



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



UNIONE EUROPEA



Comune di Cagliari



trasporti regionali della sardegna

ARST S.p.A.

# METROPOLITANA LEGGERA DI CAGLIARI LINEA 3

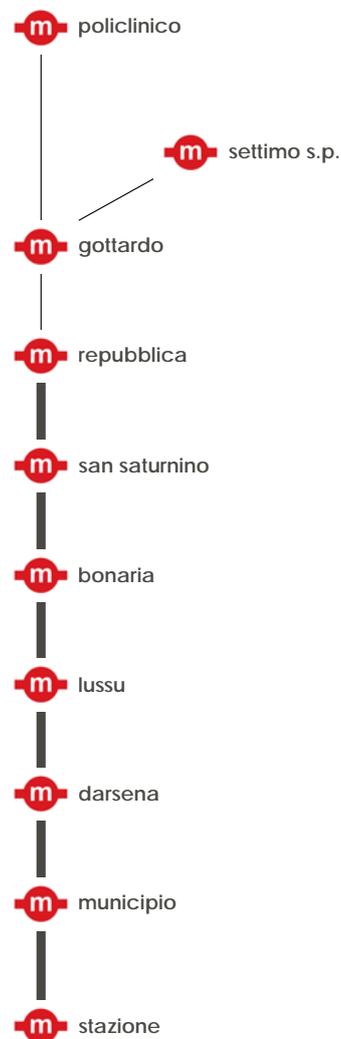
collegamento Repubblica/Matteotti/Stazione

## PROGETTO PRELIMINARE

progettazione: Servizio Tecnico - ARST SpA  
Servizio Mobilità, Infrastrutture Viarie e Reti - Comune di Cagliari

coordinatore: ing. Ernesto Porcu

consulenza: Systematica MLAB - Cagliari



## ANALISI ECONOMICO - TRASPORTISTICA

OGGETTO:

RELAZIONE

NOME-FILE

SCALA:

TAVOLA:

6.10

REV.	MODIFICHE	DATA	ELABORAZIONE
0		APRILE 2015	
1			
2			
3			
4			

## 1 PREMESSA

Il presente documento descrive le prime analisi trasportistiche effettuate per la valutazione del prolungamento della linea di metropolitana leggera da Piazza Repubblica a Piazza Matteotti.

In particolare l'analisi ha previsto lo studio dell'accessibilità al sistema, l'individuazione degli attrattori di mobilità, l'analisi dell'itinerario in relazione ai servizi di trasporto urbano esistenti, la previsione della domanda potenziale e la convenienza finanziaria ed economica derivante dalla realizzazione dell'infrastruttura e dei servizi di trasporto. Lo studio non è concluso e sono in atto specifici approfondimenti soprattutto in termini di previsioni di domanda e valutazione economico-finanziaria e per i quali sono qui illustrati i primi risultati che potranno essere soggetti a variazione quantitativa.

## 2 INQUADRAMENTO DELL'OPERA NEI PIANI STRATEGICI

### 2.1 PIANO REGIONALE DEI TRASPORTI (2008)

Il Piano Regionale dei Trasporti (approvato dalla Giunta Regionale nel 2008) individua nel sistema ferroviario la modalità più idonea a realizzare la rete portante del trasporto pubblico non solo a livello regionale ma anche a livello delle aree metropolitane di Cagliari e Sassari. Relativamente all'area di Cagliari la Regione si è fatta promotrice dell'Accordo di Programma, stipulato nel mese di maggio 2008, tra la RAS, la Provincia di Cagliari e i Comuni dell'Area Vasta, avente ad oggetto l'approvazione della "Proposta progettuale per un sistema di metropolitana di superficie nell'Area Vasta di Cagliari", di cui la tratta esistente Repubblica-Gottardo e quella di prossima apertura Gottardo-Policlinico costituiscono parte integrante.

Il progetto prevede l'estensione della rete metropolitana di superficie attraverso la realizzazione delle seguenti linee:

1. Linea Verde, che collega Quartu Sant'Elena con Cagliari;
2. Linea Marrone, che collega la Linea Blu con la fermata Cornalias Brotzu;
3. Linea Azzurra, che collega il Policlinico Universitario con il Quadrifoglio e l'aeroporto di Cagliari-Elmas;
4. Linea Selargius, che collega la stazione Gottardo tramite Linea Celeste per Settimo San Pietro, con la Linea Verde diretta a Cagliari;
5. Linea Quartucciu, che collega il centro di Quartucciu con la linea verde per Cagliari, innestandosi sulla fermata del centro commerciale le Vele;
6. Linea Gialla, che collega la Linea Blu con il comune di Sestu attraverso la Piana di San Lorenzo e nel tratto in ingresso a Sestu, collega le nuove zone di espansione del comune con il proprio centro;
7. Linea Celeste, che collega l'attuale linea in esercizio da Piazza Repubblica a Gottardo, con la stazione di Settimo San Pietro e da qui si dirama fino al comune di Sinnai. L'intervento prevede l'elettificazione del tracciato esistente e la realizzazione della linea da Settimo San Pietro a Sinnai, attraverso un percorso da concordare tra i due Comuni;
8. Linea Poetto, che collega la Linea Verde all'altezza di Via San Benedetto con Viale Colombo con il litorale del Poetto di Quartu Sant'Elena sino a ricollegarsi con la stessa Linea Verde all'altezza della via Fiume.

L'intera rete delle linee di metropolitana di superficie è stata schematizzata nella rappresentazione sottostante.



Figura 1 - Schema futuro della rete metrotranviaria integrata e interconnessa di Cagliari

fonte PRT 2008

La rete individuata all'epoca non aveva previsto la realizzazione del collegamento Repubblica-Matteotti e quindi con il polo intermodale di livello regionale di Piazza Matteotti, per il mancato accordo con il comune di Cagliari che all'epoca aveva scartato la tecnologia ferroviaria di superficie come possibile alternativa agli attuali servizi su gomma o ad uno scenario che prevedesse la realizzazione di una linea di metropolitana interrata. Lo scenario odierno è invece mutato e l'attuale amministrazione ha inserito come prioritaria la realizzazione della tratta Repubblica-Matteotti come prosecuzione dell'attuale servizio su ferro.

## 2.2 PIANO URBANO DELLA MOBILITA' DI CAGLIARI

Il comune di Cagliari è dotato di Piano Urbano della Mobilità che è stato approvato dal consiglio comunale nel Luglio del 2009. Il Piano della Mobilità individua come priorità il miglioramento e soddisfacimento della mobilità per l'utenza debole costituita da pedoni, ciclisti e utenti del trasporto pubblico e il recupero degli spazi oggi occupati indiscriminatamente dai veicoli privati in circolazione e sosta. Il PUM di Cagliari in accordo con le direttive nazionali e comunitarie individua nel trasporto pubblico la modalità di trasporto su cui puntare per sviluppare la mobilità urbana essendo la più idonea a coniugare accessibilità e sostenibilità. A tal fine il piano ha individuato la rete portante del trasporto pubblico in tutta l'Area Vasta di Cagliari<sup>1</sup> basata su 78 km di linee a guida vincolata (tipo metropolitana leggera e tranvia) derivante dall'accordo di programma del 2008 tra la RAS e i comuni interessati, e su una rete di 68 km di linee su gomma da realizzarsi prevalentemente su corsie preferenziali. A supporto dell'intermodalità con l'autovettura privata sono stati inoltre indivi-

<sup>1</sup> Il Piano Urbano della Mobilità di Cagliari è stato sviluppato all'interno del Piano Strategico intercomunale dell'Area Vasta di Cagliari.

duati 12 parcheggi di interscambio destinati all'utenza proveniente dall'esterno dell'area conurbata.

Il Piano Urbano della Mobilità non riporta il collegamento su ferro Repubblica-Matteotti non per ragioni di tipo trasportistico ma perché la scelta dell'amministrazione del momento aveva individuato nella soluzione su gomma quella più compatibile dal punto di vista tecnologico e intrusivo con il corridoio di via Roma. Tale visione è stata superata dall'attuale amministrazione dando seguito alle dichiarazioni programmatiche di legislatura<sup>2</sup>. A tal fine il collegamento Repubblica-Matteotti è stato inserito nel Piano Strategico Intercomunale<sup>3</sup> ad integrazione della rete di metropolitana leggera approvata nell'accordo di programma 2008.

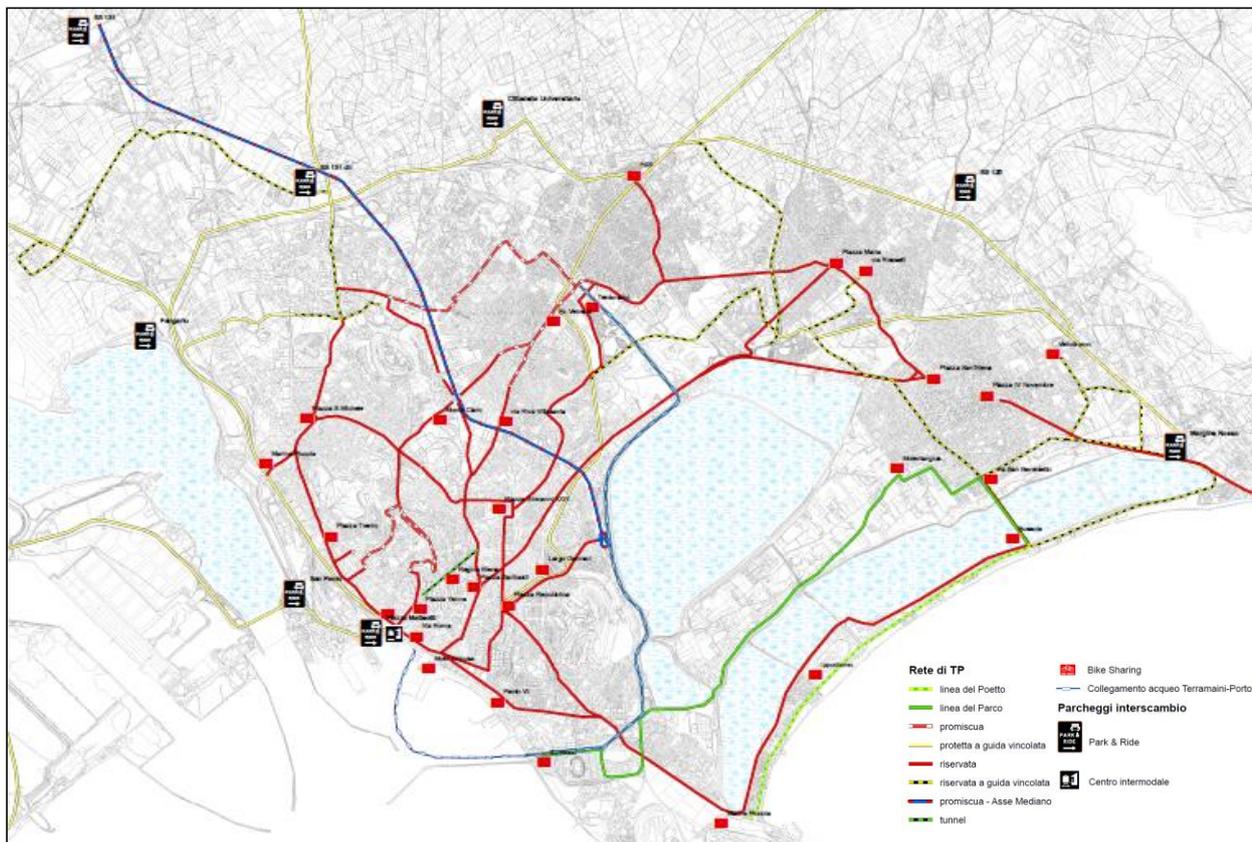


Figura 2 - Rete di TP prevista nel Piano Urbano della Mobilità di Cagliari e dell'Area Vasta

<sup>2</sup> Ad ulteriore conferma della convergenza sulla soluzione metro leggera si evidenzia che, durante la campagna elettorale, anche le altre candidature avevano manifestato l'intenzione di basare sullo stesso sistema la soluzione migliore per realizzare il sistema portante del trasporto pubblico.

<sup>3</sup> Documento approvato il 10 settembre 2012 dal "forum dei sindaci" dell'Area Vasta di Cagliari.

### 3 L'ATTUALE SERVIZIO DI TRASPORTO URBANO

Il servizio di trasporto pubblico urbano della città di Cagliari e dei comuni contermini di Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Monserrato, Selargius, Elmas, Assemmini e Decimomannu è costituito in prevalenza da servizi su gomma gestiti dal CTM (Consorzio Trasporti e Mobilità)<sup>4</sup> e da una linea di trasporto su ferro, tipo metropolitana leggera, gestita da ARST (ex Ferrovie della Sardegna)<sup>5</sup>. Il servizio CTM viene svolto mediante autobus e filobus, si sviluppa su una rete di circa 480 km composta da 29 linee (primarie e secondarie) e complessivamente produce 12,4 milioni di bus\*chilometro<sup>6</sup> (circa 35.000 nel giorno feriale invernale scolastico). Lungo tutta la rete sono ubicate circa 1.000 fermate di cui solo il 14% circa dotate di pensiline. Tutte le fermate sono dotate di palina riportante l'indicazione delle linee transitanti, dei percorsi seguiti e dell'intervallo di passaggio dei mezzi, inoltre, nel 16% circa dei casi vengono riportati anche gli orari di passaggio in alcuni dei principali nodi della rete (capilinea e altri).



Circa l'informazione alle fermate vi è da rilevare che CTM Spa e Comune di Cagliari stanno realizzando una piattaforma telematica per la gestione e il controllo del trasporto collettivo e privato capace di migliorare le prestazioni di tutto il sistema dei trasporti e in particolare di quello collettivo (migliore regolarità del servizio, aumento delle velocità commerciali, ecc) e contemporaneamente di migliorare l'informazione all'utenza sia a bordo dei mezzi che in prossimità delle fermate (paline informative a messaggio variabile).

Il servizio CTM viene erogato 365 giorni all'anno con inizio alle quattro del mattino e termine 50 minuti dopo la mezzanotte ed è strutturato in servizio invernale, dal 14 Settembre al 30 Giugno, ed estivo, dal 1 Luglio al 13 Settembre. Durante il periodo estivo il servizio per la spiaggia del Poetto viene rafforzato sia con l'incremento delle frequenze sulle linee in esercizio tutto l'anno sia con l'attivazione di cinque linee stagionali. Nello stesso periodo viene attivato il "Progetto Sole", servizio a chiamata per le spiagge dedicato alla clientela non deambulante. La struttura viene completata con appositi servizi in occasione di festività nazionali (Pasqua, Natale e Capodanno), quello dedicato a particolari categorie di utenti (lavoratori e studenti) e quello attivato in occasione di manifestazioni particolari (fiere, manifestazioni sportive, artistiche, ecc.). I servizi invernale ed estivo sono differenziati nei giorni feriali, nei sabati e nei festivi. In particolare nei giorni feriali il servizio è massimo, il sabato subisce una lieve diminuzione mentre nei giorni festivi il servizio vede una consistente restrizione con l'aumento generale delle cadenze e l'interruzione di alcune linee. Inoltre alcune linee hanno una ulteriore differenziazione per giorni della settimana.

La scorsa estate è stato inoltre istituito un servizio notturno nelle giornate del venerdì e del sabato dalle 22:00 alle 4:00, costituito da due linee la Notte Rossa e la Notte Blu con frequenza di 30 minuti e con le quali è possibile spostarsi in città, e che raggiungere il Poetto

Dal mese di febbraio e sino alla fine di novembre è in sperimentazione il progetto "Amico Bus", servizio a chiamata del tipo "porta a porta" dedicato a coloro che non possono utilizzare il trasporto pubblico di linea (disabili, invalidi civili, ultra 65enni non autosufficienti, persone con limitazioni psico-fisiche, ecc.). Il servizio è operativo dal lunedì al venerdì dalle 7.00 alle 20.00 e il sabato: dalle 7.00 alle 14.00 e vede l'impiego di veicoli corti della tipologia "Pollicino", adeguatamente attrezzati.

<sup>4</sup> Società per azioni a totale capitale pubblico (Comune di Cagliari 67,5%, Provincia di Cagliari 25%, Comune di Quartu S.Elena 7,5%).

<sup>5</sup> Società per Azioni con socio unico (Regione Autonoma della Sardegna).

<sup>6</sup> Fonte: Bilancio CTM 2010.

L'accesso al servizio avviene attraverso una prenotazione da effettuarsi nella mattina del giorno prima l'utilizzo del servizio mediante contatto telefonico o via web.

La struttura della rete, a "linee di desiderio", si fonda sul principio di soddisfare la domanda di trasporto minimizzando il numero di rotture di carico. Tale disegno, nel caso di Cagliari, da una lato garantisce che con al massimo due linee si possa raggiungere quasi tutto il territorio servito, dall'altro dà luogo talvolta a elevati tempi di percorrenza per via della configurazione lunga e tortuosa di alcune linee.

Le diverse linee sono raggruppate da CTM secondo la seguente classificazione:

- Primarie: 1, 3, 5, 6, 8, 9, M, 30, 31;
- Secondarie: 7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 29, CEP, SAN SIMONE, PF, PQ, 1Q, QS, QSA, QSB, 40, 41;
- Stagionali: 3P, 9P, PN, 11, Gialla, Arancio;
- Festive: 30R, 31R;
- Festive in occasioni speciali (Natale, Capodanno, Pasqua): Circolare I, Circolare E, Circolare L.

Il servizio è variabile nelle diverse fasce orarie (fatta esclusione delle linee meno frequenti in cui rimane costante), massimo nelle ore di punta del mattino ed essenziale nelle ore serali. Di seguito si riporta l'elenco delle linee con i capilinea e la valutazione del livello di servizio in termini (LdS) di disponibilità (frequenza e ore di servizio) secondo le misure del Transit Capacity and Quality of Service Manual edito dal Transportation Research Board del National Research Council. Per il LdS relativo alla frequenza si è indicato il valore massimo e quello minimo riscontrato nell'intervallo orario 07-21.

Linea	Capilinea	Feriali			Festivi		
		Frequenza		Ore di servizio	Frequenza		Ore di servizio
		LdS (max)	LdS (min)	LdS	LdS (max)	LdS (min)	LdS
1	Ospedale Brotzu - Via F. Gioia	A	A	A	B	C	A
3	Quartiere del Sole - p.zza dei Castellani	A	B	A	C	C	A
5	parco San Michele- via Vergine Lluç	A	B	B	-	-	F
6	Via Schiavazzi - Via Andorra	A	C	B	C	C	B
7	p.zza Yenne - p.zza Yenne	D	D	C	D	D	C
8	P.zza Matteotti - Policlinico	B	B	B	D	D	B
9	Cagliari - Decimomannu	A	C	B	D	E	B
10	P.zza Trento - Osp. Binaghi	B	C	B	C	D	C
13	via dei Giudicati - via dei Giudicati	C	D	B	D	D	B
16	P.zza Giovanni - M.C.T.C.	D	E	E	-	-	F
17	Monerrato Stazione FdS - via Gallus Selargius	E	E	C	-	-	F
18	via Chiramonti - via Chiramonti	D	E	E	-	-	F
19	Assemini - Quartu	D	E	C	-	-	F
20	viale Buoncammino - via Aresu	B	C	C	C	E	B
29	viale La Plaia - Policlinico Universitario	C	E	C	-	-	F
30	P.zza Matteotti - P.zza Matteotti	B	B	A	-	-	F
31	P.zza Matteotti - P.zza Matteotti	B	C	B	-	-	F
40	via Brigata Sassari - via Brigata Sassari	B	C	B	-	-	F
41	via Brigata Sassari - via Brigata Sassari	B	C	B	-	-	F
M	P.zza Matteotti - Via S. Gottardo	A	A	A	B	C	B
PF	p.zza Matteotti - Flumini	C	E	B	D	E	B
PQ	p.zza Matteotti - p.zza IV Novembre	D	E	B	D	E	B
QS	via D.Deliperi - via Montecristo	D	E	B	D	D	B
QSA	Cittadella Univers. - via Fiume	C	E	D	-	-	F
QSB	via D.Deliperi - Via Fiume	D	E	D	-	-	F
1Q	via Brigata Sassari - Terra Mala	D	E	C	D	E	C
2Q	via Brigata Sassari - Flumini	E	E	C	E	E	C
1 Liceo di Quartu	via Brigata Sassari - Liceo Quartu (suppl. scolastico)	D	E	F	-	-	F
2 Liceo di Quartu	Liceo Quartu (suppl. scolastico) - Flumini	E	E	F	-	-	F
Navetta CEP	P.zza Pitagora Mercato San Benedetto NAVETTA CEP	-	-	F	-	-	F
Navetta Giorgino	P.zza Matteotti - Giorgino	D	D	B	-	-	F
5-11	Parco San Michele - Calamosca	-	-	F	D	C	B
30R	P.zza Matteotti - P.zza IV Novembre	-	-	F	C	C	A

Tabella 1: Servizi Urbani - Livelli di Servizio

Le velocità commerciali delle diverse linee sono variabili, minori per le linee che si sviluppano in ambito urbano e maggiori per quelle che percorrono anche tratte suburbane. Ciò è dovuto all'effetto negativo della congestione veicolare che condiziona fortemente i tempi di percorrenza dei mezzi pubblici che transitano perlopiù in sedi condivise con gli altri veicoli (scarsa presenza di corsie riservate). Gli effetti della congestione stradale sui tempi di percorrenza dei mezzi dovrebbero diminuire (almeno in prossimità delle intersezioni) con l'entrata in esercizio del sistema di controllo e gestione del traffico che, tra le altre misure, prevede il preferenziamento semaforico per i mezzi del CTM. Ovviamente tali benefici saranno tanto maggiori quanto più numerose risulteranno le corsie di attestazione alle intersezioni esclusivamente dedicate ai mezzi del trasporto pubblico.

La velocità commerciale varia tra 13 e 31 km/h. I valori più bassi si registrano per le linee più importanti: 8 (Matteotti – Policlinico), M (Matteotti – Monserrato), 10 (Binaghi – Trento ), 1 (Brotzu – Gioia), 3 (S.Michele – Q. del Sole) con velocità commerciali inferiori a 17 km/h. I valori più alti, invece, si registrano per le linee 9 (Decimomannu - Cagliari) e PQ (Matteotti- Quartu S.Elena) con velocità vicine ai 25 km/h e per la linea PF (Matteotti - Flumini) che raggiunge una velocità commerciale di circa 30 km/h.

Relativamente alla disponibilità di mezzi a minore impatto ambientale (vetture a metano, elettriche e ibride) e all'utilizzo di carburanti "verdi" (gecam e biodiesel) sulle vetture tradizionali l'azienda CTM non risulta particolarmente virtuosa. Infatti, secondo l'ultimo rapporto di Legambiente "Ecosistema Urbano 2007", la città di Cagliari si attesta al 44° posto con un indice sintetico su base 100 pari a 16.

La tabella che segue riporta alcuni indicatori di qualità aziendali tratti dalla carta della mobilità del CTM.

<b>regolarità del servizio</b>		
incidentalità	n. sinistri	995
mezzi con sistema di allarme	n. veicoli	301
mezzi con sistema di videosorveglianza	n. veicoli	32
<b>qualità del servizio</b>		
regolarità complessiva	% corse	100%
puntualità	% corse	78%
offerta del servizio	n. mezzi ora di punta	195
copertura oraria del servizio	ore servizio	21
<b>produzione del servizio</b>		
distanza media fermate	metri	300
velocità commerciale	Km/h	16
pulizia radicale mezzi	n. mezzi	2.77
pulizia giornaliera mezzi	n. mezzi	61.46
pulizia pensiline/anno	n. mezzi	1.705
<b>comfort del viaggio</b>		
tasso rinnovo parco autobus	% svecchiamento	11%
vetustà dei mezzi (autobus)	media anni al 31/12	12,22
vetustà dei mezzi (filobus)	media anni al 31/12	19,81
mezzi con pianale ribassato	n. mezzi	130
mezzi con aria condizionata	n. mezzi	79
mezzi con pedana disabili	n. mezzi	54
offerta chilometrica servizio di linea	vetture km	12.375.959
offerta chilometrica per abitante	vetture km/abitante	32
territorio servito	kmq	402

<b>informazioni alla clientela</b>		
assistenza clienti	fascia oraria call center	orario non continuo
informazioni clienti	fascia oraria IVR	sistema attivo in tempo reale
informazione clienti	fascia oraria servizio sms	sistema attivo in tempo reale
informazione dinamica	n. paline elettroniche	150
<b>mezzi con sistemi audiovisivi</b>		
punti vendita nel territorio	n. mezzi	25
biglietti e abbonamenti	n. punti vendita	490
punti di ricarica abbonamenti nel territorio	n. punti vendita	25
punti di informazione ricarica contactless	n. punti informazione	0
punti di emissione ricarica self-service	n. punti self service	0
raccolta reclami	n. giorni	3
<b>risposta ai reclami</b>		
ambiente	n. max giorni	30
mezzi elettrici	n. filobus circolanti	32
veicoli con motori Euro 5	n. veicoli	25
carburanti poco inquinanti	tipologia	btz e bludiesel

Tabella 2: Indicatori di qualità Aziendali CTM 2009 (fonte carta della mobilità CTM spa)

Le principali criticità del sistema (basse velocità commerciali, irregolarità del servizio, ecc.) sono da ricondursi soprattutto all'assenza di una rete di forza, costituita da una o più linee, che si sviluppi totalmente o per la gran parte in sede riservata e protetta capace di mitigare gli effetti negativi che la congestione veicolare trasmette al sistema.

A questo si aggiungono il basso comfort alle fermate, i percorsi lunghi e tortuosi delle linee (tipici dello schema a linee di desiderio) e le insufficienti informazioni fornite all'utenza.



Figura 3 - Mappa della rete dei servizi CTM (2007) (fonte Carta della Mobilità CTM spa)

### 3.1 ANALISI DEI FLUSSI DI PASSEGGERI NELL'AREA CONURBATA

I servizi urbani soddisfano circa 34 milioni di viaggiatori/anno (93.000/giorno, dati CTM).

Per l'analisi dei flussi di traffico passeggeri sulle singole linee, in assenza di dati forniti dall'azienda, si è fatto riferimento al database in possesso dell'Università di Cagliari relativo ai transiti nell'ora di punta del mattino stimati attraverso un modello di simulazione di traffico sulla base della matrice origine destinazione dell'area vasta di Cagliari.

Dalla distribuzione dei flussi si riconosce il forte potere attrattore esercitato da Cagliari nei confronti dei comuni contermini. Infatti, i volumi passeggeri registrati lungo i principali assi sono fortemente squilibrati con elevati valori in ingresso al capoluogo e modesti in uscita.

In particolare i principali corridoi di accesso sono risultati il viale Marconi (sul quale transitano le linee 30 e 31), il viale Elmas (linea 9) e la via Italia (linee M, 8, QS e 19) in corrispondenza dei quali si sono registrati flussi prossimi ai 900 passeggeri/ora nella direzione in ingresso a Cagliari e valori compresi tra 100 e 300 passeggeri/ora nella direzione in uscita.

Tra gli assi interni all'area urbana i più frequentati risultano via Roma, con oltre 2.000 passeggeri/ora nei due versi, via Is Mirrionis (circa 1.800 pax/h), via San Benedetto (1800 pax/h), via Sant'Avendrace (1.500 pax/h) via Sonnino (1.300 pax/h) e via Dante (1.000 pax/h).

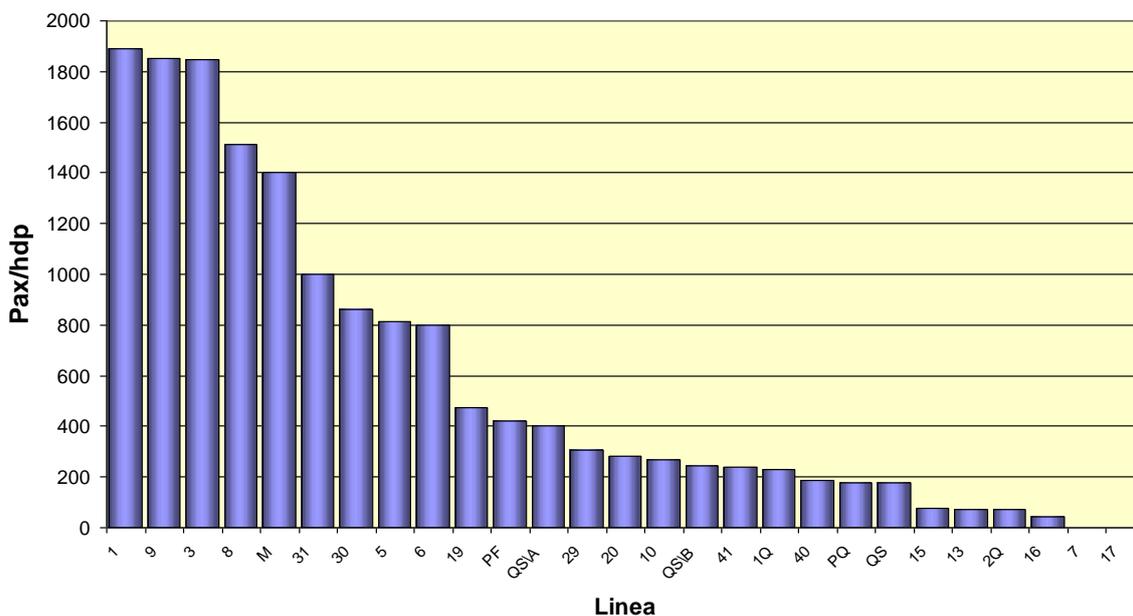
Sensibilmente meno frequentati risultano i collegamenti a servizio delle aree periferiche sud-orientali (Sant'Elia, Calamosca e Poetto) e nord-occidentali (Mulinu Becciu e Barracca Manna).

Relativamente ai movimenti passeggeri ai nodi, i volumi più importanti sono stati registrati in piazza Matteotti, piazza San Michele, piazza Giovanni XXIII e viale Ciusa.

Per quanto riguarda la frequentazione passeggeri delle diverse linee, valori importanti si registrano sulle linee 1 (Ospedale Brotzu-via F.Gioia), 9 (Cagliari-Decimomannu) e 3 (Quartiere del Sole-piazza dei Castellani) con un numero di incarrozzati vicino ai 1.900 passeggeri/ora; secondariamente risultano frequentate le linee 8 (piazza Matteotti-Policlinico) e M (piazza Matteotti-via S.Gottardo) con valori prossimi ai 1.500 passeggeri/ora e le linee 30 (piazza Matteotti-Selargius- Quartu S.Elena-piazza Matteotti) e 31 (piazza Matteotti-Quartu S.Elena-Selargius-piazza Matteotti) con valori vicini ai 1.000 passeggeri/ora.

Il grafico che segue riporta per ciascuna linea la frequentazione passeggeri nell'ora di punta del mattino.

**Frequentazione Ora di Punta**



### 3.2 CRITICITÀ DEL SISTEMA DEL TRASPORTO PUBBLICO

La quota di mercato del trasporto pubblico nell'area di studio risulta mediamente pari al 17%.

La scarsa attrattività del trasporto pubblico nei confronti dell'auto può essere messa in relazione ad alcune criticità del sistema riconducibili in gran parte alla mancanza di integrazione fisica, funzionale e tariffaria tra i diversi vettori. Questo purtroppo comporta un aggravio dei costi di viaggio quali ad esempio: l'incremento dei tempi di attesa in corrispondenza delle eventuali rotture di carico, l'incremento delle distanze percorse a bordo dei veicoli dovute ai percorsi lunghi e tortuosi delle linee (tipici dello schema a linee di desiderio), l'eventuale incremento dei costi tariffari dovuti all'acquisto di nuovi titoli di viaggio e il disagio subito dagli utenti in prossimità dei nodi di interscambio (fermate non attrezzate). Inoltre, l'assenza di integrazione non consente agli utenti del trasporto pubblico di avere una visione unitaria dell'intero sistema e pertanto di utilizzarne a pieno le capacità.

In sintesi, tra le maggiori criticità riscontrate emergono:

- assenza di sistema;
- assenza di integrazione fisica, funzionale e tariffaria;
- carenza di centri di interscambio modale e di servizio;
- rete a struttura radiale di connessione carente nei collegamenti trasversali;
- presenza di sovrapposizione fra linee e vettori;
- scarsi servizi informativi all'utenza;
- basse velocità commerciali (promiscuità tra i veicoli privati e pubblici);
- basso comfort alle fermate;
- offerta rigida orientata prevalentemente al soddisfacimento della domanda pendolare.

## 4 ANALISI DI ACCESSIBILITÀ E LA DOMANDA POTENZIALE

La tratta di metropolitana leggera in progetto collega piazza Matteotti e piazza Repubblica lungo un itinerario di 2,6 km dove sono localizzati, oltre a numerose attività economiche e servizi, i principali nodi del sistema dei trasporti di livello urbano e regionale. La realizzazione della nuova tratta, amplierà il bacino di utenza potenziale della linea esistente piazza Repubblica - Monserrato (Gottardo), a cui si aggiungerà a breve l'estensione da Gottardo al Policlinico – Cittadella Universitaria.

L'itinerario previsto per il collegamento tra Piazza Repubblica e Piazza Matteotti coincide per la gran parte con il corridoio di confluenza delle più importanti linee di trasporto urbano esercito oggi su mezzi gommati. Ci si riferisce in particolar modo alle linee storiche di collegamento del capoluogo con Quartu S. Elena e Selargius (**Linea 30 e 31** ex. Linee "C") che seguono l'itinerario di attestazione su piazza Matteotti attraverso via Dante, viale Bonaria e via Roma, la **linea M** e la **linea 1** che convergono su piazza Matteotti attraverso la via Roma, le **linee del Poetto PF, PQ**. Oltre a queste linee il corridoio è utilizzato per il transito della **linea filoviaria 5**, nel tratto viale Bonaria-via Roma, della **linea 6** nel tratto di via Dante-viale Bonaria. Infine l'itinerario del prolungamento previsto per la metropolitana leggera coincide con la tratta iniziale/finale della linea 29 di collegamento tra piazza Matteotti e la cittadella Universitaria di Monserrato. La sovrapposizione con la linea 29 (Figura 8) è presente in gran parte anche sul collegamento esercito attualmente dal servizio di metropolitana leggera e sul prolungamento verso il Policlinico Universitario di imminente apertura<sup>7</sup>.

Le immagini delle figure allegate (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Figura 6, Figura 8 e Figura 9) illustrano le aree servite dalla linea di metropolitana leggera e il confronto con alcune linee urbane su gomma. Si noti la maggiore densità delle fermate delle linee su gomma che da un lato determinano una maggior capillarità del servizio dall'altro lato un decadimento delle prestazioni del servizio stesso.

Occorre tuttavia evidenziare che il servizio di metropolitana leggera si propone per essere un servizio ad **alte prestazioni** principalmente al servizio dell'utenza che proviene da fuori città. Per mantenere elevate le prestazioni il numero delle fermate è inferiore rispetto agli analoghi servizi su gomma e di conseguenza anche la copertura territoriale risulta essere inferiore<sup>8</sup>.

Nell'area di influenza di 350 metri dalle fermate previste lungo la nuova tratta sono stati censiti dall'Istat quasi 20.000 addetti<sup>9</sup>, pari al 23% del totale del capoluogo, e circa 10.500 residenti<sup>10</sup>. L'intera linea di metropolitana leggera, considerando anche il prolungamento con il Policlinico, andrebbe a servire una popolazione complessiva di 33.243 abitanti e 26.196 addetti.

Tra i principali poli generatori e attrattori di traffico localizzati nelle aree di cattura delle nuove fermate vi sono il Municipio e gli uffici comunali, il TAR, il consiglio della Regione Autonoma della Sardegna e diversi uffici regionali, numerosi istituti bancari, il Tribunale, nonché diverse scuole secondarie (Figura 12). In piazza Matteotti sono localizzate, inoltre, la stazione Trenitalia, la stazione delle autolinee ARST, numerosi capolinea delle linee principali urbane CTM e diverse aree di parcheggio di destinazione.

---

<sup>7</sup> Termine dei lavori previsti per la primavera del 2013

<sup>8</sup> Di contro servizi ad elevate prestazioni rendono gli utenti maggiormente propensi a percorrere itinerari pedonali più lunghi di collegamento tra la fermata e la destinazione finale.

<sup>9</sup> Istat, 8° Censimento generale dell'industria e dei servizi, 2001.

<sup>10</sup> Nostra stima al 2011 sui dati Istat, 14° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, 2001.

---

I principali segmenti di domanda che, da un'analisi qualitativa, si ritiene possano essere soddisfatti con la realizzazione della nuova tratta sono:

- pendolari con origine nei comuni serviti dai treni Trenitalia in attestamento alla stazione di Piazza Matteotti e con destinazione le zone servite dalla metropolitana (spostamento diretto) o dalle linee urbane su gomma (spostamento con trasbordo).
- pendolari con origine nei comuni serviti dalle linee automobilistiche ARST e destinazione nelle zone servite dalla metropolitana (spostamento diretto) o dalle linee urbane su gomma (spostamento con trasbordo).
- utenti attuali dell'autovettura privata con origine e destinazione all'interno delle aree servite delle fermate della metropolitana.
- utenti attuali dell'autovettura privata con origine remota e destinazione servita dalla metropolitana, con ipotesi di scambio in Park&Ride<sup>11</sup>.
- utenti attuali del trasporto pubblico con Origine/Destinazione servita dalla metropolitana leggera.
- utenti in partenza/arrivo verso/dall'aeroporto<sup>12</sup>

Per valutare la domanda potenziale del nuovo servizio<sup>13</sup> sono state selezionate e analizzate alcune principali linee di trasporto pubblico urbano attualmente in servizio nel corridoio in esame<sup>14</sup> ed è stato messo in relazione il numero di passeggeri attuali<sup>15</sup> con le più significative variabili territoriali delle aree servite<sup>16</sup>. La correlazione individuata tra variabili territoriali e passeggeri serviti ha consentito di stimare in circa 4.500<sup>17</sup> passeggeri/giorno l'utenza potenziale della nuova tratta Matteotti-Repubblica, che rappresenta quindi un raddoppio del numero di passeggeri ad oggi trasportati dalla metropolitana leggera.

A questi si aggiungono i passeggeri dei treni in arrivo in piazza Matteotti che potranno raggiungere la propria destinazione finale utilizzando la metropolitana, da sola o in combinazione con una linea su gomma. La domanda potenziale stimata per questo segmento di utenza è pari a 2.600 passeggeri/giorno<sup>18</sup>.

La stima è stata effettuata considerando tutti gli utenti del treno in arrivo in piazza Matteotti in un giorno medio feriale. Sulla base delle analisi socio-economiche, a questi è stata sottratta una quota di utenza, pari al 22%<sup>19</sup>, che si ipotizza raggiungerà la destinazione finale a piedi. Si è infine ipotizzato che della rimanente utenza, che completerà lo spostamento a bordo dei mezzi pubblici, la quota parte che potrà utilizzare la metro sarà pari al 28%<sup>20</sup>, percentuale proporzionale alla distribuzione delle attività economiche nelle aree di influenza delle fermate della metro rapportata a quella delle aree di copertura della rete di trasporto pubblico su gomma.

Il totale della domanda potenziale è quindi pari a **7.100 passeggeri/giorno**

---

<sup>11</sup> Parcheggi RFI di piazza Matteotti, viale La Playa, ex-CIS/Banco di Sardegna, fermata Mercalli, Centro Commerciale Auchan Piri, fermata Caracalla, stazione Gottardo, Cittadella Universitaria/Policlinico

<sup>12</sup> A seguito della realizzazione della nuova fermata ferroviaria RFI l'aeroporto sarà collegato con i servizi Trenitalia entro l'estate del 2013

<sup>13</sup> Come detto in premessa il presente documento illustra le prime analisi di uno studio in progress

<sup>14</sup> Linea 1, Linea 5, Linea 8, Linea M, Linea 29, Metro Repubblica-Gottardo

<sup>15</sup> Da Bilancio CTM 2010

<sup>16</sup> Residenti, addetti, studenti

<sup>17</sup> Allo stato attuale delle analisi la forbice è intorno al  $\pm 25\%$ .

<sup>18</sup> Nostre stima su dati di frequentazione passeggeri Trenitalia

<sup>19</sup> Pari alla percentuale di addetti localizzati nell'area di 1 km di raggio intorno alla fermata della metro interna alla stazione rispetto agli addetti totali di Cagliari (Istat, 8° Censimento generale dell'industria e dei servizi, 2001).

<sup>20</sup> Pari al rapporto percentuale tra il numero di addetti localizzati all'interno delle aree di influenza delle fermate della metro (raggio di 500 metri) e quelli localizzati all'interno delle aree di influenza delle fermate della rete CTM (raggio di 350 metri) (Istat, 8° Censimento generale dell'industria e dei servizi, 2001).

---

La stima non comprende la domanda potenziale da e per la cittadella Universitaria<sup>21</sup> e la domanda potenzialmente indotta dall'attuazione di politiche e misure a favore dell'utilizzo del trasporto pubblico, in particolare, interventi di Park&Ride per l'utenza proveniente dai comuni esterni che gravitano su Cagliari<sup>22</sup>.

---

<sup>21</sup> Che sarà collegata entro il 2014.

<sup>22</sup> Potenziali aree di Park&Ride sono individuabili nei parcheggi della Cittadella Universitaria di Monserrato, per gli utenti che provengono dalla direttrice di Sestu, nel parcheggio del CC Auchan, già oggi utilizzato per accedere al servizio esistente, nei parcheggi ex-Cis/Banco di Sardegna per l'utenza proveniente dal Lungomare Poetto, nei parcheggi di viale La Playa e Piazza Matteotti (RFI) per gli utenti in arrivo dal quadrante occidentale.

---

## 5 IPOTESI DI REVISIONE DELLA RETE DI TRASPORTO PUBBLICO URBANO

Per garantire la maggiore efficienza ed efficacia all'intera rete dei servizi urbani di trasporto collettivo occorrerà riorganizzare i percorsi delle linee su gomma in modo da evitare diseconomie sovrapposizioni tra le suddette linee e il servizio di metropolitana.

Una prima ipotesi di riassetto dei servizi su gomma, volta all'eliminazione delle sovrapposizioni dei servizi, ha riguardato le linee 29, 8 e le linee circolari filoviarie 30 e 31 (Figura 4). Le linee 29 e 8 svolgono il servizio tra piazza Matteotti e la Cittadella Universitaria di Monserrato ovvero tra gli stessi capolinea della metropolitana leggera una volta completato il prolungamento Gottardo-Policlinico e Repubblica-Matteotti. Le linee seguono tuttavia degli itinerari molto diversi. La linea 29 si sovrappone per gran parte dell'itinerario alla linea di metropolitana discostandosi da essa solo nel tratto centrale<sup>23</sup> durante l'attraversamento del quartiere San Benedetto e Cep/Fonsarda. La Linea 8, invece, si sviluppa da parte opposta rispetto alla linea di metropolitana attraversando il fronte occidentale della città e ricongiungendosi alla metro solo nel comune di Monserrato.

Le Circolari filoviarie 30 e 31, che collegano Cagliari con i comuni di Quartu S.Elena e Selargius, seguono un itinerario molto prossimo a quello della metropolitana nella tratta interna al comune di Cagliari<sup>24</sup>. Entrambe sono linee storiche<sup>25</sup> che si caratterizzano anche per la tecnologia filoviaria e quindi per l'utilizzo di veicoli elettrici tipo "filobus". Ad oggi risultano tuttavia inadeguati al soddisfacimento della forte domanda di mobilità in ingresso al capoluogo esistente tra la terza città della Sardegna, Quartu Sant'Elena, e Selargius. Ciò è dovuto principalmente alla promiscuità con l'intenso traffico automobilistico che insiste nell'asse di viale Marconi-via San Benedetto e per il quale l'amministrazione sta pianificando di istituire delle corsie preferenziali. Tali corsie preferenziali sarebbero tuttavia previste solo in un tratto di viale Marconi lasciando irrisolto il problema del tratto in ingresso al centro abitato (fronte scuola Ugo Foscolo) e via San Benedetto.

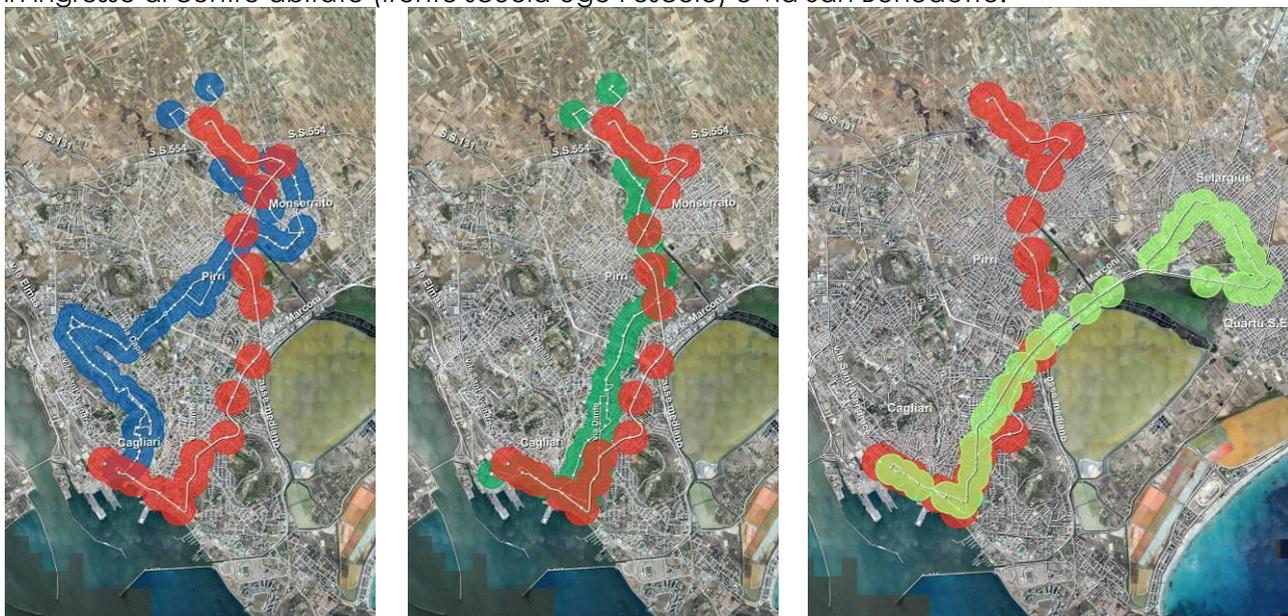


Figura 4 - Confronto fra le coperture isometriche della linea metro e, rispettivamente, linea 8, 29 e 30 - 31

<sup>23</sup> La tratta della linea 29 che si discosta maggiormente dalla linea di metropolitana è quella lungo la via Paoli, via Dante, piazza Giovanni XXIII, via 28 Febbraio, via Chiabrera, via Torricelli.

<sup>24</sup> Itinerario viale Marconi, via San Benedetto, via Dante, viale Cimitero, viale Bonaria, via Roma, Piazza Matteotti.

<sup>25</sup> Istituite nel 1962 e note ai cagliaritari come ex C Rossa e C Nera.

Si pone all'attenzione un possibile riassetto delle linee (Figura 16) che prevede i seguenti interventi:

- eliminazione della linea 29 (lunghezza linea a/r circa 23 km);
- attestamento della linea 8 a Monserrato (itinerario linea 8/A), con rottura di carico a Caracalla per gli spostamenti da e verso la Cittadella (riduzione lunghezza linea a/r circa 13 km);
- attestamento delle linee 30 e 31 in corrispondenza della fermata metro di via Mercalli (complessiva riduzione lunghezza linee a/r circa 16 km).

Rispetto all'ultimo punto elenco, una ipotesi alternativa potrebbe essere quella di modificare il servizio di una sola delle due linee (ad esempio la 30) e trasformare l'altra linea (la 31) in un servizio di BRT (sede riservata, alta frequenza, maggiore spaziatura tra le fermate, ecc.) che, attestandosi in corrispondenza della fermata di via Mercalli, metta in connessione, con elevate prestazioni, la metropolitana a Quartu, Quartucciu e Selargius.

## 6 RIASSETTO DEI NODI E DELLA VIABILITÀ

L'intervento di prolungamento della metropolitana leggera si sovrappone a una porzione della viabilità principale urbana e attraversa alcune intersezioni trafficate e complesse della città. Per esse sono in corso delle verifiche per l'individuazione di schemi funzionali di assetto e regolamentazione.

I criteri seguiti nell'individuazione degli schemi di circolazione e regolamentazione lungo la viabilità interessata sono sostanzialmente:

- la minimizzazione delle aree di manovra;
- il riordino e la razionalizzazione delle correnti veicolari.

Il primo punto mira alla massima efficienza del singolo nodo, infatti, in linea generale, un'area di intersezione ridotta implica tempi di sgombero, e quindi tempi di giallo, ridotti, che a parità di ciclo semaforico significano capacità maggiore del sistema. La soluzione delle intersezioni tramite semaforizzazione deriva dalla necessità di fermare il traffico privato per consentire il passaggio della metropolitana leggera. La risoluzione dei nodi tramite rotatoria, non esclusa a priori come nel caso di Piazza Repubblica, appare nella maggior parte dei casi meno applicabile.

Il secondo punto riguarda l'intero corridoio e deriva dalla necessità di ridurre la porzione di carreggiata disponibile per le auto private pur dovendo mantenere, di contro, una capacità compatibile con gli elevati flussi veicolari presenti nel corridoio.

### 6.1 PIAZZA REPUBBLICA

In piazza Repubblica sono in corso di valutazione due tipologie di regolamentazione: la soluzione a rotatoria semaforizzata per consentire l'attraversamento dei tram (Figura 17) e la soluzione interamente semaforizzata che garantisce l'integrità del sistema di preferenziamento semaforico (Figura 18). Entrambe le soluzioni sono compatibili con l'attuale regime dei flussi veicolari con la differenza che la soluzione a rotatoria non è compatibile con il sistema di coordinamento e preferenziamento semaforico implementato dall'amministrazione comunale il quale ha come obiettivo quello di garantire la precedenza al transito dei mezzi pubblici in arrivo al nodo. Riguardo la soluzione semaforizzata si propone l'esecuzione di opere che restringano l'aria di conflitto tra le correnti veicolari al fine di ridurre il tempo di attraversamento e quindi la durata delle fasi.

### 6.2 PIAZZA AMENDOLA

In piazza Amendola il problema del conflitto con le correnti degli autobus avrebbe imposto l'inserimento di un'ulteriore fase semaforica (Figura 20), è stato superato evitando il transito della metropolitana leggera nell'attuale corsia centrale di via Roma (l'area provvisoria per il parcheggio dei residenti del quartiere Marina), mentre gli autobus avrebbero impegnato la corsia riservata lato mare. Nell'ipotesi allo studio si è preferito spostare nel lato portici il traffico su gomma degli autobus, destinando l'attuale corsia preferenziale degli autobus alla sede tranviaria. Questa ipotesi incide comunque nel più ampio studio di riassetto del nodo di Piazza Matteotti.

### 6.3 PIAZZA MATTEOTTI E IL CORRIDOIO FRONTE MARE

Nel caso specifico di piazza Matteotti (Figura 19), l'inserimento della metropolitana leggera costituisce un problema trasportisticamente complesso, ma anche un'opportunità di programmare un intervento di ampio respiro che preveda una riqualificazione della piazza e la realizzazione di un

centro intermodale efficace, oltre evidentemente a garantire prestazioni adeguate dei sistemi e una razionalizzazione di una porzione più estesa della rete viaria.

Gli schemi di circolazione, attualmente in corso di valutazione interessano il corridoio che si estende da viale La Playa/via Riva di Ponente a via Caboto (Istituto Nautico). Per quanto riguarda il tratto di via Roma compreso fra Piazza Matteotti e Piazza Amendola lo schema prevede che:

- il traffico veicolare di attraversamento transiti esclusivamente sul lato porto rispetto all'aiuola centrale;
- la metropolitana leggera transiti in via Roma nella corsia preferenziale già destinata agli autobus;
- gli autobus urbani utilizzino due corsie lato portici di cui quella in direzione P.zza Matteotti condivisa con il traffico locale;
- si recuperi una porzione di carreggiata lato portici, larga circa 5m, che possa essere restituita alla circolazione pedonale o comunque alla riqualificazione locale;
- l'intersezione di piazza Matteotti venga concentrata nell'area di fronte al largo Carlo Felice riducendo per quanto possibile l'area di manovra dell'intersezione, e l'area antistante la stazione RFI potrebbe essere annessa alla piazza;
- nel tratto di via Sassari compreso fra piazza Matteotti e viale la Playa sia invertito il senso di marcia e utilizzato anche per l'accesso al parcheggio RFI e il carico scarico in stazione.

In conseguenza degli interventi descritti nei punti precedenti è necessario un adeguamento della circolazione sulla viabilità minore dell'area e la ridefinizione delle intersezioni in Piazza Amendola (Figura 20), viale Bonaria-Viale Cimitero e Viale Diaz-Via Bottego-V.le Colombo (Figura 21).

Per verificare l'efficacia delle ipotesi di circolazione descritte sarà indispensabile un'approfondita analisi quantitativa del sistema coadiuvata da simulazioni trasportistiche.

## 7 INDICATORI FINANZIARI ED ECONOMICI

Il presente paragrafo illustra il modello finanziario e il modello economico messo a punto per la valutazione della convenienza dell'intervento. I due modelli hanno lo scopo di valutarne la fattibilità sia dal punto di vista dei flussi di cassa (convenienza finanziaria) sia dal punto di vista dei benefici economici per la collettività che si realizzeranno durante l'intero arco della vita utile dell'opera (convenienza economica).

I risultati sono sintetizzati attraverso due indicatori, il Valore Attuale Netto (VAN), il Tasso di Rendimento Interno (TIR), il rapporto Benefici/Costi (B/C).

### 7.1 CONVENIENZA FINANZIARIA

L'analisi di convenienza finanziaria ha lo scopo di valutare la sostenibilità dell'intervento dal punto di vista dei flussi di cassa confrontando i costi di investimento e di gestione con i rientri derivanti dalla vendita dei servizi.

#### 7.1.1 Costi di investimento e manutenzione straordinaria

I costi di investimento per la realizzazione della Linea 3 ammontano da una prima stima a 24.000.000 € suddivisi secondo le voci riportate nella tabella seguente. Resta fermo che un aggiornamento sarà effettuato una volta che sia meglio definito l'investimento realmente occorrente.

1.1 Opere civili	€ 7.935.125
1.2 Armamento	€ 5.013.750
1.3 Trazione elettrica (linea di contatto)	€ 2.300.000
1.4 Trazione elettrica (sottostazioni)	€ 1.740.000
1.5 Impianti di segnalamento e sicurezza	€ 3.800.000
1.6 Somme a disposizione	€ 3.211.125
	<b>€ 24.000.000</b>

*Tabella 3 - Costi di investimento Linea 3*

Durante l'arco di vita utile dell'opera, assunto pari a 30 anni, sono inoltre previsti i seguenti costi di manutenzione straordinaria.

1.1 Opere civili (20 anni)	€ 170.000
1.2 Armamento (10 anni)	€ 385.000
1.3 Trazione elettrica (linea di contatto) (15 anni)	€ 185.000
1.4 Trazione elettrica (sottostazioni) (15 anni)	€ 65.000
1.5 Impianti di segnalamento e sicurezza (20 anni)	€ 270.000

*Tabella 4 - costi previsti per la manutenzione straordinaria*

Al termine della vita utile, e nell'ipotesi di esecuzione di tutti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria previsti, l'opera conserverà un valore che è stato assunto pari al pari al 50% del costo iniziale dell'investimento.

### 7.1.2 Costi operativi

L'analisi dei costi operativi si riferisce agli oneri che derivano direttamente dalla gestione ed esercizio della linea.

Sono stati considerati i seguenti oneri:

- Costi del personale
- Costi di trazione
- Costi generali

I costi del personale comprendono gli addetti al trasporto (macchinisti, controllori, manutentori veicoli, addetti al coordinamento) quelli incaricati alla manutenzione dell'infrastruttura, il personale di stazione, gli impiegati amministrativi.

I costi di trazione sono invece quelli derivanti dai consumi energetici (elettricità).

Il costo operativo assunto è pari a quello stimato per la linea in esercizio Repubblica-Gottardo e pari a 5,19 €/km.

### 7.1.3 I ricavi da traffico

I flussi di cassa in entrata considerati fanno riferimento alle stime di ricavo associabili alla vendita dei servizi di trasporto pubblico (biglietti e abbonamenti). Non sono stati considerati eventuali rientri derivanti dalla gestione degli spazi pubblicitari alle fermate e sui mezzi né agevolazioni in conto capitale o altre forme di contribuzione.

Le stime dei flussi di ricavo sono state calcolate sulla base della domanda potenziale (crf. par. 2) e del ricavo medio a passeggero che tiene conto delle diverse tipologie di biglietti e abbonamenti. Nell'ipotesi di integrazione tariffaria dei servizi urbani si ritiene che il valore maggiormente indicativo del ricavo medio a passeggero da utilizzare nella stima dei ricavi sia quello desumibile dai dati a consuntivo del CTM<sup>26</sup>. Tale ricavo medio può essere infatti calcolato sulla base del rapporto tra i passeggeri trasportati dall'azienda urbana nel 2010 (38.900.000 passeggeri/anno) e i corrispondenti rientri tariffari (11.198.055 €/anno). Il valore ottenuto è risultato pari a 0,29 €/passeggero.

Non sono invece stati considerati i ricavi derivanti da politiche di sosta tipo Park&Ride.

I dati di viaggio e i ricavi sono stati poi estesi a tutto il trentennio successivo all'attivazione del servizio ipotizzando un incremento medio dell'1% annuo per la domanda<sup>27</sup> e del 2% per le tariffe<sup>28</sup>.

La tabella seguente illustra le stime dei ricavi previste nei 30 anni di vita utile dell'opera.

---

<sup>26</sup> Bilancio 2010.

<sup>27</sup> Nell'ultimo decennio l'Istat ha rilevato una crescita costante della domanda di trasporto pubblico nei capoluoghi di provincia pari al 13,6%. Complice anche l'attuale crisi economica e il rincaro dei carburanti che spinge i cittadini all'utilizzo di mezzi alternativi più economici, il trend è destinato a confermarsi se non a crescere.

<sup>28</sup> Le attuali tariffe sono entrate in vigore nel 2010 con un rincaro medio del 20% rispetto alle precedenti tariffe entrate in vigore nel 2006.

---

<i>Rientri tariffari</i>			
Anni	PAX	€/viaggio	RICAVI TP(€)
1	0	0,29	€ 0
2	0	0,29	€ 0
3	2.201.714	0,30	€ 651.331
<b>4</b>	2.223.731	0,30	€ 664.423
5	2.245.969	0,30	€ 677.778
<b>6</b>	2.268.428	0,30	€ 691.401
7	2.291.113	0,31	€ 705.298
8	2.314.024	0,31	€ 719.475
9	2.337.164	0,31	€ 733.936
<b>10</b>	2.360.536	0,32	€ 748.688
11	2.384.141	0,32	€ 763.737
12	2.407.982	0,32	€ 779.088
13	2.432.062	0,33	€ 794.748
14	2.456.383	0,33	€ 810.722
15	2.480.947	0,33	€ 827.017
16	2.505.756	0,34	€ 843.641
17	2.530.814	0,34	€ 860.598
18	2.556.122	0,34	€ 877.896
19	2.581.683	0,35	€ 895.541
20	2.867.795	0,35	€ 1.004.737
21	2.896.473	0,35	€ 1.024.932
22	2.925.438	0,36	€ 1.045.533
23	2.954.692	0,36	€ 1.066.548
24	2.984.239	0,36	€ 1.087.986
25	3.014.082	0,37	€ 1.109.854
26	3.044.222	0,37	€ 1.132.162
27	3.074.665	0,38	€ 1.154.919
28	3.105.411	0,38	€ 1.178.133
29	3.136.465	0,38	€ 1.201.813
30	3.167.830	0,39	€ 1.225.970
	<b>73.749.883</b>		<b>€ 25.277.902</b>

Tabella 5 - Rientri tariffari

#### 7.1.4 Risultati finanziari

Le stime relative alla domanda potenziale, ai costi di investimento e a quelli operativi hanno consentito di effettuare una analisi dei risultati finanziari.

L'efficienza finanziaria è stata elaborata attraverso il calcolo del "valore attuale netto finanziario" (VANF)<sup>29</sup>.

In particolare, il costo di investimento è stato ripartito, in parti uguali, nei primi due anni in cui si è ipotizzata la realizzazione dell'opera e i costi operativi e i benefici (finanziari ed economici) sono stati considerati a partire dal primo anno di messa in esercizio del servizio (terzo anno).

Il VAN finanziario al tasso di sconto del 6%<sup>30</sup> è risultato negativo e pari a circa - 30 milioni di euro. Tale perdita è del tutto prevedibile trattandosi di un servizio di trasporto pubblico che si basa su livelli tariffari di utilizzo che tengono conto dei benefici socio-economici (cfr. par 7.2) e che pertanto coprono solo una parte dei costi di esercizio. Il rapporto ricavi tariffari/costi operativi è tuttavia stimato pari al 39% e quindi superiore al 35% che è l'obiettivo fissato dalla normativa italiana<sup>31</sup>.

## 7.2 CONVENIENZA ECONOMICA (COSTI E BENEFICI SOCIO-ECONOMICI)

L'analisi economica rispetto a quella finanziaria tiene conto di molteplici obiettivi e impatti, positivi e negativi, che ricadono sulla collettività. L'analisi economica infatti non valuta solo i flussi di cassa strettamente legati alla realizzazione dell'intervento ma l'impatto globale che l'intervento in esame ha sulla collettività sia quella che utilizzerà il sistema sia quella che non lo utilizzerà (esternalità).

La realizzazione di un nuovo sistema di trasporto, infatti, può produrre diversi impatti sui membri della collettività anche non direttamente interessata dall'opera, i cosiddetti 'non utenti', e gli effetti possono essere di diversa natura:

- inquinamento atmosferico
- gas serra
- inquinamento acustico
- incidentalità
- congestione (perditempo)

Esistono poi ulteriori impatti quali quelli che si riferiscono alle variazioni del sistema economico come, ad esempio, le variazioni di valore degli immobili o le variazioni di produzione delle attività dovute alla migliore accessibilità del territorio locale, gli impatti territoriali in termini di variazione d'uso del territorio derivante dalla realizzazione dell'opera stessa o effetti di taglio (interruzione della continuità territoriale), gli impatti sociali anch'essi legati ai miglioramenti dell'accessibilità che, nello specifico, concorre a migliorare le relazioni tra gli individui e le istituzioni sociali (scuole, uffici pub-

---

<sup>29</sup> Il Valore Attuale Netto rappresenta il valore ad oggi dei flussi di cassa futuri, al netto dell'investimento iniziale. Il valore attuale si ottiene moltiplicando un dato valore monetario (costo o ricavo) riferito ad un dato anno, per il fattore di sconto, che rappresenta il valore attuale di 1\$ pagato nel futuro. Il VAN per il progetto in esame è stato calcolato come differenza attualizzata all'anno base tra la somma dei costi di investimento e dei costi di esercizio e la somma dei rientri tariffari sull'arco di vita utile dell'opera (30 anni).

<sup>30</sup> La definizione generale accettata per il tasso di sconto è quella di "costo opportunità del capitale", che deriva dalla considerazione che ogni qualvolta vengono impiegati dei capitali in un progetto questi saranno necessariamente distolti da progetti alternativi (rinunciamo a guadagnare un ritorno in un altro progetto).

Il tasso di sconto adottato per il progetto in esame è quello suggerito dalla "Guida all'analisi costi-benefici dei progetti di investimento" per i progetti pubblici del periodo 2000-2006 che è pari al 6%. Tale valore è stato scelto in quanto pari all'incirca al doppio del valore del tasso di rendimento reale sulle obbligazioni della BEI.

<sup>31</sup> Oggi i servizi urbani dell'area vasta di Cagliari operano con un rapporto ricavi/costi pari al 32%.

blici, comunità, etc.). Tali effetti per quanto producano impatti rilevanti sulla collettività sono meno studiati e quindi meno frequentemente quantificati tant'è che ad oggi non esistono delle vere e proprie metodologie di riferimento.

Ove possibile gli effetti sull'ambiente e sull'economia, positivi e negativi, debbono essere monetizzabili al fine poter fare un confronto con i costi di realizzazione e gestione delle opere e quindi verificarne la cosiddetta "fattibilità economica". Laddove gli impatti non potessero essere monetizzati si possono fare delle analisi qualitative che individuino la direzione (migliorativa o peggiorativa) e l'intensità (ad es. con scale gerarchiche).

Analogamente all'analisi finanziaria, l'efficienza economica è stata elaborata attraverso il "valore attuale netto economico" (VANE) e il "tasso di rendimento interno economico (TRIE)<sup>32</sup>".

Il VANE per il progetto in esame è stato calcolato come differenza attualizzata all'anno base tra la somma dei costi di investimento e dei costi di esercizio e la somma dei benefici economici per l'utenza sull'arco di vita utile dell'opera (30 anni).

### 7.2.1 Benefici economici

Nelle analisi condotte sono stati considerati i seguenti effetti (positivi e negativi), da includere nel bilancio costi/benefici, valutati e monetizzati in termini differenziali tra la situazione con intervento e senza intervento:

- riduzione nel tempo di viaggio
- riduzione dei costi operativi (autovetture e bus)
- riduzione dell'incidentalità
- riduzione delle esternalità ambientali

Ad eccezione della riduzione del tempo di viaggio, gli altri benefici sono misurati sulla base della variazione delle percorrenze complessive di viaggio, in questo caso, della diminuzione delle percorrenze complessive in auto espressa in termini di  $vei \cdot km$ . Sul totale della domanda potenziale stimata per il nuovo servizio di metropolitana si è assunto che il 30% provenga dall'auto anche per effetto congiunto con le politiche di P&R che l'amministrazione ha pianificato di attuare.

I  $vei \cdot km$  risparmiati dalle autovetture per effetto del cambio modale sono pari a 2.500 km/hdp.

La monetizzazione dei benefici dovuti alla riduzione delle percorrenze in auto si ottiene moltiplicando il risparmio dei  $vei \cdot km$  per un fattore monetario generalmente espresso in termini di €/1000 pkm (euro ogni mille passeggeri per chilometro).

Come illustrato nel paragrafo 5, l'attivazione della linea 3 di metropolitana leggera dovrà essere l'occasione per la riorganizzazione del servizio di trasporto su gomma che opera nel corridoio al fine di aumentare l'efficienza complessiva del sistema. Si è tuttavia scelto di non considerare l'eventuale riduzione dei  $bus \cdot km$  sia perché tale riorganizzazione esula dalle competenze del presente studio sia perché le percorrenze risparmiate potrebbero essere utilizzate per attivare nuove linee su gomma od aumentare la frequenza di linee esistenti. Tale posizione va inoltre a vantaggio della sicurezza dei risultati della convenienza economica dell'investimento.

Nei paragrafi successivi sono riportate le stime economiche dei benefici per ognuna delle esternalità sopra riportate.

---

<sup>32</sup> Il tasso di rendimento interno è il valore del tasso di sconto che annulla il VAN. Valori del tasso TRI superiori al 6% evidenziano la convenienza dell'intervento. Analogamente al VAN maggiore è il valore del TRI maggiore sarà la convenienza della realizzazione dell'investimento.

---

### 7.2.1.1 Risparmio del tempo di viaggio

Il risparmio del tempo di viaggio rappresenta uno dei parametri più importanti nella valutazione dei progetti nel settore dei trasporti poiché, nella generalità dei casi, rappresenta il "beneficio" più importante per un qualsiasi progetto di miglioramento del sistema dei trasporti.

Per poter valutare il risparmio dei tempi di viaggio in termini economici occorre definire il concetto di "valore del tempo" (VOT, value of time) che può essere inteso come la disponibilità a pagare da parte dell'utenza per il miglioramento delle caratteristiche dell'offerta di trasporto.

In mancanza di un valore di VOT specifico per l'Area Vasta Cagliariitana sono stati considerati i valori suggeriti dalle linee guida ministeriali che fanno riferimento a tre tipologie di spostamenti:

- spostamenti per lavoro;
- spostamenti per andare a lavoro (pendolari);
- spostamenti per il tempo libero.

In particolare, il valore del tempo per motivo "lavoro" è stato assunto pari al valore del costo industriale medio orario della manodopera, il valore del tempo per gli spostamenti per "andare a lavoro" è stato assunto pari al salario medio orario nazionale e, infine, il valore del tempo per gli spostamenti relativi al "tempo libero" è stato assunto pari al valore monetario di consumo medio orario pro capite nazionale.

I valori adottati dalla guida fanno riferimento all'Annuario Statistico Istat e sono riportati nella tabella seguente:

<b>VALORE DEL TEMPO IN FUNZIONE DEL MOTIVO DELLO SPOSTAMENTO</b>	<b>€/h</b>
Lavoro	18,66
Andare a lavoro (pendolare)	9,03
Tempo libero	3,75

Tabella 6 - Valore del tempo per motivo dello spostamento

Il beneficio del risparmio del tempo è stato calcolato esclusivamente per gli utenti potenziali del nuovo servizio escludendo i benefici per gli utenti che continueranno ad utilizzare l'autovettura privata e che comunque beneficeranno della minore congestione, specie alle intersezioni, dovuta al trasferimento di una quota parte di domanda sui mezzi di trasporto pubblico.

La ripartizione dei viaggi è stata così distribuita<sup>33</sup>:

18% per motivo "lavoro"

33% per motivo "andare a lavoro"

49% per "tempo libero"

La tabella seguente illustra i risultati economici relativi al risparmio del tempo<sup>34</sup>.

<sup>33</sup> Linee guida per la misura dei costi esterni nell'ambito del PON Trasporti 2000-2006

<sup>34</sup> In attesa dei risultati modellistici ancora in fase di elaborazione il risparmio del tempo è stato calcolato su un itinerario di 10 km (grosso modo quello tra Gottardo e Matteotti) ipotizzando le seguenti velocità medie: autovettura 18 km/h, autobus 15 km/h, metro 21 km/h. Rispetto al totale della domanda potenziale il 10% proviene dal trasporto privato.

---

<i>Benefici annuali del risparmio del tempo per chi già utilizzava i mezzi pubblici</i>	
lavoro	€ 267.105
pendolare	€ 236.973
tempo libero	€ 146.125

---

<i>Benefici annuali risparmio del tempo per chi passa dall'auto al pubblico</i>	
lavoro	€ 91.167
pendolare	€ 80.883
tempo libero	€ 49.875

---

Tabella 7 - Benefici monetari del risparmio del tempo

### 7.2.1.2 Riduzione dei costi operativi dell'auto

La diminuzione del numero di autovetture conseguente al miglioramento del trasporto pubblico determina un risparmio economico in termini di minor utilizzo dell'auto. Utilizzare meno l'auto significa avere dei risparmi in termini di carburante, lubrificanti e manutenzione in generale e questo risparmio può essere valutato in funzione della stima dei chilometri in meno che si prevede vengano effettuati (cfr.par 7.1).

Il valore del costo operativo dell'auto è stato assunto pari a 0,20 €/km<sup>35</sup>.

---

<b>Benefici risparmio costi operativi auto VOC (Vehicle Operating Costs)</b>	
Benefici annuali	€ 650.000

---

Tabella 8 - Risparmio costi operativi auto

### 7.2.1.3 Riduzione dell'incidentalità

Lo spostamento di una quota parte di utenti dall'autovettura privata al sistema di trasporto collettivo determinerà un aumento del livello di sicurezza, inteso come minore probabilità che si realizzi un incidente durante un viaggio.

La valutazione dei costi relativi alla sicurezza viene fatta sulla base dei chilometri percorsi complessivamente dai veicoli, ovvero, attraverso l'indicatore vei\*km.

Associando ad ogni km percorso un valore monetario di costo dell'incidentalità è possibile monetizzare il risparmio che si ha a seguito della riduzione delle percorrenze in auto.

Il valore utilizzato per la monetizzazione relativa alla riduzione dell'incidentalità è stato assunto pari a 47,8 € ogni 1000 pax\*km<sup>36</sup>.

---

<b>Benefici relativi alla riduzione dell'incidentalità</b>	
Benefici annuali	€ 155.350

---

Tabella 9 - Risparmi dovuti alla minore incidentalità

---

<sup>35</sup> Il costo include le voci dipendenti dalla percorrenza come il consumo di carburante e i materiali consumabili. Non include le voci relative ai costi indipendenti dalla percorrenza quali la tassa di circolazione, l'assicurazione, etc.

<sup>36</sup> Handbook on estimation of external cost in the transport sector - IMPACT D1 Version 1.0

#### 7.2.1.4 Riduzione delle esternalità ambientali

La riduzione dei flussi veicolari porta dei benefici in termini di riduzione dell'inquinamento acustico, chimico e del cambiamento climatico.

Tali benefici sono anch'essi misurabili in funzione del valore di percorrenza totale in auto (pax\*km). Per il presente studio sono stati utilizzati i seguenti valori <sup>37</sup>:

5,7 €/1000 pax\*km per il rumore;

17,3 €/1000 pax\*km per l'inquinamento;

15,9 €/1000 pax\*km per il cambiamento climatico.

<b>Benefici relativi alla riduzione dell'inquinamento</b>	
Inquinamento acustico	€ 18.525
Inquinamento atmosferico	€ 56.225
Cambiamento climatico	€ 51.675
<b>TOTALE</b>	<b>€ 109.568</b>

Tabella 10 - Risparmi dovuti al minor inquinamento

#### 7.2.2 Risultati economici

L'efficienza economica è stata elaborata attraverso gli indicatori sintetici: "valore attuale netto economico" (VANE) e "tasso di rendimento interno economico (TRIE)". Il VANE per il progetto in esame è stato calcolato come differenza attualizzata all'anno base tra la somma dei costi di investimento e dei costi di esercizio e la somma dei benefici economici per l'utenza sull'arco di vita utile dell'opera (30 anni).

Tali indicatori sono stati calcolati sui valori di costo al netto delle imposte. Nella analisi economica infatti oltre alla valutazione degli effetti esterni positivi e negativi che ricadono sull'intera collettività, occorre depurare dai valori finanziari tutte quelle voci che costituiscono dei "trasferimenti" positivi alla pubblica amministrazione e che rappresentano per la collettività, una "partita di giro". Queste sono sostanzialmente imposte dirette e oneri sociali della manodopera.

I valori finanziari sono stati quindi moltiplicati per dei fattori riduttivi (fattori di conversione) distinti per ciascuna delle voci in cui può essere scomposto il costo di investimento.

La tabella sottostante illustra i fattori utilizzati.

<b>Fattori di conversione</b>	
Fattore di conversione Materiali	0,909
Fattore di conversione Manodopera	0,3481
Fattore di conversione Trasporti e Noli	0,833
Fattore di conversione Espropri	1
Fattore di conversione Spese Generali	0,833
Fattore di conversione Manutenzione ordinaria	0,909
Fattore di conversione straordinaria	0,909
Fattore di conversione stipendio del personale	0,59

Tabella 11: Fattori di conversione dei valori finanziari

<sup>37</sup> Guida all'analisi costi-benefici dei progetti di investimento (Fondi strutturali, Fondo di coesione e ISPA).

L'analisi economica evidenzia un VANE positivo pari a circa 20 milioni di euro al tasso del 6% e un TIRE pari a 15,86%.

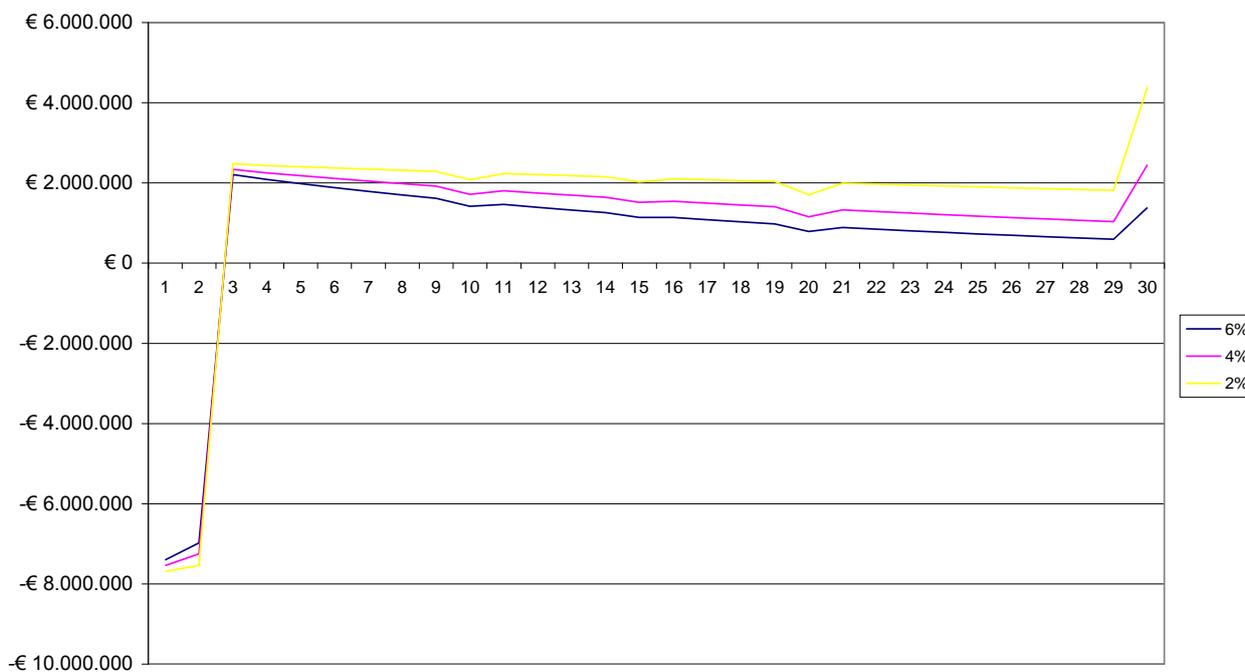
L'analisi di fattibilità economica evidenzia come l'intervento sia conveniente dal punto di vista economico (i vantaggi derivanti dalla realizzazione degli interventi sono superiori ai costi di realizzazione e gestione delle opere).

I grafici riportati di seguito indicano l'andamento del VAN nei vari anni e in funzione di 3 differenti tassi di sconto (6%, 4%, 2%).

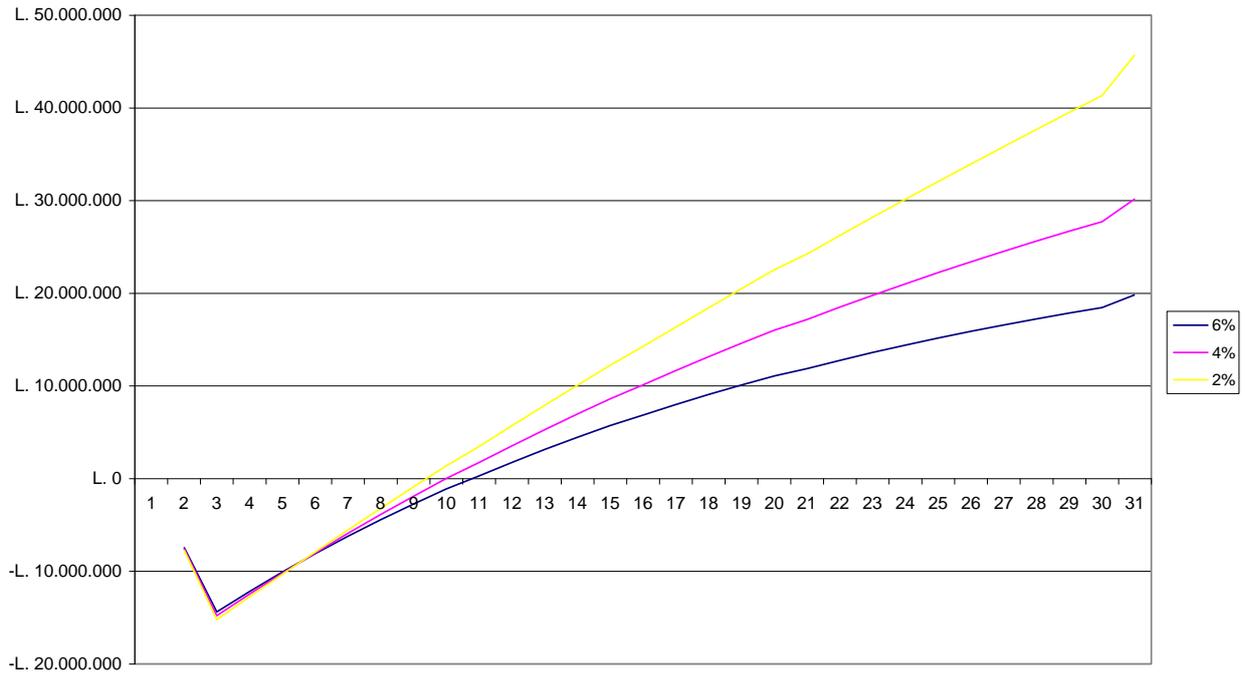
Il primo grafico illustra che l'intervento comincia a diventare redditivo (valori positivi) a partire dal 3° anno ovvero all'apertura della linea

Il secondo grafico rappresenta la sommatoria, negli anni di vita utile, dei costi e dei ricavi (attualizzati ad oggi) a partire dall'anno base, illustrando così l'anno in cui i costi di investimento vengono riequilibrati dai benefici economici. Si nota che i costi e i benefici si compensano a partire dal 9° anno e ad un tasso del 2% e all'11° anno per un tasso superiore (6%); a partire dall' 11° anno si realizza un profitto economico.

**Analisi di sensibilità del VAN al variare del tasso di attualizzazione (valori annuali)**



**Analisi di sensibilità del VAN al variare del tasso di attualizzazione (valori annuali incrementali)**



**FLUSSI FINANZIARI DOPO 30 ANNI**

valore

Costi di investimento	-€ 20.788.875
Valore residuo delle opere attualizzate (tasso 6%)	€ 3.278.160
Totale costi attualizzati (6%)	-€ 32.114.472
Ricavi da traffico	€ 9.826.545
<b>Bilancio</b>	<b>-€ 39.798.642</b>

**Benefici annuali**

valore

Risparmio del tempo	€ 872.128
Risparmio costi operativi auto	€ 718.004
Riduzione dell'inquinamento da traffico	€ 139.652
Riduzione dell'incidentalità	€ 171.603
<b>Totale benefici</b>	<b>€ 1.901.387</b>

**VAN Finanziario**

**Valore**

tasso 6%	-€ 22.287.927
tasso 4%	-€ 22.353.527
tasso 2%	-€ 21.329.551

**VAN Economico**

**Valore**

tasso 6%	€ 13.024.555
tasso 4%	€ 20.830.671
tasso 2%	€ 32.659.954

**TIRE**

**13,54%**

Tabella 12 - Tabella riepilogativa analisi economico finanziaria

### 7.3 ANALISI DI SENSIBILITÀ E RISCHIO

I risultati finanziari ed economici riportati nei paragrafi precedenti sono stati stimati sulla base di ipotesi di scenario altamente prevedibili nel futuro ma non certe.

La mancanza di certezza in tal senso impone una analisi di rischio che consiste nel valutare come variano gli indicatori finanziari ed economici al variare delle condizioni ipotetiche di scenario (analisi di sensibilità).

Occorre premettere che lo scenario di base ipotizzato è sufficientemente prudentiale in quanto:

- non è stata inserita nell'analisi alcuna ipotesi di riorganizzazione dei servizi di trasporto pubblico urbano su gomma che consenta di evitare sovrapposizioni con le linee su ferro in progetto e, anzi, costituire una rete di adduzione alle linee stesse. Questo fatto comporterebbe non solo un aumento prevedibile dei carichi a bordo sulla linea di metropolitana ma anche un risparmio in termini di costi operativi del servizio di trasporto pubblico (ottimizzazione delle percorrenze).
- non è stata presa in considerazione la realizzazione della linea n°2 (Monserrato-Dolianova-Senorbì) di cui esiste già una verifica di fattibilità tecnica, istituzionale e programmatica. Tale linea determinerebbe un ulteriore apporto di passeggeri, attraverso il nodo di scambio di Monserrato, che potrebbe essere anche superiore, rispetto agli attuali livelli di traffico passeggeri nel corridoio, con l'ultimazione e l'entrata in servizio del parcheggio di scambio (auto/ferro) in corso di realizzazione a Settimo S.Pietro
- non è stata presa in considerazione la possibilità di aumento della congestione veicolare del traffico privato dovuta ad un aumento della mobilità nel futuro;
- non sono state prese in considerazione eventuali politiche di restrizione all'uso dell'autovettura privata che potranno essere adottate nel prossimo futuro dalle diverse amministrazioni comunali;
- non sono stati valutati gli effetti della realizzazione di un centro di interscambio nell'area universitaria per consentire l'adozione di politiche tipo Park & Ride per gli utenti che provengono dal corridoio Sestu-Ussana

Ciò premesso è tuttavia necessario effettuare una analisi di sensibilità che consiste nella verifica dell'impatto che ipotizzati cambiamenti delle variabili utilizzate per la determinazione dei costi e dei benefici mostrano di avere sugli indici finanziari ed economici calcolati (TRI e VAN).

Le variabili cosiddette "critiche", ovvero la cui variazione in positivo o in negativo rispetto al valore utilizzato influenzano maggiormente il TRI e il VAN sono rappresentate nella tabella seguente.

*Analisi dell'impatto di variabili critiche*

Categorie e parametri	Elasticità		
	alta	dubbia	bassa
Parametri del modello economico/finanziario		X	
	tasso di sconto		
Dinamica dei prezzi			X
	variazione delle tariffe		
	variazione dei salari	X	
	variazione dei prezzi energetici		X
Dati della domanda			
	domanda potenziale	X	
	variazione della crescita della domanda annuale	X	
Costi di investimento			
	variazione dei costi capitali	X	

*Tabella 13 – Variabili critiche*

I test hanno prefigurato una variazione delle variabili sopra riportate prefigurando i seguenti rischi:

- Rischio A: crescita dei costi operativi del 3% annuo anziché del 2%
- Rischio B: aumento dei costi capitali del 25%
- Rischio C: crescita della domanda pari allo 0, 5 annuo (invece che dell'1%)
- Rischio D: previsione della domanda potenziale inferiore del 25%

La tabella seguente rappresenta la sintesi dei risultati ottenuti dal test di sensibilità sul valore del VAN del TRI e del rapporto Benefici/Costi

Analisi di Rischio Linea 3									
	Scenario di progetto	Rischio A	Var %	Rischio B	Var %	Rischio C	Var %	Rischio D	Var %
VANE (tasso 2%)	€ 50.044.678	€ 49.225.378	-1,64%	€ 47.308.795	-5,47%	€ 46.867.235	-6,35%	€ 46.982.235	-6,12%
VANE (tasso 4%)	€ 33.885.709	€ 33.302.574	-1,72%	€ 30.995.584	-8,53%	€ 31.590.652	-6,77%	€ 31.639.897	-6,63%
VANE (tasso 6%)	€ 23.105.295	€ 22.677.930	-1,85%	€ 20.167.899	-12,71%	€ 21.396.903	-7,39%	€ 21.408.963	-7,34%
Rapporto Benefici/costi (tasso 2%)	2,58	2,43	-5,77%	2,38	-7,97%	2,48	-3,89%	2,49	-3,75%
Rapporto Benefici/costi (tasso 4%)	2,27	2,16	-4,77%	2,05	-9,75%	2,18	-3,79%	2,18	-3,70%
Rapporto Benefici/costi (tasso 6%)	1,87	1,80	-3,92%	1,66	-11,22%	1,80	-3,74%	1,80	-3,69%
TIRE	18,79%	18,62%	-0,89%	15,27%	-18,75%	18,05%	-3,96%	18,00%	-4,19%
<b>Valutazione complessiva del Rischio</b>			<b>+++</b>		<b>+++</b>		<b>+++</b>		<b>++</b>

Tabella 14 - Conclusione analisi di rischio

## 8 SINTESI

Le analisi preliminari fin qui svolte sono state concentrate nella ricerca della dimensione della **domanda** potenzialmente soddisfabile a seguito della realizzazione dell'intervento e alla valutazione preliminare della **convenienza economico finanziaria**. Occorre precisare che le analisi saranno perfezionate a seguito dello sviluppo di analisi modellistiche in corso di svolgimento e dall'acquisizione degli ultimi dati del censimento Istat riguardante la mobilità e che saranno disponibili a partire dalla seconda metà del mese di settembre. La stima preliminare della domanda potenziale è stata quindi condotta a partire dall'analisi territoriale dell'area interessata dall'intervento con particolare riferimento al numero di residenti e addetti censiti dall'Istat nell'area servita dall'intervento, alla presenza di attrattori di traffico e all'analisi dell'attrattività delle linee urbane esistenti nel corridoio (Linea 1, Linea M, Linea 8, Linea 5, Linea 29 e Metro Ca). La stima preliminare non ha preso in considerazione gli effetti delle politiche di incentivo all'uso del trasporto pubblico e di integrazione della sosta ed è quindi da considerarsi come scenario di minima. I valori calcolati indicano in circa 6.100 spostamenti giorno (1.500.000 passeggeri/anno) la domanda potenzialmente catturabile dalla linea. Tale domanda è da ritenersi aggiuntiva all'attuale domanda soddisfatta dal servizio Metro-Ca (5.000 passeggeri/giorno, 2.000.000 passeggeri/anno) ed a quella prevista a seguito del completamento del collegamento con il policlinico (stimata dallo studio realizzato nel 2006 in 2.200 passeggeri/giorno (nella tratta Repubblica-Policlinico). Complessivamente la linea Matteotti-Repubblica-Gottardo-Policlinico dovrebbe soddisfare 13.000-14.000 passeggeri/giorno (circa 4.500.000 di passeggeri/anno<sup>38</sup>). La linea andrebbe quindi a collocarsi tra le prime 4 linee di trasporto urbano che operano nell'area vasta di Cagliari. Questi dati di traffico sono sufficienti a garantire la convenienza economica dell'intervento (VAN positivo e TIR > 6%). Attualmente il Van è stimato in 23 milioni di euro<sup>39</sup> e il TIR pari al 18%. Come detto tali valori saranno soggetti a nuove stime anche sulla base di scenari differenti.

Un'ulteriore analisi è stata condotta per individuare una proposta di riassetto delle linee di trasporto pubblico urbano al fine di eliminare le sovrapposizioni con il nuovo servizio di trasporto aumentando l'efficienza del sistema di trasporto. L'analisi è stata condotta individuando le aree di influenza delle singole fermate ed ha riguardato innanzitutto le linee 8 e 29 del CTM che attualmente svolgono servizio tra piazza Matteotti il Policlinico. La linea 8 in realtà serve i quartieri occidentali della città ed ha delle sovrapposizioni con la metro solo nel comune di Monserrato. Per essa si propone l'attestamento alla fermata metro di Caracalla, nella quale avverrebbe l'interscambio, eliminando quindi il solo tratto che prosegue verso il Policlinico. La linea 29 invece si sovrappone al futuro servizio metro per gran parte del suo itinerario e pertanto si propone la sua eliminazione.

Dall'analisi delle linee attuali emerge tuttavia una importante sovrapposizione con le storiche linee filoviarie 30 e 31 che collegano Quartu S.Elena e Selargius con il capoluogo. Per esse, o per almeno una di esse, si potrebbe ipotizzare un attestamento alla fermata Mercalli. La rottura di carico potrebbe essere ampiamente compensata da una maggiore frequenza del servizio per Quartu S.Elena e Selargius che si sosterebbe con i chilometri risparmiati nella tratta via S.Benedetto-Via Dante-Viale Bonaria-via Roma. Il servizio di collegamento con Quartu potrebbe anche assumere le caratteristiche di Bus Rapid Transit nel momento in cui si realizzassero corsie preferenziali per i mezzi pubblici nel viale Marconi.

Un'ulteriore analisi è stata condotta in merito agli schemi di riassetto di tre intersezioni critiche attraversate dall'intervento in oggetto, ovvero, piazza Repubblica, piazza Amendola, piazza Matteotti. Per piazza Repubblica sono in corso di valutazione due soluzioni, una regolamentata da rotatoria semaforizzata per consentire l'attraversamento del tram e l'altra semaforizzata. Occorre evidenziare

---

<sup>38</sup> L'estensione del dato dall'ora di punta al giorno e all'anno sarà perfezionato una volta acquisiti dati a consuntivo delle aziende operanti in ambito urbano

<sup>39</sup> Al tasso di sconto del 6%

che la soluzione a rotatoria, per quanto possa risultare funzionale nel nodo, è incompatibile con il sistema di controllo e gestione coordinata degli impianti semaforici recentemente implementata dal comune di Cagliari, la sua scelta va quindi attentamente valutata anche in funzione di tale aspetto. L'intersezione semaforizzata, invece, non presenta particolari problematiche. Si evidenzia tuttavia l'opportunità di restringere l'area di scambio attraverso il ridisegno dell'intersezione al fine di ridurre i tempi di attraversamento e di conseguenza i tempi di sgombero dell'intersezione stessa.

Riguardo alla piazza Matteotti è in corso di valutazione un'ipotesi che prevede l'unione della piazza con la stazione eliminando il transito dei veicoli privati, mantenendo tuttavia i capolinea delle linee di trasporto pubblico su gomma realizzando così un più funzionale interscambio con la stazione ferroviaria RFI e delle autolinee Arst.

Sono infine in corso delle analisi di connessione pedonale tra il fronte mare e la via Roma anche sulla base del Piano Regolatore Portuale in corso di approvazione.

Tabella 15 - Riepilogo dei numeri rilevanti

Voce	unità di misura	Scenario 1	Rischio A	Rischio B	Rischio C	Rischio D
Tasso di crescita annuale della domanda di mobilità (rischio C)	%		1,0%	1,0%	1,0%	0,5%
Tasso di crescita delle tariffe	%		1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Tasso di crescita dei costi operativi (rischio A)			2%	3%	2%	2%
Percorrenze chilometriche aggiuntive metro CA	km/anno	0	157.872	157.872	157.872	157.872
Domanda potenziale intervento (rischio D)	pax/giorno	0	7.571	7.571	7.571	7.571
Ricavo medio a passeggero	€/viaggio		0,29	0,29	0,29	0,29
Ricavo medio a km	€/km		4,74	4,74	4,74	4,58
Costo operativo metro leggera	€/km		5,19	5,19	5,19	5,19
Investimenti (rischio B)	€	0	20.788.875	20.788.875	25.986.094	20.788.875
Aumento ricavo passeggeri TP	€/anno		651.331	651.331	651.331	651.331
Rapporto ricavo/costi operativi	-		75%	68%	75%	72%
Risparmi del tempo	€/anno		872.128	872.128	872.128	872.128
Risparmi costi operativi auto	€/anno		718.004	718.004	718.004	683.241
Riduzione dell'inquinamento da traffico	€/anno		139.652	139.652	139.652	132.890
Riduzione dell'incidentalità	€/anno		171.603	171.603	171.603	163.295
Riduzione emissioni di CO	tonn/anno		3,457	3,457	3,457	3,457
Riduzione emissioni di CO2	tonn/anno		678,193	678,193	678,193	678,193
Riduzione emissioni di Nox	tonn/anno		1,511	1,511	1,511	1,511
Riduzione emissioni di composti organici volatili (VOC)	tonn/anno		0,838	0,838	0,838	0,838
PM totale	tonn/anno		0,066	0,066	0,066	0,066
Valore Attuale Netto Finanziario (VANF)	€		-22.287.927	-25.472.865	-26.232.659	-22.855.749
Valore Attuale Netto Economico (VANE)	€		13.024.555	10.770.032	10.087.159	11.768.470
Tasso di rendimento interno Economico (TIRE)	%		13,54%	12,63%	10,85%	12,98%
Rapporto B/C Finanziario	-		0,31	0,28	0,27	0,29
Rapporto B/C Economico	-		1,46	1,32	1,30	1,41

**In rosso le variabili sottoposte ad analisi di rischio**

Figura 5 - Itinerario Metro Cagliari



Figura 6 - Densità Popolazione

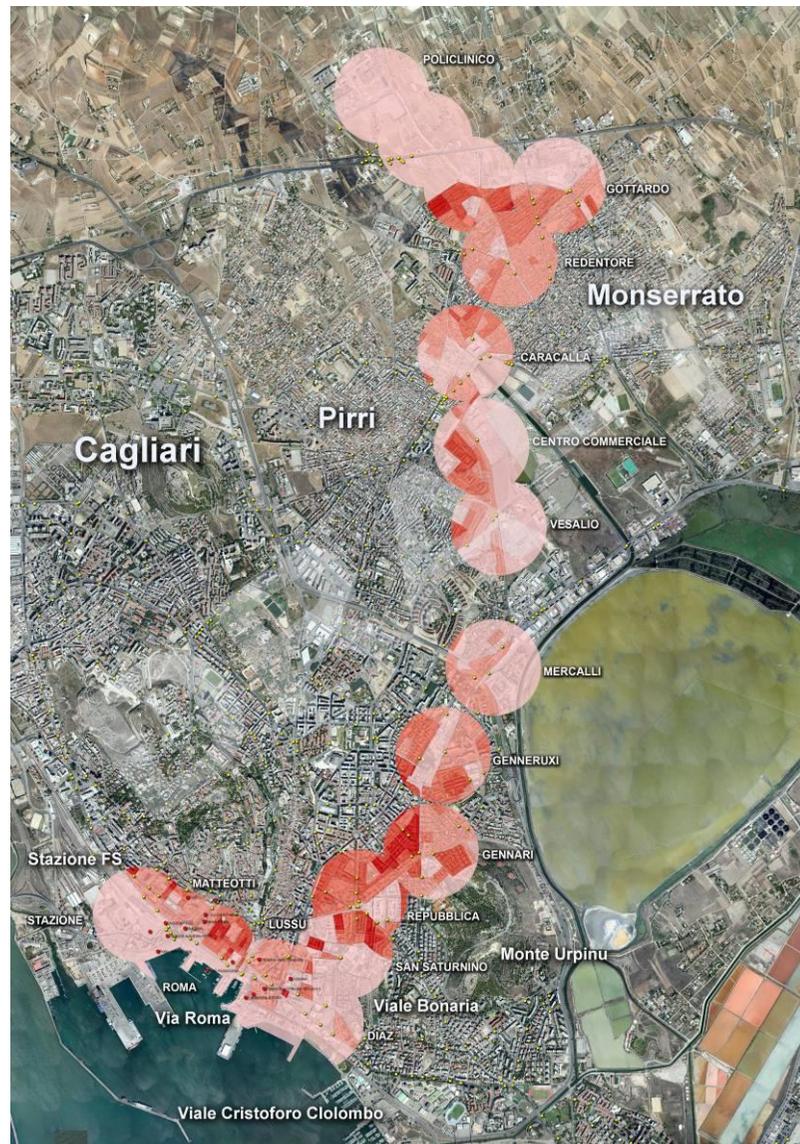


Figura 7 - Densità Addetti

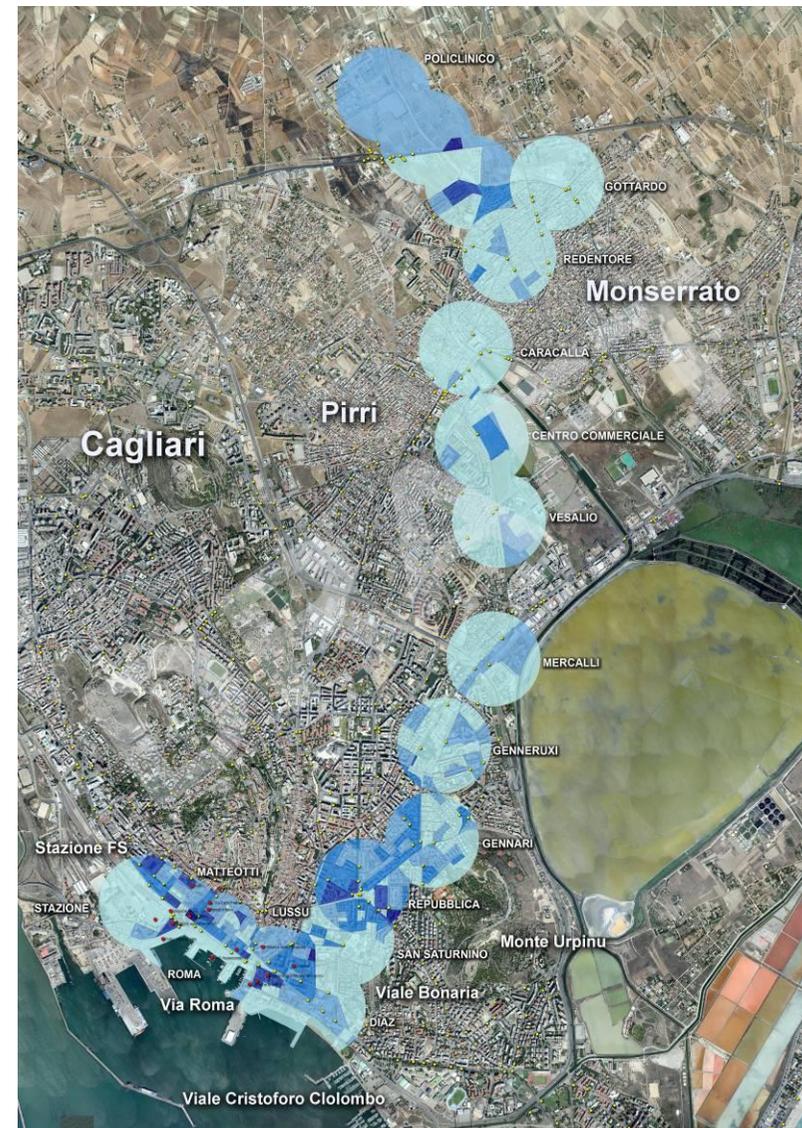


Figura 8 - Copertura metro vs Linea 29 e 8 CTM

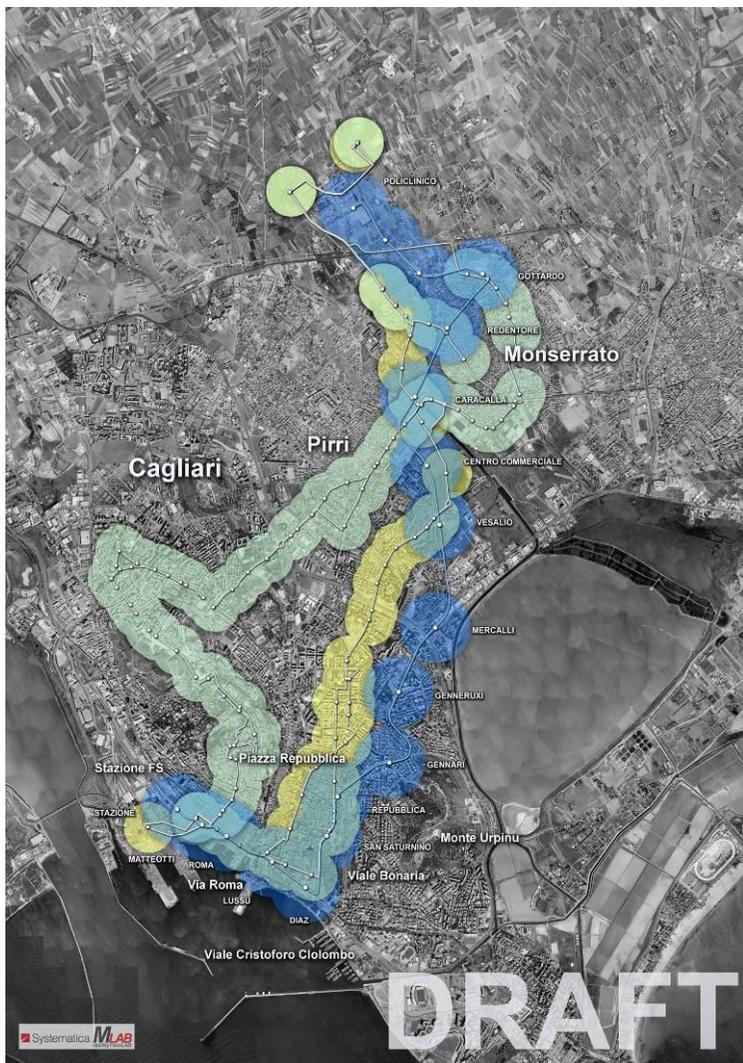


Figura 9 - Copertura metro vs Linee 30 e 31 CTM

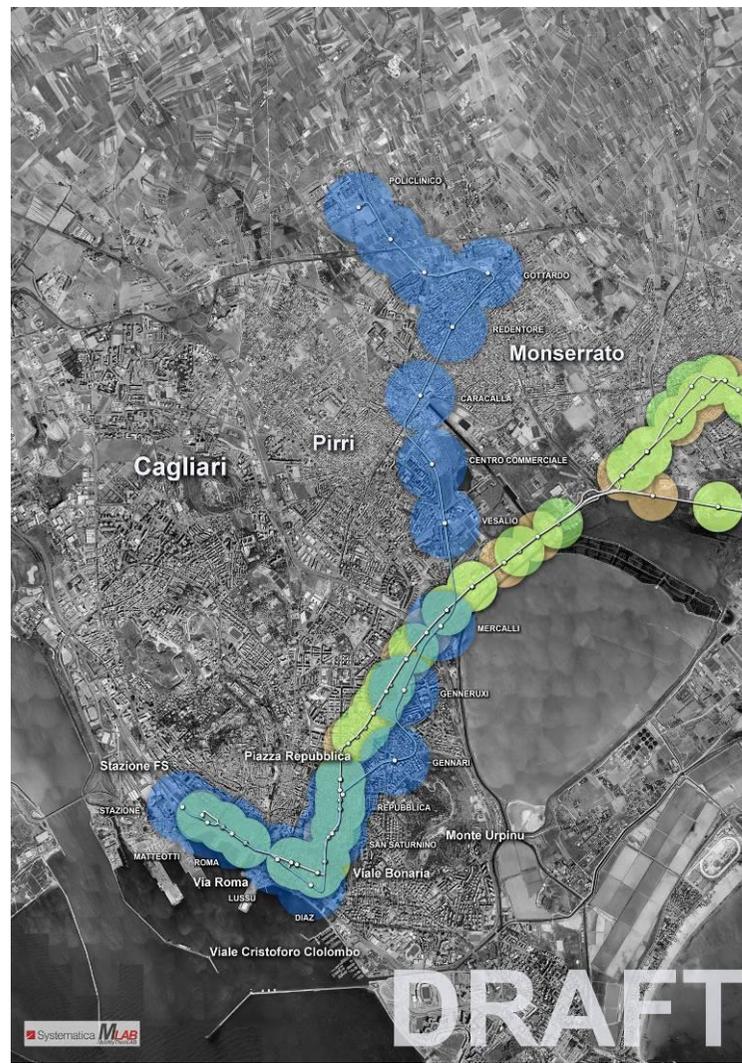
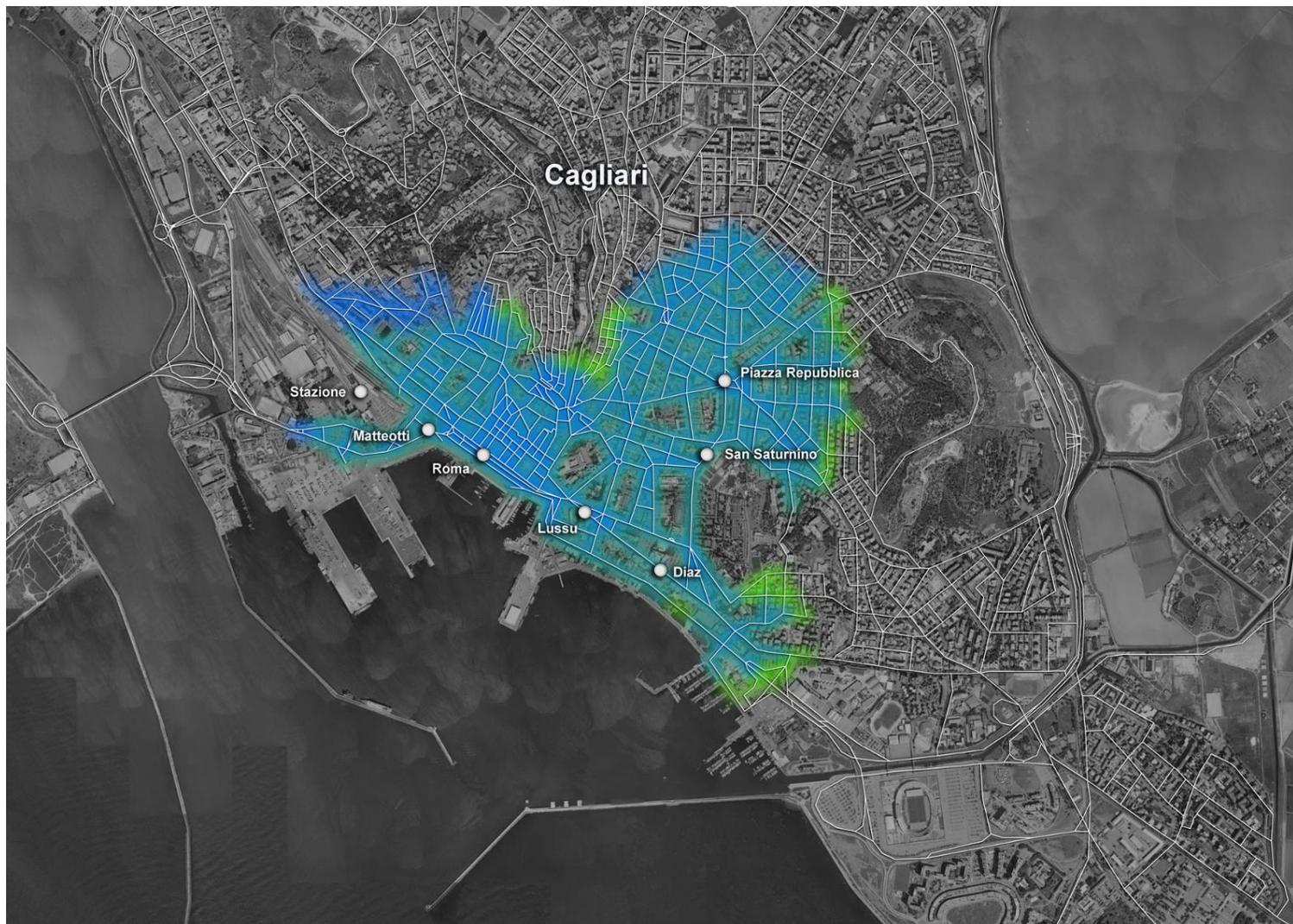


Figura 10 - Accessibilità isocrona fermate CTM nel corridoio Repubblica - Gottardo



Figura 11 - Confronto copertura fermate metro vs fermate CTM presenti nel corridoio.



Nota: in verde le aree non servite dalla metro

Figura 12 - Accessibilità isocrona Metro cfr con isometrica

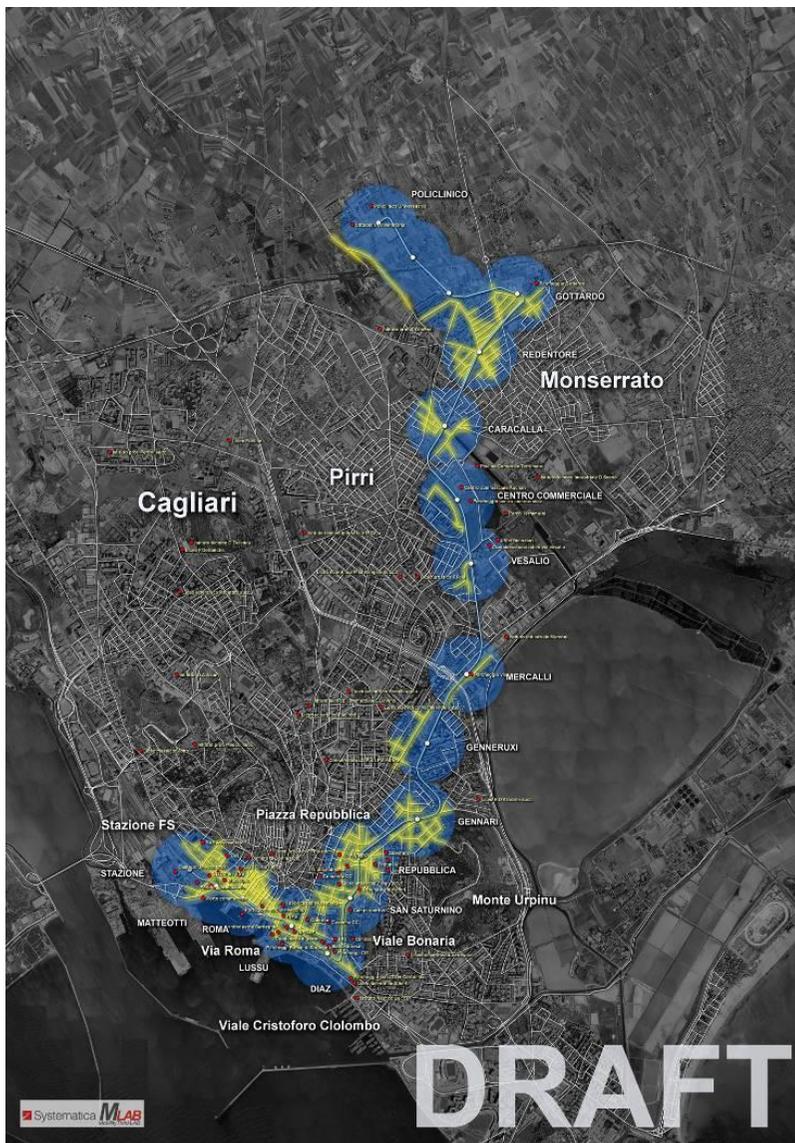


Figura 13 - Accessibilità isocrona Metro vs Linea 29 CTM

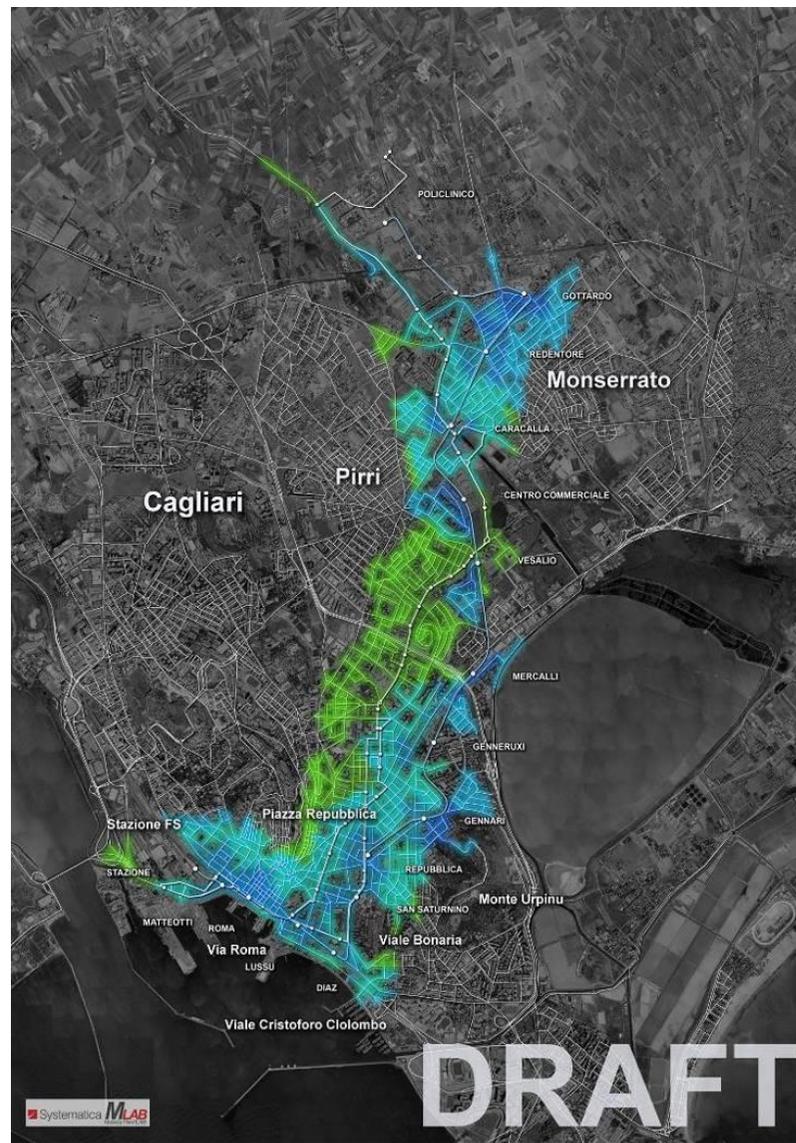


Figura 14 – Accessibilità isocrona Metro

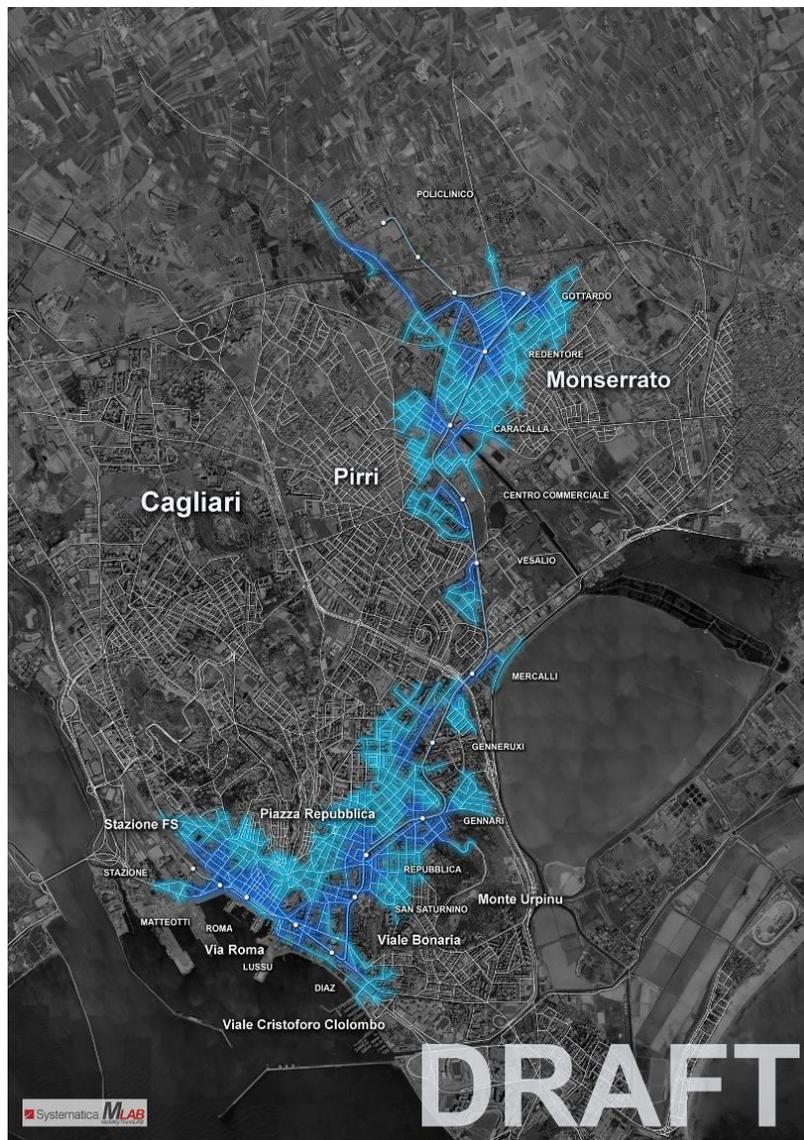


Figura 15 - Accessibilità isocrona Linea 29 CTM

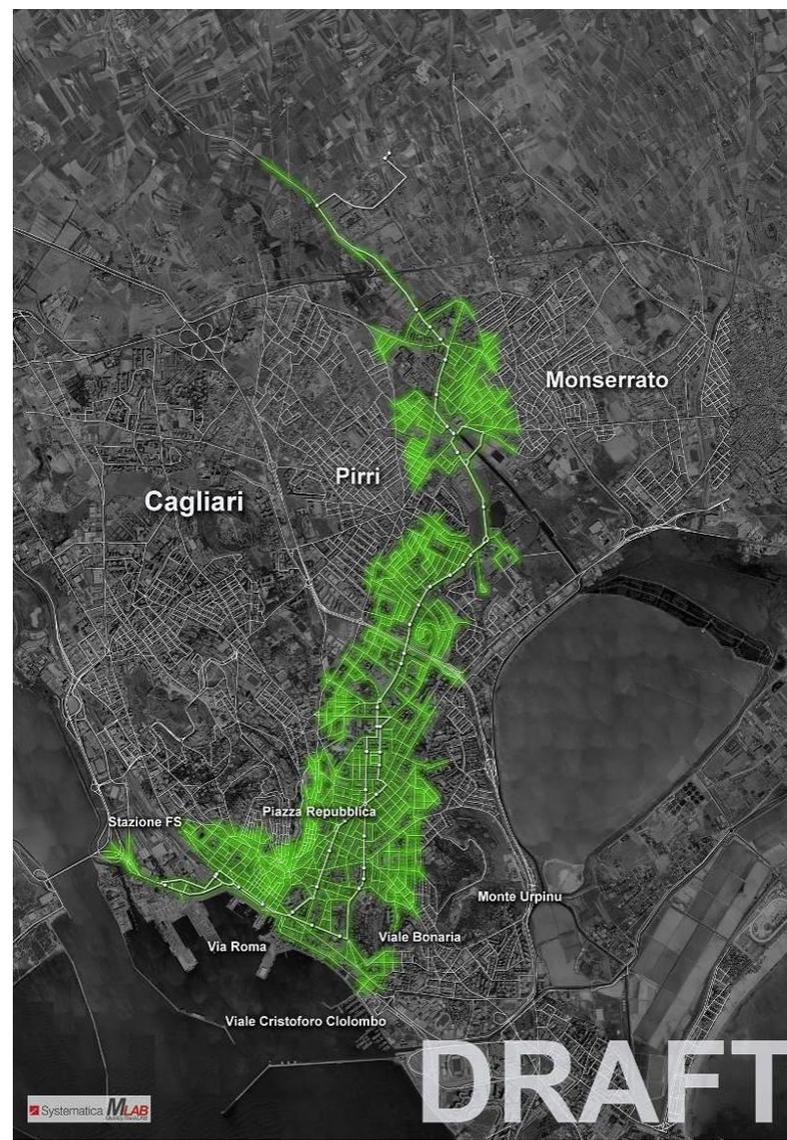


Figura 16 - Revisione servizi urbani del CTM



Figura 17 – Piazza Repubblica (rotatoria)

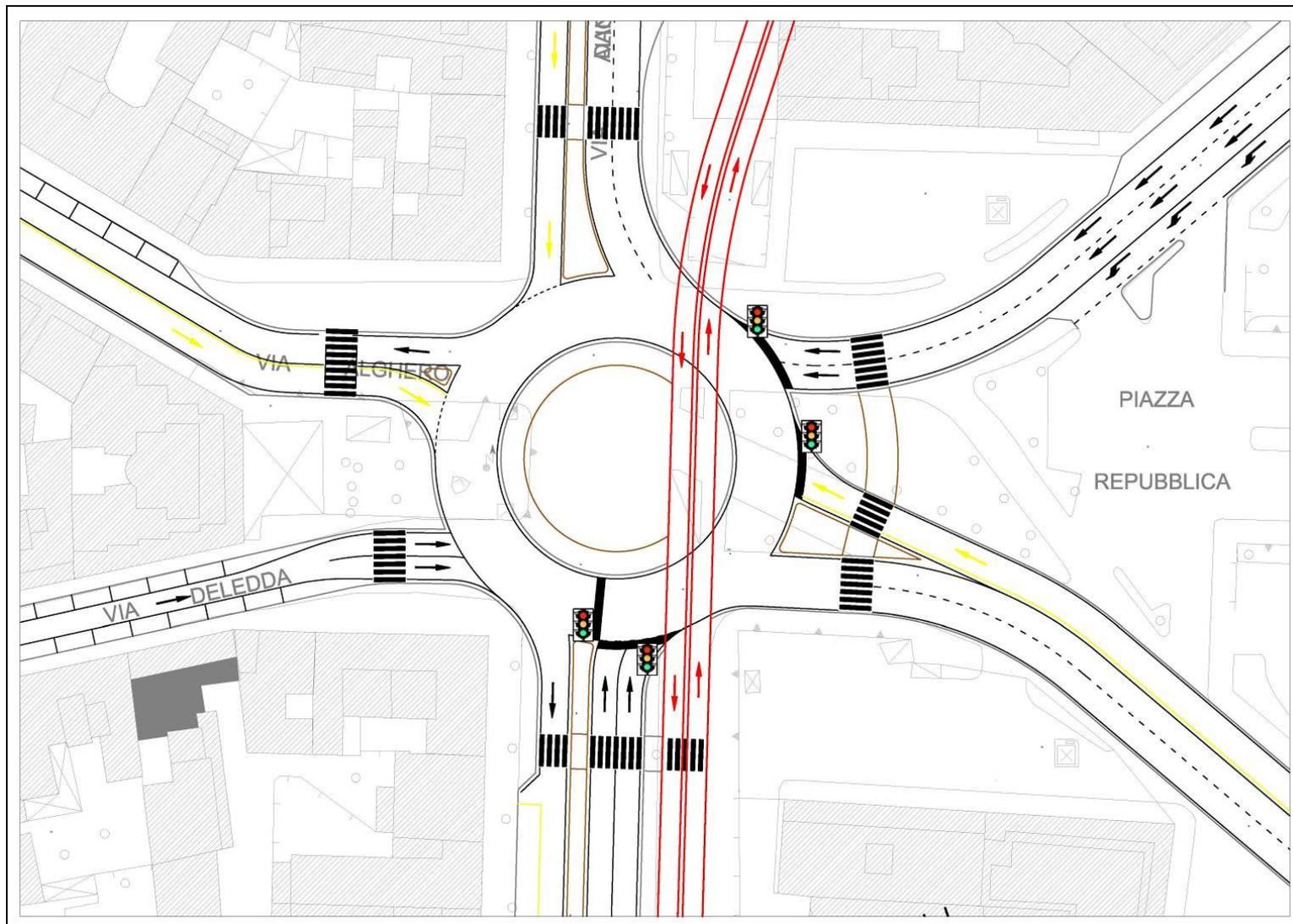


Figura 18 - Piazza Repubblica (semaforizzazione)

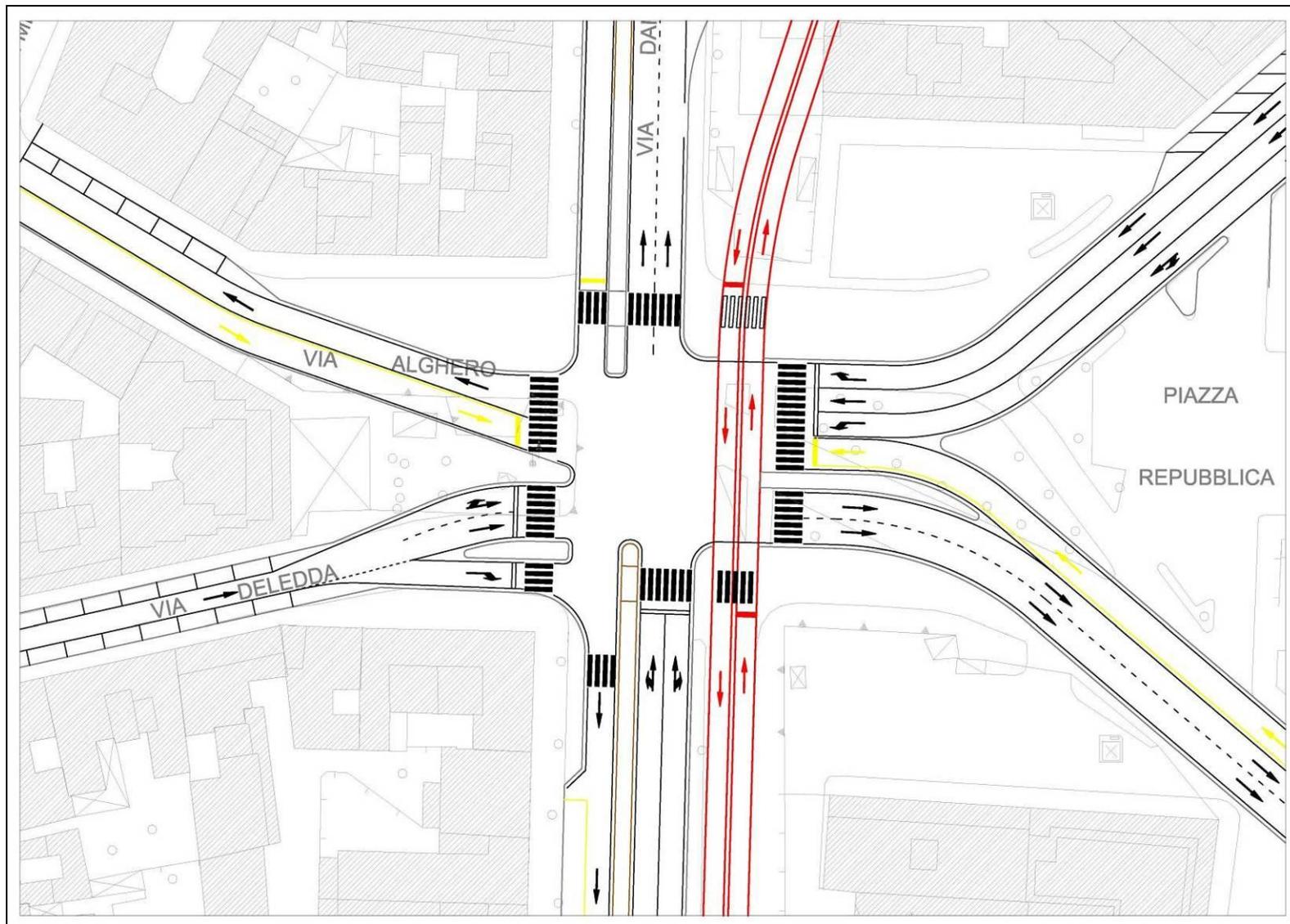


Figura 19 - Piazza Matteotti



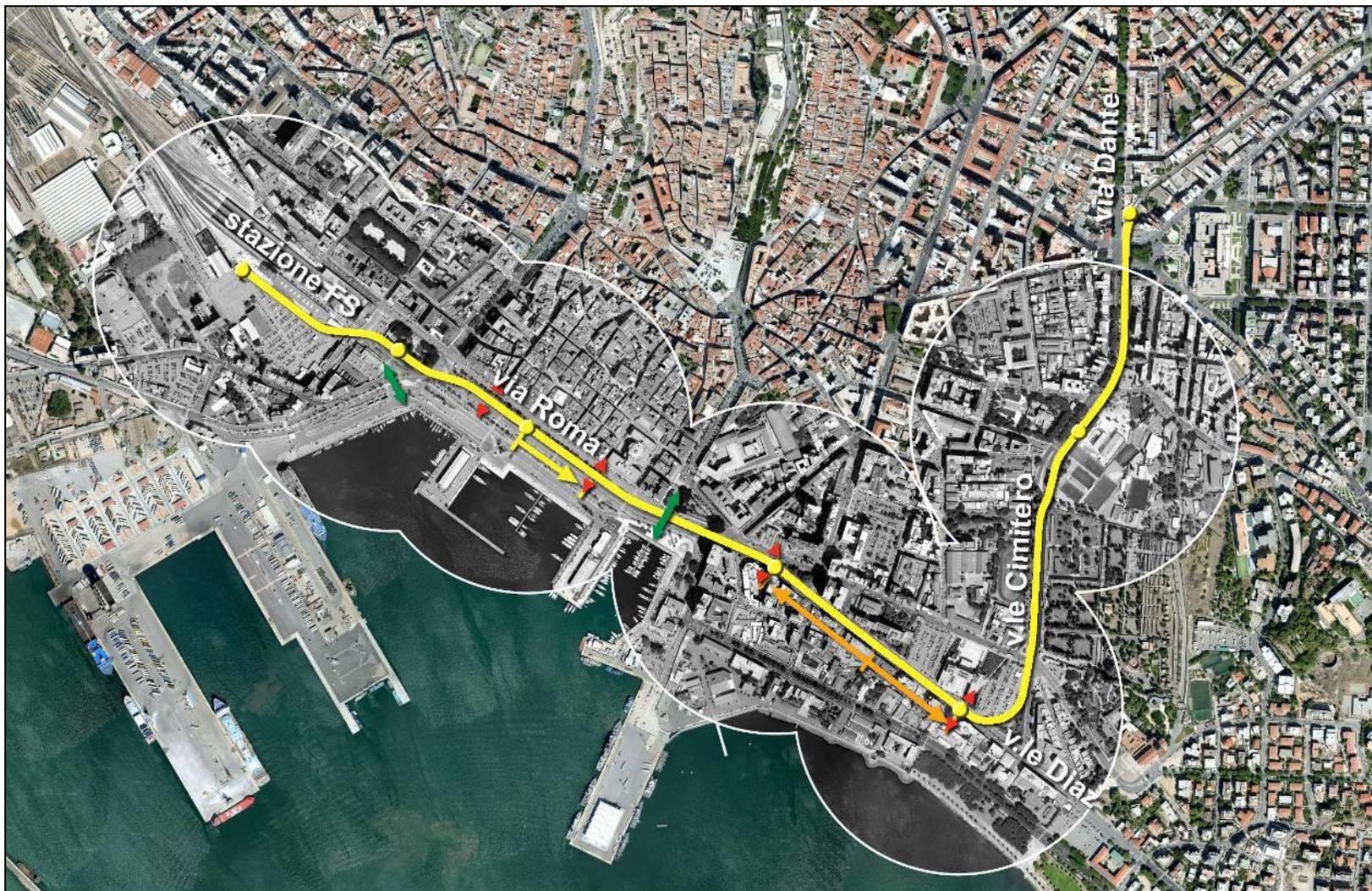
Figura 20 - Piazza Amendola



Figura 21 – Intersezione viale Diaz – viale Cimitero, viale Bonaria – viale Cimitero – via Bottego



Figura 22 - Connessioni pedonali



## 9 SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'OPERA NEI PIANI STRATEGICI</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1</b>	<b>Piano Regionale dei Trasporti (2008)</b> .....	<b>1</b>
<b>2.2</b>	<b>Piano Urbano della Mobilità di Cagliari</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>L'ATTUALE SERVIZIO DI TRASPORTO URBANO</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Analisi dei flussi di passeggeri nell'area conurbata</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Criticità del sistema del trasporto pubblico</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DI ACCESSIBILITÀ E LA DOMANDA POTENZIALE</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>IPOTESI DI REVISIONE DELLA RETE DI TRASPORTO PUBBLICO URBANO</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>RIASSETTO DEI NODI E DELLA VIABILITÀ</b> .....	<b>16</b>
<b>6.1</b>	<b>Piazza Repubblica</b> .....	<b>16</b>
<b>6.2</b>	<b>Piazza Amendola</b> .....	<b>16</b>
<b>6.3</b>	<b>Piazza Matteotti e il corridoio fronte mare</b> .....	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>INDICATORI FINANZIARI ED ECONOMICI</b> .....	<b>18</b>
<b>7.1</b>	<b>Convenienza finanziaria</b> .....	<b>18</b>
7.1.1	Costi di investimento e manutenzione straordinaria .....	18
7.1.2	Costi operativi .....	19
7.1.3	I ricavi da traffico .....	19
7.1.4	Risultati finanziari.....	21
<b>7.2</b>	<b>Convenienza economica (costi e benefici socio-economici)</b> .....	<b>21</b>
7.2.1	Benefici economici .....	22
7.2.2	Risultati economici .....	25
<b>7.3</b>	<b>Analisi di sensibilità e rischio</b> .....	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>SINTESI</b> .....	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>SOMMARIO</b> .....	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>INDICE DELLE FIGURE</b> .....	<b>49</b>

## 10 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Schema futuro della rete metrotranviaria integrata e interconnessa di Cagliari .....	2
Figura 2 - Rete di TP prevista nel Piano Urbano della Mobilità di Cagliari e dell' Area Vasta .....	3
Figura 3 - Mappa della rete dei servizi CTM (2007) (fonte Carta della Mobilità CTM spa) .....	8
Figura 4 - Confronto fra le coperture isometriche della linea metro e, rispettivamente, linea 8, 29 e 30 - 31 .....	14
Figura 5 - Itinerario Metro Cagliari .....	34
Figura 6 - Densità Popolazione .....	35
Figura 7 - Densità Addetti.....	35
Figura 8 - Copertura metro vs Linea 29 e 8 CTM.....	36
Figura 9 - Copertura metro vs Linee 30 e 31 CTM.....	36
Figura 10 - Accessibilità isocrona fermate CTM nel corridoio Repubblica - Gottardo .....	37
Figura 11 - Confronto copertura fermate metro vs fermate CTM presenti nel corridoio. ....	38
Figura 12 - Accessibilità isocrona Metro cfr con isometrica .....	39
Figura 13 - Accessibilità isocrona Metro vs Linea 29 CTM .....	39
<i>Figura 14 – Accessibilità isocrona Metro .....</i>	<i>40</i>
Figura 15 - Accessibilità isocrona Linea 29 CTM.....	40
Figura 16 - Revisione servizi urbani del CTM .....	41
Figura 17 – Piazza Repubblica (rotatoria) .....	42
Figura 18 - Piazza Repubblica (semaforizzazione).....	43
Figura 19 - Piazza Matteotti.....	44
Figura 20 - Piazza Amendola .....	45
Figura 21 – Intersezione viale Diaz – viale Cimitero, viale Bonaria – viale Cimitero – via Bottego .....	46
Figura 22 - Connessioni pedonali.....	47