A)	Emissioni di CO2	
Automobile (taxi)	1,30	1,70E-02	83,0	187,3	kg per l
Autobus	5,58	5,60E-03	87,5	187,3	kg per l
Filobus	5,10	1,50E-03	63,0	0,79	kg per kWh
Tram in città	5,25	6,20E-03	66,0	0,79	kg per kWh
Metrotranvia	0,93	3,22E-03	71,5	0,79	kg per kWh

Costi in spese sanitarie (valori in Euro)

COSTI SOCIALI	AVVERSITA' IMPROVVISE: INCIDENTE		PREVENZIONE E PATOGENESI		
	Lesione	Morte	Assistenza	Ricovero	Morte
Spesa sanitaria	€ 73.361	€ 1.500.000	€ 762	€ 638	€ 800.000

Caratteristiche dell'area studiata

CARATTERISTICHE DELL'AREA IMPATTATA	Superficie in km²	Densità abitativa (ab/km²)	Popolazione
Situ	223,17	501	111.808
Area di produzione dell'energia elettrica	2.055,88	123	251.925
Area di raffinazione del gasolio	2.240,00	750	1.680.000

Segue il calcolo analogo effettuato per le ipotesi del trasporto pubblico stradale e del trasporto individuale nel caso della mancanza di intervento.

Costi esterni trasporto stradale – incidenti e inquinamento (valori in Euro)

ESTERNALITA'	INCIDENTI		INQUINAMENTO		SUBTOTALE - INCIDENTI E INQUINAMENTO
	FERITI	MORTI	AFFEZIONI RESPIRATORIE	MORTALITA' A LUNGO TERMINE	
Servizio Bus	185.835,0	3.813,4	25.181,6	1.680.787,9	**1.895.617,8**
Spostamenti in auto (non attratti)	55.647,0	14.879,0	205.360,5	13.707.148,0	**13.983.034,5**

Costi esterni trasporto stradale – rumore (valori in Euro)

LIV. ACUSTICO DIURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	LIV. ACUSTICO NOTTURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	POPOLAZIONE IMPATTATA	AFFEZIONI ACUSTICHE E AFFEZIONI DA DISAGIO	SUBTOTALE - RUMORE
97,3	83,5	10.933	1,23E+01	**€ 11.351,6**

I costi esterni totali causati dal trasporto di passeggeri nei bus e nelle automobili corrispondono a 15.890.004 Euro giornalieri.

Segue la definizione dei costi esterni per incidenti, inquinamento e rumore causati dall'esercizio del tram – soluzione progettuale A. I flussi passeggeri presi in considerazione sono 1.075.792 pass. km al giorno.

Costi esterni trasporto su tram – incidenti e inquinamento – soluzione A (valori in Euro)

INCIDENTI		INQUINAMENTO		SUBTOTALE - INCIDENTI E INQUINAMENTO
FERITI	MORTI	AFFEZIONI RESPIRATORIE	MORTALITA' A LUNGO TERMINE	
73.396,7	5.191,2	1.302,3	16.557,5	**96.447,8**

Costi esterni trasporto su tram – rumore – soluzione A

LIV. ACUSTICO DIURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	LIV. ACUSTICO NOTTURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	POPOLAZIONE IMPATTATA	AFFEZIONI ACUSTICHE E AFFEZIONI DA DISAGIO	SUBTOTALE - RUMORE
68,8	55,0	10.933	8,23E+00	**Euro 7.585,6**

Il totale dei costi esterni provocati dalla soluzione progettuale A ammonta a 104.033 Euro giornalieri.

Considerando il flusso passeggeri base (al 100%) previsto nello scenario standard della soluzione B corrispondente a 1.037.462 pass.km giornalieri, si prevede il seguente impatto in termini di costi esterni per la collettività causato dall'esercizio del tram.

Costi esterni trasporto su tram – incidenti e inquinamento – soluzione B (valori in Euro)

INCIDENTI		INQUINAMENTO		SUBTOTALE - INCIDENTI E INQUINAMENTO
FERITI	MORTI	AFFEZIONI RESPIRATORIE	MORTALITA' A LUNGO TERMINE	
70.781,6	5.006,3	1.302,3	16.557,5	**93.647,7**

Costi esterni trasporto su tram – rumore – soluzione B (valori in Euro)

LIV. ACUSTICO DIURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	LIV. ACUSTICO NOTTURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	POPOLAZIONE IMPATTATA	AFFEZIONI ACUSTICHE E AFFEZIONI DA DISAGIO	SUBTOTALE - RUMORE
68,8	55,0	10.933	8,23E+00	**€ 7.585,6**

I costi esterni totali causati nel pieno esercizio della tramvia dagli incidenti previsti, dall'inquinamento e dal rumore corrispondo quindi a 101.233 Euro al giorno.

La differenza quindi rilevata tra i costi esterni causati dalla tramvia nelle due soluzioni progettuali e da un eventuale trasporto stradale (pubblico e individuale) è notevole.

Un altro metodo di calcolo dei benefici esterni causati dal progetto in esame consiste nel considerare i benefici che sono espressi naturalmente in denaro che sono nel nostro caso: aumento del valore immobiliare e delle rendite delle proprietà, riduzione dei costi per gli automobilisti associati alla riduzione della congestione stradale, maggiore accessibilità agli uffici commerciali, riduzione costi spese ospedaliere.

Infatti si tratta di

- analizzare il valore che viene generato da un'infrastruttura di trasporto;
- definire secondo quali logiche, criteri e, strumenti si vuole catturare questo valore e quanto questo valore concorre al finanziamento complessivo dell'opera.

Fanno parte delle scelte di politica economica e di considerazione politica sulla distribuzione dei costi e dei benefici le possibilità di recupero del valore generato dall'opera progettata.

Gli strumenti possono essere i seguenti:

- coercitivi, mediante l'imposizione di una tassa;
- cooperativi, mediante accordi volontari;
- una combinazione diversa tra i due sopra (ad es. un referendum con cui si può decidere se pagare o no una tassa)

In quanto l'infrastruttura studiata è portatore dei benefici suddetti, in un'analisi più approfondita è da prendere in considerazione la valutazione dei benefici generati a livello territoriale locale da introdursi nell'analisi economica.

15.4. ANALISI ECONOMICA

L'efficienza economica delle soluzioni tecniche proposte, è stata eseguita attraverso la determinazione dei seguenti indicatori economici:

- Il Tasso di Rendimento Interno (TIR) che rappresenta il tasso al cui livello il valore attualizzato dei costi eguaglia quello dei benefici o, detto altrimenti, è pari al tasso che rende pari a zero il VAN;
- Il Valore Attuale Netto (VAN) che esprime la somma cumulata delle differenze, che si registrano nel corso della vita utile del progetto, tra i benefici ed i costi tra la situazione "senza progetto" e quella "con progetto";
- Il rapporto Benefici/Costi Attualizzati (B/C);
- Il tasso di sconto adottato : 6% e 8 %.

L'analisi è stata eseguita dal punto di vista della collettività.

Il Valore Attuale Netto (VAN), il Tasso Interno di Rendimento (TIR) e il rapporto Benefici / Costi sono stati calcolati nelle seguenti situazioni:

- Scenario standard
- Scenario pessimistico
- Scenario ottimistico

Gli scenari suddetti sono stati analizzati per tutte le ipotesi progettuali. È stata realizzata l'analisi di sensibilità ipotizzando seguenti situazioni:

- Costi di investimento incrementati del 10%
- Costi di investimento incrementati del 20%
- Costi di gestione incrementati del 10%
- Costi di gestione incrementati del 20%
- Flusso di passeggeri diminuito del 10%
- Flusso di passeggeri diminuito del 20%
- Benefici esterni diminuiti del 10%

- Benefici esterni diminuiti del 20%
- Costi di investimento incrementati del 5%, costi di gestione del 10%, traffico diminuito del 10%,
- Costi di investimento incrementati del 5%, costi di gestione del 10%, traffico diminuito del 10%, benefici esterni diminuiti del 10%
- Costi di investimento incrementati del 10%, costi di gestione del 10%, traffico diminuito del 10%, benefici esterni diminuiti del 20%

Seguono le tabelle dell'analisi finanziaria dello scenario standard della soluzione a (ipotesi 1 e 2) e della soluzione B.

Analisi Economica – Scenario Standard – Soluzione A Ipotesi 1

(previsione minima del cambiamento climatico) – valori in Euro

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Esternalità positive	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	-	-	-	-	-19.459.030	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-22.560.890	-21.283.858	-21.283.858	-20.889.713	-20.889.713
2012	36.019.055	1.556.434	1.684.493	-	-35.890.996	-31.942.859	-53.226.718	-30.770.745	-51.660.458
2013	24.377.464	1.556.434	3.545.184	2.781.146	-19.607.568	-16.462.892	-69.689.610	-15.565.120	-67.225.577
2014	**31.398.107**	**4.848.699**	**5.568.410**	**4.372.515**	**-26.305.881**	**-20.836.722**	**-90.526.331**	**-19.335.608**	**-86.561.185**
2015	28.059.518	4.848.699	6.784.757	5.454.713	-20.668.747	-15.444.890	-105.971.222	-14.066.802	-100.627.987
2016	33.155.702	4.848.699	12.362.340	9.832.822	-15.809.238	-11.144.889	-117.116.111	-9.962.502	-110.590.489
2017	17.744.540	6.516.683	13.252.571	10.615.234	-393.418	-261.646	-117.377.756	-229.556	-110.820.045
2018		8.184.667	13.919.667	11.227.618	16.962.617	10.642.556	-106.735.201	9.164.374	-101.655.670
2019		**8.469.168**	**14.438.186**	**11.726.340**	**17.695.358**	**10.473.855**	**-96.261.346**	**8.852.084**	**-92.803.586**
2020		8.699.910	14.852.795	12.220.268	18.373.152	10.259.472	-86.001.873	8.510.324	-84.293.262
2021		10.764.514	18.812.089	15.485.569	23.533.144	12.396.967	-73.604.907	10.092.962	-74.200.299
2022		10.944.602	19.128.789	15.851.604	24.035.791	11.945.052	-61.659.855	9.544.943	-64.655.356
2023		11.117.520	19.431.629	16.208.767	24.522.876	11.497.281	-50.162.574	9.017.010	-55.638.346
2024		**11.285.491**	**19.724.906**	**16.560.521**	**24.999.936**	**11.057.496**	**-39.105.078**	**8.511.504**	**-47.126.841**
2025		11.450.073	20.011.634	16.909.324	25.470.885	10.628.110	-28.476.968	8.029.485	-39.097.356
2026		11.612.397	20.293.996	17.256.981	25.938.580	10.210.626	-18.266.342	7.571.224	-31.526.132
2027		11.773.302	20.573.616	17.604.857	26.405.171	9.805.941	-8.460.401	7.136.498	-24.389.634
2028		11.933.430	20.851.734	17.954.012	26.872.316	9.414.549	954.148	6.724.771	-17.664.863
2029		**12.093.281**	**21.129.317**	**18.305.290**	**27.341.326**	**9.036.664**	**9.990.812**	**6.335.315**	**-11.329.548**
2030		12.253.253	21.407.133	18.659.380	27.813.260	8.672.306	18.663.118	5.967.285	-5.362.263
2031		12.413.667	21.685.804	19.007.113	28.279.250	8.318.494	26.981.612	5.617.836	255.572
2032		12.574.788	21.965.842	19.368.328	28.759.382	7.980.875	34.962.487	5.290.015	5.545.588
2033		12.736.839	22.247.676	19.733.816	29.244.653	7.656.170	42.618.657	4.980.811	10.526.399
2034		**12.900.005**	**22.531.667**	**20.103.943**	**29.735.605**	**7.344.057**	**49.962.714**	**4.689.285**	**15.215.684**
2035		13.064.450	22.818.129	20.479.037	30.232.717	7.044.182	57.006.895	4.414.518	19.630.202
2036		13.230.314	23.107.334	20.859.393	30.736.414	6.756.172	63.763.067	4.155.617	23.785.820
2037		13.397.721	23.399.522	21.245.282	31.247.083	6.479.644	70.242.711	3.911.723	27.697.543
2038		13.566.782	23.694.906	21.636.953	31.765.077	6.214.207	76.456.917	3.682.008	31.379.551
2039		**13.737.596**	**23.993.681**	**22.034.641**	**32.290.725**	**5.959.471**	**82.416.388**	**3.465.683**	**34.845.234**
2040		13.910.256	24.296.021	22.438.568	32.824.333	5.715.049	88.131.437	3.261.995	38.107.229
2041		14.084.845	24.602.091	22.848.945	33.366.191	5.480.558	93.611.995	3.070.225	41.177.454
2042		14.261.440	24.912.039	23.265.976	33.916.575	5.255.624	98.867.620	2.889.694	44.067.148
2043		14.440.116	25.226.008	23.689.858	34.475.750	5.039.880	103.907.499	2.719.755	46.786.903
2044		**14.620.940**	**25.544.129**	**24.120.782**	**35.043.972**	**4.832.968**	**108.740.467**	**2.559.798**	**49.346.700**
2045		14.803.978	25.866.531	24.558.936	35.621.489	4.634.542	113.375.009	2.409.243	51.755.943
2046		14.989.293	26.193.332	25.004.505	36.208.544	4.444.265	117.819.273	2.267.545	54.023.488
2047	-68.285.913	15.176.944	26.524.650	25.457.670	105.091.289	12.168.855	129.988.128	6.093.794	60.117.282

VAN	**129.988.128**	VAN	**60.117.282**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,099**	IRR	**0,099**
B/C	**1,885**	B/C	**1,428**

Nel caso dell'ipotesi massima delle esternalità relative alle previsioni del cambiamento climatico risultano i seguenti valori degli indicatori economici.

VAN	**159.579.969**	VAN	**81.719.421**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,108**	IRR	**0,108**
B/C	**2,086**	B/C	**1,581**

Analisi Economica – Scenario Standard – Soluzione A Ipotesi 2

previsione minima cambiamento climatico (valori in Euro)

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Esternalità positive	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	19.459.030	0	0	0	-19.459.030	0	0	0	0
2011	22.560.890	0	0	0	-22.560.890	-21.283.858	-21.283.858	-20.889.713	-20.889.713
2012	36.019.055	1.556.434	1.684.493	1.279.433	-34.611.564	-30.804.168	-52.088.027	-29.673.837	-50.563.550
2013	24.377.464	1.556.434	3.545.184	2.723.078	-19.665.636	-16.511.647	-68.599.674	-15.611.216	-66.174.766
2014	**32.043.364**	**4.848.699**	**5.568.410**	**4.320.627**	**-27.003.026**	**-21.388.926**	**-89.988.600**	**-19.848.030**	**-86.022.796**
2015	28.704.774	4.848.699	6.784.757	5.311.409	-21.457.306	-16.034.148	-106.022.748	-14.603.482	-100.626.278
2016	33.800.959	4.848.699	12.362.340	9.757.967	-16.529.351	-11.652.540	-117.675.288	-10.416.295	-111.042.574
2017	9.264.977	6.619.519	13.252.571	10.543.098	7.911.173	5.261.382	-112.413.906	4.616.094	-106.426.480
2018		8.390.338	13.919.667	11.157.950	16.687.278	10.469.805	-101.944.101	9.015.617	-97.410.863
2019		**8.676.091**	**14.438.186**	**11.659.053**	**17.421.148**	**10.311.551**	**-91.632.550**	**8.714.911**	**-88.695.951**
2020		8.906.550	14.852.795	12.080.370	18.026.616	10.065.968	-81.566.582	8.349.811	-80.346.140
2021		11.023.244	18.812.089	15.408.818	23.197.663	12.220.239	-69.346.342	9.949.080	-70.397.060
2022		11.201.602	19.128.789	15.777.120	23.704.307	11.780.314	-57.566.028	9.413.306	-60.983.754
2023		11.372.585	19.431.629	16.136.585	24.195.628	11.343.855	-46.222.174	8.896.682	-52.087.072
2024		**11.538.480**	**19.724.906**	**16.490.684**	**24.677.111**	**10.914.710**	**-35.307.464**	**8.401.595**	**-43.685.477**
2025		11.700.889	20.011.634	16.841.883	25.152.628	10.495.313	-24.812.151	7.929.157	-35.756.319
2026		11.860.975	20.293.996	17.191.988	25.625.009	10.087.190	-14.724.961	7.479.696	-28.276.623
2027		12.019.602	20.573.616	17.542.369	26.096.383	9.691.268	-5.033.693	7.053.042	-21.223.581
2028		12.177.430	20.851.734	17.894.088	26.568.392	9.308.071	4.274.378	6.648.714	-14.574.867
2029		**12.334.973**	**21.129.317**	**18.247.991**	**27.042.336**	**8.937.844**	**13.212.222**	**6.266.035**	**-8.308.831**
2030		12.492.640	21.407.133	18.604.768	27.519.261	8.580.636	21.792.858	5.904.208	-2.404.623
2031		12.650.762	21.685.804	18.964.991	28.000.033	8.236.361	30.029.219	5.562.368	3.157.744
2032		12.809.611	21.965.842	19.329.145	28.485.376	7.904.837	37.934.056	5.239.615	8.397.359
2033		12.969.416	22.247.676	19.697.650	28.975.910	7.585.814	45.519.870	4.935.040	13.332.399
2034		**13.130.369**	**22.531.667**	**20.070.874**	**29.472.172**	**7.278.994**	**52.798.864**	**4.647.742**	**17.980.141**
2035		13.292.637	22.818.129	20.449.144	29.974.636	6.984.049	59.782.914	4.376.834	22.356.975
2036		13.456.364	23.107.334	20.832.756	30.483.726	6.700.629	66.483.542	4.121.454	26.478.428
2037		13.621.679	23.399.522	21.221.983	30.999.826	6.428.370	72.911.913	3.880.770	30.359.198
2038		13.788.694	23.694.906	21.617.075	31.523.287	6.166.905	79.078.818	3.653.981	34.013.179
2039		**13.957.514**	**23.993.681**	**22.018.270**	**32.054.437**	**5.915.862**	**84.994.680**	**3.440.323**	**37.453.503**
2040		14.128.231	24.296.021	22.425.791	32.593.581	5.674.873	90.669.553	3.239.063	40.692.566
2041		14.300.933	24.602.091	22.839.850	33.141.008	5.443.571	96.113.124	3.049.505	43.742.070
2042		14.475.698	24.912.039	23.260.654	33.696.994	5.221.599	101.334.722	2.870.985	46.613.056
2043		14.652.603	25.226.008	23.688.400	34.261.805	5.008.604	106.343.326	2.702.877	49.315.933
2044		**14.831.718**	**25.544.129**	**24.123.283**	**34.835.695**	**4.804.244**	**111.147.570**	**2.544.584**	**51.860.517**
2045		15.013.110	25.866.531	24.565.493	35.418.913	4.608.185	115.755.755	2.395.542	54.256.059
2046		15.196.844	26.193.332	25.015.216	36.011.704	4.420.104	120.175.860	2.255.218	56.511.276
2047	- 64.643.528	15.382.981	26.524.650	25.472.635	101.257.832	11.724.966	131.900.826	5.871.508	62.382.785

VAN	**131.900.826**	VAN	**62.382.785**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,100**	IRR	**0,100**
B/C	**1,921**	B/C	**1,455**

Nel caso dell'ipotesi massima delle esternalità relative alle previsioni del cambiamento climatico risultano i seguenti valori degli indicatori economici.

VAN	**167.604.156**	VAN	**87.744.682**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,111**	IRR	**0,111**
B/C	**2,171**	B/C	**1,640**

Analisi Economica – Scenario Standard – Soluzione B

previsione minima cambiamento climatico

Anno	Costi di Investimento	Costi di Gestione	Benefici	Variazione Esternalità	Benefici Netti	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 6%)	V.A.N. (Tasso del 6%)	Benefici Netti Attualizzati (Tasso 8%)	V.A.N. (Tasso del 8%)
2010	19.459.030	0	0	0	-19.459.030	0	0	0	0
2011	22.560.890	0	0	0	-22.560.890	-21.283.858	-21.283.858	-20.889.713	-20.889.713
2012	36.019.055	1.260.134	0	1.247.929	-36.031.260	-32.067.694	-53.351.552	-30.890.998	-51.780.711
2013	24.377.464	1.260.134	3.466.353	2.655.539	-19.515.707	-16.385.764	-69.737.316	-15.492.197	-67.272.908
2014	29.122.605	3.386.868	5.444.590	4.212.772	-22.852.111	-18.101.012	-87.838.328	-16.796.984	-84.069.892
2015	25.784.015	3.386.868	6.633.891	5.178.083	-17.358.910	-12.971.587	-100.809.915	-11.814.182	-95.884.075
2016	25.103.161	3.386.868	12.087.450	9.511.773	-6.890.806	-4.857.747	-105.667.662	-4.342.377	-100.226.451
2017	2.022.091	5.653.313	12.957.886	10.275.820	15.558.302	10.347.159	-95.320.502	9.078.120	-91.148.332
2018		7.919.758	13.610.148	10.873.794	16.564.184	10.392.574	-84.927.928	8.949.113	-82.199.218
2019		8.187.224	14.117.137	11.360.835	17.290.748	10.234.367	-74.693.561	8.649.679	-73.549.540
2020		8.403.116	14.522.527	11.770.068	17.889.478	9.989.391	-64.704.170	8.286.290	-65.263.250
2021		10.378.337	18.393.782	15.011.396	23.026.840	12.130.252	-52.573.918	9.875.817	-55.387.433
2022		10.545.635	18.703.440	15.368.576	23.526.381	11.691.890	-40.882.027	9.342.649	-46.044.783
2023		10.706.053	18.999.546	15.717.109	24.010.602	11.257.107	-29.624.920	8.828.648	-37.216.135
2024		10.861.725	19.286.301	16.060.379	24.484.955	10.829.719	-18.795.201	8.336.173	-28.879.961
2025		11.014.147	19.566.654	16.400.786	24.953.293	10.412.137	-8.383.064	7.866.319	-21.013.643
2026		11.164.401	19.842.737	16.740.091	25.418.426	10.005.869	1.622.805	7.419.396	-13.594.247
2027		11.313.295	20.116.139	17.079.627	25.882.471	9.611.829	11.234.634	6.995.228	-6.599.018
2028		11.461.443	20.388.073	17.420.428	26.347.057	9.230.528	20.465.162	6.593.325	-5.693
2029		11.609.326	20.659.483	17.763.317	26.813.475	8.862.202	29.327.364	6.213.006	6.207.313
2030		11.757.324	20.931.122	18.108.967	27.282.764	8.506.895	37.834.259	5.853.468	12.060.781
2031		11.905.747	21.203.597	18.457.932	27.755.782	8.164.513	45.998.772	5.513.846	17.574.626
2032		12.054.848	21.477.408	18.810.686	28.233.246	7.834.870	53.833.642	5.193.238	22.767.864
2033		12.204.840	21.752.974	19.167.636	28.715.770	7.517.710	61.351.352	4.890.734	27.658.598
2034		12.355.904	22.030.651	19.529.138	29.203.885	7.212.733	68.564.085	4.605.433	32.264.032
2035		12.508.193	22.310.743	19.895.511	29.698.061	6.919.608	75.483.692	4.336.449	36.600.480
2036		12.661.844	22.593.517	20.267.043	30.198.716	6.637.981	82.121.673	4.082.920	40.683.400
2037		12.816.976	22.879.208	20.643.997	30.706.229	6.367.488	88.489.161	3.844.015	44.527.415
2038		12.973.694	23.168.024	21.026.618	31.220.948	6.107.759	94.596.919	3.618.936	48.146.352
2039		13.132.094	23.460.155	21.415.133	31.743.194	5.858.420	100.455.340	3.406.918	51.553.270
2040		13.292.265	23.755.773	21.809.761	32.273.269	5.619.103	106.074.443	3.207.231	54.760.501
2041		13.454.286	24.055.036	22.210.707	32.811.457	5.389.441	111.463.883	3.019.181	57.779.682
2042		13.618.233	24.358.093	22.618.170	33.358.030	5.169.073	116.632.957	2.842.106	60.621.787
2043		13.784.175	24.665.080	23.032.342	33.913.247	4.957.650	121.590.606	2.675.380	63.297.167
2044		13.952.178	24.976.128	23.453.411	34.477.362	4.754.826	126.345.432	2.518.409	65.815.577
2045		14.122.305	25.291.360	23.881.561	35.050.616	4.560.268	130.905.700	2.370.632	68.186.209
2046		14.294.616	25.610.895	24.316.972	35.633.250	4.373.653	135.279.353	2.231.517	70.417.726
2047	- 54.527.606	14.469.169	25.934.845	24.759.822	90.753.104	10.508.591	145.787.943	5.262.384	75.680.110

VAN	**145.787.943**	VAN	**75.680.110**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,108**	IRR	**0,108**
B/C	**2,131**	B/C	**1,611**

Nel caso dell'ipotesi massima delle esternalità relative alle previsioni del cambiamento climatico risultano i seguenti valori degli indicatori economici.

VAN	**221.440.259**	VAN	**100.478.058**
RATE	**0,06**	RATE	**0,08**
IRR	**0,118**	IRR	**0,118**
B/C	**2,718**	B/C	**1,811**

Sintesi dei risultati ottenuti – ipotesi minima cambiamento climatico

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	129.988.128	9,9%	1,885	Scenario Standard	60.117.282	9,9%	1,428
Scenario Pessimistico	110.957.580	8,1%	1,841	Scenario Pessimistico	55.275.113	8,1%	1,415
Scenario Ottimistico	200.975.011	12,0%	2,368	Scenario Ottimistico	110.709.764	12,0%	1,787

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	131.900.826	10,0%	1,921	Scenario Standard	62.382.785	10,0%	1,455
Scenario Pessimistico	120.472.932	8,3%	1,856	Scenario Pessimistico	60.195.474	8,3%	1,400
Scenario Ottimistico	203.362.197	12,2%	2,421	Scenario Ottimistico	113.455.914	12,2%	1,827

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	145.787.943	10,8%	2,131	Scenario Standard	75.680.110	10,8%	1,611
Scenario Pessimistico	128.252.937	8,9%	1,995	Scenario Pessimistico	62.558.782	8,9%	1,568
Scenario Ottimistico	216.918.174	13,1%	2,683	Scenario Ottimistico	126.859.958	13,1%	2,024

Sulla base della sintesi dei risultati della valutazione economica riportati nelle tabelle procedenti si possono trarre le seguenti conclusioni:

In tutte le situazioni previste (standard, pessimista ed ottimista) il Valore attuale netto risulta positivo per tutte e tre le ipotesi progettuali, ed il valore del Tasso interno di rendimento risulta essere intorno al 10% nella situazione standard, 8% nella situazione pessimista e 12% nella situazione ottimista.

L'analisi economica presenta quindi risultati positivi per tutte e tre le situazioni progettuali e per tutti e due tassi di sconto applicati.

15.5. ANALISI DI SENSIBILITÀ

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO: +10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	115.296.730	9,0%	1,713	Scenario Standard	46.058.770	9,0%	1,298
Scenario Pessimistico	97. 560.629	7,6%	1,673	Scenario Pessimistico	40.117.113	7,6%	1,122
Scenario Ottimistico	186.283.613	11,0%	2,153	Scenario Ottimistico	96.651.251	11,0%	1,625

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	117.586.376	9,2%	1,747	Scenario Standard	48.665.921	9,2%	1,323
Scenario Pessimistico	97.760.537	7,9%	1,687	Scenario Pessimistico	43.279.240	7,9%	1,320
Scenario Ottimistico	189.047.747	11,2%	2,201	Scenario Ottimistico	99.739.050	11,2%	1,661

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	132.900.819	9,9%	1,938	Scenario Standard	63.288.779	9,9%	1,464
Scenario Pessimistico	106.368.407	9,6%	1,814	Scenario Pessimistico	51.538.275	9,6%	1,425
Scenario Ottimistico	204.031.049	12,1%	2,439	Scenario Ottimistico	114.468.627	12,1%	1,840

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO: +20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	100.605.333	8,3%	1,571	Scenario Standard	32.000.257	8,3%	1,190
Scenario Pessimistico	84.563.677	7,1%	1,534	Scenario Pessimistico	28.959.112	7,1%	1,212
Scenario Ottimistico	171.592.216	10,2%	1,973	Scenario Ottimistico	82.592.739	10,2%	1,490

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	103.271.926	8,5%	1,601	Scenario Standard	34.949.056	8,5%	1,212
Scenario Pessimistico	85.648.142	7,6%	1,546	Scenario Pessimistico	31.363.005	7,6%	1,201
Scenario Ottimistico	174.733.297	10,4%	2,017	Scenario Ottimistico	86.022.185	10,4%	1,523

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	120.013.695	9,2%	1,776	Scenario Standard	50.897.448	9,2%	1,342
Scenario Pessimistico	94.483.878	8,9%	1,663	Scenario Pessimistico	40.517.768	8,9%	1,306
Scenario Ottimistico	191.143.925	11,2%	2,236	Scenario Ottimistico	102.077.296	11,2%	1,686

L'analisi di sensibilità dei costi economici di investimento presenta risultati soddisfacenti anche nel caso di incremento dei costi del 20% e nei scenari pessimistici.

VARIAZIONE DEI COSTI DI GESTIONE: +10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	117.575.671	9,5%	1,800	Scenario Standard	51.037.723	9,5%	1,363
Scenario Pessimistico	102.177.112	9,0%	1,774	Scenario Pessimistico	48.779.971	9,0%	1,301
Scenario Ottimistico	188.708.129	11,6%	2,284	Scenario Ottimistico	101.794.376	11,6%	1,724

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	119.268.961	9,6%	1,833	Scenario Standard	53.144.382	9,6%	1,387
Scenario Pessimistico	110.430.629	9,1%	1,786	Scenario Pessimistico	48.909.103	9,1%	1,347
Scenario Ottimistico	190.880.065	11,8%	2,333	Scenario Ottimistico	104.386.372	11,8%	1,761

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	134.233.723	10,4%	2,042	Scenario Standard	67.290.250	10,4%	1,543
Scenario Pessimistico	113.757.605	9,8%	1,924	Scenario Pessimistico	56.293.882	9,8%	1,511
Scenario Ottimistico	205.503.612	12,7%	2,595	Scenario Ottimistico	118.627.597	12,7%	1,957

VARIAZIONE DEI COSTI DI GESTIONE: +20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	105.163.214	9,0%	1,716	Scenario Standard	41.958.164	9,0%	1,298
Scenario Pessimistico	93.396.644	8,7%	1,708	Scenario Pessimistico	35.284.829	8,7%	1,228
Scenario Ottimistico	176.441.248	11,2%	2,201	Scenario Ottimistico	92.878.989	11,2%	1,661

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	106.637.096	9,2%	1,745	Scenario Standard	43.905.980	9,2%	1,320
Scenario Pessimistico	94.388.326	8,8%	1,716	Scenario Pessimistico	41.822.731	8,8%	1,311
Scenario Ottimistico	178.397.934	11,4%	2,246	Scenario Ottimistico	95.316.830	11,4%	1,695

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	122.679.502	10,0%	1,952	Scenario Standard	58.900.389	10,0%	1,475
Scenario Pessimistico	101.262.273	9,8%	1,782	Scenario Pessimistico	50.028.981	9,8%	1,454
Scenario Ottimistico	194.089.050	12,4%	2,506	Scenario Ottimistico	110.395.236	12,4%	1,891

Per quanto riguarda una possibile variazione dei costi di gestione si può dedurre che un potenziale incremento di essi non costituisce un impatto significativo sugli indicatori studiati dall'analisi economica, infatti anche l'incremento del 20% nello scenario pessimistico presenta risultati di VAN positivi e di TIR superiori ai tassi di sconto adottati.

VARIAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO: -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	90.675.899	8,6%	1,617	Scenario Standard	35.751.242	8,6%	1,276
Scenario Pessimistico	77.658.439	8,3%	1,588	Scenario Pessimistico	30.897.215	8,3%	1,254
Scenario Ottimistico	155.182.592	10,6%	2,056	Scenario Ottimistico	77.907.104	10,6%	1,554

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	95.407.370	8,9%	1,740	Scenario Standard	36.989.505	8,9%	1,299
Scenario Pessimistico	75.580.489	8,4%	1,601	Scenario Pessimistico	31.164.406	8,4%	1,265
Scenario Ottimistico	156.229.396	10,7%	2,091	Scenario Ottimistico	79.323.917	10,7%	1,578

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	123.897.425	9,7%	1,866	Scenario Standard	56.014.947	9,7%	1,408
Scenario Pessimistico	103.772.687	9,0%	1,804	Scenario Pessimistico	49.903.302	9,0%	1,389
Scenario Ottimistico	194.114.268	11,8%	2,356	Scenario Ottimistico	106.068.888	11,8%	1,773

VARIAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO: -20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	50.446.041	7,2%	1,343	Scenario Standard	2.477.699	7,2%	1,018
Scenario Pessimistico	44.606.604	6,9%	1,338	Scenario Pessimistico	-735.727	6,9%	1,000
Scenario Ottimistico	107.930.887	9,1%	1,735	Scenario Ottimistico	43.671.951	9,1%	1,311

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	60.994.544	7,7%	1,473	Scenario Standard	14.257.818	7,7%	1,115
Scenario Pessimistico	58.165.936	7,1%	1,469	Scenario Pessimistico	9.385.728	7,1%	1,109
Scenario Ottimistico	142.772.036	10,2%	1,997	Scenario Ottimistico	68.965.227	10,2%	1,503

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	80.190.694	8,2%	1,560	Scenario Standard	24.285.213	8,2%	1,177
Scenario Pessimistico	67.848.279	7,8%	1,505	Scenario Pessimistico	13.688.928	7,8%	1,110
Scenario Ottimistico	167.257.060	11,5%	2,298	Scenario Ottimistico	90.722.765	11,5%	1,732

Anche l'analisi di sensibilità economica, come da quella finanziaria, della variabile flussi di traffico risulta che forti variazioni potrebbero produrre effetti negativi sugli indicatori - infatti una potenziale riduzione del 20% della domanda di trasporto porta i valori degli indicatori dello scenario pessimistico intorno al 7% per tutte e tre le soluzioni progettuali e per il tasso di sconto di 8% sotto la soglia di questo valore.

VARIAZIONE ESTERNALITÀ: -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	112.541.515	9,3%	1,766	Scenario Standard	47.756.372	9,3%	1,340
Scenario Pessimistico	95.694.993	8,9%	1,715	Scenario Pessimistico	44.163.747	8,9%	1,303
Scenario Ottimistico	179.314.479	11,3%	2,221	Scenario Ottimistico	95.144.396	11,3%	1,677

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	113.406.563	9,4%	1,792	Scenario Standard	49.001.415	9,4%	1,397
Scenario Pessimistico	99.981.531	9,0%	1,738	Scenario Pessimistico	45.942.608	9,0%	1,330
Scenario Ottimistico	181.624.643	11,5%	2,269	Scenario Ottimistico	97.803. 425	11,5%	1,713

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	127.782.117	10,2%	1,992	Scenario Standard	62.650.275	10,2%	1,506
Scenario Pessimistico	103.462.334	10,0%	1,871	Scenario Pessimistico	51.796.174	10,0%	1,370
Scenario Ottimistico	195.755.227	12,4%	2,519	Scenario Ottimistico	111.618.867	12,4%	1,901

VARIAZIONE ESTERNALITÀ: -20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	93.968.325	8,7%	1,640	Scenario Standard	34.310.224	8,7%	1,244
Scenario Pessimistico	80.432.407	8,1%	1,609	Scenario Pessimistico	30.052.381	8,1%	1,200
Scenario Ottimistico	157.653.947	10,7%	2,073	Scenario Ottimistico	79.579.029	10,7%	1,566

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	94.912.300	8,8%	1,663	Scenario Standard	35.620.045	8,8%	1,260
Scenario Pessimistico	85.090.131	8,3%	1,620	Scenario Pessimistico	33.089.742	8,3%	1,228
Scenario Ottimistico	159.887.089	10,9%	2,117	Scenario Ottimistico	82.150.937	10,9%	1,599

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	109.776.290	9,5%	1,852	Scenario Standard	49.620.439	9,5%	1,400
Scenario Pessimistico	88.671.732	8,6%	1,646	Scenario Pessimistico	41.033.567	8,6%	1,242
Scenario Ottimistico	174.592.280	11,7%	2,355	Scenario Ottimistico	96.377.775	11,7%	1,778

La variazione in negativo dei benefici esterni comporta una riduzione degli indicatori economici anche se non di importi tali da considerare gli effetti esterni una variabile di cui variazioni possano produrre effetti significativi sui risultati dell'analisi economica. Infatti anche per lo scenario pessimistico un'eventuale riduzione del 20% dei benefici esterni comporta i valori di VAN postivi e di TIR superiori al tasso di sconto del 8%.

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO +5%,
COSTI DI GESTIONE +10%, FLUSSI DI TRAFFICO -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	90.917.743	8,7%	1,560	Scenario Standard	35.642.427	8,7%	1,266
Scenario Pessimistico	62.279.495	7,3%	1,439	Scenario Pessimistico	18.323.073	7,3%	1,084
Scenario Ottimistico	135.570.012	9,8%	1,879	Scenario Ottimistico	61.962.460	9,8%	1,420

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	104.108.334	8,9%	1,693	Scenario Standard	39.918.113	8,9%	1,277
Scenario Pessimistico	88.274.186	8,5%	1,651	Scenario Pessimistico	37.258.813	8,5%	1,238
Scenario Ottimistico	158.327.593	10,5%	2,053	Scenario Ottimistico	79.048.431	10,5%	1,549

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	106.775.848	9,2%	1,789	Scenario Standard	45.775.217	9,2%	1,352
Scenario Pessimistico	96.400.787	8,7%	1,689	Scenario Pessimistico	38.004.950	8,7%	1,258
Scenario Ottimistico	174.229.493	11,45	2,288	Scenario Ottimistico	94.363.335	11,45	1,725

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO +5%,
COSTI DI GESTIONE +10%, FLUSSI DI TRAFFICO -10%,
ESTERNALITÀ -10%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	74.224.221	7,9%	1,352	Scenario Standard	19.560.189	7,9%	1,024
Scenario Pessimistico	48.565.764	6,9%	1,348	Scenario Pessimistico	-3.342.568	6,9%	1,005
Scenario Ottimistico	115.949.197	9,2%	1,752	Scenario Ottimistico	47.829.408	9,2%	1,324

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	84.250.198	8,2%	1,561	Scenario Standard	25.592.309	8,2%	1,178
Scenario Pessimistico	57.971.751	7,7%	1,531	Scenario Pessimistico	22.428.236	7,7%	1,063
Scenario Ottimistico	136.590.038	9,9%	1,909	Scenario Ottimistico	63.395.943	9,9%	1,440

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	88.770.021	8,6%	1,656	Scenario Standard	32.745.381	8,6%	1,252
Scenario Pessimistico	71.610.185	7,9%	1,544	Scenario Pessimistico	23.242.343	7,9%	1,135
Scenario Ottimistico	153.066.546	10,8%	2,131	Scenario Ottimistico	79.122.244	10,8%	1,608

VARIAZIONE DEI COSTI DI INVESTIMENTO +10%,
COSTI DI GESTIONE +10%, FLUSSI DI TRAFFICO -10%,
ESTERNALITÀ -20%

Soluzione A Ipotesi 1

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	30.184.999	6,3%	1,187	Scenario Standard	-15.551.305	6,3%	0,899
Scenario Pessimistico	26.253.745	5,8%	1,175	Scenario Pessimistico	-19.716.756	5,8%	0,842
Scenario Ottimistico	88.982.684	8,2%	1,551	Scenario Ottimistico	26.667.100	8,2%	1,172

Soluzione A Ipotesi 2

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	57.234.836	7,2%	1,363	Scenario Standard	4.408.073	7,2%	1,079
Scenario Pessimistico	49.213.118	6,8%	1,346	Scenario Pessimistico	639.541	6,8%	1,008
Scenario Ottimistico	114.852.484	9,2%	1,764	Scenario Ottimistico	47.743.454	9,2%	1,331

Soluzione B

Tasso di sconto = 6%	VAN (Euro)	TIR	B/C	Tasso di sconto=8%	VAN (Euro)	TIR	B/C
Scenario Standard	70.764.194	8,0%	1,523	Scenario Standard	19.715.546	8,0%	1,152
Scenario Pessimistico	52.819.582	7,0%	1,355	Scenario Pessimistico	2.479.735	7,0%	1,022
Scenario Ottimistico	131.903.599	10,1%	1,975	Scenario Ottimistico	63.881.152	10,1%	1,491

La contemporanea variazione in negativo di tutte le variabili scelte per l'analisi di sensibilità produce i risultati di rischio per la soluzione A ipotesi 1 nello scenario pessimistico produce, infatti il valore di TIR si trova sotto la soglia del tasso di sconto del 6%.

Comunque anche l'analisi economica conferma l'efficienza e redditività economica di tutte e tre le soluzioni progettuali. La soluzione B presenta i valori leggermente superiori alla soluzione A ipotesi 2 che risulta essere a sua volta migliore della soluzione A ipotesi 1 sottolineando però che i risultati delle analisi mostrano valori molto vicini considerando l'arco di tempo adottato.

La scelta di una delle tre soluzioni progettuali dovrebbe quindi dipendere dalle politiche e strategie del territorio, dai vincoli di esso e dagli interessi delle autorità coinvolte.

16. SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA

Affinché l'intervento possa essere realizzato nei tempi prefissati è necessario che abbia una adeguata copertura finanziaria. Si è cercato quindi di analizzare le diverse voci di costo degli interventi e di individuare le possibili fonti di finanziamento.

Seguono le tabelle dei flussi finanziari e quindi dei costi di investimento, di gestione e dei ricavi da tariffa.

Non sono stati inclusi i rimborsi di interessi passivi eventualmente dovuti a fronte di un prestito che potrebbe finanziare una parte dei costi di investimento in quanto in questa fase di studio risulta complicato ipotizzare le condizioni contrattuali con le banche.

Si nota come in tutte e tre le soluzioni progettuali i flussi finanziari diventano positivi appena conclusa la fase di realizzazione e quindi di maggior esborso finanziario.

Infatti l'infrastruttura studiata si rileva redditizia dal punto di vista finanziario e quindi anche adeguata ad un coinvolgimento di enti privati nella fase di finanziamento e di gestione.

Affidando ad un gruppo composto da soggetti pubblici e privati la costruzione e gestione di infrastrutture dell'infrastruttura in esame potrebbe essere interessante considerando risultati finanziari ottenuti dall'analisi finanziaria – infatti per tutte e tre le soluzioni progettuali si è ottenuto il VAN positivo ed il TIR al di sopra di uno dei tassi di sconto adottati (6%).

FLUSSI FINANZIARI - SOLUZIONE A IPOTESI 1 (in Euro)

Anno	COSTI DI INVESTIMENTO							Totale Investimenti	COSTI DI GESTIONE				Totale costo di trasporto passeggeri	Totale Costi	Ricavi finanziari da tariffa	TOTALE FLUSSO
	Tratta 1A	Tratta 1B	Tratta 2	Tratta 3	Tratta 4	Tratta 5A	Tratta 5B		Personale	Trazione	Illuminaz.	Manutenz.				
2010	31.039.567	-	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-31.039.567
2011	13.861.609	10.646.053	7.313.144	-	-	-	-	31.820.806	-	-	-	-	-	31.820.806	-	-31.820.806
2012	-	-	29.252.576	25.994.253	-	-	-	55.246.829	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	57.091.451	3.007.455	-54.083.996
2013	-	-	11.519.124	25.994.253	-	-	-	37.513.377	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	39.357.999	6.329.490	-33.028.509
2014	-	-	-	**5.378.121**	**34.693.515**	-	-	**40.071.636**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**45.269.259**	**9.941.711**	**-35.327.548**
2015	-	-	-	-	34.693.515	-	-	34.693.515	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	39.891.138	12.113.349	-27.777.788
2016	-	-	-	-	34.693.515	4.434.479	2.627.557	41.755.551	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	46.953.174	22.071.438	-24.881.736
2017	-	-	-	-	19.489.181	-	2.953.629	22.442.810	334.354	1.003.812	206.617	5.354.097	6.898.879	29.341.689	23.660.835	-5.680.854
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	367.380	1.136.772	239.567	6.856.417	8.600.135	8.600.135	24.851.853	16.251.717
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	**381.065**	**1.148.140**	**250.934**	**7.111.824**	**8.891.963**	8.891.963	**25.777.605**	**16.885.642**
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	392.008	1.159.508	262.302	7.316.048	9.129.866	9.129.866	26.517.838	17.387.973
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	496.505	1.170.875	273.670	9.266.279	11.207.329	11.207.329	33.586.671	22.379.341
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	504.863	1.182.243	285.037	9.422.277	11.394.421	11.394.421	34.152.100	22.757.679
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	512.856	1.193.611	296.405	9.571.447	11.574.319	11.574.319	34.692.783	23.118.465
2024	-	-	-	-	-	-	-	-	**520.597**	**1.204.979**	**307.773**	**9.715.906**	**11.749.254**	11.749.254	**35.216.394**	**23.467.139**
2025	-	-	-	-	-	-	-	-	528.164	1.216.346	319.141	9.857.140	11.920.791	11.920.791	35.728.311	23.807.520
2026	-	-	-	-	-	-	-	-	535.616	1.227.714	330.508	9.996.223	12.090.062	12.090.062	36.232.433	24.142.371
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	542.996	1.239.082	341.876	10.133.955	12.257.910	12.257.910	36.731.660	24.473.750
2028	-	-	-	-	-	-	-	-	550.337	1.250.450	353.244	10.270.948	12.424.978	12.424.978	37.228.206	24.803.228
2029	-	-	-	-	-	-	-	-	**557.663**	**1.261.817**	**364.612**	**10.407.677**	**12.591.769**	12.591.769	**37.723.796**	**25.132.027**
2030	-	-	-	-	-	-	-	-	564.995	1.273.185	375.979	10.544.521	12.758.681	12.758.681	38.219.803	25.461.122
2031	-	-	-	-	-	-	-	-	572.350	1.284.553	387.347	10.681.787	12.926.036	12.926.036	38.717.336	25.791.299
2032	-	-	-	-	-	-	-	-	579.741	1.295.920	398.715	10.819.725	13.094.102	13.094.102	39.217.309	26.123.208
2033	-	-	-	-	-	-	-	-	587.180	1.307.288	410.082	10.958.548	13.263.098	13.263.098	39.720.488	26.457.390
2034	-	-	-	-	-	-	-	-	**594.675**	**1.318.656**	**421.450**	**11.098.434**	**13.433.215**	13.433.215	**40.227.520**	**26.794.306**
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	602.236	1.330.024	432.818	11.239.537	13.604.614	13.604.614	40.738.963	27.134.350
2036	-	-	-	-	-	-	-	-	609.869	1.341.391	444.186	11.381.990	13.777.436	13.777.436	41.255.303	27.477.867
2037	-	-	-	-	-	-	-	-	617.580	1.352.759	455.553	11.525.913	13.951.806	13.951.806	41.776.968	27.825.162
2038	-	-	-	-	-	-	-	-	625.376	1.364.127	466.921	11.671.411	14.127.835	14.127.835	42.304.340	28.176.505
2039	-	-	-	-	-	-	-	-	**633.262**	**1.375.494**	**478.289**	**11.818.578**	**14.305.623**	14.305.623	**42.837.765**	**28.532.142**
2040	-	-	-	-	-	-	-	-	641.241	1.386.862	489.656	11.967.503	14.485.263	14.485.263	43.377.558	28.892.295
2041	-	-	-	-	-	-	-	-	649.319	1.398.230	501.024	12.118.263	14.666.837	14.666.837	43.924.007	29.257.170
2042	-	-	-	-	-	-	-	-	657.500	1.409.598	512.392	12.270.935	14.850.424	14.850.424	44.477.382	29.626.958
2043	-	-	-	-	-	-	-	-	665.786	1.420.965	523.760	12.425.586	15.036.098	15.036.098	45.037.934	30.001.836
2044	-	-	-	-	-	-	-	-	**674.182**	**1.432.333**	**535.127**	**12.582.284**	**15.223.927**	15.223.927	**45.605.901**	**30.381.974**
2045	-	-	-	-	-	-	-	-	682.692	1.443.701	546.495	12.741.089	15.413.976	15.413.976	46.181.508	30.767.532
2046	-	-	-	-	-	-	-	-	691.317	1.455.069	557.863	12.902.062	15.606.310	15.606.310	46.764.972	31.158.662
2047	-	-	-	-	-	-	-	-	700.061	1.466.436	569.231	13.065.259	15.800.987	15.800.987	47.356.499	31.555.512
	44.901.176	**10.646.053**	**48.084.844**	**57.366.627**	**123.569.725**	**4.434.479**	**5.581.186**	**294.584.090**	**18.920.094**	**43.947.445**	**13.085.069**	**340.387.447**	**416.340.055**	**710.924.145**	**1.243.305.484**	**532.381.338**

FLUSSI FINANZIARI - SOLUZIONE A IPOTESI 2 (in Euro)

Anno	COSTI DI INVESTIMENTO								COSTI DI GESTIONE				Totale costo di trasporto passeggeri	Totale Costi	Ricavi finanziari da tariffa	TOTALE FLUSSO
	Tratta 1A	Tratta 1B	Tratta 2	Tratta 3	Tratta 4	Tratta 5A	Tratta 5B	Totale Investimenti	Personale	Trazione	Illuminaz.	Manutenz.				
2010	31.039.567	-	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-31.039.567
2011	13.861.609	10.646.053	7.313.144	-	-	-	-	31.820.806	-	-	-	-	-	31.820.806	-	-31.820.806
2012	-	-	29.252.576	25.994.253	-	-	-	55.246.829	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	57.091.451	3.008.023	-54.083.428
2013	-	-	11.519.124	25.994.253	-	-	-	37.513.377	221.173	641.475	112.746	869.227	1.844.622	39.357.999	6.330.686	-33.027.313
2014	**-**	**-**	**-**	**5.378.121**	**35.842.122**	**-**	**-**	**41.220.244**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**3.851.777**	**5.197.623**	**46.417.867**	**9.943.589**	**-36.474.278**
2015	-	-	-	-	35.842.122	-	-	35.842.122	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	41.039.745	12.115.638	-28.924.108
2016	-	-	-	-	35.842.122	4.434.479	2.627.557	42.904.158	301.327	870.852	173.667	3.851.777	5.197.623	48.101.781	22.075.608	-26.026.174
2017	-	-	-	-	9.032.651	-	2.953.629	11.986.280	334.354	1.003.812	206.617	5.455.094	6.999.876	18.986.157	23.665.305	4.679.148
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	367.380	1.136.772	239.567	7.058.411	8.802.130	8.802.130	24.856.548	16.054.418
2019	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**381.065**	**1.148.140**	**250.934**	**7.321.343**	**9.101.482**	**9.101.482**	**25.782.475**	**16.680.992**
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	392.008	1.159.508	262.302	7.531.584	9.345.401	9.345.401	26.522.848	17.177.447
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	496.505	1.170.875	273.670	9.539.270	11.480.320	11.480.320	33.593.016	22.112.696
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	504.863	1.182.243	285.037	9.699.863	11.672.007	11.672.007	34.158.552	22.486.545
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	512.856	1.193.611	296.405	9.853.428	11.856.300	11.856.300	34.699.338	22.843.038
2024	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**520.597**	**1.204.979**	**307.773**	**10.002.143**	**12.035.491**	**12.035.491**	**35.223.047**	**23.187.555**
2025	-	-	-	-	-	-	-	-	528.164	1.216.346	319.141	10.147.538	12.211.189	12.211.189	35.735.061	23.523.872
2026	-	-	-	-	-	-	-	-	535.616	1.227.714	330.508	10.290.718	12.384.557	12.384.557	36.239.278	23.854.721
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	542.996	1.239.082	341.876	10.432.508	12.556.463	12.556.463	36.738.600	24.182.137
2028	-	-	-	-	-	-	-	-	550.337	1.250.450	353.244	10.573.537	12.727.567	12.727.567	37.235.239	24.507.672
2029	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**557.663**	**1.261.817**	**364.612**	**10.714.294**	**12.898.386**	**12.898.386**	**37.730.923**	**24.832.537**
2030	-	-	-	-	-	-	-	-	564.995	1.273.185	375.979	10.855.170	13.069.329	13.069.329	38.227.023	25.157.694
2031	-	-	-	-	-	-	-	-	572.350	1.284.553	387.347	10.996.479	13.240.729	13.240.729	38.724.650	25.483.921
2032	-	-	-	-	-	-	-	-	579.741	1.295.920	398.715	11.138.481	13.412.858	13.412.858	39.224.718	25.811.861
2033	-	-	-	-	-	-	-	-	587.180	1.307.288	410.082	11.281.394	13.585.944	13.585.944	39.727.992	26.142.048
2034	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**594.675**	**1.318.656**	**421.450**	**11.425.401**	**13.760.182**	**13.760.182**	**40.235.120**	**26.474.938**
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	602.236	1.330.024	432.818	11.570.661	13.935.738	13.935.738	40.746.660	26.810.922
2036	-	-	-	-	-	-	-	-	609.869	1.341.391	444.186	11.717.311	14.112.757	14.112.757	41.263.097	27.150.340
2037	-	-	-	-	-	-	-	-	617.580	1.352.759	455.553	11.865.474	14.291.367	14.291.367	41.784.860	27.493.493
2038	-	-	-	-	-	-	-	-	625.376	1.364.127	466.921	12.015.258	14.471.682	14.471.682	42.312.332	27.840.650
2039	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**633.262**	**1.375.494**	**478.289**	**12.166.761**	**14.653.806**	**14.653.806**	**42.845.858**	**28.192.052**
2040	-	-	-	-	-	-	-	-	641.241	1.386.862	489.656	12.320.073	14.837.833	14.837.833	43.385.752	28.547.919
2041	-	-	-	-	-	-	-	-	649.319	1.398.230	501.024	12.475.275	15.023.849	15.023.849	43.932.305	28.908.456
2042	-	-	-	-	-	-	-	-	657.500	1.409.598	512.392	12.632.445	15.211.934	15.211.934	44.485.784	29.273.850
2043	-	-	-	-	-	-	-	-	665.786	1.420.965	523.760	12.791.652	15.402.164	15.402.164	45.046.442	29.644.279
2044	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**674.182**	**1.432.333**	**535.127**	**12.952.966**	**15.594.609**	**15.594.609**	**45.614.517**	**30.019.908**
2045	-	-	-	-	-	-	-	-	682.692	1.443.701	546.495	13.116.450	15.789.337	15.789.337	46.190.233	30.400.896
2046	-	-	-	-	-	-	-	-	691.317	1.455.069	557.863	13.282.165	15.986.413	15.986.413	46.773.807	30.787.394
2047	-	-	-	-	-	-	-	-	700.061	1.466.436	569.231	13.450.170	16.185.898	16.185.898	47.365.446	31.179.548
TOTALE	**44.901.176**	**10.646.053**	**48.084.844**	**57.366.627**	**116.559.018**	**4.434.479**	**5.581.186**	**287.573.383**	**18.920.094**	**43.947.445**	**13.085.069**	**349.967.104**	**425.919.712**	**713.493.095**	**1.243.540.370**	**530.047.275**

FLUSSI FINANZIARI - SOLUZIONE B (in Euro)

Anno	COSTI DI INVESTIMENTO								COSTI DI GESTIONE				Totale costo di trasporto passeggeri	Totale Costi	Ricavi finanziari da tariffa	TOTALE FLUSSO
	Tratta 1A	Tratta 1B	Tratta 2	Tratta 3	Tratta 4	Tratta 5A	Tratta 5B	Totale Investimenti	Personale	Trazione	Illuminaz.	Manutenz.				
2010	31.039.567	-	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-	-	-	-	31.039.567	-	-31.039.567
2011	13.861.609	10.646.053	7.313.144	-	-	-	-	31.820.806	-	-	-	-	-	31.820.806	-	-31.820.806
2012	-	-	29.252.576	25.994.253	-	-	-	55.246.829	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618	56.800.447	2.941.136	-53.859.311
2013	-	-	11.519.124	25.994.253	-	-	-	37.513.377	221.173	641.475	112.746	578.223	1.553.618	39.066.995	6.189.916	-32.877.079
2014	**-**	**-**	**-**	**5.378.121**	**32.978.625**	**-**	**-**	**38.356.746**	**301.327**	**870.852**	**173.667**	**2.416.076**	**3.761.922**	**42.118.668**	**9.722.482**	**-32.396.186**
2015	-	-	-	-	32.978.625	-	-	32.978.625	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922	36.740.547	11.846.233	-24.894.313
2016	-	-	-	-	25.427.531	4.434.479	2.790.593	32.652.603	301.327	870.852	173.667	2.416.076	3.761.922	36.414.525	21.584.732	-14.829.793
2017	-	-	-	-	-	-	2.790.593	2.790.593	334.354	1.023.251	206.617	4.492.520	6.056.741	8.847.334	23.139.081	14.291.747
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	367.380	1.175.650	239.567	6.568.965	8.351.561	8.351.561	24.303.835	15.952.275
2019	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**381.065**	**1.190.773**	**254.690**	**6.813.664**	**8.640.192**	**8.640.192**	**25.209.173**	**16.568.981**
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	392.008	1.205.896	269.813	7.009.326	8.877.043	8.877.043	25.933.084	17.056.041
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	496.505	1.221.019	284.936	8.877.795	10.880.255	10.880.255	32.846.038	21.965.783
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	504.863	1.236.143	300.060	9.027.252	11.068.318	11.068.318	33.398.999	22.330.682
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	512.856	1.251.266	315.183	9.170.168	11.249.473	11.249.473	33.927.760	22.678.287
2024	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**520.597**	**1.266.389**	**330.306**	**9.308.571**	**11.425.863**	**11.425.863**	**34.439.824**	**23.013.960**
2025	-	-	-	-	-	-	-	-	528.164	1.281.512	345.429	9.443.884	11.598.990	11.598.990	34.940.453	23.341.463
2026	-	-	-	-	-	-	-	-	535.616	1.296.636	360.553	9.577.136	11.769.941	11.769.941	35.433.458	23.663.517
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	542.996	1.311.759	375.676	9.709.094	11.939.526	11.939.526	35.921.677	23.982.151
2028	-	-	-	-	-	-	-	-	550.337	1.326.882	390.799	9.840.344	12.108.362	12.108.362	36.407.273	24.298.911
2029	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**557.663**	**1.342.006**	**405.923**	**9.971.340**	**12.276.932**	**12.276.932**	**36.891.935**	**24.615.003**
2030	-	-	-	-	-	-	-	-	564.995	1.357.129	421.046	10.102.447	12.445.617	12.445.617	37.377.003	24.931.386
2031	-	-	-	-	-	-	-	-	572.350	1.372.252	436.169	10.233.958	12.614.729	12.614.729	37.863.565	25.248.836
2032	-	-	-	-	-	-	-	-	579.741	1.387.375	451.292	10.366.113	12.784.522	12.784.522	38.352.514	25.567.992
2033	-	-	-	-	-	-	-	-	587.180	1.402.499	466.416	10.499.116	12.955.210	12.955.210	38.844.597	25.889.387
2034	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**594.675**	**1.417.622**	**481.539**	**10.633.137**	**13.126.973**	**13.126.973**	**39.340.448**	**26.213.475**
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	602.236	1.432.745	496.662	10.768.324	13.299.967	13.299.967	39.840.613	26.540.646
2036	-	-	-	-	-	-	-	-	609.869	1.447.868	511.785	10.904.806	13.474.328	13.474.328	40.345.567	26.871.239
2037	-	-	-	-	-	-	-	-	617.580	1.462.992	526.909	11.042.695	13.650.175	13.650.175	40.855.728	27.205.553
2038	-	-	-	-	-	-	-	-	625.376	1.478.115	542.032	11.182.092	13.827.616	13.827.616	41.371.471	27.543.856
2039	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**633.262**	**1.493.238**	**557.155**	**11.323.090**	**14.006.745**	**14.006.745**	**41.893.134**	**27.886.388**
2040	-	-	-	-	-	-	-	-	641.241	1.508.362	572.279	11.465.771	14.187.652	14.187.652	42.421.023	28.233.371
2041	-	-	-	-	-	-	-	-	649.319	1.523.485	587.402	11.610.211	14.370.417	14.370.417	42.955.422	28.585.005
2042	-	-	-	-	-	-	-	-	657.500	1.538.608	602.525	11.756.482	14.555.115	14.555.115	43.496.594	28.941.480
2043	-	-	-	-	-	-	-	-	665.786	1.553.731	617.648	11.904.650	14.741.816	14.741.816	44.044.786	29.302.970
2044	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**674.182**	**1.568.855**	**632.772**	**12.054.777**	**14.930.586**	**14.930.586**	**44.600.228**	**29.669.642**
2045	-	-	-	-	-	-	-	-	682.692	1.583.978	647.895	12.206.925	15.121.489	15.121.489	45.163.143	30.041.654
2046	-	-	-	-	-	-	-	-	691.317	1.599.101	663.018	12.361.149	15.314.585	15.314.585	45.733.740	30.419.155
2047	-	-	-	-	-	-	-	-	700.061	1.614.224	678.141	12.517.504	15.509.931	15.509.931	46.312.223	30.802.292
TOTALE	**44.901.176**	**10.646.053**	**48.084.844**	**57.366.627**	**91.384.780**	**4.434.479**	**5.581.186**	**262.399.145**	**18.920.094**	**46.766.866**	**14.718.732**	**321.147.981**	**401.553.673**	**663.952.818**	**1.215.888.890**	**551.936.072**

Una possibile fondo di finanziamento potrebbe essere lo “Strumento di garanzia del prestito per progetti di trasporti RTE (LGTT).

La Commissione europea e la Banca europea per gli investimenti (BEI) hanno firmato a gennaio 2008 un Accordo di cooperazione che istituisce lo Strumento di garanzia del prestito per progetti di trasporti RTE. Questo strumento contribuisce ad incrementare la partecipazione del settore privato al finanziamento di infrastrutture di trasporto di interesse europeo, soprattutto negli investimenti di progetti riguardanti le RTE che presentano un rischio finanziario sul piano delle entrate nella fase operativa iniziale.

L’LGTT che rientra nel programma dell’UE per le reti transeuropee dei trasporti (RTE-T) e nell’Azione europea a favore della crescita attuata dalla BEI, coprirà parzialmente tale rischio, migliorando così notevolmente la solidità finanziaria dei relativi investimenti.

E’ stata stanziata una dotazione di 1 miliardo di Euro (la commissione e la BEI apportano ciascuna 500 milioni di Euro) che consente un volume d’investimenti fino a un totale di 20 miliardi di euro.

Infatti si è stimato che nel periodo 2007-2013 per le infrastrutture della rete transeuropea sarà necessario un totale di circa 300 miliardi di euro di investimenti.

Le stime prevedono una notevole carenza di risorse finanziarie nel settore pubblico che potrà essere colmata solo stimolando gli investimenti privati a favore di grandi progetti infrastrutturali.

Lo strumento è una garanzia della BEI per il debito subordinato attivata attraverso un meccanismo di liquidità di riserva messo a disposizione da banche commerciali – consente di rimediare a tale problema coprendo i rischi inerenti al servizio del debito a motivo del deficit della domanda e la conseguente perdita di risorse durante i primi 5-7 anni di esercizio del progetto.

Esso sostiene il progetto a far fronte al rischio inerente alla fase iniziale basandosi sulla prospettiva della solidità finanziaria a lungo termine.

L’LGTT potrebbe essere preso in considerazione come una possibile fonte di finanziamento e di copertura di rischi in quanto l’infrastruttura studiata rientra nella rete di trasporto transeuropea del CORRIDOIO Napoli-Roma-Berlino essendo il sistema MOBILIDO a servizio di infrastrutture di primo livello lungo tale corridoio come I PORTI DI FIUMICINO E CIVITAVECCHIA e l’AEROPORTO INTERNAZIONALE.

Per l’ipotesi di un gruppo di soggetti con un project financing prendendo esempio da alcuni progetti simili che si stanno realizzando in Italia (tramvia di Firenze, Rimini) si riscontrano buoni margini di successo dell’operazione.

Studiando altri interventi similari sul territorio italiano sono state in media individuate le seguenti percentuali di partecipazione di enti sulla copertura dei costi finanziari di investimento:

- Stato	39%
- Comuni interessati	12%
- Regione	6%
- TAV – RFI	14%
- Gruppo project financing	29%

Il finanziamento dei comuni interessati all’infrastruttura è in generale coperto dai mutui, in alcuni casi dai prestiti della Banca Europea di Investimenti.

16.1. IL CASO DELLA TRANVIA DI FIRENZE

Dopo la definizione della prima linea[52], era necessaria una accelerazione anche per le linee 2 e 3, per evitare la perdita dei finanziamenti statali e il rischio di non poter garantire un efficace sistema di mobilità pubblica. Il problema era quello di dover procedere rapidamente, a fronte però di una situazione di grave carenza di risorse pubbliche: il Comune di Firenze da solo non avrebbe mai potuto far fronte ai finanziamenti necessari. La scelta è stata quella della finanza di progetto o “project financing”: lo strumento (regolato dalla legge 109 del ’94) che permette la realizzazione di opere di pubblica utilità grazie al cofinanziamento tra pubblica amministrazione e imprese private.

Si è quindi messa in moto la procedura per ricercare un partner privato che si assumesse la quota mancante delle risorse per la costruzione delle linee 2 e 3, e che di conseguenza potesse poi gestire l'intera rete tramviaria (compresa la linea 1 già finanziata). Questo percorso è stato concordato con le strutture tecniche del ministero delle Infrastrutture, per garantire fra l'altro tempi di costruzione coerenti con le modalità di erogazione dei finanziamenti pubblici già attivati.

Nell'ottobre 2002 è quindi uscito il bando per la ricerca di un soggetto privato interessato al project, a cui ha risposto l’impresa francese Ratp, società pubblica interamente controllata dal ministero delle Finanze

[52] La tranvia fiorentina è una vicenda che parte da lontano. La prima tramvia elettrica fiorentina venne inaugurata nel 1890 e dismessa nel 1958. Esistevano anche linee extraurbane, tutte dismesse entro il 1957, che dalla città portavano a Fiesole, Rovezzano, Bagno a Ripoli, Sesto Fiorentino, Tavarnuzze, Casellina, Trespiano e Peretola. Il massimo sviluppo del sistema fu raggiunto negli anni ’30 con circa 220 km di linea.
La riproposizione del tram come sistema di trasporto collettivo dell’area fiorentina venne decisa dal PRG del 1993, poi approvato nel 1998, con l’indicazione di un insieme di linee che, con poche modifiche, è quello di cui oggi è cominciata la realizzazione concreta. Ma già nell’ottobre dell’88, sindaco Massimo Bogianckino, il Comune di Firenze aveva promosso un referendum consultivo che prevedeva anche una domanda sul gradimento della tramvia. La stragrande maggioranza dei fiorentini si espresse nettamente a favore del tram.

francese, che gestisce le linee del trasporto pubblico della città di Parigi nonché due linee della RER, la ferrovia regionale dell'area parigina. Ha circa 30.000 dipendenti, ha interessi in Italia ed in particolare in Toscana (dove possiede una quota di minoranza della LFI, società che gestisce la linea ferroviaria Stia-Arezzo-Sinalunga ed unica società di gestione ferroviaria privata in Toscana). Successivamente RATP ha costituito una ATI (Associazione temporanea di imprese) con altre imprese italiane, per la presentazione della proposta di finanza di progetto nei termini previsti nel bando di ottobre, proponendosi come promotore. Questa la composizione dell'ATI: RATP International Spa Capogruppo; Architechna Engineering srl; Alstom Transport Spa; Alstom Transport System Spa; Ansaldo Breda Spa; Ansaldo Trasporti Sistemi Ferroviari Spa; Baldassini e Tognozzi Costruzioni Generali Spa; Ciet Spa; Coestra Spa; Consorzio Toscano Costruzioni Scarl; Consorzio Cooperative Costruzioni Scarl; Dicos Spa; Sirti Spa. La giunta comunale (con delibera del 6 settembre 2003), dopo un iter istruttorio particolarmente complesso per le dimensioni e caratteristiche del project, ha individuato il pubblico interesse nella proposta di RATP International, ha individuato l'ATI come soggetto promotore della proposta e dopo la comunicazione in consiglio comunale ha dato il via alla procedura di gara. La gara si è svolta il 19 febbraio 2004 e si è conclusa con l'aggiudicazione della concessione al soggetto promotore RATP, dopo che l'altro soggetto interessato (l'impresa Pizzarotti di Parma) non ha alla fine presentato alcuna proposta alternativa.

La spesa complessiva per l'intero sistema tramviario finanziato (linea 1, linea 2 e primo lotto linea 3) ammonta a 487 milioni di euro, così finanziati:

Linea 1: in totale 195 milioni di euro

- finanziamento dello Stato: 73 milioni di euro
- contributo Tav-Rfi: 33 milioni di euro
- altri finanziamenti pubblici: 59 milioni di euro (mutui a carico dei comuni di Firenze e Scandicci)
- finanziamenti piano mobilità Regione Toscana: 30 milioni di euro

Linee 2 e 3 (1° lotto): in totale 292 milioni di euro

- finanziamento dello Stato: 116 milioni di euro
- contributo Tav-Rfi: 36 milioni di euro
- altri finanziamenti: 140 milioni di euro (a carico del vincitore della gara del Project)

Il secondo lotto della linea 3 Careggi - Viale Europa con diramazione Rovezzano, per un importo di circa 212 milioni di euro, è inserito nell'intesa generale quadro Stato-Regione Toscana del 18 aprile 2003. La quota a carico dello Stato, definita per il raggiungimento del 60% sul complesso della rete, risulta pari a 178 milioni di euro. La restante quota pari a 34 milioni di euro, è a carico del Comune di Firenze.

Per quanto riguarda l'appalto per la prima linea Firenze-Scandicci, si è proceduto alla firma del contratto di costruzione il 6 giugno 2003, dopo la soluzione del contenzioso fra le diverse imprese partecipanti alla gara. Come è noto, i lavori per la realizzazione della prima linea sono iniziati il primo dicembre 2004 e dureranno mille giorni. Sono già stati aperti i cantieri del nuovo ponte sull'Arno, di via Foggini, di via del Sansovino e delle Cascine.

LA SOCIETÀ DI PROGETTO

La proposta per il project financing è articolata in una prima fase di costruzione delle linee 2 e 3 (primo lotto) e in una fase di gestione dell'intero sistema delle linee tramviarie 1, 2, 3 (primo lotto). Per realizzare tale sistema è stata costituita una società di progetto, che il 7 aprile 2005 si è costituita ufficialmente come Società Tram di Firenze SpA, con capitale 7 milioni di euro.

La società di progetto è partecipata dai soggetti promotori nelle seguenti quote: soci gestori Ratp 24,9 e Ataf 24,1%; socio progettista Architechna Engineering 2%; soci costruttori Baldassini e Tognozzi, Ansaldo Breda, Ansaldo Trasporti, Alstom transport, Alstom transport system, Ctc, Ccc, Ciet, Sirti, Coestra, Dicos, complessivamente 49%. La società di progetto si è impegnata a stipulare contratti per la progettazione e costruzione, per la gestione, nonché una convenzione per il finanziamento delle operazioni. Gli istituti bancari sottoscrittori sono Calyon, MPS Banca per l'Impresa (Gruppo MPS) e Infrastrutture Spa. La società di progetto assume gli impegni economico finanziari necessari per realizzare l'intera opera sui mercati finanziari, per un importo da finanziare di 140 milioni di euro (più gli oneri finanziari). La Società Tram di Firenze ha quindi predisposto gli atti per la firma della convenzione di concessione (con il Comune di Firenze), del contratto di finanziamento (con le banche finanziatrici) e dei tre contratti di progetto - ovvero di costruzione, di ingegneria e di gestione – con le relative controparti. Dalla data della firma ha efficacia la concessione: la Società Tram di Firenze assume tutte le obbligazioni e i diritti discendenti dalla medesima. Dalla stessa data decorrono i termini di costruzione della seconda linea e del primo lotto della terza linea, previsti in 54 mesi. Il Comune di Firenze avrà rapporti definiti dal contratto di concessione esclusivamente con la società di progetto. Il Comune, oltre naturalmente a decidere le politiche della mobilità urbana, resta titolare delle politiche tariffarie, del coordinamento dei diversi servizi collegati alla tramvia e della proprietà del bene.

LA SOCIETÀ DI GESTIONE

La società di gestione è la società che gestirà per 30 anni il sistema tramviario fiorentino ed è costituita per il 51% da RATP e per il 49% da Ataf. Questa composizione consentirà una efficiente integrazione dei diversi sistemi di trasporto nell'area fiorentina. La società di gestione stipulerà un contratto di esercizio con la società Tram di Firenze i cui termini (costi, ricavi, frequenza e sistema complessivo di gestione) sono parte integrante della proposta di finanza di progetto e non potranno essere modificati

unilateralmente né dalla società di progetto concessionaria né dalla società di gestione. Le previsioni e le prescrizioni contrattuali saranno ulteriormente dettagliate dal capitolato d'oneri che è obbligo del concessionario sottoporre all'approvazione del Comune prima dell'avvio del servizio. La durata della concessione di costruzione più la gestione è di 35 anni; il finanziamento della gestione avverrà in parte con i contributi regionali per il trasporto pubblico ed in parte dai proventi derivanti dall'esercizio stesso.

I TEMPI

I lavori già iniziati della prima linea si concluderanno entro il 2008. Entro gennaio 2006 la giunta approverà il progetto definitivo per la linea 2 e il terzo lotto della linea 3; inizierà poi la fase della progettazione esecutiva, che si dovrà concludere entro sei mesi per la prima linea ed entro i successivi sei mesi per la seconda. Quindi entro il 2006 cominceranno i lavori. L'intero sistema della tramvia entrerà in esercizio entro la fine del 2010.

L'INTEGRAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO

Si sta definendo un nuovo sistema di mobilità dell'area metropolitana, che entrerà a regime quando sarà completata la rete delle tranvie e saranno liberati i binari ferroviari di superficie, grazie al tunnel sotterrano della TAV dove transiteranno i treni a lunga percorrenza. Un sistema basato sulla prevalenza del trasporto pubblico su ferro (tram e treno) integrato con quello su gomma; un sistema garantito da una serie di accordi stipulate dalle istituzioni pubbliche.

In particolare è rilevante l'intesa siglata nell'agosto 2003 fra Comune di Firenze, Provincia di Firenze e Regione Toscana, con il quale si riafferma la volontà di individuare le risorse per garantire il funzionamento del sistema di mobilità dell'area fiorentina. Questo sia in fase di cantierizzazione, con i conseguenti maggiori costi che potranno derivare al trasporto su gomma, sia in fase di esercizio. È un accordo importante, che pone la città di Firenze al centro del sistema di trasporto regionale e ne prefigura anche le future conseguenze sul piano della riorganizzazione, basata sull'indispensabile integrazione treno-tram-bus.

16.2. BOZZA DI CONVENZIONE PER OPERE LUNGO LA LINEA 1 DI FIRENZE

Per quanto concerne la linea 1 è interessante analizzare più in dettaglio la quota in Project financing delle opere accessorie alla tranvia veloce Firenze SMN –Scandicci (ex art. 155 D.Lgs 163/2006). La convenzione è il contratto che regola i rapporti tra il concedente (Comune di Scandicci) ed il concessionario (il raggruppamento che si aggiudicherà la concessione) per tutta la durata della concessione. Il suo contenuto è quindi di estrema importanza. Nella bozza predisposta dai proponenti, tra gli elementi più rilevanti che riteniamo di dover mettere in evidenza, vi sono i seguenti:

- Oggetto (art. 3): progettazione definitiva ed esecutiva e costruzione della stazione tranvia veloce Firenze SMN – Scandicci, di una sala polifunzionale, della piazza pubblica, di unità immobiliari a destinazione commerciale, residenziale e direzionale, di parcheggi interrati e di superficie. Per la durata trentennale della concessione è prevista la gestione e la manutenzione ordinaria e straordinaria delle unità immobiliari a destinazione commerciale in gestione, dei parcheggi di superficie e degli spazi pubblicitari e la manutenzione straordinaria delle opere escluse dalla gestione (sala polivalente, magazzino interrato, piazza pubblica e pensilina a copertura della stazione della tranvia). Il resto delle opere, ossia tutto il residenziale, tutto il direzionale, parte del commerciale ed i parcheggi interrati, passeranno in proprietà al Promotore che ne effettuerà la vendita a terzi;
- Durata della concessione (art. 4): 30 anni, di cui 4 per la costruzione e 26 di gestione;
- Prezzo (art. 7): trasferimento da parte del Comune della proprietà inerente le aree su cui verranno realizzate le opere da cedere sul mercato (edifici a destinazione abitativa, direzionale, parte degli edifici a destinazione commerciale ed i parcheggi interrati incluse le aree di pertinenza);
- Gestione della pubblicità (art. 9): è prevista nelle immediate vicinanze dell'area oggetto di intervento ed all'interno dell'area stessa e prende inizio dalla data di sottoscrizione della convenzione;
- Manutenzioni straordinarie (art. 19): gli interventi che comportino costi superiori a quelli indicati nel PEF saranno posti a carico del concedente;
- Condizioni di garanzia per l'equilibrio economico-finanziario (art. 25): è previsto che in caso di modifica delle seguenti condizioni esterne che possano compromettere il mantenimento dell'equilibrio economico-finanziario, il concessionario abbia diritto all'immediata revisione della concessione: regime fiscale e tariffario, quadro normativo vigente, ritardi nel rilascio delle autorizzazioni, condizioni idrauliche, idrogeologiche o geotecniche dei terreni impreviste o imprevedibili, interferenze derivanti dalla sovrapposizione con il cantiere della tranvia;
- Tariffe: le tariffe previste per i parcheggi di superficie nel disciplinare tecnico di gestione sono di 1 Euro l'ora con tariffa minima di 0,5 Euro.

I RAPPORTI CONTRATTUALI TRA I SOCI DELLA SOCIETÀ DI PROGETTO

In base a quanto previsto dall'art. 10 della bozza di convenzione, tra i promotori verrà costituita, in caso di aggiudicazione, una società di progetto ai sensi dell'art. 156 del D.Lgs 163/2006. Tale società rappresenterà il soggetto giuridico titolare della concessione e l'unica controparte dell'Amministrazione aggiudicatrice. Dall'analisi dell'atto costitutivo allegato alla Proposta, emerge che le quote di partecipazione alla costituenda ATI sono provvisoriamente determinate nelle seguenti percentuali:

- Baldassini Tognozzi Pontello costruzioni generali Spa 23,10%

- ICET Industrie Spa 4,90%
- C.M.S.A. società cooperativa 14,00%
- Consorzio Etruria soc. coop.a r.l. 14,00%
- Mazzanti Spa 14,00%
- **Totale Costruttori 70,00%**
- UNICA soc. coop. di abitazione 28,00%
- **Totale Immobiliare 28,00%**
- Global Service Toscana 0,995%
- Consorzio Toscano Costruzioni 0,995%
- Servizi & Promozioni 0,010%
- **Totale prestatori di servizi 2,00%**

Generalmente la società di progetto non ha una propria organizzazione interna ma si avvale di soggetti ad essa esterni (in primo luogo gli stessi soggetti promotori) per l'esercizio delle sue funzioni. I rapporti tra la società di progetto, responsabile nei confronti dell'Amministrazione aggiudicatrice della corretta esecuzione delle opere e della successiva gestione, ed i soggetti esterni sono generalmente regolati da appositi contratti. La disciplina contrattuale di questi rapporti è molto importante per valutare l'allocazione dei rischi del progetto tra i vari soggetti che in esso intervengono e le modalità della loro copertura. Nel caso specifico, la determinazione dei rapporti contrattuali tra i soci verrà rinviata alla eventuale aggiudicazione della procedura ed alla conseguente costituzione della società di progetto. Al momento è comunque possibile individuare la seguente ripartizione di funzioni:

- Soci costruttori: realizzazione dell'intervento nei tempi ed ai corrispettivi previsti dal PEF;
- Cooperativa Unica: si impegna ad acquisire in blocco ed alle condizioni indicate nel PEF, la proprietà degli immobili ad uso residenziale;
- GST e CTC: attività di coordinamento.

Non è prevista, per quanto noto, la gestione diretta da parte della società di progetto dei servizi in concessione. La gestione degli spazi pubblicitari, dei parcheggi a raso, della locazione degli spazi commerciali, della cessione degli spazi direzionali e commerciali sarà infatti affidata a terzi, probabilmente soci stessi della società di progetto, che hanno già manifestato informalmente interesse. Ad oggi non risulta tuttavia formalizzato alcun contratto di affidamento.

Per quanto riguarda ad esempio il PARCHEGGIO DI SCAMBIO presso la stazione centrale, sulla base del piano economico-finanziario, i ricavi della società di progetto saranno costituiti da:

- vendita degli immobili a destinazione residenziale, direzionale e commerciale;
- vendita dei parcheggi interrati;
- gestione degli affitti di parte delle unità immobiliari a destinazione commerciale;
- gestione della pubblicità;
- gestione dei parcheggi di superficie a rotazione;
- contributo pubblico (prezzo ex art. 7 bozza di convezione).

La componente di ricavo più rilevante del piano economico-finanziario è rappresentata dalla cessione degli immobili (residenze, uffici e negozi) sul mercato da parte della società di progetto. I prezzi di vendita delle residenze sono lievemente inferiori ai valori correnti di mercato in quanto è prevista la vendita in blocco a favore di Cooperativa Unica. Le vendite ammontano complessivamente a 37,7 milioni di euro circa in base alla seguente suddivisione:

Ripartizione dei ricavi di vendita per destinazione d'uso

Destinazione d'uso	mq in vendita	prezzo medio di vendita al mq.	ricavi totali di vendita
Residenze	6.640	3.018	20.036.476
Direzionale	3.485	2.717	9.471.239
Commerciale	1.705	2.916	4.972.029
Parchegg interrati			3.248.009
Totale	**11.830**		**37.727.753**

La vendita a privati di posti auto e box auto interrati genera ricavi per circa 3,2 milioni di euro per 52 posti auto e 88 box auto. I prezzi di vendita variano da 25 mila a 35 mila euro a seconda della tipologia e della dimensione dei parcheggi. Per quanto riguarda i ricavi di gestione, è prevista l'esternalizzazione di tutti i servizi in concessione a fronte di un corrispettivo di gestione (gestione parcheggi, gestione spazi pubblicitari e affitti commerciali). Sulla base del disciplinare tecnico di gestione, il parcheggio di superficie in area delimitata prevede l'apertura 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno con una tariffa di € 1 l'ora con tariffa minima di € 0,5, mentre per la gestione di 100 posti auto lungo la strada è prevista la tariffa di € 1 frazionabili con tariffa minima di € 0,5. Complessivamente i ricavi di gestione ammontano a circa 296 mila euro all'anno:

Ricavi di gestione

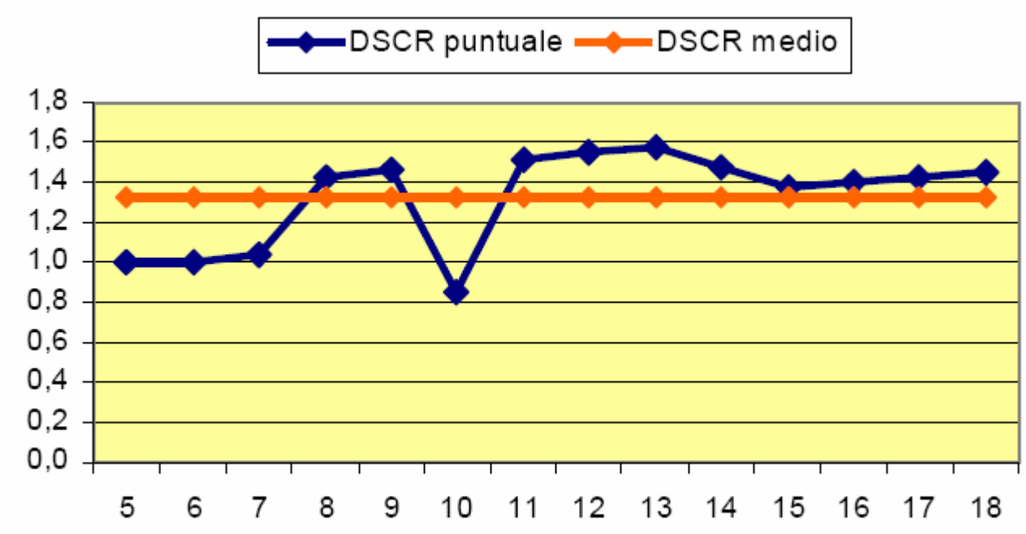
Destinazione d'uso	mq. in gestione	ricavo unitario di gestione al mq.	ricavi totali di gestione
commerciale	551	220	121.278
parcheggi a raso	-	-	85.000
pubblicità	-	-	90.000
Totale	**551**		**296.278**

Per garantire l'equilibrio economico-finanziario del piano, il Promotore ha previsto un contributo pubblico costituito dalla cessione gratuita del terreno dove verranno realizzate le unità immobiliari destinate alla vendita che, sulla base delle indicazioni del PEF, è stato valorizzato in €. 1.818.750. Tale contributo è contabilizzato tra i ricavi del primo esercizio.

I costi di gestione sono rappresentati principalmente dalle spese di mantenimento della società di progetto che, come visto, è caratterizzata da una completa esternalizzazione delle funzioni. Oltre ai costi generali ed amministrativi di gestione il Promotore ha previsto un contributo in favore dell'Amministrazione pari a 20 mila Euro annui per la gestione della sala polivalente.

Per analizzare la struttura finanziaria del progetto al fine di verificare la capacità della società di progetto di far fronte ai propri impegni finanziari (in relazione ai debiti contratti) lungo tutta la vita del progetto attraverso i flussi di cassa generati dalla gestione - l'indice che viene maggiormente utilizzato a questo proposito è il cosiddetto Debt Service Cover Ratio (DSCR), ossia il rapporto annuale tra flusso di cassa operativo e ammontare delle rate da corrispondere ai finanziatori. Tale valore deve risultare sempre maggiore o uguale all'unità affinché il progetto possa essere considerato bancabile. Le variabili alla base dei flussi operativi sono sostanzialmente rappresentate dagli investimenti, dai ricavi di vendita e di gestione e dai costi operativi della società di progetto.

Il calcolo del DSCR evidenzia un periodo di maggiore rischiosità legato ai primi anni di gestione. Nel sesto anno di gestione, in particolare, l'indice assume un valore inferiore all'unità. Dal settimo anno in avanti risulta invece in costante crescita. Nel complesso si può quindi affermare che la dimensione dei flussi di cassa operativi è adeguata alla copertura degli impegni finanziari come previsti dal piano economico-finanziario.



Per quanto riguarda invece la volatilità dei suddetti flussi, ossia la probabilità del loro scostamento dal valore di piano, è utile riallacciarsi a quanto detto in ambito di allocazione del rischio. Il processo di allocazione dei rischi è essenziale per rendere più stabili i flussi operativi e quindi per consentire al progetto di essere finanziato a condizioni di costo più vantaggiose.

A questo proposito, l'impegno da parte di Cooperativa Unica all'acquisto in blocco delle unità immobiliari a destinazione residenziale e la stipula di contratti di costruzione chiavi in mano riducono sensibilmente l'eventualità di uno scostamento dei flussi rispetto a quanto preventivato nel piano. Per esprimere un giudizio sul profilo di rischio finanziario complessivo dell'operazione è utile verificare le ipotesi assunte dal Promotore circa la composizione delle fonti di finanziamento dell'iniziativa e l'evoluzione del rapporto di indebitamento della società di progetto nel tempo. Dall'analisi del piano risulta una struttura finanziaria equilibrata. Il capitale sociale ammonta a cento mila Euro ed è previsto un finanziamento soci di 500 mila Euro. Trattandosi di un operazione sostanzialmente immobiliare, la costruzione delle opere viene principalmente finanziata attraverso la cessione delle opere realizzate ed in parte attraverso un finanziamento bancario a lungo termine di circa 1,6 milioni di euro. Il rapporto di indebitamento, anche considerando il finanziamento soci tra i debiti, si mantiene su livelli fisiologici raggiungendo un valore massimo di 1,16 al quarto anno, dopodiché diminuisce sensibilmente.

Nel complesso si può quindi concludere che l'iniziativa non comporti particolari rischi dal punto di vista finanziario e che quindi sia in possesso dei requisiti minimi per la bancabilità.

Nella stima di un bilancio rappresentativo, i costi ed i ricavi per il Comune sono stati intesi in senso ampio. I costi dell'operazione, in particolare, comprendono non soltanto le spese vive a carico dell'Amministrazione ma anche gli oneri figurativi rappresentati da eventuali mancati introiti monetari o depatrimonializzazioni. Lo stesso criterio è stato utilizzato nel calcolo dei benefici che, infatti, oltre alla stima del valore delle opere pubbliche realizzate, comprendono anche gli altri beni non qualificabili come opere pubbliche, ma che verranno gratuitamente devoluti all'Amministrazione comunale al termine della concessione, ed i risparmi di costo derivanti dall'impostazione del piano. Sulla base delle precedenti ipotesi, il bilancio costi-benefici per il Comune evidenzia un saldo positivo per circa 850 mila euro (cfr. tabella pag. 174).

La stima di 9,2 milioni di euro è stata determinata aggiornando la valutazione effettuata dal consulente tecnico nel valutazione della proposta presentata nel 2004 ovvero sulla base del costo di trasformazione di aree aventi caratteristiche e destinazione urbanistica simili a quelle oggetto di valutazione. Tale valutazione si riferisce all'intervento nel suo complesso in un ottica unitaria, dal punto di vista dell'Amministrazione comunale, e non deve quindi essere assimilata al valore attribuito alle aree cedute in proprietà indicato nel PEF che ha logiche e caratteristiche diverse ed è determinato in maniera induttiva al fine di raggiungere

l'equilibrio economico del progetto. La previsione di tale contributo, comporta il mancato introito da parte dell'Amministrazione degli oneri di urbanizzazione derivanti dal rilascio delle singole concessioni edilizie per la realizzazione da parte di soggetti privati delle varie opere previste sulle aree in oggetto in base alle attuali destinazioni d'uso. Tale importo, stimato dal responsabile del procedimento, si aggira intorno ai 2,5 milioni di euro.

Bilancio costi-benefici per il Comune

oneri figurativi	valore del terreno area project	9.200.508
	mancato incasso degli oneri di urbanizzazione	2.500.000
spese vive	Imposte sulla cessione del terreno	363.750
	consulenza tecnica, legale ed economico - finanziaria di supporto all'Amministrazione	119.119
	Totale costi	**12.183.377**
opere pubbliche realizzate	sala polivalente	5.967.353
	piazza e pensilina	3.890.449
	magazzino sala polivalente	767.231
opere gratuitamente devolvibili al termine della concessione	parcheggi a raso	504.702
	immobili a destinazione commerciale	894.749
contributi di gestione	contributo gestione sala polivalente	520.000
risparmi di costo	manutenzione straordinaria	486.888
	Totale benefici	**13.031.372**
	Saldo	**847.995**

Per quanto concerne invece le spese vive a carico del Comune, l'importo più significativo riguarda le imposte che il Comune dovrà sostenere a fronte dell'erogazione del suddetto contributo. A questo proposito va precisato che la corresponsione di un contributo rileva fiscalmente se viene ricondotta ad un'obbligazione di dare, fare, non fare o permettere. Diversamente, le somme che non rappresentano una controprestazione per le suddette obbligazioni, esulano dal campo di applicazione dell'IVA. Nella finanza di progetto, i contributi vengono corrisposti proprio a titolo di corrispettivo per il raggiungimento dell'equilibrio economico-finanziario degli investimenti. È proprio la natura di corrispettivo riscontrata nelle utilità economiche ricevute in esecuzione di un project financing che costituisce l'elemento fondamentale per ritenere l'operazione imponibile ai fini IVA.

I benefici sono innanzitutto rappresentati dal valore delle opere pubbliche realizzate. Gli importi della tabella sono quelli previsti dal piano economico-finanziario e comprendono, oltre ai costi di costruzione, anche gli oneri di progettazione e tutti gli altri oneri accessori. Le manutenzioni sono state considerate tra i benefici in quanto si tratta di oneri che il Comune dovrebbe sostenere nel caso decidesse di realizzare l'intervento tramite un normale appalto pubblico e sono quelle previste nel PEF.

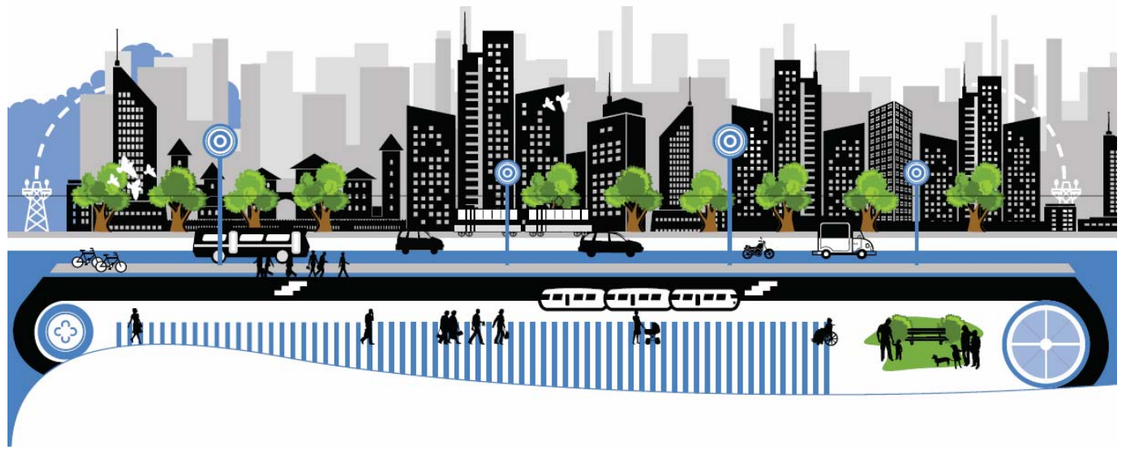
La proposta prevede inoltre una serie di altre opere da devolvere gratuitamente all'Amministrazione al termine dei 30 anni della concessione. Si tratta dei parcheggi a raso e di alcuni immobili a destinazione commerciale. Il valore di questi ultimi è stato ottenuto calcolando il valore attuale del rendimento dell'immobile commerciale come previsto nel piano economico-finanziario, per il periodo di gestione a favore della società di progetto. Tra i benefici per l'Amministrazione si evidenzia anche il contributo previsto nel piano economico-finanziario per la gestione della sala polivate pari a 20.000 Euro l'anno per tutto il periodo di gestione.

È tuttavia da sottolineare che la valutazione effettuata ha carattere puramente indicativo e potrà comunque subire modifiche migliorative in sede di gara di cui la proposta in esame rappresenterà una sorta di base d'asta.

Tra i benefici della proposta per il Comune ve ne è un altro di grande rilevanza ma di non immediata quantificazione. La previsione di un intervento unitario attraverso lo strumento del project financing, comprendente sia la realizzazione delle opere pubbliche sia di quelle aventi diversa natura, comporta non soltanto tempi di realizzazione più brevi, ma anche procedure più semplificate e quindi meno onerose per l'Amministrazione. Nella stima delle implicazioni di carattere economico per il Comune, i costi ed i ricavi sono stati considerati in senso ampio. I costi dell'operazione comprendono infatti sia le spese vive a carico dell'Amministrazione che gli oneri figurativi rappresentati da mancati introiti monetari o depatrimonializzazioni. I benefici, allo stesso modo, comprendono sia una stima del valore delle opere realizzate che anche i risparmi di costo derivanti dall'impostazione del piano.

Il bilancio così determinato evidenzia per il Comune un saldo positivo per circa 850 mila euro. Si tratta ovviamente di una stima indicativa che dipende dai criteri di valutazione adottati per le singole voci del bilancio: un peso rilevante a questo proposito lo ha il valore attribuibile al terreno oggetto dell'intervento complessivo del project, valore che è stato determinato aggiornando il valore stimato dal consulente tecnico nella precedente valutazione, in circa 9,2 milioni di euro.

Il saldo del suddetto bilancio potrà comunque subire modifiche migliorative in sede di gara di cui la proposta in esame rappresenterà una sorta di base d'asta. È utile sottolineare inoltre i benefici, non immediatamente quantificabili, in termini di unitarietà della procedura che, rispetto a modalità alternative di realizzazione, comporta tempi e costi amministrativi inferiori.



16.3. FINANZIAMENTO UE

Sono circa otto miliardi le risorse che l'Europa[53] destina, attraverso i PO FESR regionali ed il Fondo di Coesione, al tema della mobilità urbana. Una strategia, quella dell'Unione europea, delineata nel Libro Verde "Verso una nuova cultura per la mobilità urbana" e successivamente attuate e declinata dalle singole Regioni nei Programmi operativi.

A tali finanziamenti si aggiungono l'iniziativa comunitaria "CIVITAS", avviata nel 2002 e che si concluderà nel 2009, con un budget superiore ai 300 milioni, e alcune sovvenzione globali destinate a supportare le politiche di mobilità sostenibile per gli agglomerati urbani.

IL PROGRAMMA EUROPEO INTELLIGENT ENERGY

Intelligent Energy-Europe(IEE) è uno dei maggiori mezzi attraverso cui l´Unione Europea sta convertendo le proprie politiche verso un utilizzo più intelligente dell'energia e delle fonti rinnovabili. Ciò avviene attraverso degli interventi sul campo che riguardano le attuali sfide sull'energia e con la promozione di opportunità di business e nuove tecnologie.

IEE contribuisce a progetti Europei e ad eventi straordinari coprendo fino al 50% dei costi. Il programma è attuato dalla nuova Agenzia Esecutiva per l'Energia Intelligente (IEAA). I progetti STEER promuovono l´utilizzo di energia sostenibile nei trasporti attraverso politiche per un trasporto più efficiente dal punto di vista energetico.

I progetti ALTENER aiutano ad incrementare l'utilizzo di fonti energetiche nuove e rinnovabili. Nel campo della mobilità quest'azione si occupa di carburanti alternativi.

IL TRASPORTO URBANO NEL RPOGRAMMA QUADRO 6

Nel vertice di Lisbona del maggio 2000 i governi europei hanno lanciato un appello ad un utilizzo più efficace degli sforzi fatti dalla ricerca europea al fine di creare un mercato interno per la scienza e la tecnologia – un'Area Europea di Ricerca. PQ6 è lo strumento finanziario per fare dell' ERA una realtà.

Una delle aree di attività che possono essere finanziate è quella riguardante "**SVILUPPO SOSTENIBILE, CAMBIAMENTO GLOBALE ED ECOSISTEMI**". Le aree tematiche in questo programma riguardano: Sistemi per l'energia sostenibile, Trasporti di superficie sostenibili, Design e tecniche di produzione avanzate e Cambiamento globale ed ecosistemi.

IL TRASPORTO URBANO NEL PROGRAMMA QUADRO 7

Il Programma Quadro 7 è il nuovo strumento principale di finanziamento attraverso il quale l'Unione Europea promuove attività di sviluppo e di ricerca che coprono quasi tutte le discipline scientifiche. Il PQ viene proposto dalla Commissione Europea ed adottato dal consiglio e dal Parlamento Europeo attraverso un processo di codecisione.

È stata avanzata la proposta di far durare il PQ7 per alcuni anni. Diverrà pienamente operativo dal 1 gennaio 2007 e si concluderà nel 2013. è stato progettato per strutturarsi sui risultati del progetto precedente nella creazione dell'area di Ricerca Europea, e ne sarà la prosecuzione con l'obiettivo di uno sviluppo di una società e di un'economia della conoscenza in Europa.

Il PQ7 sarà strutturato in quattro programmi corrispondenti alle quattro componenti di base della ricerca europea:

- COOPERAZIONE. Verrà fornito appoggio a tutti i tipi di attività di ricerca condotte attraverso la cooperazione transnazionale: da progetti e reti di collaborazione al coordinamento di programmi di ricerca nazionale. La cooperazione interna fra l'Unione Europea ed altri paesi è una parte integrante di quest'azione.

[53] Si segnale, infine, il portale www.eltis.org in cui la Direzione generale per l'energia e i trasporti della Commissione europea riporta informazione e scambi di esperienza.

- IDEE. Questo programma favorirà il dinamismo, la creatività e l'eccellenza della ricerca europea nelle frontiere della ricerca in tutti i campi scientifici e tecnologici, inclusa l'ingegneria e le scienze socio-economiche ed umanistiche. Quest'azione sarà supervisionata da un Consiglio di Ricerca Europeo.
- PERSONE. Un rafforzamento in termini quantitativi e qualitativi della risorse umane nella ricerca e nella tecnologia in Europa attraverso la messa in pratica di una serie di azioni "Marie Curie".
- CAPACITÁ. L´obiettivo di quest´azione è di sostenere le infrastrutture ed il potenziale di ricerca delle regioni europee per la ricerca a favore delle piccole e medie imprese (Regioni della conoscenza), ed anche quello di stimolare la realizzazione del pieno potenziale di ricerca dell'Europa allargata (regioni di Convergenza) per costruire una Società della Conoscenza Europea reale e democratica.

Il PQ7 presenta forti elementi di continuità con il suo predecessore, in particolare per ciò che riguarda i temi trattati nel Programma di cooperazione. I temi identificati in questo programma corrispondono ai principali campi in cui la conoscenza e la tecnologia hanno effettuato dei progressi. La ricerca in questi campi deve essere appoggiata e rafforzata per far fronte alle sfide dell'Europa in tema di società , economia, ambiente ed industria. L'obiettivo generale è quello di contribuire allo sviluppo sostenibile. I nove temi proposti per le azioni europee sono i seguenti:

- Salute
- Cibo, agricoltura e biotecnologie
- Tecnologie dell'informazione e della comunicazione
- Nanoscienze, nanotecnologie, materiali e nuove tecnologie di produzione
- Energia
- Ambiente (incluso il cambiamento climatico)
- Scienza socio-economiche ed umanistiche
- Sicurezza e spazio (in linea con l'accordo del Consiglio del Luglio 2006 l'area "sicurezza e spazio verrà divisa in due settori separati.

LIFE +

Dal momento che il programma attuale LIFE III terminerà alla fine del 2006, la Commissione ha adottato nel Settembre 2004 una proposta per un futuro programma, chiamato LIFE+, che si svolgerà dal 2007 al 2013. Il programma LIFE+ sostituirà il programma LIFE III. Con LIFE+ si proseguirà nel trattare gli attuali temi della natura e dell'ambiente, con un nuovo focus sulla comunicazione e l'informazione. LIFE+ si concentrerà sulla lotta al cambiamento climatico ed al declino della biodiversità in Europa, promuovendola salute e la qualità della vita e la gestione sostenibile dei rifiuti e delle risorse naturali.

URBAN II

I programmi URBAN II si basano sulle linee-guida della Commissione. Il programma appoggia modelli innovativi di sviluppo per la rigenerazione economica e sociale delle aree urbane attraverso il finanziamento di progetti in una serie di campi che include lo sviluppo di forme di trasporto ecocompatibili. Le misure messe in atto in ogni programma vengono selezionate e messe in pratica attraverso un'ampia partnership.

Il Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (ERDF) può finanziare fino al 75% del costo totale del programma se l'area urbana si trova in una regione Obiettivo 1 (in cui lo sviluppo va a rilento), e fino al 50% nelle altre aree. In termini monetari, il contributo europeo va dai 3,5 milioni di euro ai 15 milioni di euro.

Una delle caratteristiche più interessanti di URBAN II è il fatto che fornisce una base per lo scambio di buone pratiche in Europa. Questo è l'obiettivo di un programma specifico: la "Rete Europea per lo scambio di esperienze" o URBACT.

16.4. FINANZIAMENTO BANCA EUROPEA DEGLI INVESTIMENTI

Piuttosto sorprendente è il fatto che la BEI conceda con una certa frequenza prestiti proprio ai paesi UE più avanzati. Merita anche rilevare che molte delle sottoregioni il cui PIL pro capite supera la media UE hanno ricevuto finanziamenti importanti. Ciò è motivato dal fatto che fra i compiti della BEI figura il sostegno (alle reti transeuropee e) al settore energetico, come dimostra il progetto della **seconda linea tranviaria di Orléans** (Francia).

Questi ed altri progetti analoghi sarebbero difficilmente andati avanti senza l'aiuto della BEI. Si consideri, inoltre, che, quando dei progetti validi sono localizzati in regioni già avanzate, è verosimile che si producano effetti sinergici, economie di scala, ecc., che contribuiscono, com'è ovvio, alla crescita e allo sviluppo dei paesi in questione, ma che, tutto sommato, tendono non a ridurre, ma ad allargare i divari tra una regione e l'altra.

Resta quindi confermato il potenziamento del sostegno, peraltro già consistente, che la BEI riserva agli investimenti a favore delle RTE e ad altri grandi progetti d'infrastruttura, nonché a quelli destinati al miglioramento dell'ambiente urbano e rurale e alla tutela dell'ambiente naturale. Il contributo della BEI può anche assumere la forma di finanziamento di studi preparatori o di fattibilità per progetti di RTE nei settori dei trasporti e dell'ambiente.

LA BEI A ORLÉANS (FRANCIA): 175 M€ PER LA LINEA “CLEO”

Dopo aver esaminato il fascicolo presentato dal "Agglo", la BEI ha accordato un prestito di 175 milioni di euro per finanziare il progetto CLEO, 75 milioni di euro sotto forma di un prestito diretto alla Comunità d’agglomerazione e 100 milioni di euro attraverso partner bancari.

Charles Eric Lemaignen, presidente della Comunità dell’agglomerazione urbana di Orléans-Val de Loire, e Philippe de Fontaine Ammira Curtaz, Vice-Presidente della BEI, hanno firmato il 25 settembre a Orléans, il protocollo di accordo sul primo prestito 75 M€, in presenza di una folla di cittadini. L’obiettivo dell’Unione europea è di completare il finanziamento alla rete della mobilità del capoluogo della Loira con una seconda tranche di 100 M€ che dovrebbe essere istituita nel 2009.

La Banca europea per gli investimenti - istituzione finanziaria dell'UE -, mira a costruire delle opportunità di investimento finanziario a vantaggio delle comunità locali in forme e condizioni che contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi della stessa UE in termini di mobilità, condizioni sociali e requisiti ambientali. Il trasporto urbano è una priorità per l'Unione europea, in particolare nella lotta contro le emissioni di gas serra.

Il finanziamento dei progetti avviene su criteri estremamente rigorosi: la BEI ha deciso di finanziare questo progetto dato l'impatto positivo del CLEO in termini ambientali, in termini di pianificazione urbana ma soprattutto per le opzioni evidenti di sviluppo economico e coesione sociale, nonché di sviluppo urbano competitivo e sostenibile.

Il progetto CLEO – che ha ricevuto la Dichiarazione di Pubblica Utilità dalla prefettura il 10 gennaio 2008 – è strutturato su un percorso est-ovest parallelo alla Loira - di 11,8 chilometri, 25 stazioni e 6 parcheggi di scambio ubicati nei comuni di La Chapelle Saint-Mesmin, Ingres, San Jean de la Ruelle, Orléans e St Jean de Braye. Il tutto per un costo di circa 350 M€.

CLEO prevede l’adozione della via di corsa per il 90% del percorso, fermate con pedane maggiorate, attraversamenti sicuri per i pedoni, oltreché la creazione di piste ciclabili lungo il percorso tranviario e, ove possibile, asservimento semaforico. Questo progetto è parte di un progetto globale di riconversione e riqualificazione urbana delle zone attraversate, in stretta consultazione con i comuni coinvolti, e come tale accompagnata da diversi Progetti di Rinnovamento Urbano.

Philippe de Fontaine Vive ha così esordito nella discussione tenutasi nella Sala Consigliare del Municipio di Orléans: "L'Europa ha bisogno di essere più vicina ai suoi cittadini e sono lieto che la BEI può contribuire allo sviluppo del trasporto urbano sostenibile in Francia con un progetto di così ampio respiro come quello redatto dall’Area Metropolitana dell’Orléanaise ".

Nota: la BEI e il trasporto urbano

La BEI ha recentemente incluso il finanziamento per il trasporto pubblico nel proprio sito web come parte delle sue priorità d'azione per lo sviluppo urbano sostenibile volte a ridurre l'inquinamento e migliorare la qualità della vita, promuovendo lo sviluppo economico delle città . In Francia, ha contribuito a molti progetti di trasporto urbano tra cui Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Le Mans, Lione, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nizza, Orleans, Rennes, Strasburgo, Tolosa e Valenciennes, con oltre 3,2 miliardi di euro dal 1998.

In tutta l'Unione europea nello stesso periodo, ha contribuito allo sviluppo del trasporto urbano con altri 20,7 miliardi di prestiti. Associandosi con Enti e Agenzie della mobilità ha contribuito tra gli altri alla realizzazione delle reti metropolitane o tranviarie di Atene, Alicante, Barcellona, Berlino, Bruxelles, Budapest, Cracovia, Dublino, Dusseldorf, Lisbona, Londra, Madrid, Manchester, Monaco, Porto, Praga, Roma, Stoccolma, Siviglia , Valencia.

Per la BEI, tutti questi progetti hanno avuto accesso al finanziamento per il contributo inequivocabilmente dimostrato nel raggiungere una migliore gestione dei processi urbani nonché l’azione rilevante nel miglioramento ambientale in aree ad elevata criticità. Come istituzione europea dedicata alla realizzazione delle politiche comunitarie e, più specificamente, la realizzazione di progetti ispirati a queste politiche, ha dedicato a questo obiettivo, un terzo dei suoi prestiti concessi all’interno dell'UE 27: un volume che, solo negli ultimi 5, anni ha raggiunto la ragguardevole cifra di 56 miliardi di euro.

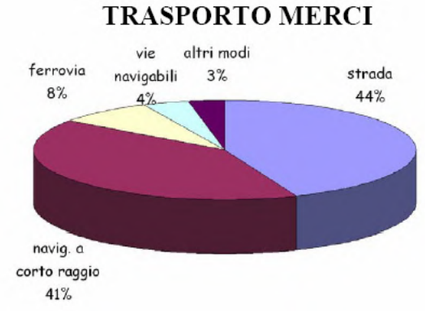
17. APPENDICE: IL VERO COSTO DEI TRASPORTI

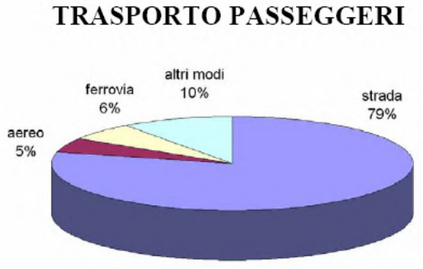
Un aspetto fondamentale relativo al trasporto riguarda i suoi costi esterni. Si stima che nell'anno 2000 nei paesi EUR-17 (gli allora 15 stati membri dell'Unione europea insieme a Norvegia e Svizzera) i costi totali esterni causati dal trasporto siano ammontati a 650 miliardi di euro, cioè il 7,3% del PIL totale di questi paesi. Per la UE il cambiamento climatico rappresenta la principale categoria di costo: il 30% del totale nell'ipotesi di un valore di emissione di gas serra uguale a 140 €tC02. L'inquinamento atmosferico e gli incidenti ammontano rispettivamente al 27 e al 24%, mentre l'inquinamento acustico incide per il 7% per i processi a monte del settore e nella stessa proporzione per quelli a valle. La distribuzione tra le varie modalità di trasporto racconta da sola una lunga storia: il trasporto stradale è responsabile per l'84% dei costi totali e il trasporto aereo per il 14%; ferrovie e trasporti su acqua presi insieme contribuiscono a esternalità per poco più del 2%. Due terzi dei costi possono essere attribuiti al trasporto passeggeri e un terzo a quello merci.
Si può giustamente obiettare che il costo ambientale del trasporto stradale è così sproporzionatamente maggiore rispetto a quello di altri mezzi perché si tratta anche della modalità di trasporto più diffusa. Questo è vero, ma anche quando i costi esterni vengono messi in relazione alle attività di trasporto in passeggeri-km e t-km, il risultato resta qualitativamente lo stesso, con una maggiore incidenza del trasporto stradale rispetto agli altri mezzi. I costi esterni specifici del trasporto passeggeri in automobili sono 76 €/1000 pkm, mentre quelli della ferrovia sono 22,9 €, cioè meno di un terzo.
L'impatto specifico dei mezzi di trasporto risulta pertanto essere proporzionale alla loro intensità energetica e alle loro emissioni gas serra. È pur vero che la tecnologia dei veicoli su strada è notevolmente migliorata negli ultimo anni con una riduzione delle emissioni di agenti inquinanti, ma la crescita del volume di traffico ha portato a un maggior impatto complessivo: I costi esterni per i veicoli pesanti da trasporto equivalgono a 71,2€/1000 tkm, circa quattro volte di più rispetto al trasporto ferroviario. Il settore aereo contribuisce in modo sproporzionato al cambiamento climatico, in compenso gli altri tipi di effetti esterni sono inferiori. Le proiezioni attuali sugli sviluppi del traffico indicano un aumento del trasporto aereo, soprattutto in conseguenza delle politiche dei "cieli aperti" e della riduzione dei prezzi dei biglietti.
In uno scenario economico "puro" i costi esterni dei trasporti dovrebbero essere interamente coperti dai proprietari dei veicoli per il trasporto privato e dei viaggiatori per quello pubblico. Se così fosse i meccanismi di mercato sarebbero probabilmente sufficienti come strumenti di controllo. Al momento c'è una palese distorsione a vantaggio del trasporto individuale su strada, perché i vantaggi personali di flessibilità di tempo e di penetrazione geografica dovuti all'uso dei veicoli sono ripagati dall'intera comunità in forma di inquinamento dell'aria, necessità di investimenti nella rete stradale, occupazione di suolo pubblico, rischio di incidenti e numerosi altri aspetti.
Il trasporto è uno dei settori principali delle politiche comunitarie, a maggior ragione dopo l'ingresso dei nuovi stati membri del 2004 e nel 2007. Nel suo documento politico principale dedicato al trasporto, il libro bianco del 2001, la Commissione europea segnale il rischio che l'Europa possa perdere la sua competitività economica proprio per i problemi relativi al trasporto. La Commissione stima che i soli costi esterni dovuti alla congestione stradale corrispondano a circa lo 0,5% del PIL dell'Unione. Gli ingorghi giornalieri riguardano circa 7.500 Km, cioè il 10% della rete stradale; 16.000 km di ferrovia, il 25% della rete, possono essere considerati strozzature a pieno titolo. I ritardi del traffico aereo aumentano i consumi di kerosene di 1,9 miliardi di litri, pari a circa il 6% del consumo totale annuo. Secondo le previsioni il traffico aumenterà ulteriormente e, se non si cercherà di intervenire sul problema, aumenteranno anche la congestione stradale e delle altre vie di trasporto.
In considerazione dei previsti aumenti di traffico, nel 2010 i costi annuali causati dagli ingorghi raggiungeranno 80 miliardi di euro, circa l'1% del PIL comunitario. Questo dato è confermato dalla comunicazione di verifica intermedia COM (2006) 314, secondo la quale il costo della congestione stradale ha raggiunto la soglia dell'1% del PIL europeo. La soluzione principale contemplata nel libro bianco della Commissione è la **ridistribuzione dei carichi di trasporto tra le varie modalità. Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente è necessario rovesciare le priorità e iniziare a progettare le strutture civili ed economiche intorno a un trasporto sostenibile.** Se è invece il trasporto a doversi adattare allo sviluppo economico, come è stato fino a oggi, la soluzione diventa forzatamente quella di un aumento della modalità su gomma, perché è quella con la maggiore flessibilità in confronto agli altri mezzi e perché questo tipo di soluzione può essere realizzata in breve tempo con decisioni da parte delle imprese e delle persone coinvolte.

Il settore dei trasporti in Europa pesa secondo recenti stime sul 10% del PIL comunitario, con un indotto di 10,2 milioni di addetti. Esiste una comprovata relazione tra aumento della produttività e aumento dei trasporti che soffoca in maniera inestricabile lo sviluppo: in sostanza più una società migliora le proprie condizioni di vita, più indirettamente le peggiore aumentando le criticità nella mobilità. Gli elementi negativi sono riassumibili in:

- danni all'ambiente
- ripercussioni sulla salute dei cittadini
- riduzione della sicurezza
- incremento della congestione
- squilibrio dei modi di trasporto
- isolamento delle regioni periferiche

Questa situazione è naturalmente legata allo squilibrio modale con cui merci e persone percorrono le distanze dei loro spostamenti:



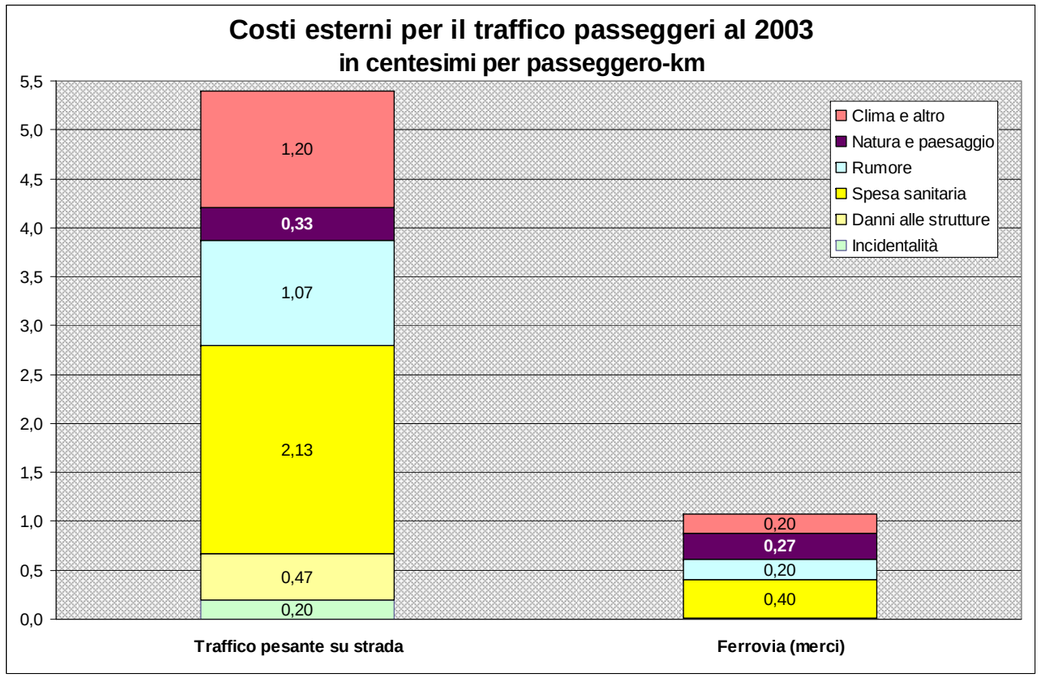


Attualmente il mercato della mobilità è distorto da un paradosso che in sostanza deforma responsabilità e conseguenze delle scelte individuali: l'**utente non è consapevole dei costi reali delle proprie scelte.**
Quando controllando la propria dispensa ci si rende conto che un prodotto è terminato, ci si reca più o meno nell'arco della stessa giornata – a seconda degli impegni e della "necessità" del prodotto – ad acquistarlo. Il semplice atto dell'acquisto è soggetto ad un accurato vaglio delle offerte presenti sul mercato – ad esempio tramite comparazione delle offerte da volantino recapitate per posta oppure reclamizzate a *vista* sulle vetrine – che, ripetute centinaia di volte nell'arco della settimana avviene in maniera quasi inconsapevole. Immersi nella società del consumo, il ragionamento svolto nello scegliere cosa acquistare e dove acquistarlo è una precisa valutazione che, partendo dalle proprie disponibilità ci poterà ad acquistare il prodotto più conveniente, ovvero quello che offre la maggiore economicità in rapporto alla qualità desiderata.
Per quanto la percezione della disponibilità sia una sensazione personale capace di dare sfumature diverse della realtà, ben pochi sceglieranno di acquistare lo stesso prodotto offerto da più negozi in quello in cui il prezzo è maggiore degli altri.
L'eventuale ricercatezza del prodotto, ovvero la sua poca disponibilità, obbligano poi all'acquisto a meno di pagare un costo maggiore nel viaggio per raggiungere una località remota in cui il prodotto è venduto ad un costo minore.
Quando si decide su quale modalità optare per uno spostamento quotidiano si ragiona immediatamente e naturalmente in termini di comodità. Il costo della comodità è soppesato sulla bilancia del compromesso dal prezzo di mercato: per l'automobile questo prezzo è dato dal costo del carburante, più i costi fissi di gestione (manutenzione del veicolo, imposte, assicurazione). La nostra società ha talmente assorbito i costi fissi dello spostamento privato da ritenerli un prezzo irrinunciabile per una comodità necessaria (inizia la distorsione) sicché si ragione se prendere l'auto o no, solo in termini di raffronto della spesa del carburante ed eventualmente del pedaggio autostradale: ad esempio per il viaggio da Roma a Firenze ha senso prendere il treno perché il prezzo del biglietto è inferiore a quello che si spenderebbe in carburante e pedaggio.
Per le scelte negli spostamenti urbani, benché i costi del trasporto pubblico in Italia siano nettamente inferiori a quelli della media europea, si ricorre al trasporto pubblico se e solo se la congestione è tale da richiedere un notevole sovrapprezzo in termini di code e ritardi.
Ma è proprio il prezzo esposto al benzinaio l'unico costo del viaggio in automobile?

COSTI ESTERNI E COSTI NASCOSTI

Il costo reale di un infrastruttura deriva da tre tipi di costi distinti:

- costi di capitale;
- costi di esercizio;
- costi esterni.



Il costo di capitale di un'infrastruttura deriva da:

- **opere civili**: semplice protezione in superficie, impianti di binari o altri sistemi di guida; costruzione di viadotti, gallerie e stazioni; depositi, centri di ricovero e manutenzione;
- **impianti di alimentazione elettrica**: rete aerea; rotaie elettrificate, motore lineare, sottostazioni elettriche;
- **sistema di controllo**: impianti di segnalamento e di controllo; automatismi di guida; automatismi di controllo; automazione integrale; impianto centralizzato di controllo.

il costo capitale si esprime per unità di lunghezza dell'infrastruttura (€km), presupponendo una distribuzione omogenea di tutti gli elementi sul tracciato: in realtà sarebbe più corretto separare il costo di stazioni e fermate, oppure esprimere il costo totale chilometrico per valori diversi di interstazione.

I costi capitali di officine e depositi sono in prima approssimazione proporzionali al numero di veicoli in dotazione e perciò vengono considerati unitariamente al costo del parco rotabile.

Per quanto concerne le opere civili, i costi capitale aumentano evidentemente passando dai sistemi che usufruiscono della viabilità ordinaria a quelli in sede propria parziale/totale, a raso, in viadotto, in galleria superficiale (artificiale) o profonda (naturale).
Costi minimi si hanno per **autobus** e **taxi** in sede promiscua, limitandosi alle attrezzatura di fermata e ai depositi-officina di manutenzione.

L'istituzione della via di corsa riservata (**busvia**) costa al minimo 90-260.000 €km in casi di inserimento nella mezzeria/spartitraffico di vie di grande comunicazione.

SISTEMA	Necessità di sede propria	COSTI DELL'INFRASTRUTTURA (M€ al km per linea bidirezionale)				
		in superficie		in viadotto	in galleria	
		sede promiscua	sede propria		superficiale	profonda
Autobus	No		0,15-2,10			
Filovia	No	0,45-0,55	0,65-2,60			
Tram	No	1,30-2,60	2,60-6,50			
Metrotranvia	In parte		6,50-8,50			
Premetro	In parte		9,00-15,00	30-38	45-90	90-110
Metropolitana leggera	Si		13,50-18,00	18-39	43-78	110-130
Metropolitana pesante	Si		17,00-22,50	35-55	65-105	120-150
Ascensore	Si					
Funicolare	Si				10-15	
Monorotaia tipo H-Bahn	Si			17-23		
Minimetrò	Si			25-55	39-55	
Personal rapid	Si			10-45	20	
Scala mobile	Si				75-110	80-120
Marciapiede mobile	Si				15-30	20-45

SISTEMA	Necessità di sede propria	AMMORTAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA (migliaia di € al km per linea bidirezionale)				
		in superficie		in viadotto	in galleria	
		sede promiscua	sede propria		superficiale	profonda
Autobus	No	0	4-70			
Filovia	No	22-26	28-95			
Tram	No	65-130	110-260			
Metrotranvia	In parte		130-690	1000-1300	1500-3000	4500
Premetro	In parte		130-690	200-1400	1400-2600	4500
Metropolitana leggera	Si		130-500	400-1200	2000-3000	4500
Metropolitana pesante	Si		400-700	1000-1500	2500-3500	4500
Ascensore	Si					
Funicolare	Si				450-650	450-650
Monorotaia tipo H-Bahn	Si			700-800		
Minimetrò	Si			700-800	1300-1600	3300
Personal rapid	Si			300-1500		
Scala mobile	Si				3500-5500	3500-5500
Marciapiede mobile	Si				650-1200	650-1200

Per le **filovie** occorre aggiungere il costo degli impianti di alimentazione, pari a 450-600.000 €km bidirezionali (la metà circa dell'importo è per fili e metà per le sottostazioni di trasformazione.
Per i **tram** si deve aggiungere il costo dell'armamento: nuovi impianti in superficie, in sede separata o protetta costano dai 7 ai 10 M€km. Provvedimenti di separazione e protezione di linee esistenti comportano costi rispettivamente di circa 150 e 800.000 €km.
Per le **metrotranvie** il costo è superiore, avendosi maggiore protezione, stazioni anziché fermate, sovrappassi e sottopassi, segnalamento: si va dai 10-15 M€km (USA) ai 15-22 M€km delle più recenti realizzazioni francesi.
Sempre in superficie la **metropolitana** più tradizionale (*heavy rail*) costa 15-30 M€km.
Il costo di un viadotto per trasporto pubblico dipende dalle sue caratteristiche a seconda del sistema impiegato, poiché variano le dimensioni strutturali. L'H-Bahn di Dortmund a unica via di corsa bidirezionale ha avuto un costo di 22-25 M€km; per il VAL di Lille 19,5-23,0 M€km.
In caso di galleria superficiale (trincea coperta con metodo *cut&cover*) si ha un importo medio di 35-105 M€km , una buona parte dei quali per le stazioni (12-30 M€ l'una). Costi intermedi si hanno per il VAL 45,5-55,0 e per il sistema premetro (Anvera, Bruxelles) con 45,5-92,0 M€km.

In caso di galleria profonda (scavo a foro cieco) si hanno i costi maggiori (130-150M€km per il metrò classico e 85-110 M€km per sistemi tipo VAL).
Sommando i costi capitali relativi all'infrastruttura con quelli relativi ai veicoli si hanno i costi capitale complessivi. Per avere un significativo aumento di velocità commerciale si hanno maggiori costi infrastrutturali (sede propria) ma al contempo si ha un beneficio per la minore spesa relativa ai veicoli: la semplice sede propria ricavata su viabilità ordinaria (corridoio di mobilità) può consentire un aumento della velocità commerciale in ora di punta da 11-14 km/h a 22-27 km/h e il beneficio in costi capitale si fa evidenzia al crescere delle capacità di trasporto.

COSTI-CAPITALE COMPLESSIVI (M€km) PER I DIVERSI SISTEMI DI TRASPORTO

CAPACITA' IN ORA DI PUNTA (posti/h per senso di marcia)	TIPO DI INFRASTRUTTURA		AUTOBUS	FILOVIA	TRAM (a 2 casse)	PREMETRO (a 2 casse)	METROPOLITANA LEGGERA	METROPOLITANA
	sede promiscua		0,5-1,1	*Sistema a minibus*				
	sede propria parziale		0,5-2,7	*Sistema a minibus*				
500		a raso						
	sede porpria totale	in viadotto						
		in galleria						
	sede promiscua		0,8-1,4	1,7-2,0				
	sede propria parziale		0,7-3,1	2,2-3,5				
1.000		a raso						
	sede porpria totale	in viadotto						
		in galleria						
	sede promiscua		1,3-2,9	3,0-3,7	5,5-7,5			
	sede propria parziale		1,2-4,0	2,2-4,7	5,2-10,4			
2.000		a raso				6,2-23,0		
	sede porpria totale	in viadotto				31,0-47,0		
		in galleria				47,0-133		
	sede promiscua		4,4-8,0	6,0-7,5	12,0-15,0			
	sede propria parziale		3,0-7,3	4,4-7,0	8,6-14,0		9,5-28,0	
5.000		a raso				8,2-26,0	8,0-43,0	17,0-40,0
	sede porpria totale	in viadotto				34,0-50,0	9,0-43,0	42,0-65,0
		in galleria				50,0-135	47,0-134	78,0-155,0
	sede promiscua							
	sede propria parziale				23,0-29,0		15,0-33,8	
10.000		a raso			15,0-25,0	13,0-33,0	13,0-30,0	28,5-58,5
	sede porpria totale	in viadotto				40-55,0	14,0-48,5	55,0-84,5
		in galleria				55,0-140,0	52,0-140,0	91,0-170,0
	sede promiscua							
	sede propria parziale						27,0-47,5	
20.000		a raso					19,5-45,0	52,0-97,0
	sede porpria totale	in viadotto					22,0-58,5	78,0-120,0
		in galleria					58,5-150,0	115,0-208,0
	sede promiscua							
	sede propria parziale							
40.000		a raso						120,0-208,0
	sede porpria totale	in viadotto						150,0-230,0
		in galleria						185,0-364,5

I **costi operativi** comprendono le spese per il personale di esercizio, i consumi, la manutenzione e gli oneri vari (tasse, assicurazioni, spese generali). Le spese che generalmente prevalgono sono quelle per il personale, costituito da conducenti, agenti di stazioni e personale di controllo – viaggiante e addetto ai posti di controllo.
Nei sistemi di superficie tali spese sono dovute ai conducenti più un 5-10% per il personale di controllo: in termini di posti-km offerti, la spesa minima si ha per il tram (per la maggiore capacità), seguito da filobus e autobus. Massimo vantaggio si ha per la metropolitana classica. Notevoli economie si hanno nei sistemi automatizzati.

PERSONALE ADDETTO AL MOVIMENTO	Per milione di posti-km	Per posto-ora per direzione
Automobile (taxi)	0,750	1,00E-02
Autobus	0,031	4,13E-04
Filobus	0,031	4,13E-04
Tram in città	0,014	1,87E-04
Metrotranvia	0,012	1,60E-04
Metropolitana	0,080	1,07E-03

Le spese per consumi di esercizio sono dovute sostanzialmente all'energia: i valori minimi si hanno per i sistemi elettrificati, specie se ad alta capacità. Per i sistemi su gomma occorre sommare la spesa per i pneumatici.

SPESE PNEUMATICI	Numero	Importo cad.	Totale
Automobile	4,0	€ 99,3	€ 397,2
Autobus	8,0	€ 1.026,5	€ 8.212,0
Filobus	8,0	€ 1.026,5	€ 8.212,0
Tram	0,0	€ -	€ -
Metropolitana tipo VAL	24,0	€ 1.220,0	€ 29.280,0

Di maggiore entità sono le spese per la manutenzione, soprattutto dei veicoli: è evidente anche qui la maggiore convenienza dei sistemi elettrificati, specie se ad alta capacità.

SPESE MANUTENZIONE (per pax-km in cc€)	Veicoli	Impianti e fabbricati	Tasse di circolazione ed esercizio
Automobile (taxi)	1,45	0,28	1,93
Autobus	6,89	0,49	0,40
Filobus	5,21	1,46	0,36
Tram in città	3,00	0,97	0,24
Metrotranvia	1,68	0,28	0,22
Metropolitana	1,14	0,52	0,18

PARAMETRI VEICOLI	Energia		Vita media del veicolo (anni)
Automobile (taxi)	6,70E-03	litri gasolio/posto-km	9,0
Autobus	2,50E-02	litri gasolio/posto-km	12,5
Filobus	2,25E-02	kWh/posto-km	20,0
Tram in città	1,90E-02	kWh/posto-km	35,0
Metrotranvia	1,90E-02	kWh/posto-km	40,0
Metropolitana	1,55E+00	kWh/posto-km	40,0

Diversi studi indicano che per la costruzione dei veicoli si consuma mediamente la seguente energia primaria (1 tep = 1 tonnellata equivalente di petrolio = 11.400 kWh):

- per una vettura di metropolitana o metrò leggero = 108,1 tep, durata 40 anni e percorrenza media annua 60-70.000 km;
- per un tramvia = 72,0 tep; durata 40 anni e percorrenza media annua 35-50.000 km
- per un autobus standard = 26,3 tep, durata 12 anni e percorrenza media annua 35-45.000 km;
- per un'autovettura di media cilindrata = 1,1 tep; durata 10 anni con percorrenza media annua 10.000 km (taxi = 40.000 km).

Per la costruzione di 1 km di infrastruttura:

- linea metropolitana o metrò leggera in superficie = 272,0 tep, durata 40 anni;
- linea metropolitana o metrò leggera in viadotto = 886,3 tep, durata 100 anni;
- linea metropolitana o metrò leggera in galleria artificiale = 2.606,2 tep, durata 100 anni;
- linea metropolitana o metrò leggera in galleria naturale = 5.247,5 tep, durata 100 anni;
- linea tranviaria in sede propria = 131,6 tep, durata 40 anni;
- linea filoviaria in sede promiscua =35,0 tep, durata 25 anni;
- infrastruttura stradale = 264,0 tep, durata pari al transito di 160 milioni di veicoli.

Per un corretto bilancio energetico bisogna aggiungere il consumo energetico per la manutenzione dei veicoli e dell'infrastruttura e per l'eventuale esercizio delle stazioni e dei parcheggi P+R: da un minimo 0,15 x 10^{-6} tep/posto km per gli autobus ad un massimo di 5,14 per le autovetture.

ANALISI RICAVI ATAC	VALORI	PROGRESSIVI	TOTALI
Bit emessi	5.334.206		
Titoli totali emessi	56.872.630		
Ricavi totali	€ 1.293.794.806		
Spostamenti gionalieri	2.179.382		
Passeggeri anno 2007	1.199.767.507		
BIT	98.931.881	€ 1	€ 98.931.881
BIG	2.303.717	€ 4	€ 9.214.868
Annuale ordinario	86.689	€ 230	€ 19.938.470
Annuale agevolato	11.563	€ 150	€ 1.734.450
Mensile ordinario	1.817.966	€ 30	€ 54.538.980
Mensile ridotto	1.580.281	€ 18	€ 28.445.058
Mensile agevolato	385.041	€ 5	€ 1.925.205
CIS	335.593	€ 16	€ 5.369.488
			€ 220.098.400
RICAVI PER PASSEGGERO			
Valore medio	€ 0,18		
Autobus	€ 0,11		
Filovie	€ 0,27		
Tram	€ 0,39		
Metropolitana leggera	€ 0,64		
Metropolitana	€ 0,64		
Treno suburbano (3 fasce)	€ 1,52		

A questi costi fissi si devono aggiungere le esternalità ovvero gli impatti diretti e indiretti dell'infrastruttura: rumore, incidentalità, inquinamento atmosferico diretto e indiretto e conseguenze primarie e secondarie.

ESTERNALITA' PER TIPOLOGIA DI MEZZO	Tasso di incidentalità per milione di pax-km	Tasso di mortalità per milione di pax-km	Emissione acustica dB(A)	Emissioni di CO2	
Automobile (taxi)	1,30	1,70E-02	83,0	187,3	kg per l
Autobus	5,58	5,60E-03	87,5	187,3	kg per l
Filobus	5,10	1,50E-03	63,0	0,79	kg per kWh
Tram in città	5,25	6,20E-03	66,0	0,79	kg per kWh
Metrotranvia	0,93	3,22E-03	71,5	0,79	kg per kWh
Metropolitana	0,33	1,24E-03	76,5	0,79	kg per kWh

Per evidenziare l'importanza e il peso di questi fattori, si pensi ad una linea tranviaria di 10 km con le seguenti caratteristiche:

TRATTA	LUNGHEZZA	FERMATE	PASSEGGERI GIORNO	OFFERTA	PERSONALE
Linea tranviaria XY	**10.000,0**	**20**	**21.270**	22.400	20
PRESTAZIONI	**PASSAGGI**	**FREQUENZA MEDIA IN MIN.**	**PASS. KM PER GIORNO**	**POSTI KM ORARI**	**ADDETTI AL MOVIMENTO**
	80	**12**	212.700,0	3.750	11

Il personale richiesto è il seguente, per cui si sono calcolati i costi in base al contratto nazionale vigente:

CARATTERISTICHE DEL SERVIZIO	
Passaggi/giorno	80
Tempo medio di percorrenza (min)	9,5
Orario di servizio (ore)	17,0
Produttività oraria per macchinista (viaggi)	4

PERSONALE RICHIESTO	N.	STIPENDIO	RETRIBUZIONE MENSILE MEDIA	TOTALE GIORNALIERO
Responsabili	1	€ 2.113,8	€ 2.642,2	€ 86,9
Coordinatori	2	€ 1.775,6	€ 2.219,5	€ 145,9
Macchinisti	6	€ 1.547,3	€ 1.805,2	€ 376,7
Operatori	3	€ 1.335,9	€ 1.558,6	€ 153,7
Ausiliari	8	€ 1.023,1	€ 1.193,6	€ 313,9

La linea si trova in un quartiere romano e presenta i seguenti costi di esercizio giornalieri:

COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	ENERGIA ELETTRICA PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
	€ 1.077,2	€ 2.999,8	€ 621,6	€ 4.623,4	**€ 9.322,0**

In relazione alle più moderne tecnologie si realizzano 20 fermate dotate di totem informativi e pannelli solari in copertura delle pensiline. Il saldo giornaliero con le esternalità dirette è il seguente:

ESTERNALITA'	INCIDENTI		INQUINAMENTO		SUBTOTALE - INCIDENTI E INQUINAMENTO
	FERITI	MORTI	AFFEZIONI RESPIRATORIE	MORTALITA' A LUNGO TERMINE	
	1,98E-01	6,84E-04	9,78E-01	1,48E-02	
	€ 14.511,6	€ 1.026,4	€ 932,6	€ 11.857,2	**€ 28.327,9**
	LIV. ACUSTICO DIURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	LIV. ACUSTICO NOTTURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	POPOLAZIONE IMPATTATA	AFFEZIONI ACUSTICHE E AFFEZIONI DA DISAGIO	SUBTOTALE - RUMORE
	67,3	53,5	15.000	1,10E+01	**€ 10.142,5**

BILANCIO COSTI - GIORNO	COSTI DI ESERCIZIO	ESTERNALITA' DIRETTE	RICAVO UTENZA	RICAVO PRODUZIONE PANNELLI SOLARI	TOTALE
	-€ 9.322	**-€ 38.470**	€ 13.613	€ 116	**-€ 34.064**

Dal punto di vista del gestore la linea è in attivo: la differenza tra costi di esercizio e i ricavi è di circa 4.290€/giorno che permettono un graduale rientro dalle spese di costruzione.
Dal punto di vista del bilancio per la collettività il sistema è in perdita per oltre 34.000€ di esternalità negative. Per una corretta valutazione è necessario il raffronto con l'opzione in cui la linea non viene realizzata: del carico calcolato per la linea mediamente un 30-35% continuerebbe ad utilizzare il servizio di trasporto pubblico su gomma mentre la gran parte utilizzerebbe il mezzo privato. Il bilancio costi/esternalità sarebbe allora il seguente:

TRATTA	LUNGHEZZA	FERMATE	PASSEGGERI GIORNO	OFFERTA	PERSONALE
Linea XY	10.000,0	20	7.019	6.946	11
Spostamenti in auto (non attratti)			14.251		

PRESTAZIONI	PASSAGGI	FREQUENZA MEDIA IN MIN.	PASS. KM PER GIORNO	POSTI KM ORARI	ADDETTI AL MOVIMENTO
Servizio Bus	46	23	70.190,0	792	6
Spostamenti in auto (non attratti)	10.962	0,10	142.510,0	24.360	-

COSTI DI ESERCIZIO	PERSONALE	GASOLIO PER TRAZIONE	ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE E SERVIZIO	SPESE DI MANUTENZIONE	TOTALE
Servizio Bus	€ 582,0	€ 427,7	€ 381,1	€ 1.107,8	**€ 2.498,5**
Spostamenti in auto (non attratti)	-	€ 3.525,4	€ -	€ 16.019,6	**€ 19.545,0**

ESTERNALITA'	INCIDENTI		INQUINAMENTO		SUBTOTALE - INCIDENTI E INQUINAMENTO
	FERITI	MORTI	AFFEZIONI RESPIRATORIE	MORTALITA' A LUNGO TERMINE	
Servizio Bus	3,92E-01	3,93E-04	1,32E+00	1,05E-01	
Spostamenti in auto (non attratti)	1,85E-01	2,42E-03	1,09E+01	8,66E-01	
	€ 42.323,7	€ 4.223,6	€ 11.642,5	€ 777.099,5	**€ 835.289,3**

	LIV. ACUSTICO DIURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	LIV. ACUSTICO NOTTURNO A 20 m DALL'ASSE IN dB(A)	POPOLAZIONE IMPATTATA	AFFEZIONI ACUSTICHE E AFFEZIONI DA DISAGIO	SUBTOTALE - RUMORE
	89,3	75,5	15.000	1,53E+01	**€ 14.136,0**

BILANCIO COSTI - GIORNO	COSTI DI ESERCIZIO	ESTERNALITA' DIRETTE	RICAVO UTENZA	RICAVO PRODUZIONE PANNELLI SOLARI	TOTALE
	-€ 22.044	-€ 849.425	€ 772	€ 116	-€ 870.581

Il bilancio negativo per la comunità di un trasporto a combustione per il 70% privato sarebbe pesantemente superiore al caso di realizzazione del tram. Per gli impatti del rilascio di inquinanti si sono considerate tre zone di influenza: il sito di analisi; la zona dove risiede la Raffineria che produce i combustibili per trazione (a Roma, ad esempio la zona di Malagrotta/Pisana) e la zona di produzione dell'energia elettrica (ad esempio la centrale ENEL a carbone con ciclo migliorato di Civitavecchia/Torre Valdaliga). Le aree di impatto del nostro esempio sono le seguenti:

CARATTERISTICHE DELL'AREA IMPATTATA	Superficie in km^2	Densità abitativa (ab/km^2)	Popolazione
Situ	50,00	3.000	150.000
Area di produzione dell'energia elettrica	2.055,88	122	251.925
Area di raffinazione del gasolio	2.240,00	750	1.680.000

Qualora la corrente elettrica fosse realizzata in una centrale ad energia rinnovabile le esternalità nel caso di esercizio ferrotranviario sarebbero ancora minori per l'eliminazione del processo energetico di combustione.

kg di CO_2eq rilasciata per kWh prodotto

1.340 *lignite*
1.340 *carbon fossile*
855 *petrolio*
790 *carbon fossile con ciclo migliorato*
605 *gas naturale*
390 *ciclo combinato (gas)*
193 *fotovoltaio (p-Si)*
121 *fotovoltaio (m-Si)*
36 *eolico*
16 *gas naturale*
4 *idrotermia*

Potere calorifico inferiore in condizioni commerciali

BENZINA	**9,150**	kWh/l
GASOLIO	**10,190**	kWh/l
GPL	**6,940**	kWh/l
CNG	**9,509**	kWh/l

Costo di produzione e trasporto di alcuni carburanti per autotrazione termica CO_2(kg) per litro

171,1	*benzina*
182,7	*gasolio*
119,0	*GPL*
43,7	*CNG*

Inquinanti rilasciati per mezzo di trazione

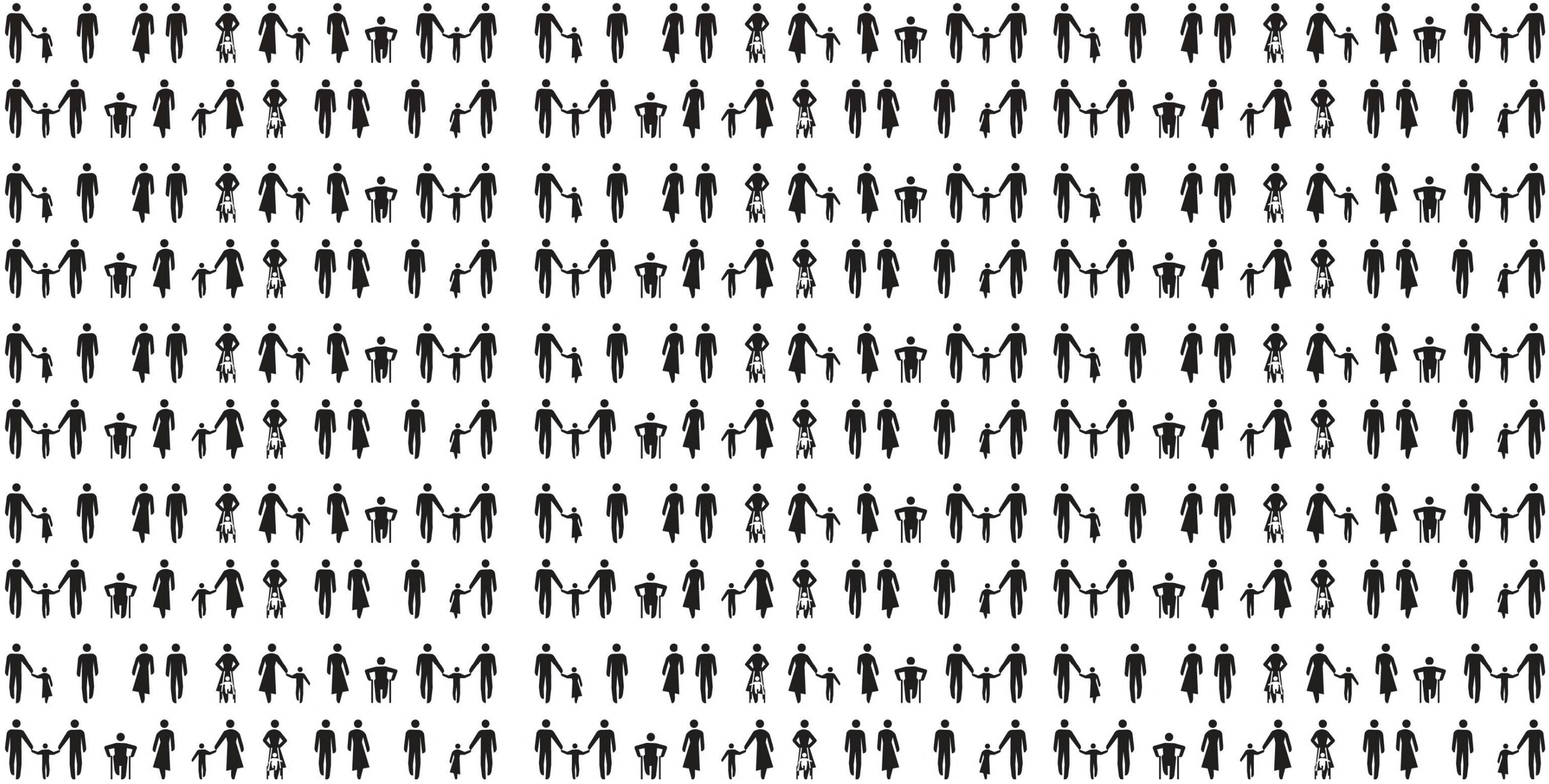
MEZZO	SUPERFICIE DI ROTOLAMENTO	CO	NO_X	PM_{10}
Automobile a benzina	asfalto	6,00	0,44	19,0
Automobile diesel	asfalto	0,86	0,76	94,0
Automobile a GPL	asfalto	2,30	0,51	18,0
Automobile a CNG	asfalto	2,20	0,50	16,7
Autobus (12m) diesel	asfalto	2,12	6,78	240,0
	cemento	2,12	6,78	240,0
Autobus (12m) GPL	asfalto	5,30	4,55	46,0
	cemento	5,30	4,55	46,0
Autobus (12m) CNG	asfalto	5,10	4,45	42,6
	cemento	5,10	4,45	42,6
Autobus (12m) IBRIDO	asfalto	1,48	2,10	27,0
	cemento	1,48	2,10	27,0
		g/km	g/km	mg/km

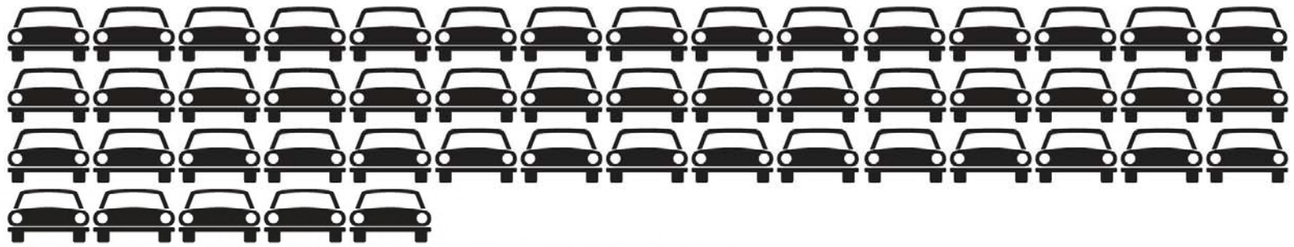
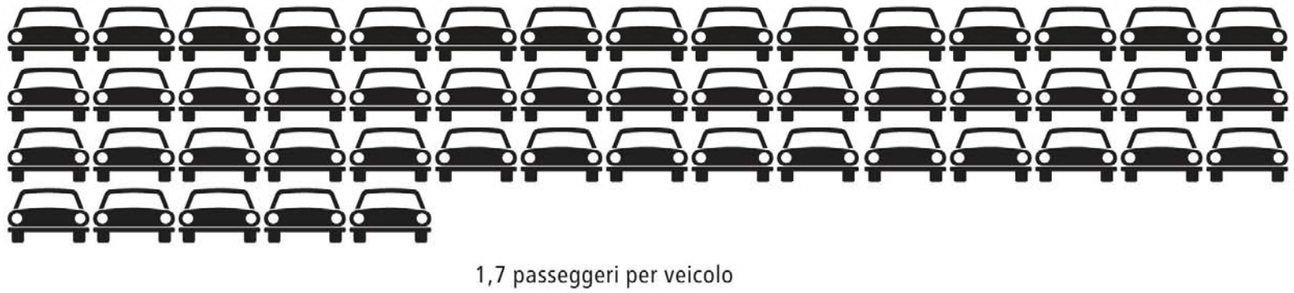
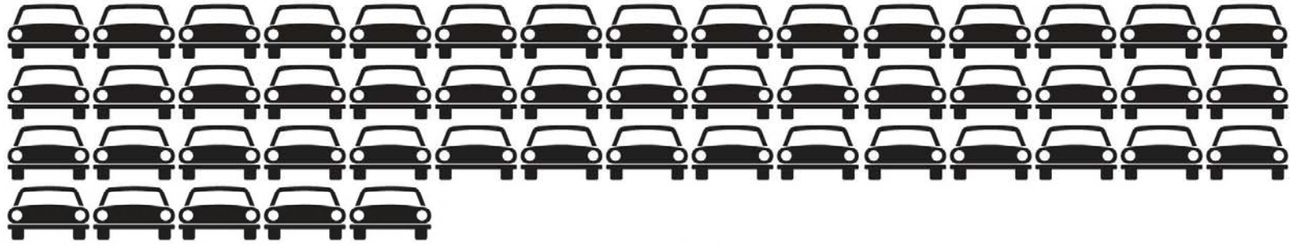
Quesito:

come trasportare

persone

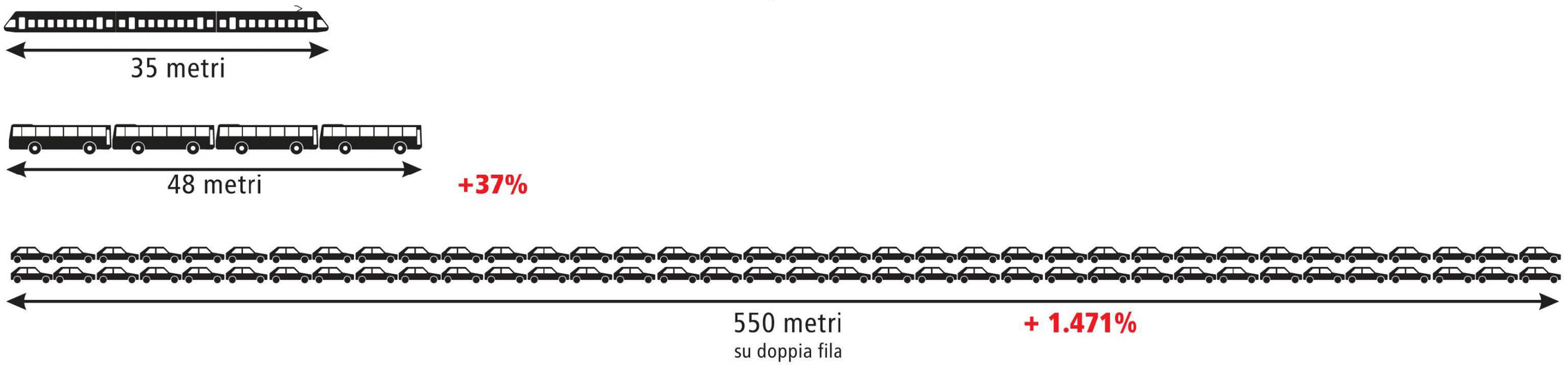
340



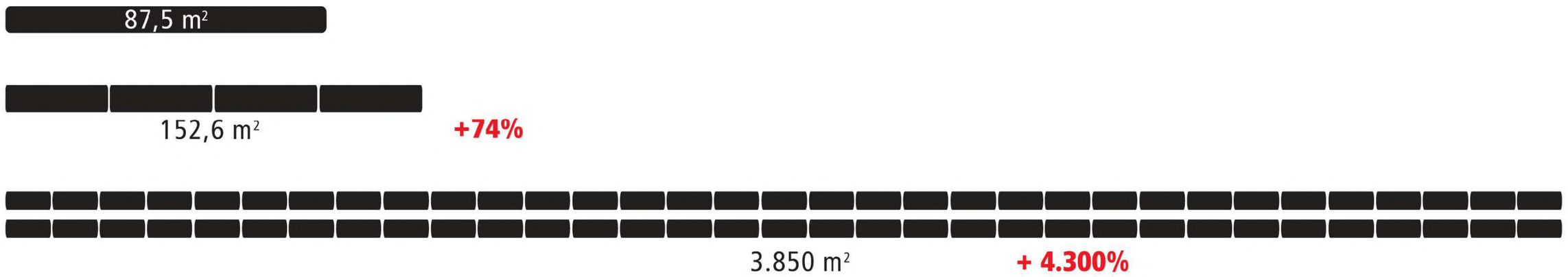
tram	autobus	automobile privata
1	**40**	**200**
		
340 passeggeri	84-86 passeggeri	1,7 passeggeri per veicolo
		
	84-86 passeggeri	1,7 passeggeri per veicolo
		
	84-86 passeggeri	1,7 passeggeri per veicolo
	84-86 passeggeri	1,7 passeggeri per veicolo

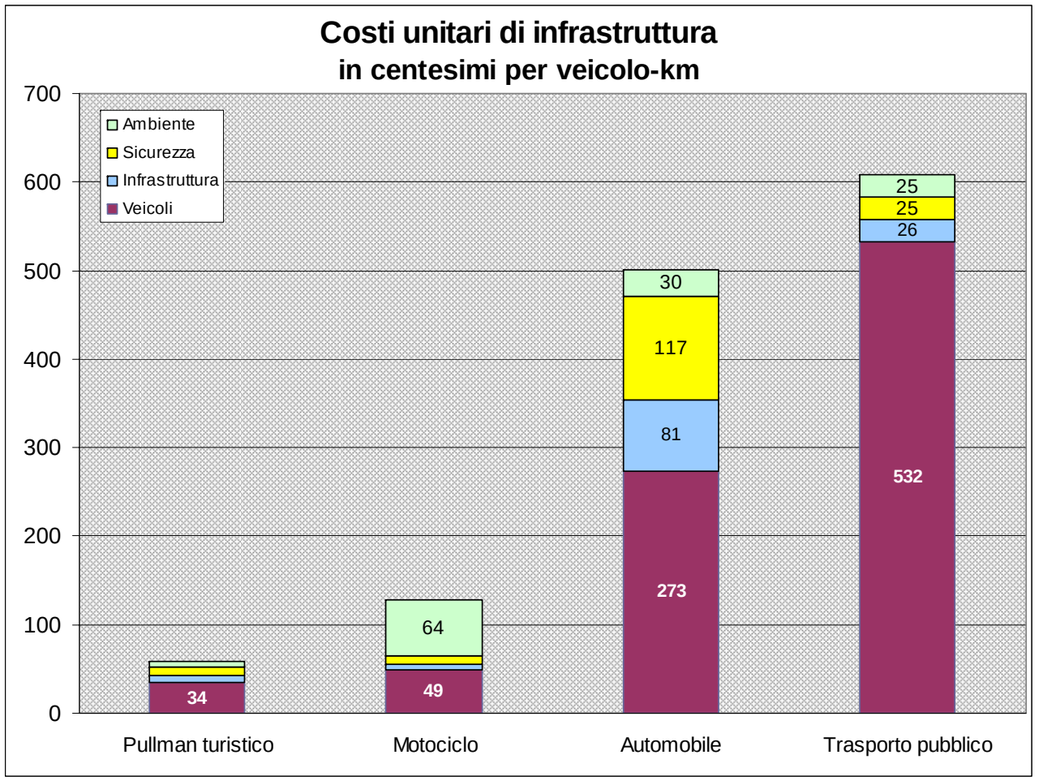
trasporto di

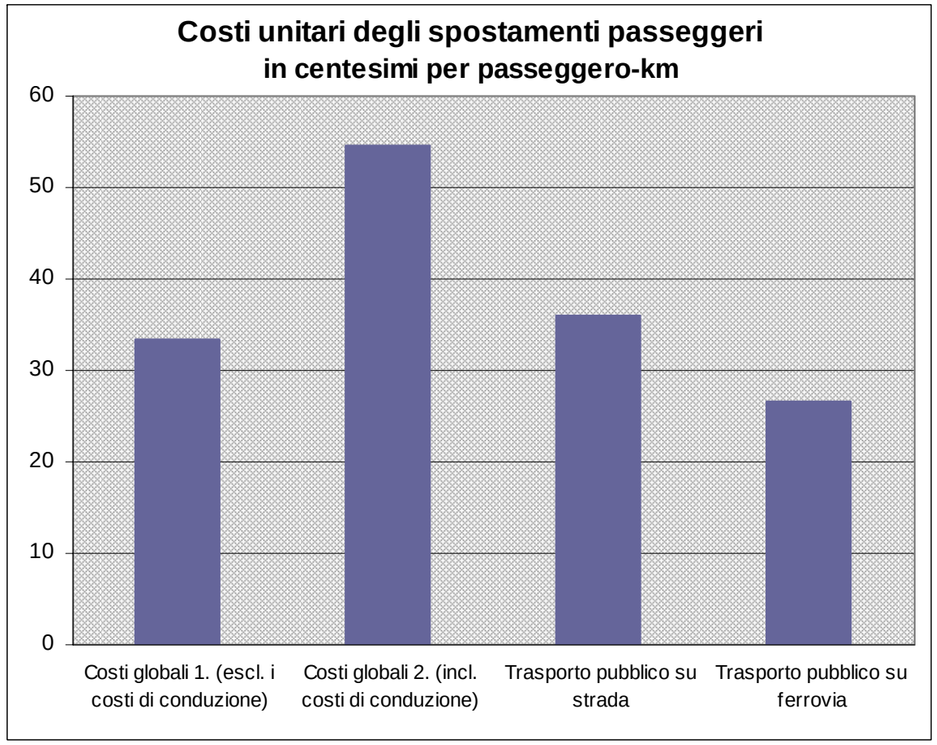
340 persone

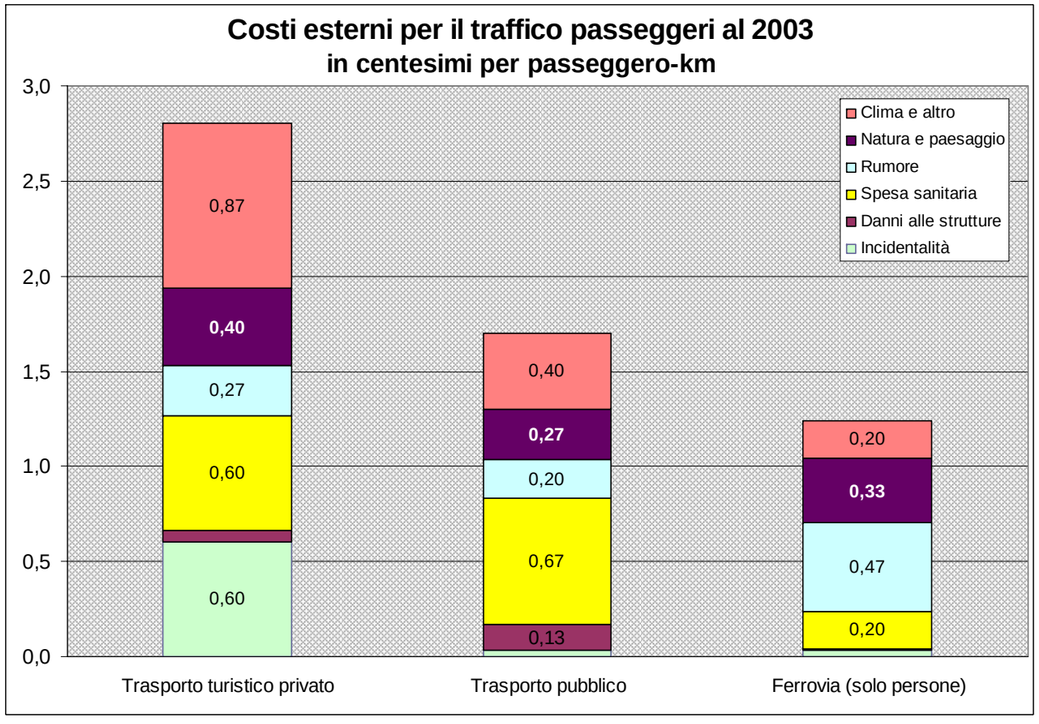


occupazione di suolo




Costi unitari di infrastruttura
in centesimi per veicolo-km
Ambiente
Sicurezza
Infrastruttura
Veicoli
700
600
500
400
300
200
100
0
34
49
64
273
81
117
30
532
26
25
25
Pullman turistico
Motociclo
Automobile
Trasporto pubblico


Costi unitari degli spostamenti passeggeri
in centesimi per passeggero-km
60
50
40
30
20
10
0
Costi globali 1. (escl. i costi di conduzione)
Costi globali 2. (incl. costi di conduzione)
Trasporto pubblico su strada
Trasporto pubblico su ferrovia


Costi esterni per il traffico passeggeri al 2003
in centesimi per passeggero-km
Clima e altro
Natura e paesaggio
Rumore
Spesa sanitaria
Danni alle strutture
Incidentalità
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0,87
0,40
0,27
0,60
0,60
0,40
0,27
0,20
0,67
0,13
0,20
0,33
0,47
0,20
Trasporto turistico privato
Trasporto pubblico
Ferrovia (solo persone)

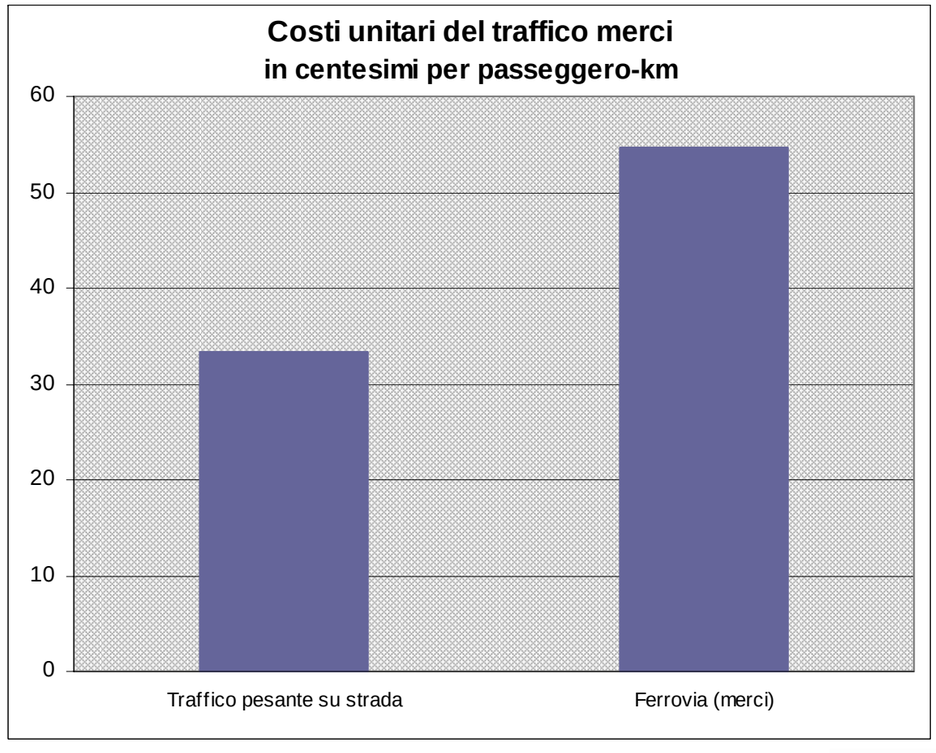

Costi unitari del traffico merci
in centesimi per passeggero-km
60
50
40
30
20
10
0
Traffico pesante su strada
Ferrovia (merci)

Tabelle tratte dal
CONTO NAZIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - ANNO 2004
http://www.infrastrutturetrasporti.it/page/NuovoSito/site.php?o=vd&id=2740

Tab. VIII.1.1 - Incidentalità ferroviaria - Anni 2000-2004

		2000	2001	2002	2003	2004
Incidenti tipici	n. incidenti	96	91	88	65	72
	morti	21	8	20	7	11
	feriti	12	18	29	21	36
Incidenti atipici	n. incidenti	121	111	94	115	98
	morti	72	67	53	70	39
	feriti	52	52	45	51	59
Totale	**n. incidenti**	217	202	182	180	170
	morti	93	75	73	77	50
	feriti	64	70	74	72	95
- di cui solo viaggiatori morti		8	9	17	9	11
- di cui solo viaggiatori feriti		30	40	22	38	47
N° incidenti tipici per milione di treni-km		**0,29**	**0,28**	**0,27**	**0,20**	**0,21**

Fonte: Ferrovie dello Stato.

La sicurezza dell'esercizio ferroviario costituisce un obiettivo fondamentale figurando sempre al primo posto tra le strategie aziendali. In questa ottica, il perseguimento di più elevati standard di sicurezza rappresenta per Ferrovie dello Stato un impegno inderogabile nel migliorare la sicurezza del servizio ferroviario.
Come mostrato dalla Tab. VIII.1 il numero complessivo degli incidenti ferroviari nel periodo 2000-2004 ha fatto registrare una forte contrazione scendendo dai 217 incidenti del 2000 ai 170 del 2004. Per contro, quanto riguarda gli incidenti "tipici", quelli cioè più direttamente connessi alla circolazione ferroviaria, nel 2004 si registra una lieve crescita rispetto al 2003 (+7), che fa salire a 72 il numero di tali incidenti, valore che resta comunque al di sotto dei 96 incidenti tipici registrati nell'anno 2000.
L'indicatore di sicurezza, misurato in termini di incidenti tipici per milione di treni-km circolati sulla rete FS, nel 2004 si colloca a 0,21, con un lieve aumento rispetto allo 0,20 dell'anno precedente, con un trend che negli ultimi anni vede scendere il tasso di incidentalità dallo 0,29 dell'anno 2000 allo 0,20 del 2003.
Per quanto riguarda poi le conseguenze alle persone in seguito agli incidenti ferroviari, nel 2004 risulta essere in netto calo il numero delle persone morte, che scendono a 50 rispetto alle 93 avutesi l'anno prima; aumenta, invece, il numero dei feriti che nel quinquennio sale da 64 a 95.

I dati relativi agli incidenti delle Ferrovie regionali sono il risultato di un'indagine diretta svolta annualmente dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, al fine di poter disporre di un quadro completo dell'incidentalità sul territorio nazionale, riferita all'intero sistema ferroviario. Le tabelle che seguono mostrano l'andamento degli incidenti dal 1990 al 2004 delle Ferrovie regionali (ex Ferrovie in concessione e in gestione governativa) e dal 2002 al 2004 anche delle altre Ferrovie che operano in regime di licenza.

Tab. VIII.1.2 - Ferrovie regionali: incidenti, morti e feriti (*) per tipo di incidente - Anni 1990, 1995; 1999-2004

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Totale incidenti	**1.833**	**2.966**	**2.309**	**2.381**	**2.264**	**1.456**	**1.563**	**1.515**
Collisioni	nd	nd	nd	nd	nd	11	12	14
Deragliamenti	nd	nd	nd	nd	nd	18	24	11
Incidenti a passaggi a livello	nd	nd	nd	nd	nd	215	175	152
Incidenti a persone causati da materiale rotabile in movimento	nd	nd	nd	nd	nd	114	82	93
Incendi al materiale rotabile	nd	nd	nd	nd	nd	6	13	11
Altri	nd	nd	nd	nd	nd	1.092	1.256	1.234
Totale morti	**32**	**23**	**17**	**16**	**13**	**25**	**14**	**14**
Collisioni	nd	nd	nd	nd	nd	0	0	0
Deragliamenti	nd	nd	nd	nd	nd	0	0	0
Incidenti a passaggi a livello	nd	nd	nd	nd	nd	12	7	5
Incidenti a persone causati da materiale rotabile in movimento	nd	nd	nd	nd	nd	11	5	6
Incendi al materiale rotabile	nd	nd	nd	nd	nd	0	0	0
Altri	nd	nd	nd	nd	nd	2	2	3
Totale feriti (*)	**616**	**356**	**250**	**365**	**9**	**182**	**177**	**184**
Collisioni	nd	nd	nd	nd	nd	0	3	2
Deragliamenti	nd	nd	nd	nd	nd	0	0	0
Incidenti a passaggi a livello	nd	nd	nd	nd	nd	16	7	6
Incidenti a persone causati da materiale rotabile in movimento	nd	nd	nd	nd	nd	8	3	1
Incendi al materiale rotabile	nd	nd	nd	nd	nd	0	0	0
Altri	nd	nd	nd	nd	nd	158	164	175

(*) A partire dall'anno 2002 per ferito si intende ferito grave ovvero qualsiasi ferito ospedalizzato per più di 24 ore a causa di un incidente. Sono esclusi i tentativi di suicidio.
nd = dati non disponibili.
Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. VIII.2.1 - Incidenti stradali e persone infortunate secondo la conseguenza - Anni 1990; 1995-2004

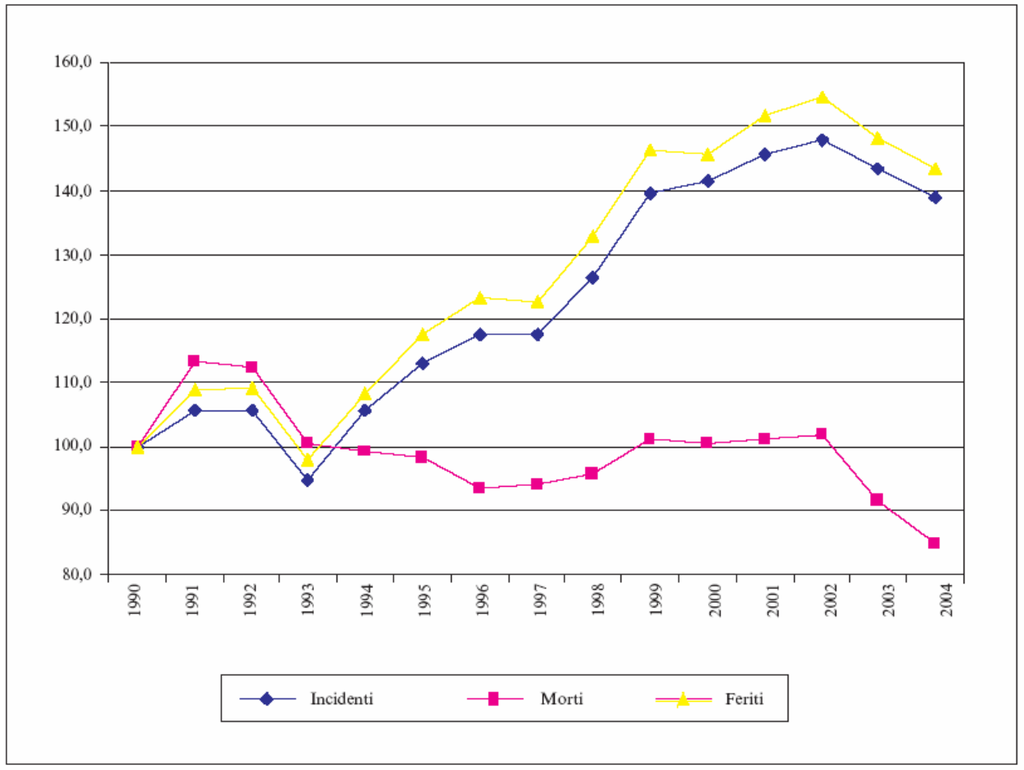
Numero

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Incidenti	161.782	182.761	190.068	190.031	204.615	225.646	229.034	235.409	239.354	231.740	224.553
Morti	6.621	6.512	6.193	6.226	6.342	6.688	6.649	6.691	6.739	6.065	5.625
Feriti	221.024	259.571	272.115	270.962	293.842	322.999	321.796	335.029	341.660	327.324	316.630

N.B. - I dati del 2003 sono stati modificati dall'ISTAT a seguito di aggiornamenti pervenuti dagli organi preposti alla rilevazione; i dati del 2004 sono da considerarsi provvisori.
Fonte: ISTAT.

Fig. VIII.2.1 - Incidenti stradali e persone infortunate secondo la conseguenza - Anni 1990-2004

Numeri indice a base fissa (1990 = 100)



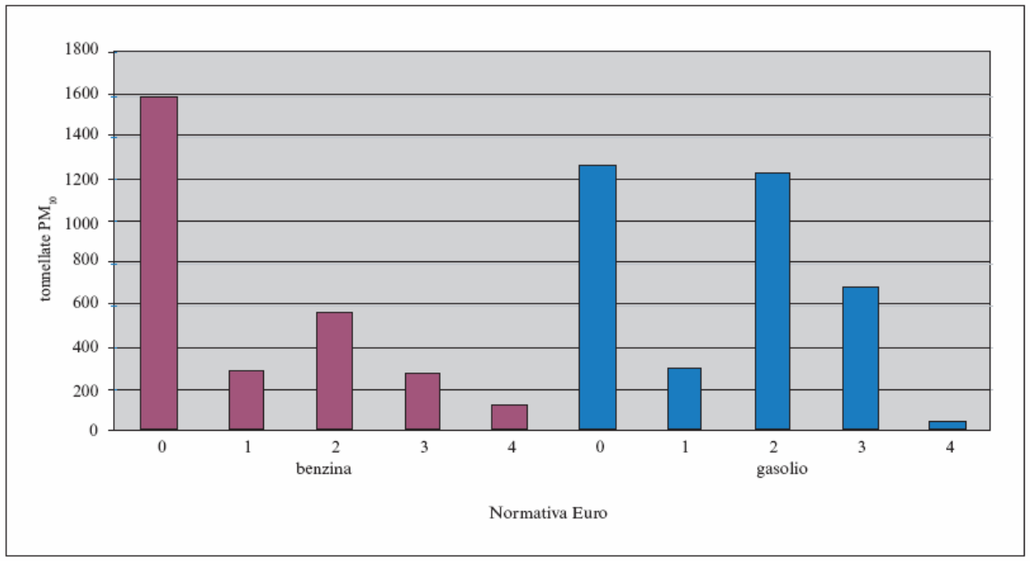
Fonte: ISTAT.

Tab. VIII.5.1.1 - Stima delle emissioni di PM_{10} delle autovetture, alimentate a benzina e a gasolio, circolanti in ambito urbano - Anno 2004

Alimentazione	Normativa Euro	PM10 ciclo urbano (g/veicolo-km)	Numero autovetture circolanti	Percorrenze urbane in km	tonnellate annue di emissioni di PM_{10}
benzina	0	0,0617	6.623.785	3.842	1.570,177
	1	0,0178	4.062.966	3.842	277,856
	2	0,0178	8.033.069	3.842	549,362
	3	0,0178	3.777.296	3.842	258,320
	4	0,0178	1.603.134	3.842	109,634
Totali			**24.100.251**		**2.765,35**
gasolio	0	0,4785	859.856	3.037	1.249,752
	1	0,1714	556.246	3.037	289,596
	2	0,1714	2.321.131	3.037	1.208,444
	3	0,0500	4.397.305	3.037	667,840
	4	0,0250	437.734	3.037	33,240
Totali			**8.572.272**		**3.448,870**

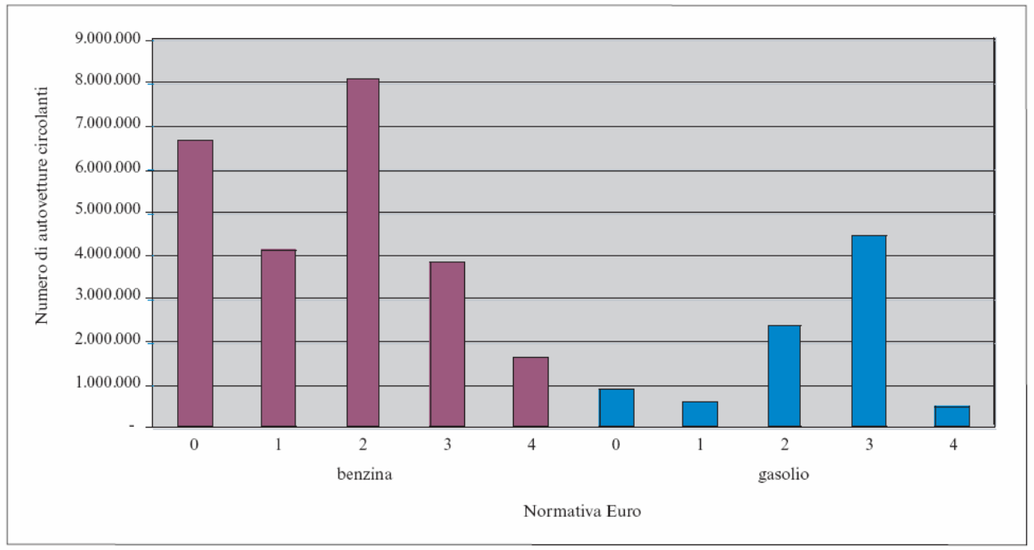
Fonte: elaborazioni Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su dati APAT - MCTC - ACI, annuario statistico 2005.

Fig. VIII.5.1.1 - Stima delle emissione di PM_{10} di autovetture a benzina e a gasolio - Ciclo urbano - Anno 2004



Fonte: elaborazioni Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su dati APAT - MCTC - ACI, annuario statistico 2005.

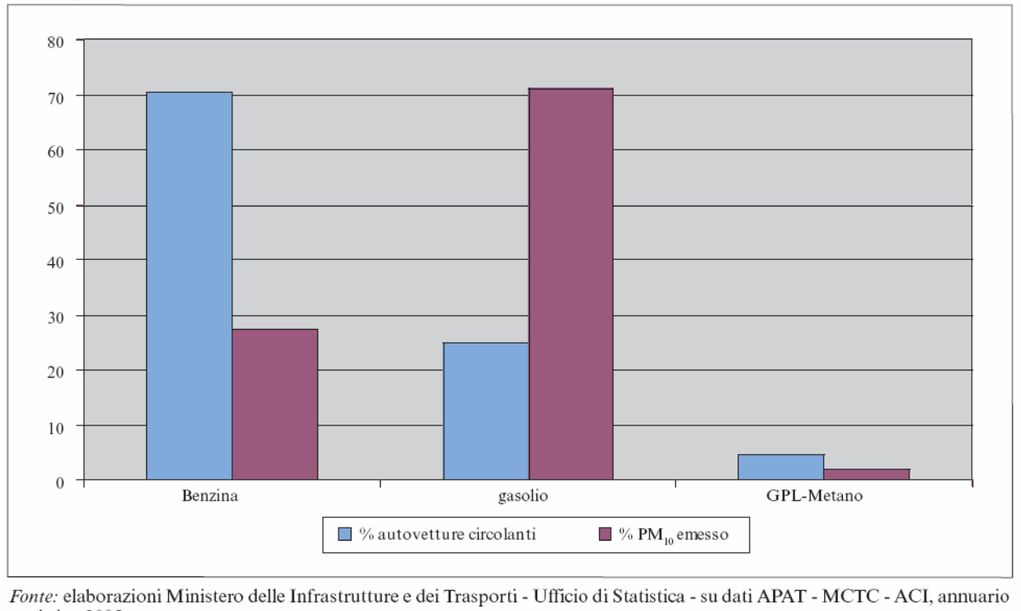
Fig. VIII.5.1.2 - Parco autovetture circolanti alimentate a benzina e a gasolio e relativa normativa Euro - Anno 2004



Fonte: elaborazioni Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su dati APAT - MCTC - ACI, annuario statistico 2005.

Fig. VIII.5.1.3 - Autovetture circolanti e stima delle emissioni complessive di PM_{10} a livello nazionale - Anno 2004

Valori percentuali



Fonte: elaborazioni Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su dati APAT - MCTC - ACI, annuario statistico 2005.

Tab. VIII.5.2.1 - Emissioni di anidride carbonica (CO_2) - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Migliaia di tonnellate

SETTORE	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004 (a)	2005 (a)
A) traffico passeggeri su strada, con veicoli alimentati a:								
- benzina	38,8	51,4	49,7	48,6	47,6	45,7	43,3	41,4
Di cui motocicli	3,1	3,5	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3
- gasolio	19,6	15,3	21,8	24,1	26,4	29,7	32,9	34,0
- gpl + altri gas	4,3	4,8	4,8	4,9	4,6	4,4	4,0	3,8
Totale A)	**62,7**	**71,5**	**76,3**	**77,6**	**78,7**	**79,8**	**80,3**	**79,3**
B) traffico merci su strada, con vecioli								
- leggeri, < 3,5 t. p.u.	11,9	10,5	14,1	13,8	14,5	14,5	16,0	16,2
di cui benzina	1,6	1,3	1,9	2,1	1,6	1,4	1,3	1,3
- pesanti, > 3,5 t p. u.	18,2	20.8	21,0	22,3	22,8	23,4	24,3	24,1
Totale B)	**30,1**	**31,4**	**35,1**	**36,1**	**37,3**	**37,9**	**40,3**	**40,3**
C) ferrovie	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
D) navi (b)	4,8	4,4	5,5	5,4	5,3	5,5	5,5	5,5
E) aerei (c)	1,7	1,8	2,8	2,7	2,7	3,0	3,2	3,4
F) altro (nautica, stato)	1,9	1,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Totale trasporti	**101,6**	**111,3**	**120,9**	**123,1**	**125,2**	**127,3**	**130,4**	**129,6**
Totale nazionale	**430,6**	**446,7**	**467,5**	**472,0**	**471,4**	**487,3**	**491,7**	**n.d.**

a) Stime coerenti con i consumi del Bilancio Energetico Nazionale del Ministero delle Attività Produttive.
b) Include i bunkeraggi utilizzati per la navigazione nazionale e le soste nei porti di tutte le navi.
c) Include solo il traffico aereo nazionale.
n.d.: dato non disponibile.
Fonte: APAT, Agenzia Protezione Ambiente e servizi Tecnici.

Tab. VIII.5.2.2 - Emissioni di ossidi di azoto - NO_x (a) - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Migliaia di tonnellate

SETTORE	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004 (b)	2005 (b)
A) traffico passeggeri su strada, con veicoli alimentati a:								
- benzina	388,3	439,9	269,2	239,1	189,3	170,4	152,1	141,9
di cui motocicli	1,6	1,9	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9	3,0
- gasolio	125,1	88,4	110,7	113,9	118,9	126,9	134,0	134,2
- gpl + altri gas	67,9	76,2	49,0	46,3	40,6	35,4	30,1	30,2
Totale A)	**581,3**	**604,5**	**428,9**	**399,4**	**348,8**	**332,7**	**316,2**	**306,3**
B) traffico merci su strada, con vecioli								
- leggeri, < 3,5 t. p.u.	89,9	78,1	90,1	91,5	84,5	82,0	87,4	86,0
di cui benzina	15,8	11,1	9,8	8,2	6,4	4,8	3,8	3,2
- pesanti, > 3,5 t p. u.	213,4	236,5	200,9	201,4	188,8	190,5	183,2	172,7
Totale B)	**303,3**	**314,7**	**291,0**	**292,9**	**273,3**	**272,4**	**270,5**	**258,8**
C) ferrovie	5,6	5,5	4,5	4,7	4,9	4,8	4,6	4,4
D) navi (b)	91,6	84,0	104,3	103,9	101,5	106,1	111,5	112,3
E) aerei (c)	7,7	8,2	12,9	12,7	12,7	14,1	14,9	15,7
F) altro (nautica, stato)	11,6	10,1	2,8	2,4	1,7	1,9	3,0	2,9
Totale trasporti	**1.001,1**	**1.027,0**	**844,4**	**816,0**	**742,9**	**732,0**	**720,8**	**700,5**
Totale nazionale	**1.947**	**1.808**	**1.378**	**1367**	**1.276**	**1.260**	**n.d.**	**n.d.**

a) La stima deriva da previsioni di mobilità coerenti con il Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti e dai consumi del Bilancio Energetico Nazionale del Ministero delle Attività Produttive.
b) Valori stimati sulla base delle previsioni traffico PGT, includono la stima degli effetti delle nuove direttive apportate.
c) Include solo il traffico aereo nazionale.
n.d. = dato non disponibile.
Fonte: APAT, Agenzia Protezione Ambiente e servizi Tecnici.

Tab.VIII.5.2.3 - Emissioni di composti organici volatili non metanici (NMVOC) (a) - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Migliaia di tonnellate

SETTORE	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004 (b)	2005 (b)
A) traffico passeggeri su strada, con veicoli alimentati a:								
- benzina	828,5	906,7	520,8	473,4	439,9	418,0	378,6	355,0
di cui motocicli	217,2	228,9	224,3	222,4	209,4	201,6	181,7	175,8
- gasolio	32,8	28,0	28,5	27,4	27,9	28,5	28,0	27,2
- gpl + altri gas	21,5	25,5	18,9	18,5	16,6	14,8	12,8	13,0
Totale A)	**882,8**	**960,2**	**568,2**	**519,3**	**484,3**	**461,3**	**419,4**	**395,2**
B) traffico merci su strada, con veicoli								
- leggeri, < 3,5 t. p.u.	56,4	46,0	48,4	42,8	41,3	38,0	36,7	35,0
di cui benzina	31,9	23,4	21,5	19,6	15,2	11,8	9,4	8,0
- pesanti, > 3,5 t p. u.	31,8	38,8	38,5	39,3	36,4	37,7	37,3	34,8
Totale B)	**88,2**	**84,8**	**86,9**	**82,1**	**77,7**	**75,7**	**74,0**	**69,7**
C) ferrovie	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
D) navi (b)	3,7	3,4	4,2	4,2	4,1	4,2	4,5	4,5
E) aerei (c)	1,3	1,0	1,6	1,6	1,7	2,0	2,0	1,9
F) altro (nautica, stato)	99,8	112,3	110,7	105,1	100,9	95,9	91,7	86,8
Totale trasporti	**1.076,4**	**1.162,3**	**772,1**	**712,8**	**669,2**	**639,6**	**592,0**	**558,6**
Totale nazionale	**2.032**	**2.023**	**1.544**	**1.456**	**1.346**	**1.311**	**n.d.**	**n.d.**

a) La stima deriva da previsioni di mobilità coerenti con il Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti e dai consumi del Bilancio Energetico Nazionale del Ministero delle Attività Produttive.
b) Valori stimati sulla base delle previsioni traffico PGT, includono la stima degli effetti delle nuove direttive apportate.
c) Include solo il traffico aereo nazionale.
n.d.: dato non disponibile.
Fonte: APAT, Agenzia Protezione Ambiente e servizi Tecnici.

Tab. VIII.8.3 - Costi sociali da soli sinistri al netto della internalizzazione da spese per assicurazioni (R.C.A) - Anni 1997-2004

Milioni di euro

Anno	Costi sociali totali	Spese per assicurazioni veicoli privati	Spese per assicurazioni per veicoli commerciali	Costi esterni
1997	25.764	10.412	3.945	11.407
1998	28.088	10.649	3.928	13.511
1999	31.591	12.201	4.721	14.669
2000	32.990	13.110	5.837	14.043
2001	34.612	14.154	6.037	14.421
2002	36.033	15.361	6.919	13.753
2003	34.479	16.256	8.370	9.854
2004	31.559	16.662	8.498	6.399

Fonte: elaborazioni DiAP Politecnico di Milano su dati Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti

Tab. VIII.8.4 - Incidenza dei costi sociali da sinistri sul Prodotto Interno Lordo - Anni 1997-2004

Anno	Costi sociali da sinistri in Milioni di euro	Prodotto Interno Lordo in Milioni di euro	Incidenza % dei costi sociali sul PIL
1997	27.607	1.048.766	2,46
1998	30.188	1.091.361	2,57
1999	33.863	1.127.091	2,80
2000	35.093	1.191.057	2,77
2001	36.821	1.248.648	2,77
2002	38.189	1.295.226	2,78
2003	36.604	1.335.354	2,58
2004	33.700	1.388.870	2,27

Fonte: elaborazioni DiAP Politecnico di Milano su Conto Nazionale dei Trasporti (2000) e Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti (2003).

TRANVIE – ANALISI STATISTICA A LIVELLO NAZIONALE

In Italia le aziende che gestiscono il servizio di trasporto passeggeri a mezzo tram sono localizzate a Torino, Milano, Roma e Napoli, mentre a Genova e Trieste sono presenti impianti che possono essere assimilati a quelli di tipo tranviario. Dal 2003 anche Messina si è aggiunta alla lista, nel 2007 Cagliari e Sassari mentre Firenze e Palermo vi si aggiungeranno presto.
Questo testimonia che si sta da alcuni anni riaffermando da più parti l'esigenza di un ritorno del trasporto su rotaia in ambito urbano (anche nella più moderna versione di metropolitana di superficie) a causa dei crescenti tassi d'inquinamento delle città e dei gravi problemi di congestione del traffico. Nel 2004 l'estensione totale della rete (urbana ed extraurbana) risulta pari a 476 km e, nonostante sia ancora inferiore ai valori degli anni '60, quando erano ben 14 le città che disponevano di tale modalità di trasporto, mostra incoraggianti tendenze all'aumento .

Tab. IV.3.1 - Tranvie - Dati relativi all'offerta del servizio - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
TRANVIE URBANE:								
Materiale rotabile (n.)	1.106	855	791	760	773	850	854	840
Vetture-km (migliaia)	40.337	35.859	37.923	36.461	36.333	35.230	35.654	36.290
Posti-km offerti (migliaia)	5.473.862	5.168.346	5.039.341	5.044.327	5.022.654	4.573.611	4.600.388	4.622.891
TRANVIE EXTRAURBANE:								
Materiale rotabile (n.)	104	102	75	81	75	92	88	99
Vetture-km (migliaia)	1.922	2.007	1.336	1.443	1.336	1.352	1.299	1.459
Posti-km offerti (migliaia)	215.000	224.261	151.225	151.261	140.056	155.603	149.466	167.880

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. IV.3.2 - Tranvie - Dati relativi all'offerta del servizio - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Numeri indice a base fissa (1995=100)

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
TRANVIE URBANE:								
Materiale rotabile	129,4	100,0	92,5	88,9	90,4	99,4	99,9	98,2
Vetture-km	112,5	100,0	105,8	101,7	101,3	98,2	99,4	101,2
Posti-km offerti	105,9	100,0	97,5	97,6	97,2	88,5	89,0	89,4
TRANVIE EXTRAURBANE:								
Materiale rotabile	102,0	100,0	73,5	79,4	73,5	90,2	86,6	97,3
Vetture-km	95,8	100,0	66,6	71,9	66,6	67,4	64,7	72,7
Posti-km offerti	95,9	100,0	67,4	67,4	62,5	69,4	66,6	74,9

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. IV.3.3 - Tranvie - Domanda soddisfatta secondo la tipologia del servizio - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
TOTALE PASSEGGERI (milioni)	**422,8**	**301,8**	**306,6**	**303,1**	**304,5**	**305,9**	**305,7**	**304,1**
Servizio Urbano	417,6	297,4	302,7	299,2	300,6	302,0	302,0	300,5
Servizio Extraurbano	5,2	4,4	3,9	3,9	3,9	4,0	3,7	3,6
TOTALE PASSEGGERI-KM (miliardi)	**1,629**	**1,182**	**1,105**	**1,083**	**1,092**	**1,101**	**1,101**	**1,062**
Servizio Urbano	1,576	1,136	1,057	1,035	1,042	1,050	1,051	1,012
Servizio Extraurbano	0,053	0,046	0,048	0,048	0,049	0,050	0,050	0,051

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. IV.3.4 - Tranvie - Domanda soddisfatta secondo la tipologia del servizio - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Numeri indice a base fissa (1995=100)

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
TOTALE PASSEGGERI	**140,1**	**100,0**	**101,6**	**100,4**	**100,9**	**101,4**	**101,3**	**100,8**
Servizio Urbano	140,4	100,0	101,8	100,6	101,1	101,5	101,6	101,0
Servizio Extraurbano	118,2	100,0	88,4	88,4	89,5	90,5	84,0	82,1
TOTALE PASSEGGERI-KM	**137,9**	**100,0**	**93,5**	**91,6**	**92,3**	**93,1**	**93,2**	**89,9**
Servizio Urbano	138,7	100,0	93,0	91,1	91,8	92,5	92,5	89,1
Servizio Extraurbano	115,2	100,0	104,3	104,3	106,9	109,4	109,6	110,4

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. IV.3.5 - Tranvie - Andamento dei costi e dei ricavi - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Migliaia di euro(°) correnti

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
Costi Totali	249.453	258.728	211.152	201.220	192.479	183.738	174.997	166.256
Ricavi Totali	65.765	83.658	82.639	82.016	80.948	79.880	78.812	77.744

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
(°) Eurolire fino al 1998.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Tab. IV.3.6 - Tranvie - Andamento dei costi e dei ricavi - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Migliaia di eurolire 1995 e numeri indice a base fissa (1995=100)

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
Costi Totali (migl. di eurolire 1995)	316.967	258.728	183.930	170.525	158.289	146.873	136.291	127.069
Costi Totali n.i. 1995 = 100	122,51	100,00	71,09	65,91	61,18	56,77	52,68	49,11
Ricavi Totali (migl. di eurolire 1995)	83.564	83.658	71.985	69.505	66.569	63.853	61.380	59.419
Ricavi Totali n.i. 1995 = 100	99,89	100,00	86,05	83,08	79,57	76,33	73,37	71,03

(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

Analizzando l'andamento di alcuni indicatori è possibile osservare come il "*Load Factor*" (che esprime il coefficiente di occupazione e quindi il rapporto tra domanda e offerta) del settore sia rimasto costante negli ultimi anni dopo la crisi degli anni Novanta. Simile l'andamento del grado di utilizzo della rete, mentre per quanto riguarda il grado di copertura dei costi, il rapporto ricavi/costi, che negli anni '60 aveva raggiunto oltre il 60%, si attesta nel 2003 al 43,5%, confermando i buoni segnali di ripresa evidenziati fin dal 1990.

Tab. IV.3.7 - Tranvie - Indicatori del servzio (°) - Anni 1990, 1995; 2000-2005

Traffico	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004(*)	2005(**)
LF = (Passeggeri-km/Posti-km)x100	28,79	21,98	20,97	20,51	20,75	22,96	22,84	21,88
Grado di utilizzo della rete = (Veicoli-km/km rete)	100,34	93,38	101,67	102,13	101,49	80,99	80,67	82,10
Grado di copertura dei costi (Ricavi/Costi)	26,36	32,33	39,14	40,76	42,06	43,47	45,04	46,76

(°) I primi due indicatori sono calcolati considerando solo il settore urbano.
(*) Dati non definitivi.
(**) Stima interna Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica.
Fonte: elaborazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica - su indagine diretta.

I "VERI" DATI SANITARI DELLA SICUREZZA STRADALE

L'impatto degli incidenti stradali sulla salute della popolazione costituisce – per le dimensioni e gli aspetti che caratterizzano questo fenomeno - un problema di assoluta emergenza per il Paese, il cui controllo non può essere ulteriormente ritardato.
Gli incidenti stradali provocano meno dell'1,5% dei decessi che si verificano
annualmente in Italia, ma tra i 15 e i 24 anni questa proporzione sale ad oltre il 40%, costituendo in assoluto la prima causa di morte in questa fascia di età, con conseguenze estremamente rilevanti in termini di costi umani e sociali.
Questi eventi costituiscono inoltre una importante causa di ricovero e di accesso alle prestazioni di pronto soccorso, nonché la causa determinante di gravi invalidità traumatiche, quali paraplegia, tetraplegia e traumatismi intracranici.

L'**incidentalità stradale** è un fenomeno assai complesso, caratterizzato da aspetti che vanno da quelli più propriamente demo-sociali a quelli culturali ed economici. L'Italia, come gli altri paesi dell'Unione Europea, si è posta l'obiettivo di ridurre del 40% entro il 2010 il numero di morti e di feriti causati da incidenti stradali.
La **mortalità** annua per incidente stradale in Italia, desunta dalle statistiche sanitarie dell'ISTAT sulle cause di morte, è per il 1999 pari a 7.829 soggetti (13,7 decessi/100.000 abitanti). Per il 2000, in base ai dati provenienti dalla statistica ISTAT sugli incidenti stradali con lesioni alle persone verbalizzati dalle autorità di polizia, possiamo inoltre stimare un corrispondente numero di morti nell'anno pari a 7.583, ossia 13,3 decessi/100.000 abitanti (il fattore di correzione utilizzato, pari a 1,1803, è quello ricavato dal rapporto tra le morti nell'anno e quelle riportate nelle suddette statistiche degli incidenti verbalizzati, calcolato sui dati del 1999). Le **lesioni** che più frequentemente determinano la morte per incidente stradale sono costituite dal trauma cranico con o senza frattura (45,8%) e da traumatismi interni del torace, addome e bacino (41,6%). Per quanto riguarda la tipologia di utenza, nel 2000 oltre la metà delle morti (55,1% si riferisce ad automobilisti, il 19.2% a utenti delle due ruote motorizzate, il 5,8% a ciclisti, il 13,2% a pedoni ed il restante 6,7% ad altra utenza della strada (mezzi pesanti, mezzi pubblici, ecc.).
Il numero di ricoveri attribuibili agli incidenti stradali è desumibile dalle statistiche relative alle schede di dimissione ospedaliera (SDO). In base a questa fonte di dati, che oggi copre praticamente la totalità degli Istituti di ricovero e cura pubblici e privati, si contano nel 1999 per questa causa 128.830 ricoveri (226 ricoveri/100.000 abitanti). Si osservi che questi dati sono sottostimati in quanto in molte schede relative a cause traumatiche manca ancora l'indicazione della causa esterna, ovvero del tipo di evento che ha determinato il trauma. Da valutazioni dell'ISS[54], basate sui ricoveri della regione Lazio e sui ricoveri nazionali per trauma cranico, riteniamo che la sottostima in gioco sia dell'ordine del 15%, il che comporta un totale corretto intorno ai 145.000 casi.
Lesioni determinanti il ricovero a seguito di incidente stradale sono soprattutto frattura del cranio (4,5%), traumatismi intracranici senza frattura (24,1%), altre fratture (34,8%), contusioni e schiacciamenti (11,4%), distorsioni e distrazioni di articolazioni e muscoli (7,4%).

Numericamente assai più consistente, come logico, appare il **ricorso ai centri di Pronto Soccorso** (PS). In questo ambito non esiste ancora una fonte statistica organica di rilevamento mirata al fenomeno infortunistico in quanto, pur essendo una gran parte dei PS attualmente informatizzata (intorno al 70%), nei software utilizzati per la raccolta delle informazioni non è in generale ancora presente la causa esterna: in altre parole, si sa qual è il trauma (ad es. trauma cranico), ma non si conosce la causa che lo ha determinato (incidente stradale, aggressione, caduta, ecc.), né all'interno della causa, caratteristiche più specifiche sulla tipologia dell'evento (es. pedoni, ciclisti, automobilisti, ecc.). Tuttavia, questa informazione, sia pur limitata alla sola conoscenza che l'evento è relativo ad un incidente stradale, è presente in tutti i PS della Regione Lazio, nel quale l'Agenzia di Sanità Pubblica Regionale ha osservato per il 2000, 149.500 accessi riconducibili ad incidenti stradali, su una popolazione sottostante di circa 5.400.000 abitanti.

Anche per quanto riguarda l'**invalidità secondaria** ad incidenti stradali, in particolare quella grave, i dati sono scarsi e frammentari. Tuttavia, da studi recentemente effettuati, si desume che il 55-60% dei soggetti ricoverati in istituti di riabilitazione presenta lesione midollare post-traumatica a seguito di incidente stradale; questa percentuale sale fino al 70-80% in caso di trauma cranio-encefalico. Tenendo conto che per ogni deceduto si hanno circa 2-3 invalidi particolarmente gravi, possiamo stimare in 20-25.000 casi/anno questi soggetti. Ne scaturisce un quadro estremamente allarmante, pur se suscettibile di ampi margini di intervento.

Dai dati SDO del 1999, con riferimento alle sole schede correttamente compilate ed utilizzando i dati di costo tariffario, risulta che il **costo ospedaliero** unitario imputabile agli incidenti stradali - cui corrisponde una degenza media pari a 6,4 giorni - ammonta a 2.473 Euro per ricovero. Assumendo che la spesa relativa alle schede con errata compilazione presenti la stessa distribuzione di quella relativa alle schede correttamente compilate, e considerando la stima di 145.000 casi come quella più attendibile concernente i ricoveri, si possono valutare in maniera conservativa i costi totali dei ricoveri per incidente stradale in 359 milioni di Euro l'anno. Nella configurazione dei costi di assistenza sanitaria rientrano vari elementi, tra questi il ruolo di maggior rilievo, quanto ad intensità di risorse assorbite e complessità del processo assistenziale, è tuttora rivestito dall'assistenza ospedaliera. Dalla letteratura internazionale tale tipo di assistenza per i traumi risulta rappresentare una quota compresa tra il 60 ed il 70 per cento dei costi di assistenza sanitaria.
In Italia non disponiamo di una valutazione specifica per i traumi, tuttavia le stime più recenti sulla spesa sanitaria pubblica complessiva valutano la spesa (effettiva) per l'assistenza ospedaliera essere pari a circa il 60 per cento di quella totale. In base a tale valutazione si può stimare in almeno 598 milioni di Euro all'anno la spesa totale di assistenza sanitaria per soggetti ricoverati per incidente stradale.

[54] Fondi, Cresca, 2003.