



# **Regione Autonoma della Sardegna Assessorato ai Trasporti Cagliari, Italia**

---

**Studio di Fattibilità di un Servizio  
di Metropolitana Leggera su Area  
Vasta di Cagliari**

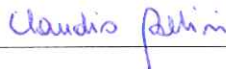




Executive Summary



# Regione Autonoma della Sardegna Assessorato ai Trasporti Cagliari, Italia

**Studio di Fattibilità di un Servizio  
di Metropolitana Leggera su Area  
Vasta di Cagliari**

**Executive Summary**

Preparato da	Firma	Data			
Claudio Bellini		28/02/2011			
Luca Savo		28/02/2011			
Verificato da	Firma	Data			
Flavio Marangon		28/02/2011			
Valerio Recagno		28/02/2011			
Approvato da	Firma	Data			
Gianalberto Righetti		28/02/2011			
Rev. 0	Descrizione Prima Emissione	Preparato da CLB / Savo	Verificato FLM / VR	Approvato GAR	Data Febbraio 2011



## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>ELENCO DELLE TABELLE</b>	<b>II</b>
<b>ELENCO DELLE FIGURE</b>	<b>III</b>
<b>1 INQUADRAMENTO DELLO STUDIO</b>	<b>2</b>
<b>2 L'OFFERTA TRASPORTO ATTUALE</b>	<b>5</b>
<b>3 LA DOMANDA DI TRASPORTO ATTUALE E FUTURA</b>	<b>9</b>
<b>4 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI</b>	<b>11</b>
<b>5 L'ATTRATTIVITÀ DEL SISTEMA DI METRO E LA CONFIGURAZIONE OTTIMALE</b>	<b>15</b>
<b>6 LE TECNOLOGIE PER LA RETE DI METROPOLITANA LEGGERA</b>	<b>19</b>
<b>7 BENEFICI SUL TRAFFICO E SULL'AMBIENTE</b>	<b>20</b>
<b>8 LA COMPATIBILITÀ CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE</b>	<b>21</b>
<b>9 RISULTATI ECONOMICI E FINANZIARI</b>	<b>22</b>
<b>10 CONCLUSIONI</b>	<b>25</b>

## ELENCO DELLE TABELLE

<b><u>Tabella No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Tabella 1.1: Popolazione Residente e Zone	3
Tabella 1.2: Evoluzione della Popolazione Residente (Tutti i Censimenti)	4
Tabella 3.1: Spostamenti Complessivi Effettuati nell'Area Vasta di Cagliari nella Fascia Oraria 7.15-8.15	10
Tabella 5.1: Risultati Scenari Metropolitana	16

## ELENCO DELLE FIGURE

<b><u>Figura No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Figura 1.1: Visualizzazione dei Risultati della Procedura di Clusterizzazione delle Celle Censuarie per la Zonizzazione	3
Figura 2.1: Numero di Corse Effettuate nell'Ora di Punta Mattinale (8.00 – 8.59) – Servizio Area Urbana di Cagliari	5
Figura 2.2: Numero di Corse Effettuate nell'Ora di Punta Mattinale (8.00 – 8.59) – Servizio Extraurbano della Provincia di Cagliari	6
Figura 2.3: Grafo della Rete Stradale della Provincia di Cagliari	7
Figura 2.4: Grafo della Rete Stradale della Provincia di Cagliari Ingrandimento sull'Area Urbana di Cagliari	8
Figura 2.5: Grafo del Trasporto Ferroviario	8
Figura 4.1: Scenario 8: Scenario di Base + Tutte le Altre Linee Inserite nello Studio CIREM	12
Figura 4.2: Schematizzazione dello Scenario Anello Centrale 2 (AC2)	13
Figura 10.1: Schematizzazione dello Scenario Anello Centrale 2 (AC2)	25





**RAPPORTO  
EXECUTIVE SUMMARY  
STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN SERVIZIO DI METROPOLITANA LEGGERA  
SU AREA VASTA DI CAGLIARI**

Lo Studio di fattibilità di un servizio di metropolitana leggera su area vasta di Cagliari è stato sviluppato sulla base di quanto indicato nel Disciplinare Tecnico annesso al Bando di Gara emesso dalla Regione Autonoma della Sardegna ed in base alla proposta tecnica presentata dall'ATI D'Appolonia - IZI, a seguito della quale il raggruppamento è risultato vincitore del bando di gara.

Lo Studio è stato articolato nelle seguenti **tre fasi**:

- **Fase A:** Analisi propedeutiche e alternative di progetto;
- **Fase B:** Fattibilità tecnica; Compatibilità ambientale; Sostenibilità finanziaria; Convenienza Economico-Sociale;
- **Fase C:** Verifica Procedurale; Analisi di Rischio e di Sensibilità.

La **documentazione di progetto**, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti, è costituita da:

- Rapporto Doc. No. **09-012-H1 rev. 4** "Fase A - Analisi Propedeutiche e Alternative di Progetto";
- Rapporto Doc. No. **09-012-H2 rev. 1** "Analisi delle Tipologie dei Sistemi GRTS a Supporto dell'Analisi di Fattibilità Tecnica";
- Rapporto Doc. No. **09-012-H3 rev. 4** "Fase B - Fattibilità tecnica; Compatibilità ambientale; Sostenibilità finanziaria; Convenienza Economico-Sociale";
- Rapporto Doc. No. **09-012-H4 rev. 1** "Fase C - Verifica Procedurale; Analisi di Rischio e di Sensibilità";
- Rapporto Doc. No. **09-012-H5 rev. 0** "Executive Summary".

Quest'ultimo documento corrisponde al presente rapporto e illustra sinteticamente lo sviluppo ed i risultati dello studio. Esso è articolato nei seguenti capitoli:

- Capitolo 1 - Inquadramento dello studio;
- Capitolo 2 - L'offerta trasporto attuale;
- Capitolo 3 - La domanda di trasporto attuale e futura;
- Capitolo 4 - Definizione degli scenari di analisi;
- Capitolo 5 - L'attrattività del sistema di metro e la configurazione ottimale;
- Capitolo 6 - Le tecnologie per la rete di metropolitana leggera;
- Capitolo 7 - Benefici sul traffico e sull'ambiente;
- Capitolo 8 - La compatibilità con gli strumenti di pianificazione;
- Capitolo 9 - Risultati economici e finanziari.

La sintesi dei **risultati dello Studio** e le **indicazioni per le successive fasi progettuali** sono contenute nel Capitolo 10.

## 1 INQUADRAMENTO DELLO STUDIO<sup>1</sup>

Il sistema di linee di metropolitana oggetto dello Studio è tratto dal “Progetto preliminare di un sistema di metropolitana di superficie per l’Area Vasta di Cagliari” svolto da CIREM Maggio 2008 e adottato come schema di riferimento nell’Accordo di Programma firmato il 23 maggio 2008 dalla Regione Autonoma della Sardegna, dalla Provincia di Cagliari e dai comuni dell’Area Vasta di Cagliari.

L’**Area Vasta di Cagliari** è definita dal Protocollo d’Intesa sottoscritto il 13 Dicembre 2005 dai Sindaci dei Comuni di Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Elmas, Maracalagonis, Monserrato, Pula, Quartu Sant’Elena, Quartucciu, Sarroch, Selargius, Sestu, Settimo San Pietro, Sinnai e Villa San Pietro. Inoltre è stata indicata con il termine di Area Urbana di Cagliari quella porzione di territorio dei Comuni di Cagliari, Monserrato, Quartucciu, Quartu Sant’Elena e Selargius, contenuti all’interno della Strada Statale No. 554, dal momento che tale area da punto di vista urbanistico e trasportistico può essere considerata come un’unica entità.

In linea generale l’Area Vasta di Cagliari è stata assunta come **Area di Studio**, intendendo con tale termine la porzione di territorio entro la quale l’inserimento della rete di metropolitana leggera potrà avere effetti significativi sulla mobilità espressa dallo stesso territorio. Tuttavia per alcune esigenze specifiche è stata adottata un’area di analisi più ampia o più ristretta (ad esempio la Provincia di Cagliari, per la determinazione della matrice rappresentativa della domanda di mobilità, oppure l’Area Urbana di Cagliari come nel caso dell’analisi del contesto socio-economico).

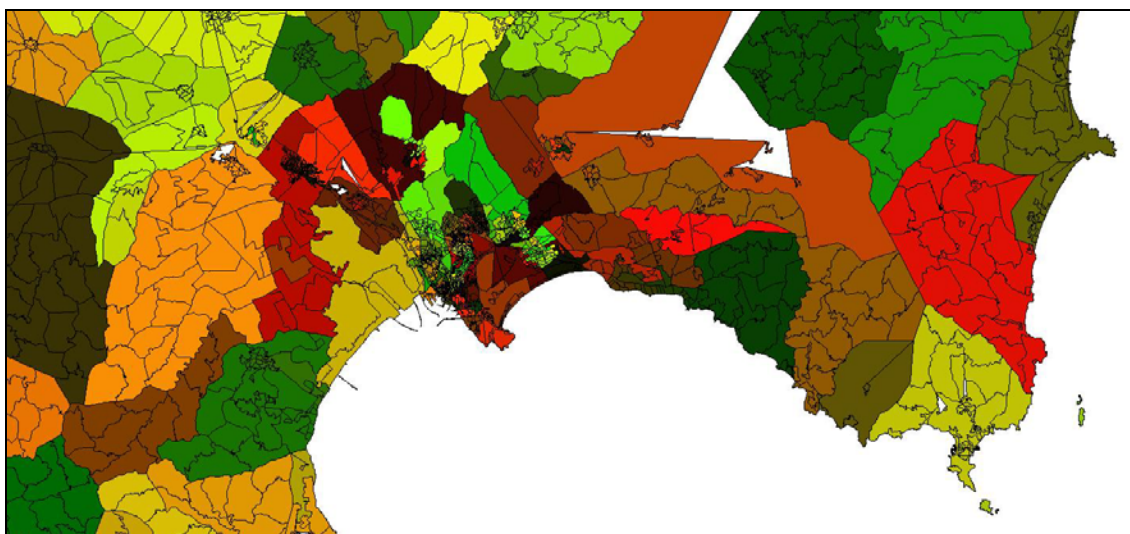
La prima fase di analisi del territorio e delle infrastrutture di trasporto è stata la **zonizzazione**, vale a dire la suddivisione dell’area in zone di traffico, omogenee dal punto di vista trasportistico, con lo scopo di concentrare, in un numero limitato di punti (i centroidi delle zone) i flussi di traffico che si generano e originano tra le suddette zone; in totale sono state individuate 350 zone a partire da 4.814 celle censuarie ISTAT presenti nell’area.

La successiva **analisi socio-economica** è stata mirata all’inquadramento demografico dell’area di intervento, all’analisi dei trend demografici e di mobilità della popolazione, alla definizione delle principali caratteristiche socio-economiche dell’area di intervento, all’inquadramento del mercato turistico ed infine all’analisi dei sistemi locali del lavoro.

Queste analisi hanno condotto a formulare una ipotesi di crescita della popolazione piuttosto equilibrata: infatti, è plausibile che il Comune di Cagliari presenti un parziale spopolamento a favore delle realtà circostanti, ed altrettanto è plausibile che tale decrescita mantenga comunque il livello della popolazione pressoché costante. Le risultanze delle analisi possono essere utilizzate per valutare l’evoluzione della domanda di trasporto. In termini complessivi questa rimarrebbe sostanzialmente stabile (piccola crescita al 2020 per poi riallinearsi ai valori del 2009 negli anni successivi). Inoltre, sono stati considerati anche scenari demografici, nei quali sono contemplate alcune variazioni puntuali nella distribuzione della domanda tra le diverse zone di traffico (p.es. crescita viaggi generati ed attratti da Sestu), conseguenti ad interventi urbanistici specifici.

---

<sup>1</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev.4 - Capitolo 1 “Rappresentazione del Contesto Territoriale e Socio-Economico”



**Figura 1.1: Visualizzazione dei Risultati della Procedura di Clusterizzazione delle Celle Censuarie per la Zonizzazione**

**Tabella 1.1: Popolazione Residente e Zone**

Comuni	n. zone	Popolazione residente (2001)	Popolazione residente (2005)
Cagliari	71	164.249	160.391
Elmas	5	7.930	70.276
Monserrato	12	20.829	28.650
Quartu Sant'Elena	37	68.040	17.660
Quartucciu	6	10.766	6.137
Selargius	15	27.440	16.078
Sestu	9	15.233	11.672
Settimo San Pietro	4	5.949	8.639
Sinnai	8	15.235	20.790
<b>Tot comuni area intervento</b>	<b>167</b>	<b>335.671</b>	<b>340.293</b>
Totale provinciale	317	760.311	769.050
<b>Area intervento / provincia</b>		<b>44,1%</b>	<b>44,2%</b>

Fonte: Elaborazioni su dati Istat - Movimento anagrafico nei comuni italiani ed. 2008 dati al 2005 e Censimento della popolazione 2001

**Tabella 1.2: Evoluzione della Popolazione Residente (Tutti i Censimenti)**

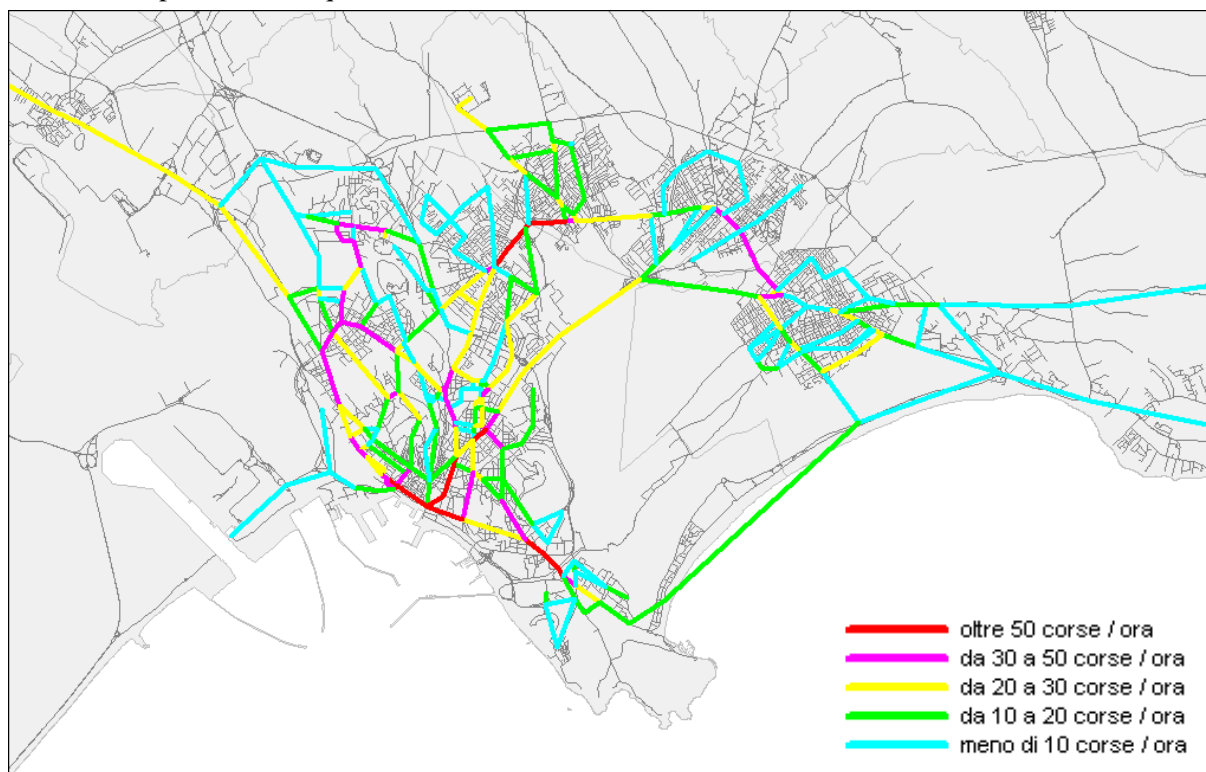
Comune	<i>(continua)</i>						
	1861	1871	1881	1901	1911	1921	1931
CAGLIARI	40.116	39.705	46.185	64.811	73.851	76.979	97.603
ELMAS	-	-	-	-	-	-	-
MONSERRATO	-	-	-	-	-	-	-
QUARTU SANT'ELENA	6.491	6.324	6.636	8.453	9.247	9.936	10.913
QUARTUCCIU	-	-	-	-	-	-	-
SELARGIUS	3.215	2.976	3.099	3.393	3.780	3.856	4.351
SESTU	1.680	1.573	1.756	2.289	2.752	3.227	3.771
SETTIMO SAN PIETRO	1.801	1.530	1.550	1.770	1.915	1.953	2.143
SINNAI	2.984	2.977	3.101	3.847	4.444	4.658	5.122
<b>totale area intervento</b>	<b>56.287</b>	<b>55.085</b>	<b>62.327</b>	<b>84.563</b>	<b>95.989</b>	<b>100.609</b>	<b>123.903</b>
Var. decennio prec.		-2,1%	13,1%	35,7%	13,5%	4,8%	23,2%
<b>Totale provinciale</b>	<b>207.621</b>	<b>208.230</b>	<b>229.031</b>	<b>283.209</b>	<b>314.323</b>	<b>320.898</b>	<b>369.172</b>
Var. decennio prec.		0,3%	10,0%	23,7%	11,0%	2,1%	15,0%
Area Interv. / prov.	27,1%	26,5%	27,2%	29,9%	30,5%	31,4%	33,6%
Comune	1941	1951	1961	1971	1981	1991	2001
CAGLIARI	103.670	138.539	183.784	223.376	233.848	204.237	164.249
ELMAS	-	-	-	-	5.772	7.348	7.930
MONSERRATO	-	-	-	-	-	-	20.829
QUARTU SANT'ELENA	12.201	17.579	22.916	30.700	43.896	61.636	68.040
QUARTUCCIU	-	-	-	-	8.427	9.599	10.766
SELARGIUS	4.668	6.916	8.768	12.110	18.245	23.237	27.440
SESTU	4.392	5.640	6.739	8.730	10.561	12.182	15.233
SETTIMO SAN PIETRO	2.208	2.740	3.285	3.583	4.792	5.524	5.949
SINNAI	5.617	6.736	7.725	8.799	11.229	13.086	15.235
<b>totale area intervento</b>	<b>132.756</b>	<b>178.150</b>	<b>233.217</b>	<b>287.298</b>	<b>336.770</b>	<b>336.849</b>	<b>335.671</b>
Var. decennio prec.	7,1%	34,2%	30,9%	23,2%	17,2%	0,0%	-0,3%
<b>Totale provinciale</b>	<b>388.486</b>	<b>533.227</b>	<b>610.347</b>	<b>661.274</b>	<b>746.712</b>	<b>763.382</b>	<b>760.311</b>
Var. decennio prec.	5,2%	37,3%	14,5%	8,3%	12,9%	2,2%	-0,4%
Area Interv. / prov.	34,2%	33,4%	38,2%	43,4%	45,1%	44,1%	44,1%

Fonte: Elaborazioni su dati Istat, censimenti della popolazione varie annate

## 2 L'OFFERTA TRASPORTO ATTUALE<sup>2</sup>

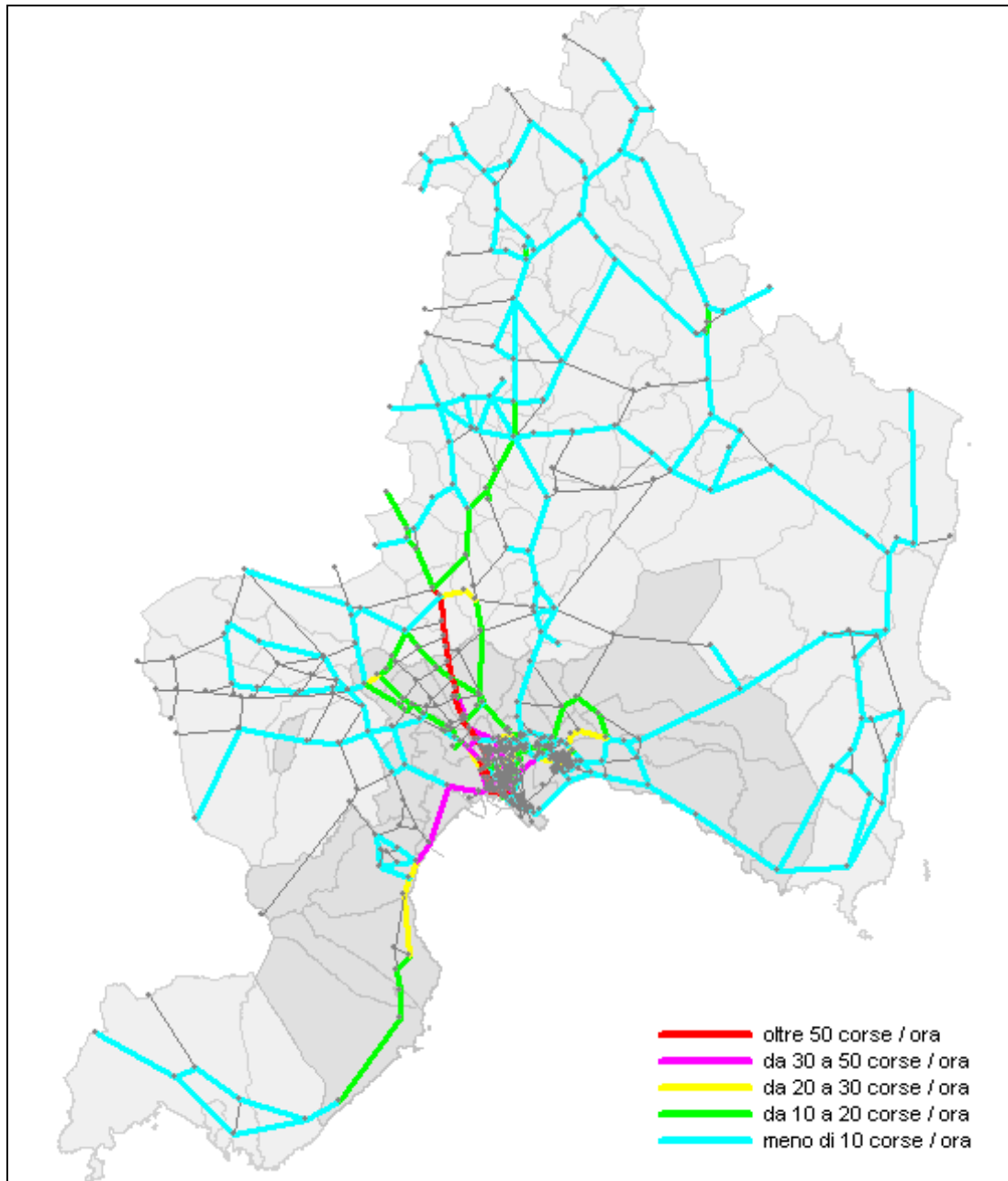
L'offerta di trasporto attuale (Capitolo 2 del Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev. 4) è stata analizzata nelle due componenti principali di:

- **trasporto pubblico**, focalizzando l'attenzione sulle seguenti tipologie di servizio:
  - Trasporto urbano automobilistico, assegnato prevalentemente alla Società CTM Cagliari,
  - Trasporto urbano su ferro, affidato alle Ferrovie della Sardegna attraverso la gestione di MetroCagliari,
  - Trasporto extraurbano automobilistico, affidato alla Società Regionale ARST,
  - Trasporto extraurbano su ferro, esercito dai due operatori Trenitalia (su rete RFI) e Ferrovie della Sardegna;
- **trasporto privato**, distinguendo le reti stradali di interesse regionale, di interesse provinciale e quella urbana di riferimento.



**Figura 2.1: Numero di Corse Effettuate nell'Ora di Punta Mattinale (8.00 – 8.59) – Servizio Area Urbana di Cagliari**

<sup>2</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev.4 - Capitolo 2 "Analisi dell'Offerta di Trasporto Attuale"  
Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev.4 - Capitolo 4 "Costruzione del Modello di Interazione Domanda-Offerta"



**Figura 2.2: Numero di Corse Effettuate nell’Ora di Punta Mattinale (8.00 – 8.59)  
– Servizio Extraurbano della Provincia di Cagliari**

L’attività di caratterizzazione dell’attuale offerta di trasporto ha permesso di costruire il modello di interazione domanda-offerta con il software MTCP, sviluppato da D’Appolonia. MTCP applica una metodologia integrata di assegnazione e di valutazione della diversione modale, atta ad elaborare itinerari e volumi di mobilità multimodali ed intermodali. La procedura di simulazione consiste nel ricercare gli itinerari (monomodali e/o intermodali) che soddisfano ogni relazione O/D assegnata, e di ripartire su di essi, proporzionalmente a funzioni del costo complessivo generalizzato, come percepito da ogni segmento di utenza, il

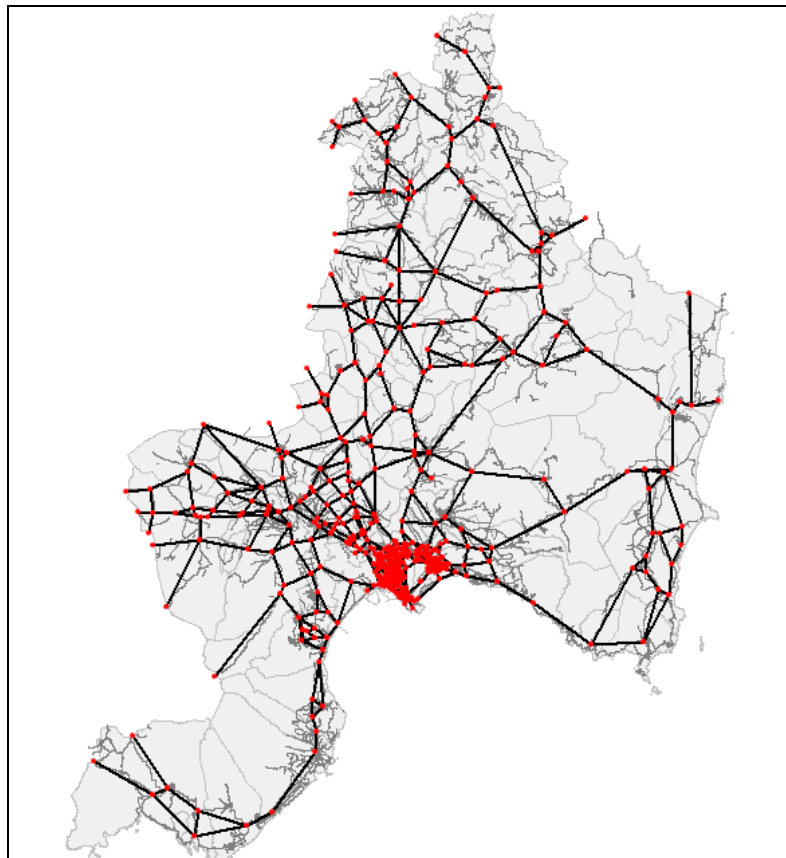


flusso totale attinente alla relazione O/D considerata, valutando in tal modo i singoli volumi modali complessivi negli archi di trasporto, di interscambio, di parcheggio, di ingresso ed egresso dalla rete, etc.

La schematizzazione della rete stradale con il grafo semplificato adottato è avvenuta mediante i seguenti passi:

- individuazione e selezione di tutte le strade extraurbane principali e di tutte le strade urbane di scorrimento nell'ambito dell'intera Provincia di Cagliari;
- individuazione e selezione delle strade extraurbane secondarie, la cui presenza è necessaria per rappresentare a livello macroscopico tutti i collegamenti stradali tra i Comuni della Provincia di Cagliari, esclusa l'area urbana di Cagliari;
- individuazione e selezione degli archi rappresentativi delle linee di trasporto pubblico di CTM, nell'ambito dell'Area Urbana di Cagliari;
- individuazione e selezione delle strade urbane di quartiere che permettano di rappresentare correttamente tutti gli itinerari principali della viabilità stradale, nell'ambito dell'Area Urbana di Cagliari.

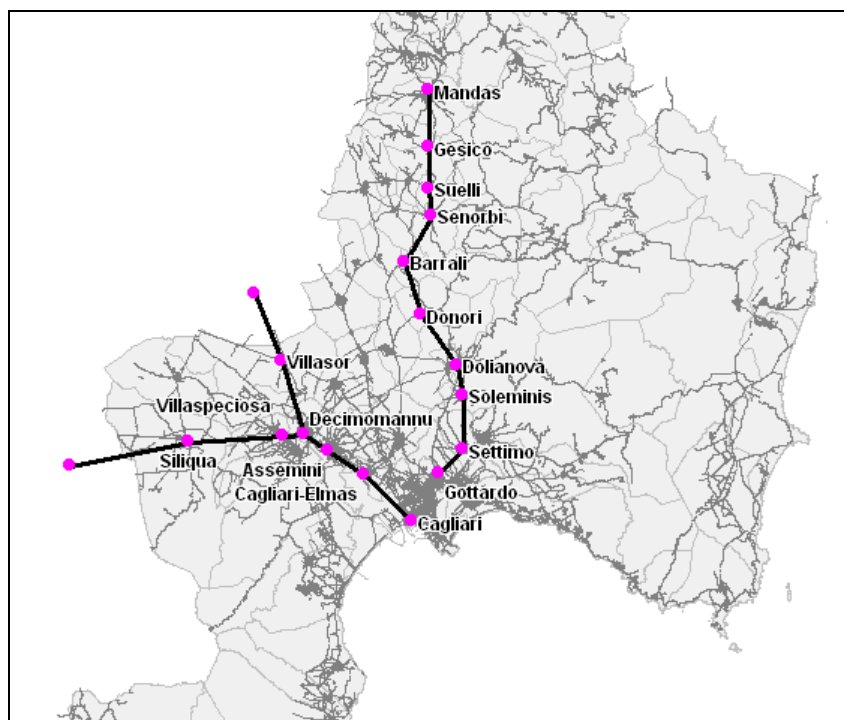
Complessivamente il grafo della rete stradale della Provincia di Cagliari è costituito da 858 archi e 535 nodi, che sono maggiormente addensati nell'area urbana di Cagliari.



**Figura 2.3: Grafo della Rete Stradale della Provincia di Cagliari**



**Figura 2.4: Grafo della Rete Stradale della Provincia di Cagliari  
Ingrandimento sull'Area Urbana di Cagliari**



**Figura 2.5: Grafo del Trasporto Ferroviario**



### 3 LA DOMANDA DI TRASPORTO ATTUALE E FUTURA<sup>3</sup>

Per esprimere in modo dettagliato la domanda di mobilità all'interno dell'Area Vasta, è stato svolto un **supplemento di indagine volto a determinare la Matrice Origini-Destinazioni** con riferimento alla zonizzazione adottata per lo studio, secondo la metodologia descritta di seguito.

Le fonti dati utilizzate per la stima delle matrici degli spostamenti origine-destinazione sulla Provincia di Cagliari sono le seguenti:

- Censimento ISTAT 2001 – Provincia di Cagliari:
  - Database censuario della distribuzione della popolazione nelle celle,
  - Database censuario della distribuzione degli addetti e delle unità produttive nelle celle,
  - Matrice degli spostamenti sistematici in andata con livello di aggregazione comunale;
- Studio “AUDIMOB” 2008 – Dati aggregati relativi alla mobilità nella Regione Autonoma della Sardegna:
  - Stima del numero medio di spostamenti giornaliero nella Provincia,
  - Ripartizione percentuale degli spostamenti rispetto allo scopo,
  - Ripartizione percentuale degli spostamenti rispetto al mezzo utilizzato.

La costruzione della matrice è stata articolata nelle seguenti attività:

- Analisi delle componenti di domanda, volta a ricavare le sottomatrici degli spostamenti intercomunali caratterizzate per motivo di spostamento e per mezzo impiegato;
- Procedura di calibrazione delle componenti di domanda, sulla base dei dati regionali della mobilità pubblicati dall'ISFORT nello studio annuale “AUDIMOB”;
- Utilizzo di un modello gravitazionale vincolato per la costruzione delle matrici OD, che ha permesso di generare matrici degli spostamenti interzonale, ovvero di dettaglio maggiore rispetto alle matrici intercomunali di partenza;
- Calcolo del coefficiente di riempimento medio degli autoveicoli, per trasformare gli spostamenti in veicoli equivalenti che si muovono sulla rete di trasporto.

Si precisa infine che, per integrare la base dati, è stata effettuata una indagine diretta su un campione stratificato proporzionale di 2000 individui di popolazione mobile dell'Area Vasta volto a identificare le origini, le destinazioni e gli aspetti caratterizzanti degli spostamenti e - conseguentemente - è stata verificata la congruenza dei risultati di tale indagine con i valori numerici risultanti dalla procedura automatica di calcolo della Matrice O-D.

Tali risultati sono stati inoltre verificati a livello macroscopico, in particolare prendendo come riferimento i dati di domanda contenuti nella seguente documentazione:

- Piano Urbano della Mobilità del Comune di Cagliari, con particolare riferimento al documento “Relazione Completa”, nella revisione del Giugno 2009;

---

<sup>3</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev.4 - Capitolo 2 “Analisi della Domanda di Trasporto Attuale”  
Rapporto Doc. No. 09-012-H1 rev.4 - Capitolo 4 “Simulazione dello Scenario Attuale”

- Studio sulla domanda di mobilità elaborato dal CRIMM nel 1997.

I valori totali degli spostamenti effettuati nell'Area Vasta di Cagliari nella fascia oraria tra le 7.15 e le 8.15, possono variare 88 e 90 mila unità (Tabella 3.1), di cui 18-19 mila con mezzo di trasporto pubblico (circa il 20%).

**Tabella 3.1: Spostamenti Complessivi Effettuati nell'Area Vasta di Cagliari nella Fascia Oraria 7.15-8.15**

	Fonte	Auto	Trasporto Pubblico	Totali
Spostamenti sistematici	PUM	56.584	16.046	72.630
Spostamenti non sistematici	PUM / ISFORT	12.421	3.056	15.477
	PUM / CIREM	15.960	1.983	17.943
Spostamenti totali	PUM / ISFORT	69.004	19.102	88.107
	PUM / CIREM	72.543	18.029	90.572

Infine in aggiunta a quanto indicato in precedenza, sono state condotte alcune analisi mirate all'individuazione di interventi di tipo urbanistico ed edilizio che possano indurre variazioni locali della domanda di mobilità, nel contesto di una sostanziale stabilità della domanda complessiva dell'Area Vasta di Cagliari.

In particolare sono stati analizzati i contenuti di alcuni strumenti di pianificazione trasportistica e territoriale, a cui occorre necessariamente fare riferimento per capire quale sarà l'evoluzione futura del territorio dell'Area Vasta di Cagliari e del suo sistema di trasporto. I documenti di pianificazione analizzati sono:

- Piano Urbano della Mobilità di Cagliari (Comune di Cagliari, 2009);
- Piano Urbanistico Comunale di Monserrato (Comune di Monserrato, 2005);
- Piano Urbanistico Comunale di Quartu Sant'Elena (Comune di Quartu Sant'Elena);
- Piano Urbanistico Comunale di Selargius (Comune di Selargius, 2010).

## 4 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI<sup>4</sup>

Attualmente la rete metropolitana di Cagliari, composta dalla sola **Linea Rossa Repubblica – Gottardo (Scenario 0)**, è in fase di estensione, in particolare si sta procedendo con:

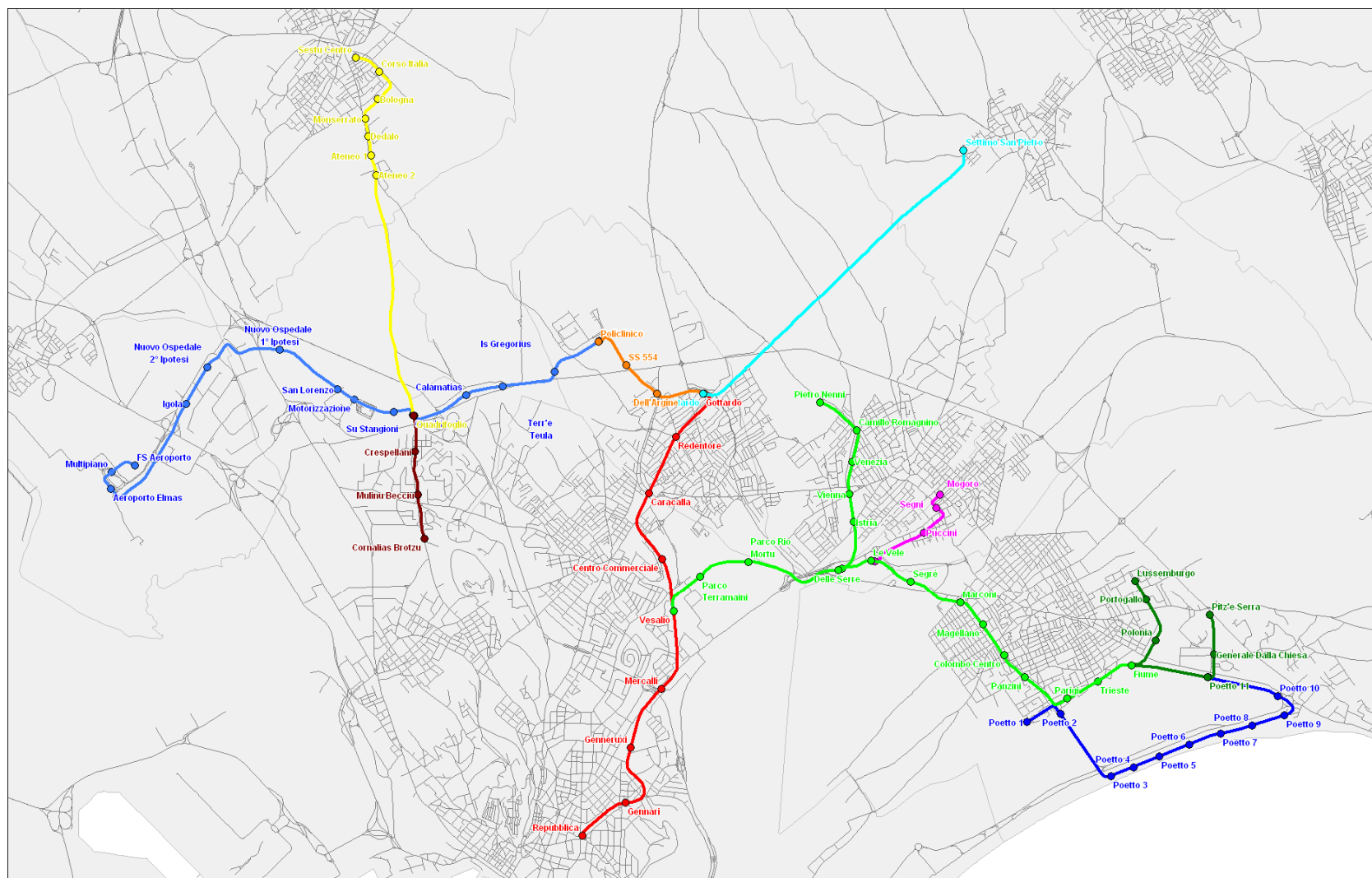
- il completamento dell'elettrificazione della Linea Celeste (Gottardo – Settimo San Pietro);
- realizzazione dei lavori dell'appalto integrato (che comprende la progettazione esecutiva) per la Linea Arancione (Gottardo – Policlinico).

I suddetti nuovi rami sono stati considerati come presenti in ogni scenario di analisi, andando a completare lo scenario di riferimento. L'idea base è stata quella di studiare primariamente le potenzialità di ogni singola linea per poi valutare anche il sistema completo costituito da tutte le linee. Nel complesso quindi lo scenario di riferimento futuro (indicato come **Scenario 1**) è costituito dalla **Linea Rossa**, dalla **Linea Celeste** e dalla **Linea Arancio** e di volta in volta questo è stato integrato con le altre linee previste, al fine di definire i diversi scenari alternativi futuri. In ogni scenario di analisi, unitamente alle nuove linee, sono stati schematizzati anche i possibili interscambi, sia con la rete di trasporto pubblico esistente sia con la rete privata (parcheggi di interscambio). Pertanto ogni grafo rappresentativo di uno degli Scenari futuri comprende le seguenti combinazioni di linee metropolitane:

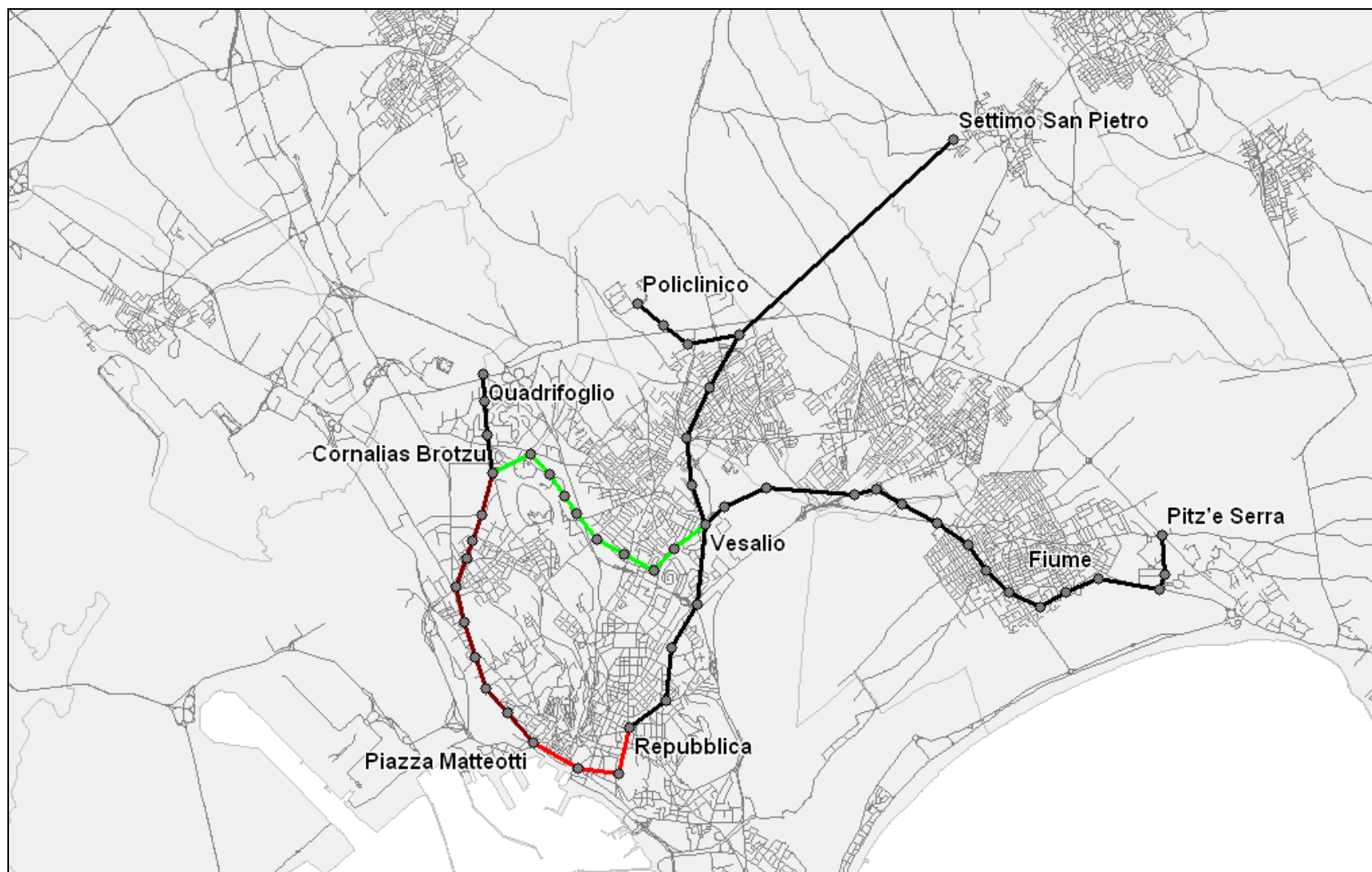
- Scenario 2: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume);
- Scenario 2a: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume) + Diramazione A Linea Verde (Fiume – Lussemburgo);
- Scenario 2b: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume) + Diramazione B Linea Verde (Fiume – Pitz'e Serra);
- Scenario 2c: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume) + Tratto di Diramazione B Linea Verde (Fiume – Poetto 11) + Linea Poetto (Poetto 1 – Poetto 11);
- Scenario 3: Scenario di Base + Linea Azzurra (Policlinico – FS Aeroporto) + Linea Marrone (Quadrifoglio – Cornalias Brotzu);
- Scenario 4: Scenario di Base + Linea Gialla (Quadrifoglio – Sestu Centro) + Linea Marrone (Quadrifoglio – Cornalias Brotzu);
- Scenario 5: Scenario di Base + Linea Azzurra (Policlinico – FS Aeroporto);
- Scenario 6: Scenario di Base + Linea Selargius (Delle Serre – Pietro Nenni) + Tratto di Linea Verde compreso tra Vesalio e Delle Serre;
- Scenario 7: Scenario di Base + Linea Quartucciu (Le Vele – Mogoro) + Tratto di Linea Verde compreso tra Vesalio e Le Vele;
- Scenario 8: Scenario di Base + tutte le altre linee inserite nello Studio CIREM (Figura 4.1).

---

<sup>4</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H3 rev.4 - Capitolo 4 "Definizione degli Scenari di Analisi"



**Figura 4.1: Scenario 8: Scenario di Base + Tutte le Altre Linee Inserite nello Studio CIREM**



**Figura 4.2: Schematizzazione dello Scenario Anello Centrale 2 (AC2)**

Dopo aver analizzato la struttura topologica della rete di linee di metropolitana leggera previste dallo studio CIREM (inserito come allegato nell'Accordo di Programma firmato il 23 maggio 2008 dalla Regione Autonoma della Sardegna, dalla Provincia di Cagliari e dai comuni dell'Area Vasta di Cagliari), sono emersi due aspetti critici:

- la **bassa penetrazione nel centro urbano di Cagliari** (quartieri di San Benedetto, Sant'Alenixedda, Villanova, Castello, Marina, Stampace, La Vega, Sant'Avendrace, Tuvixeddu-Tuvurmannu, Is Mirrionis, Fonsarda), dal momento che l'unica linea che raggiunge questa zona centrale è la linea Rossa già in esercizio, che arriva in piazza della Repubblica;
- la **mancata connessione alla rete ferroviaria RFI** nella stazione centrale di Cagliari.

Sono stati pertanto ipotizzati due scenari evolutivi della rete, volti ad eliminare tali criticità: **Scenario Anello Centrale 1** (AC1) e **Scenario Anello Centrale 2** (AC2, Figura 4.2). Gli scenari, oltre a tutte le linee previste dall'ipotesi di base del "Progetto Preliminare di un sistema di metropolitana di superficie per l'Area Vasta di Cagliari", elaborato dal CIREM (CIREM, 2008), comprendono anche i seguenti prolungamenti:

- **Linea Rossa** da Repubblica a Piazza Matteotti (interscambio stazione ferroviaria e prolungamento linea Marrone), attraverso le fermate di Cimitero Bonaria e Amendola;
- **Linea Verde** da Vesalio a Cornalias Brotzu (interscambio linea Marrone), attraverso le fermate Turr, Dell'Edera, Calamattia-Acentro, Calamattia-Cfadda, Jenner-Iperstanda, Jenner-Oncologico, Ospedali e Ospedale Brotzu;
- **Linea Marrone** da Cornalias Brotzu a Piazza Matteotti (interscambio stazione ferroviaria e prolungamento linea Rossa), attraverso le fermate di Cimitero San Michele, Abruzzi, Piazza San Michele, Piazza Sant'Avendrace, Flumendosa, San Paolo, Trieste e Via Roma.

Tali prolungamenti sono contenuti nelle ipotesi di Scenari Futuri del Progetto CIREM.

I due scenari differiscono per la presenza di alcune linee (solo nello Scenario Anello Centrale 1) che nello scenario di simulazione completo (Scenario 8) risultano poco cariche:

- Linea Verde diramazione A (Fiume – Lussemburgo);
- Linea Poetto (Poetto 1 – Poetto 11);
- Linea Gialla (Quadrifoglio – Sestu Centro);
- Linea Azzurra (tratto compreso tra Quadrifoglio e Policlinico);
- Linea Selargius (Le Vele – Mogoro);
- Linea Quartucciu (Delle Serre – Pietro Nenni).

Entrambi gli scenari prevedono la soppressione degli attuali servizi automobilistici sugli itinerari centrali in sovrapposizione con queste nuove linee di metropolitana leggera e l'interscambio con la rete ferroviaria RFI nella stazione centrale di Cagliari.



## 5 L'ATTRATTIVITÀ DEL SISTEMA DI METRO E LA CONFIGURAZIONE OTTIMALE

L'assegnazione attinente lo scenario di mobilità attuale effettuata con il macrosimulatore MTCP, ha portato alla **determinazione dei flussi di traffico lungo gli archi della rete di trasporto caratterizzante l'Area Vasta di Cagliari**. Attraverso la procedura d'assegnazione della domanda di mobilità al grafo è stato ottenuto, dunque, un insieme d'indicazioni attinenti le condizioni quantitative del traffico.

I risultati delle analisi sono sintetizzati nella tabella riportata nella pagina seguente, che per ogni scenario mostra i seguenti indicatori, con riferimento al modo di trasporto (totale, privato, pubblico ed intermodale):

- Spostamenti assegnati;
- Tempo e velocità medi di spostamento;
- Diversione modale (percentuale di utenti che utilizzano il mezzo pubblico);
- Carichi sulla rete metropolitana, con riferimento sia alla linea esistente (rossa), sia alla linea specifica di scenario;
- Emissioni di CO, NO<sub>x</sub> e consumo di energia, per la modalità di trasporto privato.

I dati di Tabella 5.1 mostrano che non tutte le configurazioni di rete analizzate presentano una adeguata attrattività del sistema. Tale sintetica analisi risulta evidente se si analizzano i dati di flusso orario monodirezionali per la linea rossa (struttura esistente ed in fase di potenziamento, che risulta comunque l'elemento base del sistema) ed i passeggeri complessivi stimati per l'intera rete.

Analizzando gli scenari caratteristici delle singole linee (escluso quindi lo Scenario 8 comprendente tutte le linee), lo scenario più attrattivo risulta essere il 2b, per il quale si osserva un notevole incremento dei passeggeri della linea rossa superiore al 60%, raggiungendo un carico massimo orario di 3.197 passeggeri, per il quale i tradizionali riferimenti di letteratura consigliano la realizzazione di una linea tranviaria (3000 passeggeri/h, Regione Autonoma della Sardegna, 2008). Anche lo scenario 8, in cui si ipotizza la realizzazione dell'intera rete mostra comunque valori di flusso massimo superiori ai 3000 passeggeri/ora. Significativi sono anche i risultati degli scenari in cui è compreso l'anello centrale costituito dai prolungamenti delle linee Rossa (Repubblica - Piazza Matteotti), Verde (Vesalio - Ospedale Brotzu) e Marrone (Ospedale Brotzu - Piazza Matteotti): infatti la penetrazione delle linee di metropolitana leggera nell'area centrale e l'interconnessione con la rete ferroviaria (stazione RFI Cagliari - Piazza Matteotti) portano il carico massimo sulla linea Rossa a quasi 6 mila unità ed i passeggeri trasportati sull'intera rete a oltre 9 mila unità.

**Tabella 5.1: Risultati Scenari Metropolitana**

Indicatore	Vettore		Scen. 0	Scen. 1	Scen. 2	Scen. 2a	Scen. 2b	Scen. 2c	Scen. 3	Scen. 4	Scen. 5	Scen. 6	Scen. 7	Scen. 8	Scen. AC1	Scen. AC2
Spostamenti assegnati	totale	unità	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170	96.170
	privato	unità	65.440	64.680	63.660	64.640	63.930	65.410	64.620	64.680	64.670	64.670	64.670	63.610	63.470	63.480
	pubblico	unità	29.560	30.360	31.210	30.380	31.030	29.570	30.350	30.360	30.360	30.360	30.360	31.200	31.350	31.340
	multimodali	unità	1.181	1.144	1.310	1.168	1.221	1.202	1.210	1.144	1.145	1.153	1.154	1.371	1.357	1.358
Tempo medio di spostamento	totale	h	0,538	0,546	0,538	0,546	0,543	0,537	0,547	0,546	0,546	0,546	0,546	0,549	0,542	0,543
	privato	h	0,208	0,206	0,203	0,206	0,204	0,208	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206	0,204	0,203	0,203
	pubblico	h	1,234	1,241	1,190	1,240	1,211	1,231	1,241	1,241	1,241	1,241	1,241	1,220	1,197	1,197
	multimodali	h	1,341	1,344	1,222	1,341	1,289	1,348	1,326	1,344	1,344	1,341	1,343	1,261	1,276	1,275
Velocità media di spostamento	totale	km/h	15,75	15,54	15,55	15,58	15,37	15,78	15,52	15,54	15,53	15,58	15,54	15,30	16,14	16,12
	privato	km/h	32,72	32,49	32,21	32,48	32,28	32,72	32,47	32,49	32,48	32,48	32,48	32,28	32,23	32,23
	pubblico	km/h	9,32	9,46	9,64	9,53	9,42	9,36	9,46	9,46	9,45	9,52	9,46	9,45	10,58	10,56
	multimodali	km/h	17,84	17,84	17,94	17,81	17,41	17,86	17,49	17,84	17,83	17,83	17,79	16,84	16,78	16,77
Split modale	pubblico	%	45,01	46,86	47,82	47,08	47,37	45,18	46,89	46,86	46,81	47,01	46,89	47,52	50,16	50,11
Emissioni di CO		g/s	587,33	567,89	567,18	567,17	568,88	586,42	567,53	567,89	567,89	567,76	567,70	547,51	541,83	541,98
Emissioni di NOx		g/s	151,84	147,81	147,70	147,70	148,26	151,68	147,63	147,81	147,81	147,79	147,78	143,61	142,58	142,61
Consumo di energia		kJ/s	694.538	676.286	675.799	675.787	678.435	693.827	675.410	676.286	676.265	676.185	676.156	657.350	652.715	652.835
<b>Carichi sulla rete metropolitana</b>																
Carico massimo sulla linea Rossa		unità	1.957	2.534	2.938	2.942	3.197	2.480	2.560	2.534	2.534	2.951	2.562	3.095	5.971	5.973
Carico passeggeri su Rete Complessiva		unità	4.400	5.325	6.141	6.149	7.374	5.212	5.239	5.325	6.321	5.887	5.392	8.414	9.673	9.505



Le indagini trasportistiche hanno permesso di selezionare la priorità di realizzazione delle rimanenti linee di metropolitana leggera previste dallo Studio CIREM e le varie opzioni di completamento della rete per la penetrazione del nuovo sistema di trasporto nel centro cittadino.

Per effettuare tale selezione, sono stati considerati i seguenti parametri di valutazione:

- Diminuzione del numero di veicoli privati in circolazione nell'area di studio ( $\Delta VP$ );
- Incremento del numero di passeggeri trasportati sulla rete di metropolitana leggera ( $\Delta PT$ );
- Diminuzione del tempo medio di spostamento per gli utenti del trasporto pubblico ( $\Delta TS$ ).

Dalle simulazioni di tipo trasportistico - i cui risultati sono riepilogati nella Tabella 5.1 - le linee di metropolitana leggera che contribuiscono maggiormente agli obiettivi di cui sopra sono:

- la Linea Verde (Vesalio – Fiume) e la sua diramazione Vesalio – Pitz'e Serra, inserite nello Scenario 2b, per il quale  $\Delta VP = 1,2\%$ ,  $\Delta PT = 38,5\%$  e  $\Delta TS = 2,4\%$ ;
- la Linea Verde (Vesalio – Fiume), inserita nello Scenario 2, per il quale  $\Delta VP = 1,6\%$ ,  $\Delta PT = 15,3\%$  e  $\Delta TS = 4,1\%$ ;
- la Linea Verde (limitata al tratto Vesalio – Delle Serre) e la Linea Selargius (Delle Serre – Pietro Nenni), inserite nello Scenario 6, per il quale  $\Delta PT = 18,7\%$  e gli altri parametri non assumono valori significativi.

Tali linee rispondono anche all'esigenza di realizzazione di nuove tratte che siano contigue a quelle in esercizio, in corso di realizzazione ed in corso di progettazione, per consentire:

- da un lato lo sfruttamento dell'effetto rete (ciascuna linea aggiuntiva legata alla rete esistente apporta vantaggi all'intera rete in misura maggiore ai vantaggi che apporterebbe se isolata);
- dall'altro l'interoperabilità dei veicoli e l'interconnessione delle linee (possibilità di modulazione del servizio tra le diverse linee e utilizzo di strutture comuni per le funzioni di manutenzione, riparazione, lavaggio e ricovero dei veicoli).

Nel seguito, oltre agli scenari che contengono le linee appena citate, saranno considerati gli scenari:

- Scenario 8: Scenario di Base + tutte le altre linee inserite nello studio CIREM ( $\Delta VP = 1,7\%$ ,  $\Delta PT = 58,0\%$  e  $\Delta TS = 1,7\%$ );
- Scenario AC2: Scenario di Base + prolungamento linea Rossa + linea Verde + Diramazione B Linea Verde + prolungamento linea Verde Vesalio - Cornalias Brotzu + linea Marrone (Quadrifoglio - Cornalias Brotzu) + prolungamento linea Marrone (Cornalias Brotzu - Piazza Matteotti), per il quale  $\Delta VP = 1,9\%$ ,  $\Delta PT = 78,5\%$  e  $\Delta TS = 3,5\%$ .

Come indicato nel Capitolo 6 del Rapporto “Analisi Propedeutiche e Alternative di Progetto” (Doc. No. 09-012-H1), si sottolinea che in sede di eventuali sviluppi progettuali del sistema di linee di metropolitana leggera, dovrà essere svolto uno **studio di revisione della rete automobilistica** al fine di incrementare la diversione modale verso il nuovo sistema di trasporto. Nel modello di simulazione sviluppato per il presente Studio di Fattibilità è stata assunta l’ipotesi semplificativa di riduzione dell’offerta (per il vettore automobilistico) per le linee di trasporto pubblico in sovrapposizione con le nuove linee di metropolitana leggera e l’inserimento di archi di interscambio tra le linee di metropolitana e le tradizionali linee di superficie.

## 6 LE TECNOLOGIE PER LA RETE DI METROPOLITANA LEGGERA<sup>5</sup>

Una parte dell'Attività "Fattibilità tecnica" della Fase B è stata dedicata specificamente all'analisi dei sistemi di trasporto che potrebbero essere utilizzati per la realizzazione della rete di metropolitana leggera dell'Area Vasta di Cagliari: l'attenzione è stata focalizzata sui sistemi in sede propria a guida automatica e sulle tipologie di sistemi di trasporto in uso presso altre aree urbane, scelte a livello europeo, aventi caratteristiche analoghe al caso di Cagliari (tram, metrotramvie, tram-treno, ecc.).

Come primo passo di preselezione si è deciso di scartare i sistemi appartenenti alla categoria Metro Transit, in base al fatto che la portata di riferimento è molto superiore a quella presente nell'ora di punta; generalmente il servizio richiesto è inferiore, quindi, negli orari dove sono necessarie portate minori, la frequenza del sistema risulterebbe troppo bassa con intervalli di attesa elevati con conseguente decadimento della qualità del servizio; con questa configurazione gli utenti potrebbero preferire sistemi alternativi a questo:

Inoltre, considerati i programmi già approvati di evoluzione della rete di linee di metropolitana leggera, richiamati in precedenza, appare evidente che l'estensione della rete deve comprendere anche soluzioni tecnologiche e veicolari interoperabili con quelle esistenti. E' opportuno quindi che le estensioni della metropolitana leggera utilizzino veicoli tramviari classici.

Riguardo a quest'ultime tipologie occorre sottolineare che le **moderne tranvie su ferro** sono un sistema di trasporto a guida vincolata in sede superficiale (riservata e promiscua), che rispetto alla tranvia tradizionale consente velocità commerciali e portate superiori grazie ad adeguati provvedimenti di protezione della sede, atti a ridurre le interferenze del sistema con il restante traffico veicolare e pedonale. Il mercato settoriale è stato caratterizzato negli ultimi anni da politiche di concentrazione industriale in pochi gruppi di costruttori (Alstom, Ansaldo, Bombardier, CAF e Siemens).

Tra i sistemi di trasporto più innovativi vi sono invece i **veicoli su gomma a via guidata**. Essi sono spesso denominati "sistemi intermedi", per via delle loro caratteristiche tecnologiche affini rispetto tanto alle filovie quanto alle tranvie. Il concetto di tram su gomma è molto recente e nasce dall'idea di adottare un mezzo flessibile e reversibile, che funzioni prevalentemente in modalità vincolata (con evidenti vantaggi in termini di affidabilità di esercizio, di precisione e di minimizzazione dell'ingombro della via di corsa), ma che, all'occorrenza, possa avere un funzionamento in sede promiscua e, talora, con alimentazione autonoma (per esempio con una propria trazione non alimentata da catenaria ma da batterie di accumulo). Il tipo di vincolo dei tram su gomma presenti sul mercato a livello internazionale ne caratterizza e identifica in maniera specifica il singolo prodotto. In quest'ottica, possono essere segnalati quattro sistemi principali: **Phileas** (prodotto da APS), a guida magnetica; **GLT** (prodotto da Bombardier), a guida meccanica mediante rotaia centrale; **Civis** (prodotto da Irisbus), a guida ottica; **TransLohr** (prodotto da Lohr), a guida meccanica mediante rotaia centrale.

---

<sup>5</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H2 rev.1 - Capitolo 2 "Analisi della Domanda di Trasporto Attuale"

## 7 BENEFICI SUL TRAFFICO E SULL'AMBIENTE<sup>6</sup>

Nello Studio è stata valutata la desiderabilità sociale dei diversi scenari esaminati nel capitolo della sostenibilità economica attraverso l'Analisi Costi Benefici (ACB). In linea di massima gli scenari sono stati composti sulla base di considerazioni sui livelli di domanda attivata, in grado quindi di garantire una potenziale giustificazione dell'investimento. Ai fini della valutazione sono stati presi in esame i costi di investimento, i costi di gestione ed i benefici economici. Questi ultimi consistono principalmente:

- nella **riduzione dei livelli di traffico** – dei veicoli privati soprattutto – che comporta nell'area una minore congestione e, di conseguenza, maggiori velocità di percorrenza. Sul piano economico ciò si traduce in un risparmio di tempo: la maggiore disponibilità di tempo della collettività per effetto della minore congestione veicolare si traduce in maggiore e potenziale capacità di produzione di valore aggiunto che dovrebbe compensare parte dei costi sostenuti per l'infrastruttura;
- nella **riduzione dei livelli di incidentalità**: minori incidenti stradali si traducono in minori danni alle persone – che anche in questo caso producono, attraverso il lavoro, reddito che alimenta il sistema economico – e in minori danni alle cose;
- nella **riduzione delle emissioni inquinanti**, grazie ai minori livelli di congestione del traffico, che contribuiscono ad un innalzamento della qualità della vita.

Per valutare gli effetti sull'ambiente del nuovo sistema di trasporto pubblico, si è utilizzato il modello di simulazione DAPATM che permette di determinare le emissioni dei principali inquinanti e che opera considerando:

- parametri trasportistici (flussi, velocità, code, etc.) misurati direttamente o calcolati, come nello specifico, dal modello di assegnazione del traffico veicolare MTCP;
- database delle emissioni (CORINAIR);
- configurazione della struttura urbana.

I valori di emissione, ottenuti come somma dei contributi di tutte le categorie di veicoli componenti il parco veicolare rappresentativo dell'area di indagine, suddivisi secondo il totale dei privati e dei pubblici, vengono registrati in un file in cui le emissioni sono espresse in g/s/arco e l'energia in "energia equivalente" espressa in kJ/s/arco.

---

<sup>6</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H3 rev.4 - Capitolo 11 "Convenienza Economico-Sociale"

## **8 LA COMPATIBILITÀ CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE<sup>7</sup>**

Sono stati raccolti e analizzati i principali strumenti di pianificazione/programmazione territoriale e di settore. In particolare sono stati presi in considerazione:

- Piano Paesaggistico Regionale, istituito con la Legge Regionale 25 novembre 2004, n° 8, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n° 36/7 del 5 settembre 2006 e reso attivo con il Decreto del Presidente della Regione 7 settembre 2006, n. 82 (pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna BURAS - Anno 58° - Numero 30 - 8 settembre 2006);
- Piano Urbanistico Provinciale / Piano Territoriale di Coordinamento, approvato nella seduta pubblica del 19 dicembre 2002 con delibera del Consiglio Provinciale n° 133/2002.

I documenti sopracitati, in particolare il Piano Urbanistico Provinciale / Piano Territoriale di Coordinamento, confermano che lo sviluppo del territorio provinciale è fortemente caratterizzato da una crescente esigenza di mobilità. La domanda di trasporto che ne deriva discende dalla dimensione e dalla localizzazione degli insediamenti residenziali, produttivi e di servizio, dall'espansione economica, nonché dal movimento demografico. Nella Provincia di Cagliari l'espansione e la trasformazione del sistema dei trasporti e la realizzazione delle infrastrutture di comunicazione è avvenuta più a seguito di esigenze e di richieste settoriali e frammentate che in funzione di una complessiva pianificazione del territorio. Da ciò nasce la necessità di adeguare il sistema dei trasporti alle situazioni ambientali e storico-culturali del territorio. Le scelte trasportistiche andranno perciò considerate all'interno di un progetto complessivo del territorio che nello stesso tempo tenda a razionalizzare e consolidare i corridoi della grande mobilità e contribuisca a rafforzare l'accessibilità alle aree dello spopolamento.

Il sistema della viabilità e delle comunicazioni nel territorio provinciale deve, da un lato, favorire l'accessibilità alle aree maggiormente urbanizzate e ai principali nodi sede di servizi superiori di trasporto; dall'altra, creare nuove opportunità di comunicazione e favorire lo sviluppo di condizioni di indifferenza localizzativa.

Si rimanda all'Appendice E del Rapporto Doc. No. 09-012-H3 rev. 4 per i dettagli relativi ai documenti di pianificazione territoriale su scala regionale e provinciale sopra citati.

---

<sup>7</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H3 rev.4 - Capitolo 9 "Compatibilità Ambientale"

## 9 RISULTATI ECONOMICI E FINANZIARI<sup>8</sup>

Tutti gli scenari infrastrutturali descritti al Capitolo 4 sono stati sottoposti ad analisi di sostenibilità finanziaria e di convenienza economica. Per ciascuno di essi sono stati stimati i costi di investimento, di gestione, i ricavi finanziari, i benefici economici, i tassi di rendimento economico e finanziario.

L'analisi di sostenibilità finanziaria ha consentito di valutare:

- la **solvibilità** di ciascuna alternativa di intervento, la capacità cioè che i flussi monetari in entrata siano di entità tale da assicurare nel tempo una adeguata copertura delle uscite (verifica di sostenibilità finanziaria);
- il **rendimento finanziario del progetto**, la capacità cioè del flusso di entrate generate dal progetto di coprire il valore dell'investimento indipendentemente dalle modalità di finanziamento;
- il **rendimento finanziario delle fonti di finanziamento**, la capacità cioè del flusso di entrate generate dal progetto di garantire un rendimento finanziario rispetto alle fonti di finanziamento utilizzate.

Per ciascuno scenario è stato possibile verificare che alle condizioni di mercato, **i rientri derivanti dal pagamento delle tariffe di trasporto da parte dell'utenza, non sono sufficienti a garantire un flusso di cassa tale da remunerare i fattori produttivi: gli introiti oltre a non assicurare la copertura dei costi annui di gestione, non consentono di ammortizzare nel tempo le spese di investimento.**

Affinché sia possibile rendere finanziariamente sostenibile una delle diverse configurazioni infrastrutturali, oltre ai contributi in conto capitale determinanti per la realizzazione, occorrono contributi che consentano all'Ente Gestore di coprire i costi di gestione. Tali contributi sono di entità differente, da scenario a scenario, per effetto dei livelli di domanda soddisfatta e dei costi di investimento associati alle specifiche realizzazioni infrastrutturali.

Pertanto la scelta della **configurazione infrastrutturale ottimale** è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- rendimento economico del progetto;
- estensione territoriale ottimale della metropolitana rispetto alla domanda di trasporto.

Il primo criterio di scelta riguarda la convenienza economica dell'intervento, ovvero la desiderabilità sociale delle differenti configurazioni infrastrutturali esaminate. E' evidente che lo scenario con le performance economiche più elevate è anche il più desiderabile: il sacrificio espresso dall'investimento viene più che bilanciato dai benefici che la collettività ottiene a seguito dell'intervento. Tuttavia tale criterio va integrato con riflessioni sulla estensione ottimale della metropolitana: non si può prescindere cioè dalle preferenze del decisore pubblico che intende creare un sistema metropolitano esteso e capillare. Il secondo criterio in altri termini deve poter consentire di selezionare lo scenario che pur presentando

---

<sup>8</sup> Rapporto Doc. No. 09-012-H3 rev.4 - Capitolo 10 "Sostenibilità Finanziaria" e Capitolo 11 "Sostenibilità economica"

un rendimento economico positivo, possa al contempo garantire una estensione non limitata ai contesti caratterizzati da più elevati livelli di domanda.

L'analisi presentata nel corso della Fase B di questo studio **ha consentito di selezionare lo Scenario AC2<sup>9</sup>** (Figura 4.2) **tra tutti gli scenari proposti**. Benchè fossero stati studiati scenari economicamente più appetibili (Scenario 2<sup>10</sup> e Scenario 2b<sup>11</sup>), ma territorialmente circoscritti a porzioni molto limitate di territorio, ragioni di opportunità legate alla necessità di assicurare la copertura di un territorio più vasto rispetto al contesto in cui insistono tali scenari, hanno suggerito di approfondire la sostenibilità economica e finanziaria per una combinazione di interventi infrastrutturali più articolata e diffusa sul territorio. Tale combinazione più costosa e impegnativa rispetto alle altre - rappresentata concettualmente dallo Scenario AC2 - ha evidenziato una desiderabilità sociale positiva.

Perché l'intera operazione possa essere realizzata e possa durare nel tempo occorrono risorse pubbliche in conto capitale a finanziamento dell'investimento e risorse in conto gestione, a copertura dei costi operativi.

Il fabbisogno di risorse annue a titolo di gestione è stato quantificato in 4,8 -5 M€l'anno e raggiunge i 6 M€in occasione delle manutenzioni periodiche. E' evidente quindi come il servizio di trasporto non presenti una particolare capacità attrattiva nei confronti di operatori privati.

#### **Considerazioni sulla realizzazione**

In considerazione delle risorse finanziarie disponibili e della volontà della Regione espressa in diversi documenti ufficiali tra cui l'Accordo di Programma tra Regione Autonoma della Sardegna Provincia di Cagliari Comuni di Cagliari, Elmas, Maracalagonis, Monserrato, Quartu Sant'elena, Quartucciu, Selargius, Sestu, Settimo San Pietro, Sinnai del 23 maggio 2008, e l'Atto Aggiuntivo all'Intesa Generale Quadro<sup>12</sup>, **si propone di finanziare la realizzazione dell'infrastruttura attraverso risorse esclusivamente pubbliche.**

Ciascuna alternativa progettuale non presenta livelli di "appetibilità" tali da attrarre eventuali investitori privati, per cui se ne sconsiglia la realizzazione attraverso le tecniche di project financing.

---

<sup>9</sup> Lo Scenario Anello Centrale 2 comprende le linee previste dall'ipotesi di base del "Progetto Preliminare di un sistema di metropolitana di superficie per l'Area Vasta di Cagliari", elaborato dal CIREM (CIREM, 2008), eccetto:

- Linea Verde diramazione A (Fiume – Lussemburgo),
- Linea Poetto (Poetto 1 – Poetto 11),
- Linea Gialla (Quadrifoglio – Sestu Centro),
- Linea Azzurra (tratto compreso tra Quadrifoglio e Policlinico),
- Linea Selargius (Le Vele – Mogoro),
- Linea Quartucciu (Delle Serre – Pietro Nenni);

e comprende i seguenti prolungamenti, contenuti nelle ipotesi di Scenari Futuri del Progetto CIREM:

- Linea Rossa da Repubblica a Piazza Matteotti,
- Linea Verde da Vesalio a Cornalias Brotzu,
- Linea Marrone da Cornalias Brotzu a Piazza Matteotti.

<sup>10</sup> Scenario 2: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume)

<sup>11</sup> Scenario 2b: Scenario di Base + Linea Verde (Vesalio – Fiume) + Diramazione B Linea Verde (Fiume – Pitz'e Serra)

<sup>12</sup> Nel mese di ottobre del 2009 è stato sottoscritto tra il Governo Italiano e la Regione Sardegna l'Atto Aggiuntivo all'Intesa Generale Quadro per l'Integrazione del Programma delle Infrastrutture Strategiche.

Le risorse finanziarie per la realizzazione dell'investimento possono essere attinte all'interno dell'Asse 5 "Sviluppo Urbano", obiettivo operativo 5.1.1. "Ottimizzare la mobilità sostenibile, la rete dei collegamenti e i servizi di accesso" del POR Sardegna 2007 – 2013 che prevede una capienza finanziaria di 306 M€ Per la Sardegna è previsto un tasso di cofinanziamento del 40% (cfr. tabella 6.2 del POR Sardegna). A queste risorse si possono aggiungere i 500 M€ destinati al sistema metropolitano di Area Vasta secondo l'Atto Aggiuntivo all'Intesa Generale Quadro.

Il costo finanziario complessivo della configurazione infrastrutturale rappresentata dallo scenario AC2, è pari a 341 M€

### **Considerazioni sul modello di gestione**

Al fine di garantire una maggiore efficienza ed efficacia all'intera rete dei servizi urbani si propone di riorganizzare / razionalizzare i percorsi delle linee su gomma affinché queste ultime svolgano un servizio di adduzione alla linea metropolitana e non di concorrenza. Tale riorganizzazione non è stata inserita nell'analisi di fattibilità sia per motivi prudenziali in quanto garantisce "sicurezza dell'analisi" sia perché il riassetto complessivo dei servizi su gomma richiede comunque una analisi molto approfondita da parte dei diversi soggetti interessati (gestori e amministrazioni locali).

A titolo indicativo e non esaustivo nello studio è stata proposta una ipotesi di riassetto/razionalizzazione dei servizi finalizzata a tracciare una traiettoria che vada verso un approccio di adduzione alla nuova infrastruttura.

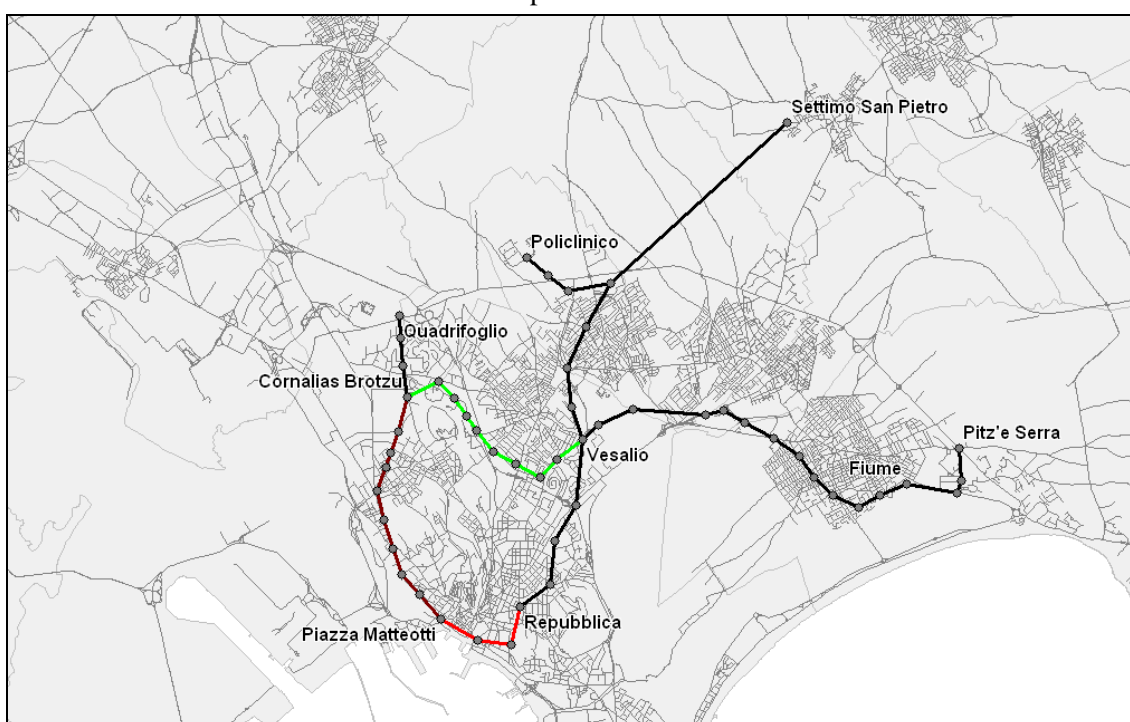
Le ipotesi di revisione delle linee vanno nella direzione di consentire un risparmio dei costi di gestione, evitando sovrapposizioni nell'offerta dei servizi di trasporto. E' evidente che tali ipotesi vadano perseguite dopo un'attenta analisi dell'intera offerta di trasporto e di concerto con gli attuali gestori. L'ipotesi potrebbe essere quella di selezionare il servizio ottimale che minimizzi i costi complessivi di spostamento dell'utenza.

A conclusione sarebbe auspicabile la riunificazione di tutti i servizi sotto un unico ente di gestione in grado di ottimizzare i costi, ottimizzando al contempo la copertura territoriale del servizio su gomma che, si ripete, deve fungere da servizio di adduzione verso la nuova infrastruttura.



## 10 CONCLUSIONI

L'analisi presentata nel corso della Fase B di questo studio di fattibilità **ha consentito di selezionare lo Scenario AC2** tra tutti gli scenari proposti. Benchè fossero stati studiati scenari economicamente più appetibili, ma territorialmente circoscritti a porzioni molto limitate di territorio, ragioni di opportunità legate alla necessità di assicurare la copertura di un territorio più vasto rispetto al contesto in cui insistono tali scenari, hanno suggerito di approfondire la sostenibilità economica e finanziaria per una combinazione di interventi infrastrutturali più articolata e diffusa sul territorio. Tale combinazione più costosa e impegnativa rispetto alle altre - rappresentata concettualmente dallo Scenario AC2 - ha evidenziato una desiderabilità sociale positiva.



**Figura 10.1: Schematizzazione dello Scenario Anello Centrale 2 (AC2)**

Ribadendo quanto espresso in precedenza, per tutti gli scenari esaminati, compreso lo scenario prescelto è stato possibile verificare che alle condizioni di mercato, **i rientri derivanti dal pagamento delle tariffe di trasporto da parte dell'utenza, non sono sufficienti a garantire un flusso di cassa tale da remunerare i fattori produttivi**: gli introiti oltre a non assicurare la copertura dei costi annui di gestione, non consentono di ammortizzare nel tempo le spese di investimento.

Affinché sia possibile rendere finanziariamente sostenibile la configurazione infrastrutturale prescelta, oltre ai contributi in conto capitale determinanti per la realizzazione, occorrono contributi che consentano all'Ente Gestore di coprire i costi di gestione.

Per la copertura dei costi di realizzazione – stimati pari a 341 M€- si propone di attingere risorse all'interno dell'Asse 5 "Sviluppo Urbano", obiettivo operativo 5.1.1. "Ottimizzare la mobilità sostenibile, la rete dei collegamenti e i servizi di accesso" del POR Sardegna 2007 –

2013. Ad integrazione delle risorse comunitarie si possono aggiungere i 500 M€ destinati al sistema metropolitano di Area Vasta secondo l'Atto Aggiuntivo all'Intesa Generale Quadro per l'Integrazione del Programma delle Infrastrutture Strategiche sottoscritto tra il Governo Italiano e la Regione Sardegna nel mese di ottobre del 2009.

I fabbisogni annui di gestione del servizio sono stati quantificati mediamente in 4,8 -5 M€ l'anno e raggiungono i 6 M€ in occasione delle manutenzioni periodiche. La Legge Regionale n. 21 del 7 dicembre 2005 che disciplina il Trasporto Pubblico Locale in Sardegna, all'art. 19 prevede che la Regione assuma a carico del proprio bilancio la copertura degli oneri annuali di esercizio corrispondenti al livello dei servizi minimi.

La realizzazione dell'investimento produce benefici per la collettività che consistono principalmente:

- nella riduzione dei livelli di traffico – dei veicoli privati soprattutto – che comporta nell'area una minore congestione e, di conseguenza, maggiori velocità di percorrenza. Sul piano economico ciò si traduce in un risparmio di tempo: la maggiore disponibilità di tempo della collettività per effetto della minore congestione veicolare si traduce in maggiore e potenziale capacità di produzione di valore aggiunto che dovrebbe compensare parte dei costi sostenuti per l'infrastruttura;
- nella riduzione dei livelli di incidentalità: minori incidenti stradali si traducono in minori danni alle persone – che anche in questo caso producono, attraverso il lavoro, reddito che alimenta il sistema economico – e in minori danni alle cose;
- nella riduzione delle emissioni inquinanti, grazie ai minori livelli di congestione del traffico, che contribuiscono ad un innalzamento della qualità della vita;
- nell'aumento dei livelli di accessibilità nell'area vasta di Cagliari determinando impatti economici positivi sul sistema economico locale. Tale evidenza in genere si manifesta inizialmente con una maggiore natalità delle imprese. Un maggiore numero di imprese si traduce in maggiori livelli di valore aggiunto prodotto nell'area di studio;
- nell'aumento dei livelli di occupazione: direttamente per effetto della costruzione e gestione dell'opera e indirettamente per effetto dell'incremento della natalità delle imprese conseguente alla maggiore accessibilità;
- nei cambiamenti nell'uso del territorio. E' prevedibile che i valori immobiliari e fondiari subiscano un incremento, immediatamente dopo la realizzazione dell'infrastruttura nelle zone prossime al passaggio della metropolitana determinando una riallocazione territoriale delle attività produttive e non;
- in un migliore riequilibrio modale a vantaggio del mezzo pubblico. Tale evenienza si manifesterà successivamente alla realizzazione dell'infrastruttura e nell'eventualità che le amministrazioni comunali interessate dal servizio di trasporto applichino politiche di disincentivazione all'uso dell'auto;
- in una migliore integrazione dell'intera rete infrastrutturale, concepita in modo da risultare integrata al sistema ferroviario esistente delle Ferrovie della Sardegna.

Affinché tutto ciò avvenga occorre:

- garantire una maggiore efficienza ed efficacia all'intera rete dei servizi urbani attraverso una riorganizzazione / razionalizzazione dei percorsi delle linee su gomma affinché queste ultime svolgano un servizio di adduzione alla linea metropolitana e non di concorrenza. Tale riorganizzazione non è stata inserita nell'analisi di fattibilità sia per motivi prudenziali in quanto garantisce "sicurezza dell'analisi" sia perché il riassetto complessivo dei servizi su gomma richiede comunque una analisi molto approfondita da parte dei diversi soggetti interessati (gestori e amministrazioni locali);
- che le ipotesi di revisione delle linee vadano nella direzione di consentire un risparmio dei costi di gestione, evitando sovrapposizioni nell'offerta dei servizi di trasporto.

In conclusione sarebbe auspicabile la riunificazione di tutti i servizi sotto un unico ente di gestione in grado di ottimizzare i costi, ottimizzando al contempo la copertura territoriale del servizio su gomma che, si ripete, deve fungere da servizio di adduzione verso la nuova infrastruttura.

CLB/FLM:plp