

COMMITTENTE



COMUNE DI PALERMO
AREA INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

PROGETTISTA

ATI:



(Capogruppo Mandataria)



DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTE

METROPOLITANA AUTOMATICA LEGGERA DELLA CITTA' DI
PALERMO
PRIMA LINEA
TRATTA FUNZIONALE ORETO/NOTARBARTOLO
PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATI GENERALI
STUDIO TRASPORTISTICO

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	NOME FILE
MPA1	PP	GPR	INRT02	4	-	GPR_INRT02_4.doc

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	
4	MARZO 2014	AGGIORNAMENTO A SEGUITO OSSERVAZIONI DAL MINISTERO	Rossi	Pesce	Checchi	Checchi	PROGETTISTA
3	APRILE 2013	AGGIORNAMENTO STUDIO TRASPORTISTICO E ANALISI C.B.	Rossi	Pesce	Checchi	Checchi	
2	SETT. 2006	REVISIONE GENERALE	Galletti/Rossi	Pesce	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	
1	AGOSTO 2006	AGGIORNAMENTO DATA DI CONSEGNA	Galletti/Rossi	Pesce	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	
0	MAGGIO 2006	EMISSIONE ELABORATI OPERE CIVILI	Galletti/Rossi	Pesce	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

1	Premessa.....	2
2	Scopi e obiettivi dello studio trasportistico	3
3	Metodologia operativa.....	4
4	Stima della domanda di mobilità	5
4.1	Previsione della domanda nello scenario di progetto	7
5	L'offerta di trasporto	9
5.1	Il grafo di offerta della rete del trasporto privato	9
5.1.1	Il grafo di offerta della rete del trasporto pubblico.....	11
5.1.1.1	Stato Attuale	11
5.1.1.2	Stato di Progetto	12
6	Interazione domanda offerta	14
6.1	Assegnazione alla rete di trasporto pubblico – stato di progetto 2021 -2031	14
7	Conclusioni	25

ALLEGATI:

- Piano Generale del traffico urbano – Relazione Tecnica R.A. (relazione di analisi) febbraio 2010;
- Piano Generale del traffico urbano – Relazione Tecnica R.P. (relazione di progetto) febbraio 2010.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo. Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

1 PREMESSA

Con il presente studio trasportistico si è provveduto ad aggiornare le analisi sviluppate in sede di progetto preliminare della Metropolitana automatica leggera della Città di Palermo afferente alla tratta funzionale Oreto Notarbartolo.

Rispetto all'edizione precedente, datata agosto 2006, il comune di Palermo, di concerto con i tecnici incaricati, ha provveduto a redigere un nuovo Piano Urbano del Traffico in accordo con le linee programmatiche di governo della mobilità urbana.

Nello specifico dell'attività pianificatoria sviluppata il Comune di Palermo ha approvato i nuovi indirizzi attuativi per la redazione del Piano Urbano del traffico, le cui principali linee programmatiche sono così riassumibili:

- Istituzione di un osservatorio comunale sul traffico per la modellizzazione della interazione domanda offerta sulla rete, nonché la verifica preventiva degli effetti indotti sul contesto ambientale;
- La previsione e attuazione di interventi di "traffic calming", per ridurre l'incidentalità in ambito urbano per favorire la mobilità di utenti deboli, adeguare le velocità alle caratteristiche funzionali delle arterie urbane, garantire "efficiente accessibilità con modalità alternative all'auto propria (il trasporto pubblico deve essere fortemente concorrente al trasporto privato)".

Con quanto sopra premesso il Piano urbano del traffico è stato articolato in tre ambiti di intervento, rispetto ai quali si esplicitano le politiche attuative che l'Amministrazione intende concretizzare nell'ambito della progettualità del PGTU:

1. Accessibilità al centro storico ed alla zona centrale della città e riqualificazione di questi contesti urbani;
2. Sistema della mobilità della maglia urbana ed innalzamento del livello della sicurezza stradale;
3. trasporto pubblico locale.

I presupposti e gli indirizzi progettuali proposti dall'Amministrazione e contenuti nel PGTU hanno quindi radicalmente modificato le condizioni di base su cui si basavano le analisi trasportistiche sviluppate in sede di progetto preliminare, ponendo al centro le politiche di potenziamento del trasporto pubblico e di trasferimento crescente di aliquote della domanda di mobilità dal trasporto privato a quello pubblico.



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

2 SCOPI E OBIETTIVI DELLO STUDIO TRASPORTISTICO

Lo Studio del sistema di trasporto collettivo per la città di Palermo è finalizzato a verificare non solo la valenza del progetto di metropolitana leggera automatica, ma anche il complessivo disegno di ristrutturazione e sviluppo della rete di trasporto pubblico / collettivo nel rispetto dei seguenti indirizzi attuativi e pianificatori del PGTU 2010 (piano generale del traffico urbano – febbraio 2010 - Relazione tecnica - pag 9-10 – si vedano allegati):

- Centro Storico e zona centrale della città: **istituzione di Zone a Traffico Limitato** con la tariffazione degli accessi alle stesse, quale misura che si inserisce nelle strategie generali d'intervento per migliorare la mobilità urbana previste dalle "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani urbani del traffico" e più precisamente rappresenta una forma mediata di disincentivazione dell'uso dei veicoli a motore per il trasporto individuale privato attraverso l'intervento sulla domanda di mobilità; interventi di riqualificazione della penalità, tramite l'istituzione di un sistema espandibile di aree pedonali.
- Rete viaria e sicurezza stradale: razionalizzazione dei flussi veicolari attraverso piani d'intervento dei sensi unici e regolamentazione dei tempi di accesso con l'utilizzo dei semafori, eventualmente coordinati, riqualificazione ed espansione del Sistema di telecomando e telecontrollo degli impianti semaforici, adeguamento di nodi critici tramite la realizzazione di sistemazioni a rotatoria o la semaforizzazione;
- interventi sulla circonvallazione, atti a migliorarne i livelli di prestazione, sicurezza ed informazione all'utenza (tramite segnaletica di indirizzamento e pannelli a messaggio variabile), revisione della zonizzazione degli ambiti urbani da assoggettare a tariffazione della sosta, promozione delle zone 30;
- Trasporto Pubblico Locale: ottimizzazione del servizio, in maniera congruente anche con gli scenari, ormai prossimi, di avvio delle nuove linee metro-tranviarie valorizzazione dei parcheggi d'interscambio, anche con l'eventuale istituzione/riconfigurazione di linee dedicate, revisione strategica della localizzazione dei nodi di interscambio del trasporto pubblico, urbano e non, su gomma corsie preferenziali informazioni per l'utenza, attraverso l'uso di tecnologie telematiche.

Obiettivo del presente studio del traffico è quindi quello di implementare un modello di simulazione del trasporto pubblico che recepisce la ripartizione modale e sviluppasse le analisi quantitative, promosse in sede di redazione del PGTU 2010, segnatamente alla messa in esercizio degli indirizzi programmatici in esso contenuti (realizzazione ZTL, riassetto linee di trasporto pubblico, tariffazione della sosta, zone 30, ecc) e della realizzazione del primo lotto funzionale della metropolitana da Oreto a Notarbartolo.

3 METODOLOGIA OPERATIVA

Lo Studio è stato redatto implementando la medesima metodologia adotta per la redazione del PGTU del 2010, recependone i dati di input e le analisi quantitative sviluppate in sede di aggiornamento del modello di interazione domanda – offerta del trasporto privato e dei nuovi scenari di stima della ripartizione modale conseguente alle politiche di incentivazione del trasporto pubblico. Il comune di Palermo ha inoltre fornito la disponibilità all'utilizzo del software trasportistico MTMODEL, utilizzato per la modellizzazione del PGTU, consentendo di implementare un nuovo e specifico modello di interazione domanda offerta del trasporto pubblico.

In tale ottica si è pertanto provveduto a leggere e rappresentare la complessiva offerta di trasporto, aggiornata sia in termini di attuale articolazione dell'offerta di trasporto collettivo, sia in termini di trasporto privato allo stato di fatto delle condizioni di circolazione.

La stima dalle matrici di ripartizione modale degli spostamenti effettuati nella fascia oraria di punta del mattino (8.00-9.00) riferite alla situazione attuale (anno 2010), ha consentito di implementare i modelli di scelta del percorso e le simulazioni delle reti del trasporto privato e collettivo nello scenario attuale (stato di fatto 2010) ed in quello previsto rispetto a due distinti orizzonti temporali relativamente ai quali misurare gli effetti degli interventi previsti:

- lo scenario di progetto all'anno 2021 (ipotesi di entrata in esercizio);
- lo scenario di progetto a regime (anno 2031).



Figura 1: Rete del trasporto collettivo – simulazione stato di progetto ore 8:00 - 9:00



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

4 STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ

La domanda di un sistema di trasporto è il risultato delle scelte degli utenti del sistema. Essa viene espressa dalle matrici origine-destinazione i cui elementi rappresentano il numero di utenti, con assegnate caratteristiche socio-economiche, che si sposta tra ciascuna coppia di zone di origine e di destinazione (coppia O/D), in un assegnato periodo di riferimento, su ciascun modo/servizio di trasporto.

Lo studio, affrontato per valutare le variazioni della domanda di trasporto indotte dallo scenario di progetto della linea metro, ha assunto, come informazioni di base sulla domanda, quelle desunte dagli elaborati numerici e la base dati disponibili presso l'Amministrazione Comunale e relativi alla redazione del PGTU della città di Palermo.

A partire dalle matrici modali degli spostamenti effettuati nella fascia oraria di punta del mattino (8.00-9.00) riferite alla situazione attuale anno 2010, sono state condotte le valutazioni previsionali che hanno portato alla stima della matrice del trasporto pubblico nello scenario previsto di entrata in servizio della linea metro.

Per poter rappresentare la domanda attraverso le matrici O/D, il territorio comunale di Palermo è stato suddiviso in *zone di traffico* in cui si assume vengano generati e attratti gli spostamenti che interessano il sistema.

Le zone di traffico sono state individuate aggregando le particelle statistiche elementari delle sezioni censuarie; i confini delle zone sono stati definiti tenendo conto della densità insediativa, della omogeneità d'uso delle aree (commerciali, residenziali, di servizi) e delle connessioni alla rete stradale. Analogamente, i punti di confine posti lungo le strade di collegamento tra Palermo e l'area esterna sono stati rappresentati schematicamente con dei centroidi (esterni).

La domanda di mobilità che interessa il Comune di Palermo è stata schematizzata in:

- domanda *interna*, quando origine e destinazione del generico spostamento sono interne a Palermo (I-I);
- domanda *di scambio* con l'esterno, in ingresso se l'origine è esterna e la destinazione interna (E-I), in uscita nel caso opposto (I-E);
- domanda *di attraversamento* quando sia l'origine che la destinazione sono esterne al Comune di Palermo (E-E).

Tale rappresentazione della domanda è congruente con la struttura della matrice origine-destinazione riportata in Figura 2. Essa si compone di $213 \times 213 = 45.369$ elementi ed è riferita alle 200 *zone di traffico interne* cui sono da aggiungere i 13 *centroidi esterni*.

Per la stima degli elementi di questa matrice nei periodi di punta è stata sviluppata, nell'ambito della redazione del PGTU, una campagna di indagini (su strada, presso gli automobilisti in transito e a domicilio, presso le stazioni ferroviarie e i terminal delle autolinee extraurbane, presso le autolinee urbane, presso i residenti) finalizzata a definire, nei suoi elementi qualitativi e quantitativi, il sistema della domanda di mobilità di Palermo nello stato attuale.



Matrice OD	1 - 200	201 - 213
1 - 200	Spostamenti INTERNI (I-I)	Spostamenti in USCITA (I-E)
201 - 213	Spostamenti in INGRESSO (E-I)	Spostamenti di ATTRAVERSAMENTO (E-E)

Figura 2: Matrice O/D del Comune di Palermo - spostamenti interni, di scambio e di attraversamento

Il modello di domanda utilizzato per la simulazione della mobilità di trasporto nella città di Palermo è un modello ad “aliquote parziali”, un modello, cioè, che fornisce il flusso di domanda come prodotto del numero di spostamenti $d_o(s)$ emessi (attratti) per il motivo s dalla zona o nel periodo considerato (modello di generazione), per la frazione di tali spostamenti $p(d/os)$ che si reca alla destinazione d per il motivo s (modello di distribuzione), per la frazione di spostamenti $p(m/ods)$ che usa il modo m per recarsi in d per il motivo s (modello di scelta modale), per la frazione $p(k/mods)$ che utilizza il percorso k relativo al modo m per recarsi in d per il motivo s (modello di scelta del percorso):

$$d_{od}(s,m,k) = d_o(s) * p(d/os) * p(m/ods) * p(k/mods)$$

Il modello di scelta del percorso non è stato calibrato perché risulta dalla calibrazione aggregata dei modelli di assegnazione. Il sistema di modelli di aliquote parziali consente la stima della matrice origine - destinazione degli spostamenti interni all’area di studio per motivo e modo nelle due fasce orarie di riferimento (fasce orarie di punta).



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

La calibrazione dei modelli, condotta durante il PGTU, è stata eseguita utilizzando i parametri ottenuti dalle indagini su un opportuno campione della popolazione residente nell'area di studio. Di seguito si descrivono sinteticamente i principali dati sulla mobilità relativi al PGTU (2009-2010).

<i>Dati di mobilità relativi al PGTU del 2009</i>	
• Flusso di auto nell'ora di punta (7,30-8,30)	69.104
• spostamenti interni al territorio comunale	56.910
• spostamenti di scambio e di attraversamento	12.194
• Coefficiente medio di occupazione delle auto (persone/auto)	1,3
• Flusso di persone su auto nell'ora di punta (7,30-8,30)	74.000
• Flusso di passeggeri su mezzo pubblico su gomma interni al territorio comunale nell'ora di punta (7,30-8,30)	19.230
• Ripartizione modale degli spostamenti ^(*) interni al territorio comunale nell'ora di punta (7,30-8,30)	
• auto privata	80%
• mezzo pubblico	20%
• Flusso giornaliero di auto	898.352
• Flusso giornaliero di persone su auto	1.167.857

(fonte PGTU 2009-2010 – si vedano allegati)

4.1 PREVISIONE DELLA DOMANDA NELLO SCENARIO DI PROGETTO

Con specifico riferimento alle stime sviluppate per il PGTU 2010 si evidenzia che, riguardo ai possibili scenari ipotizzati con l'avvio delle ZTL, si produrranno significativi incrementi di passeggeri e utenti per il TPL.

Nel dettaglio il PGTU 2010 ha previsto, nelle due fasi di attuazione della ZTL, un incremento di passeggeri pari rispettivamente a 3.600 passeggeri/h con l'avvio della sola ZTL1 e 6.000 passeggeri/h con l'avvio di entrambe le due zone (ZTL1+ZTL2).

DIRETRICI	IPOT. ZTL1*	IPOT. ZTL1+ZTL2*
	maggiore richiesta [utenti/h]	maggiore richiesta [utenti/h]
Stazione Centrale - Politeama	900	1.600
Indipendenza - Politeama	400	600
Indipendenza - Stazione Centrale	500	600
Camporeale - Politeama	400	700
Lennon - Libertà	500	900
De Gasperi - Politeama	650	1.100
Strasburgo - Notarbartolo	100	250
Vergine Maria - Politeama	150	250
TOTALE	3.600	6.000

* dati riferiti al servizio invernale fascia diurna (07.00 – 20.00)

Tabella 1: incremento passeggeri sul TPL a seguito della istituzione delle ZTL1 e ZTL2 (fonte PGTU 2010 – Relazione R.P. – progetto febbraio 2010 – si vedano allegati)

La domanda totale di mobilità (ore 8:00 – 9:00), stimata nel PGTU 2010, nella situazione che prevede l'istituzione della ZTL1 e ZTL2 è pari a 121.295 utenti così ripartiti: utenti trasporto privato =91.468, utenti trasporto pubblico =29.827. La messa in esercizio della metropolitana leggera porterà ad una ulteriore ripartizione modale a favore del trasporto pubblico il cui volume di domanda salirà fino a **43.432** spostamenti ora di punta. Complessivamente la

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo. Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

nuova ripartizione modale sarà pari a **64.19%** su trasporto privato e **35.81%** su trasporto pubblico rispetto al totale degli spostamenti.

Dai risultati di tale analisi si desume, in conformità con gli studi pregressi, che la quota del volume di traffico, relativa alla fascia 8:00 – 9:00, è assumibile pari al 15% della portata sull'intera giornata.

Nella valutazione previsionale della domanda di trasporto collettivo relativa allo scenario di progetto, si è ritenuto opportuno articolare l'analisi della "domanda" sulla base di due distinti orizzonti temporali caratterizzati da trend evolutivi diversi.

Un primo scenario fino al 2021 (anno di ipotetica entrata in esercizio della linea metro) in cui si ritiene credibile stimare una sostanziale stazionarietà della domanda: dalle analisi sviluppate dal PGTU si osserva che a fronte di un calo demografico si registra comunque una crescita della motorizzazione e dei carichi veicolari su strada. Si può pertanto assumere una crescita della domanda di trasporto modesta e non superiore allo 0.5% fino al 2021.

Un secondo scenario dal 2021 al 2031 in cui si ritiene che con il sistema a regime l'effetto di "metropolizzazione" dell'area sia tale da consolidare un nuovo trend di crescita sia della popolazione residente sia della conseguente domanda di trasporto, che viene quantificato nell'1% fino al 2031.



5 L'OFFERTA DI TRASPORTO

Il sistema di offerta del trasporto pubblico e privato della città di Palermo è stato rappresentato mediante opportuni modelli di rete. In generale si definisce *rete* un grafo ai cui archi è associata una caratteristica quantitativa. I grafi, a loro volta, sono definiti come una coppia ordinata di insiemi: N , insieme di elementi detti *nod*i, ed L , insieme di coppie di nodi appartenenti ad N , detti *archi* o *rami*. Simbolicamente un grafo G può essere indicato come $G=(N,L)$. I nodi corrispondono ad eventi significativi che delimitano le fasi degli spostamenti (archi). I nodi possono corrispondere a punti di coordinate spaziali (luoghi) e/o temporali (istanti) diverse nei quali si svolgono gli eventi rappresentati dai nodi.

I modelli matematici dei sistemi di offerta hanno una duplice funzione. La prima è di consentire di simulare le prestazioni dei servizi di trasporto per gli utenti e gli impatti per l'ambiente esterno. La seconda funzione dei modelli di offerta è di partecipare, all'interno dei modelli di assegnazione, alla simulazione dei flussi che nel periodo di riferimento impegnano i diversi elementi del sistema di offerta.

5.1 IL GRAFO DI OFFERTA DELLA RETE DEL TRASPORTO PRIVATO

Per la modellazione della rete del trasporto privato è stato fatto riferimento al grafo di offerta della rete implementato in sede di redazione del PGTU 2010 (per gli approfondimenti si rimanda a "Relazione R.A." e "Relazione R.P." PGTU febbraio 2010 – si vedano allegati), attualmente in dotazione al Settore Mobilità e Traffico del Comune di Palermo che lo ha reso disponibile per il presente studio. Tale grafo è stato ulteriormente revisionato per verificare gli aggiornamenti riguardanti l'attuale sistema viario ed eventuali variazioni sugli assetti circolatori.

Per ogni arco del grafo sono state acquisite le seguenti caratteristiche.

a) Caratteristiche geometriche:

- lunghezza dell'arco;
- morfologia e dimensioni della sezione trasversale: larghezza media della carreggiata, numero di corsie per senso di marcia, larghezza delle corsie;
- pendenza media;
- tortuosità.

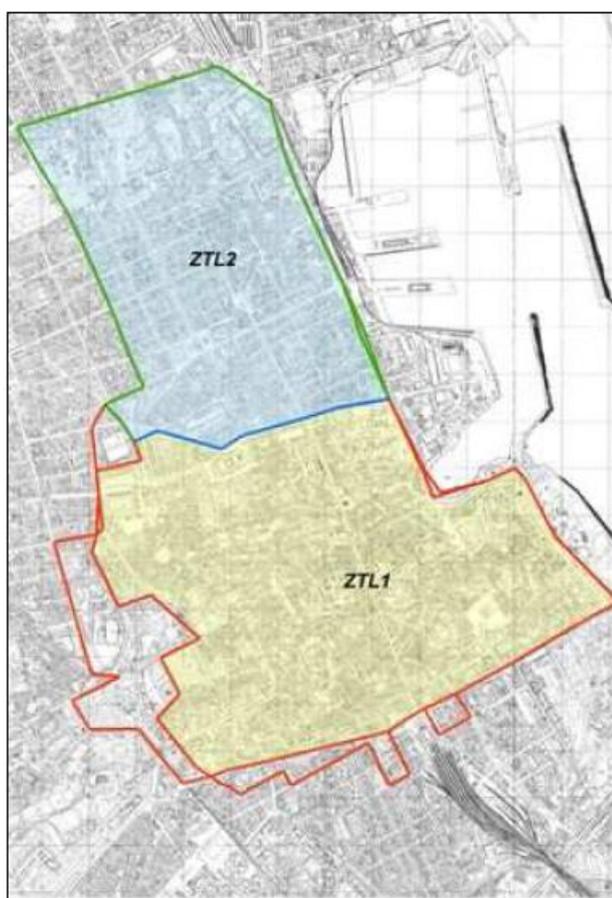
b) Caratteristiche funzionali:

- tipologia di strada;
- velocità media a flusso nullo;
- capacità;
- tipo di intersezione al nodo finale;
- grado di disturbo al deflusso determinato da fattori a margine;
- denominazione.

Infine si evidenzia che l'aggiornamento del grafo della rete stradale è stato eseguito

implementando gli scenari previsti dai seguenti indirizzi progettuali definiti dal PGU 2010:

1. **ISTITUZIONE DELLE ZONE A TRAFFICO LIMITATO.** Si prevede, un ampliamento della “ZTL Centrale”, riguardante l’area cittadina compresa tra il limite nord della ZTL 1 sino all’asse stradale Notarbartolo-Duca della Verdura. Il perimetro di tale area, che costituisce una nuova ZTL denominata “ZTL 2”, è delimitato dalle seguenti strade: Piazza XIII Vittime - Via Francesco Crispi - Piazza della Pace - Via Piano dell’Ucciardone - Piazza Carlo Giachery - Via Duca della Verdura - Via Emanuele Notarbartolo (tratto) - Via Piersanti Mattarella - Via Principe di Villafranca - Via Paolo Paternostro - Via Giovanni Amendola - Piazza S. Francesco di Paola - Via Pignatelli Aragona - Piazza Giuseppe Verdi - Via Camillo Cavour: La ZTL 1, la ZTL 2 ed il percorso perimetrale



2. IL CONTROLLO DEI TRANSITI NELLE CORSIE RISERVATE;
3. INTERVENTI DI RIORGANIZZAZIONE DEI MOVIMENTI DEI VEICOLI A MOTORE PRIVATI:
 - la separazione delle tipologie di traffico (transito, penetrazione/uscita, movimenti interni) su sedi ed itinerari alternativi o comunque scelti ed attrezzati per svolgere ogni specifico ruolo;
 - la fluidificazione della circolazione dei veicoli motorizzati, agendo sull’organizzazione delle intersezioni, sul razionale utilizzo delle sezioni stradali; sulla distribuzione dei flussi tra gli itinerari alternativi;



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

- interventi sul viale Regione Siciliana;
 - interventi per il miglioramento della segnaletica stradale.
4. INTERVENTI DI REGOLAMENTAZIONE DELLA SOSTA;
 5. INTERVENTI DI MODERAZIONE DEL TRAFFICO.

Per gli approfondimenti si rimanda a “Relazione R.A.” e “Relazione R.P” PGTU febbraio 2010.

5.1.1 Il grafo di offerta della rete del trasporto pubblico

L’offerta del trasporto pubblico è costituita dal servizio messo a disposizione degli utenti nella fascia oraria in esame. Il servizio è in pratica un insieme di linee di trasporto, ciascuna delle quali è caratterizzata da un percorso, una frequenza di servizio, dei tempi di viaggio predefiniti e una capacità di trasporto che dipende dai veicoli impiegati nel servizio.

5.1.1.1 Stato Attuale

L’offerta di trasporto pubblico di Palermo su autolinee urbane e su ferrovia è stata rappresentata mediante un opportuno modello di rete.

Nella rete di trasporto pubblico sono anche rappresentati gli archi di collegamento pedonale che consentono l’accesso alle fermate o stazioni e il trasbordo tra fermate e/o stazioni diverse.

La costruzione del modello di rete è avvenuta attraverso fasi successive:

- individuazione dei servizi;
- costruzione del grafo;
- definizione delle caratteristiche dei servizi.

Individuazione dei servizi di trasporto pubblico

Sono state considerate tutte le linee di trasporto pubblico AMAT che collegano le diverse zone di traffico dell’area interna, nonché quelle che assicurano il collegamento tra Palermo ed il suo hinterland.

Sono inoltre stati considerati tutti i servizi ferroviari che insistono sul nodo di Palermo e, segnatamente, per la stazione di Palermo Centrale:

- i treni del servizio metropolitano, diretti a Giachery;
- i treni classificati “regionali” e “diretti”, in servizio da/per Trapani;
- in treni “regionali”, “espressi” e “intercity”, in direzione Messina.

Per la stazione di Notarbartolo:

- i treni del servizio Metropolitano diretti a Giachery;
- i treni classificati “regionali” e “diretti”, in servizio da/per Trapani;
- in treni “regionali” ed “espressi”, in direzione Messina.

Per i collegamenti pedonali sono stati considerati tutti gli archi della rete stradale che consentono l’accesso alle fermate e alle stazioni del trasporto pubblico e l’interscambio tra i

diversi modi di trasporto.

I nodi del grafo sono stati posti in corrispondenza delle principali fermate delle linee su gomma e dei capolinea, associando a ciascun nodo i “codici fermata” AMAT. Sono inoltre stati considerati nodi del grafo tutte le stazioni ferroviarie urbane ed i principali terminali delle autolinee extraurbane (zona Stazione Centrale, Orleans, Lolli).

Gli archi orientati rappresentano i collegamenti fra le coppie di nodi che avvengono con i sistemi di trasporto pubblico o pedonale.

5.1.1.2 Stato di Progetto

In sintesi, il grafo del sistema di trasporto collettivo della città Palermo nella situazione di progetto prevista dal Piano integrato per il trasporto pubblico (Figura 3), risulta caratterizzato dai seguenti elementi infrastrutturali:

- l'insieme dei percorsi effettuati dalle autolinee urbane AMAT (trasporto pubblico su gomma) con la soppressione delle linee che si sovrappongono agli itinerari serviti dal nuovo servizio di Metropolitana Leggera;
- la Metropolitana Leggera Automatica tratto Oreto Notarbartolo;
- gli interventi previsti sul sistema ferroviario riguardanti la Metroferrovia (costituita dalla chiusura dell'“anello ferroviario”) ed il raddoppio del passante ferroviario;



Figura 3: Piano integrato per il trasporto pubblico (fonte PGU Relazione R.A. febbraio 2010)

Il tracciato della **Metropolitana Leggera Automatica**, oggetto del presente studio, si riferisce al primo lotto compreso tra lo svincolo Oreto e la Stazione Notarbartolo. Lungo la suddetta tratta saranno realizzate nove stazioni: Svincolo Oreto, Oreto Sud, Oreto Nord, Stazione Centrale, P.zza Borsa, Teatro Massimo, Teatro Politeama, Archimede, Stazione Notarbartolo.

Nella definizione delle capacità di trasporto sono stati considerati veicoli con capacità pari a 500 passeggeri. La velocità commerciale sarà di 32 km/h e la frequenza prevista è di 3 minuti.

Complessivamente, la capacità della tratta in superficie (linea metro) è pari a 20.000 pax/h (totale 2 direzioni).

Nella Figura 4 è rappresentato il grafo di offerta del trasporto pubblico utilizzato nei modelli di assegnazione



Figura 4: grafo dell'offerta di trasporto pubblico: stato di progetto



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014

6 INTERAZIONE DOMANDA OFFERTA

6.1 ASSEGNAZIONE ALLA RETE DI TRASPORTO PUBBLICO – STATO DI PROGETTO 2021 -2031

Il modello di assegnazione dei flussi di passeggeri sulle linee di trasporto pubblico (detto anche modello di interazione domanda/offerta) utilizzato nel presente studio si fonda sulla definizione degli ipercammini minimi.

Per comprendere tale definizione si immagina un utente che intende compiere uno spostamento da un'origine i ad una destinazione j . Si assume che l'utente abbia un comportamento razionale, conosca pertanto il servizio ed i tempi di viaggio ed attesa, che gli arrivi dei mezzi alle fermate siano casuali e che siano indipendenti dagli arrivi dei passeggeri, anch'essi distribuiti in modo casuale.

Lo spostamento che l'utente effettuerà sarà un percorso, cioè una sequenza alternata di tratti a piedi sino ad una fermata, di attesa alla fermata, di salita sul mezzo pubblico e di discesa alla fermata. La decisione alle fermate a cui andare a piedi e delle fermate a cui scendere dipendono esclusivamente dal passeggero, così come è una decisione del passeggero l'individuazione dell'insieme di linee, che servono una determinata fermata, sui veicoli delle quali egli è disposto a salire. Tale insieme è denominato insieme attrattivo di linee.

È ovvio supporre che, in assenza di congestione, l'utente salirà a bordo del primo veicolo che arriverà alla fermata tra quelli che fanno parte del proprio insieme attrattivo di linee. Allora, l'alternativa di scelta non è un percorso (come avviene nel caso del trasporto privato nel quale si sceglie il percorso più breve o a minor costo), bensì una collezione di percorsi possibili, ciascuno dei quali è caratterizzato dal peso che rappresenta la probabilità di realizzazione del percorso. Tale collezione è chiamata ipercammino. Come nel caso della scelta del percorso, i fattori che influenzano la scelta dell'ipercammino vengono ricondotti ad un'unica unità di misura detta costo generalizzato. Il costo generalizzato di un ipercammino è dato dalla speranza matematica del costo dei cammini che formano l'ipercammino.

Infine, l'utente agirà secondo un comportamento di minimizzazione del proprio costo generalizzato: ogni utente sceglierà, tra tutti gli ipercammini che connettono la propria origine alla propria destinazione, l'ipercammino di costo generalizzato minimo.

L'assegnazione dei flussi di passeggeri, sul sistema di offerta del trasporto collettivo precedentemente descritto, è stata condotta utilizzando la matrice modale degli spostamenti su mezzo pubblico, relativa alla fascia oraria di punta del mattino 8.00-9.00, stimata per l'anno 2021 di ipotetica entrata in esercizio e 2031 (ipotesi a regime).

Nelle Figura 5 - Figura 6 e Tabella 2 - Tabella 5, si riportano i digrammi di carico, ed i saliti e discesi, sulle tratte elementari rappresentative negli scenari di progetto 2021 e 2031. I risultati delle assegnazioni evidenziano portate orarie congruenti con le portate di esercizio tipiche dei sistemi di trasporto MAL, con volumi di traffico, che nelle tratte centrali di massimo carico si attestano oltre i 11.200 pax/h nello scenario di progetto 2021, con punte che superano i 12.300 nello scenario di lungo periodo 2031. Nelle Figura 7 - Figura 10 si riportano le assegnazioni rappresentative del numero di passeggeri stimati su ciascuna tratta elementare negli scenari di progetto 2021 e 2031.

- **Entrata in esercizio 2021**
- *tempo medio totale per coppia O – D = 21,43 min*
- *tempo medio a bordo = 12,27 min*
- *tempo medio di trasbordo = 1,07 min*
- tempo medio di attesa = 4,82 min*

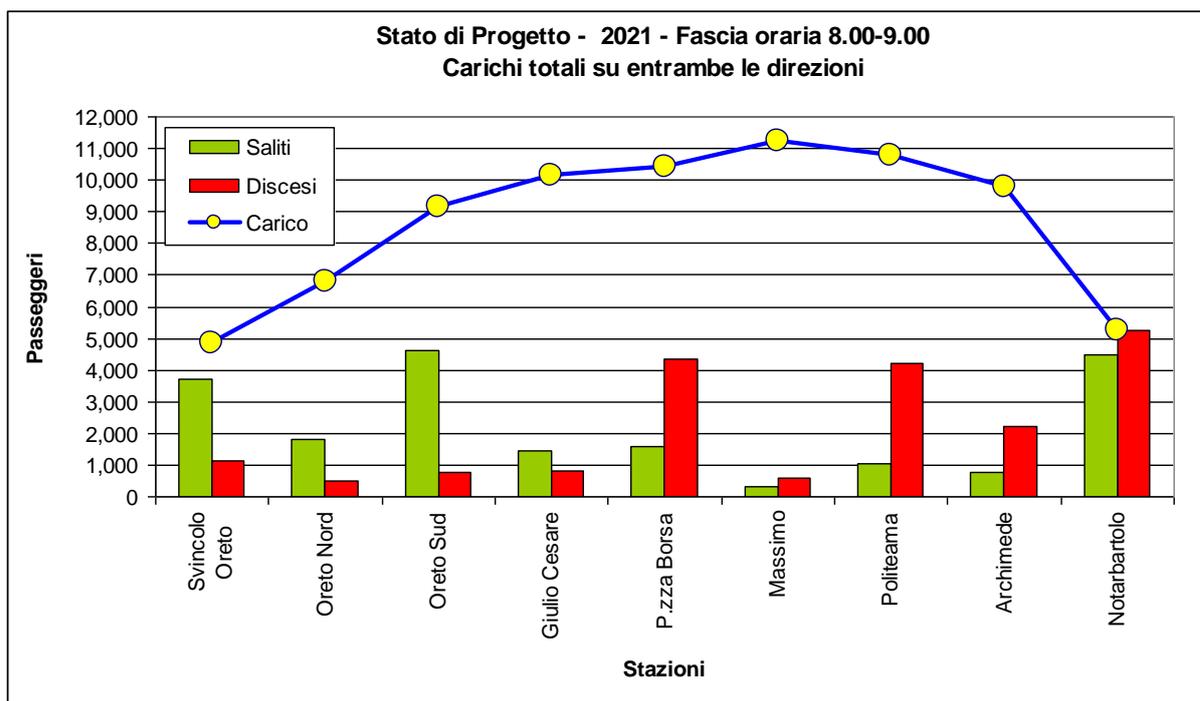


Figura 5. Stato di progetto 2021 – diagramma di carico tratta Oreto Notarbartolo

Stazione	TOTALE ANDATA e RITORNO		
	Saliti	Discesi	Carico
Svincolo Oreto	3733	1131	4864
Oreto Nord	1791	518	6784
Oreto Sud	4636	750	9138
Giulio Cesare	1442	798	10152
P.zza Borsa	1599	4346	10414
Massimo	322	582	11230
Politeama	1022	4207	10794
Archimede	781	2218	9767
Notarbartolo	4495	5272	5272
Tot. Trasportati =	19822		

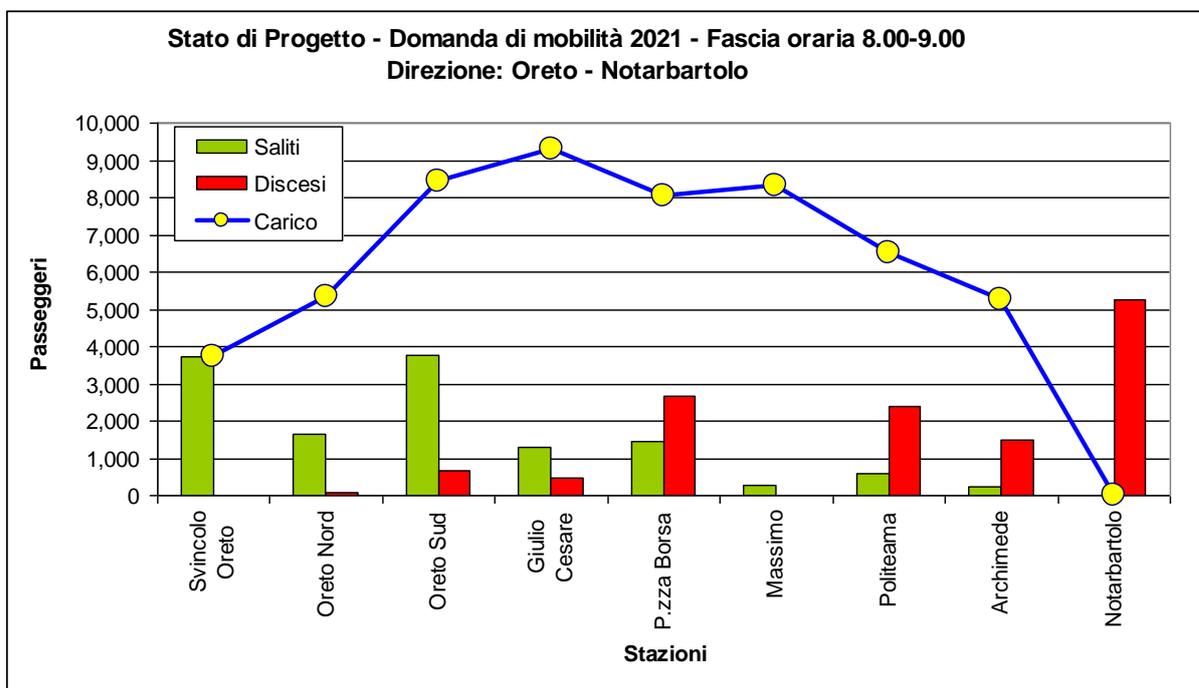
Tabella 2: Stato di progetto 2021 – saliti e discesi tratta Oreto Notarbartolo



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014



Stazione	SALITI	DISCESI	FLUSSO_sull'arco dir Oreto - Notarbartolo
Svincolo Oreto	3733	0	3733
Oreto Nord	1657	61	5329
Oreto Sud	3771	651	8450
Giulio Cesare	1296	467	9279
P.zza Borsa	1433	2676	8036
Massimo	288	10	8314
Politeama	601	2412	6503
Archimede	245	1476	5272
Notarbartolo	0	5272	
Tot. Trasportati andata=	13023		

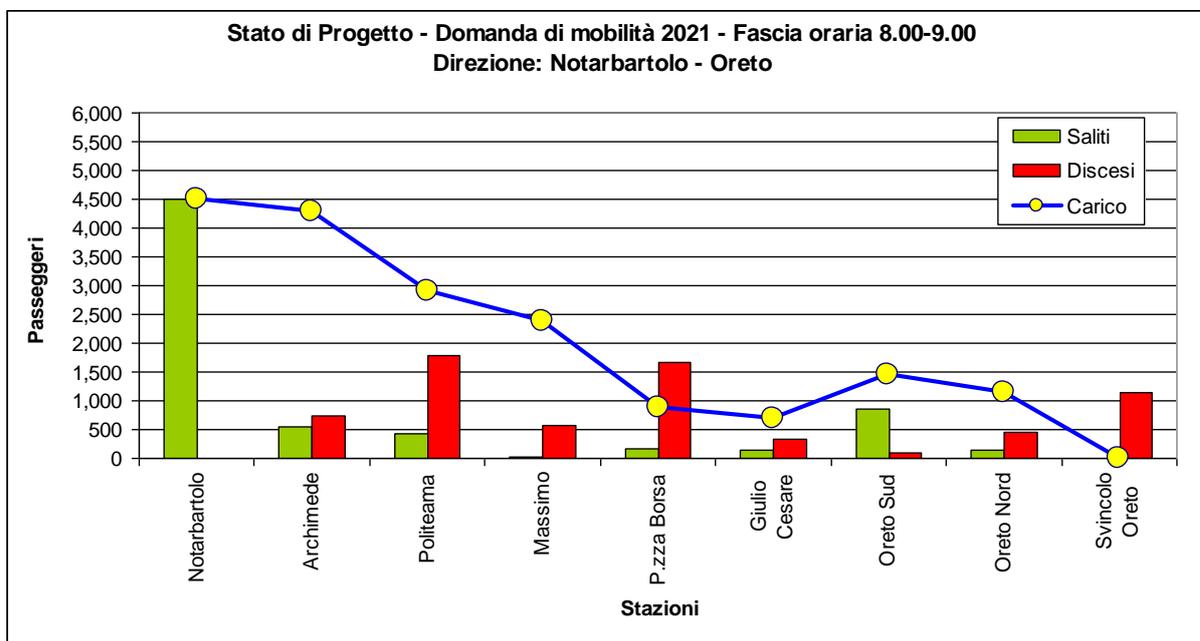
Tabella 3: Stato di progetto 2021 – saliti e discesi per direzione da Oreto a Notarbartolo



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014



Stazione	SALITI	DISCESI	FLUSSO_sull'arco dir Notarbartolo - Oreto
Notarbartolo	4495	0	4495
Archimede	537	742	4291
Politeama	421	1795	2916
Massimo	34	572	2378
P.zza Borsa	166	1671	873
Giulio Cesare	147	331	689
Oreto Sud	865	99	1455
Oreto Nord	134	457	1131
Svincolo Oreto	0	1131	
Tot. Trasportati ritorno=	6799		

Tabella 4: Stato di progetto 2021 – saliti e discesi per direzione da Notarbartolo a Oreto

- **Regime medio termine 2031**
- *tempo medio totale per coppia O – D = 21,43 min*
- *tempo medio a bordo = 12,27 min*
- *tempo medio di trasbordo = 1,07 min*
- tempo medio di attesa = 4,82 min*

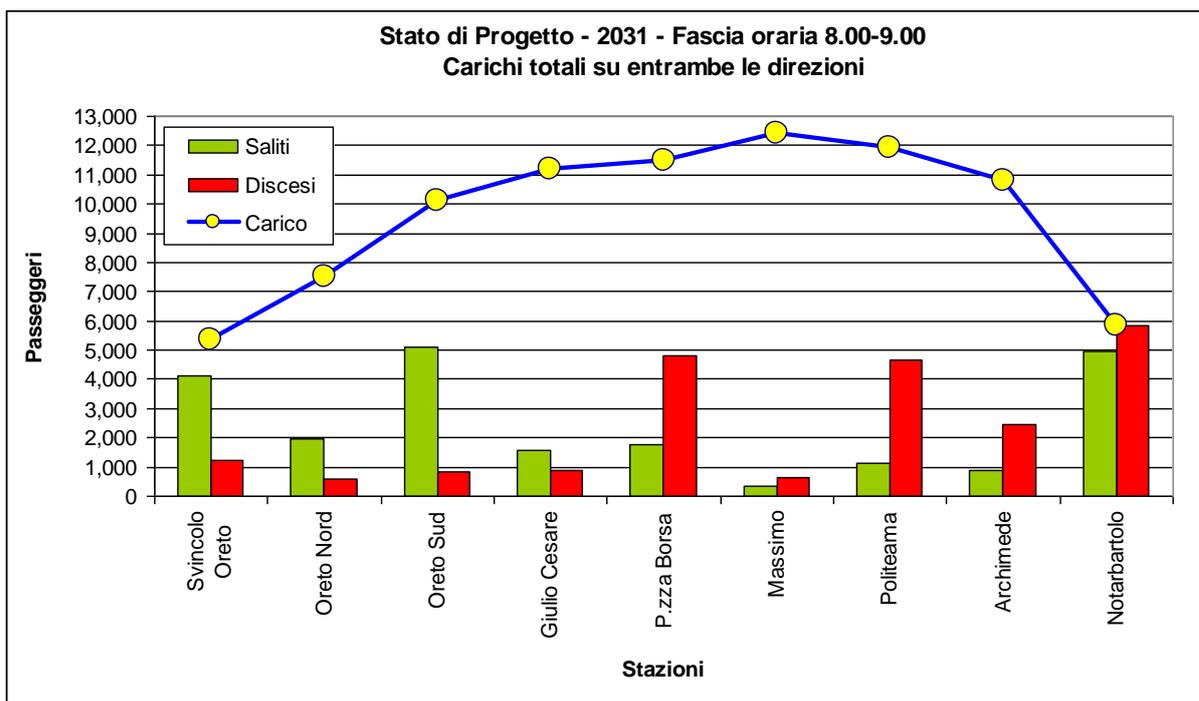
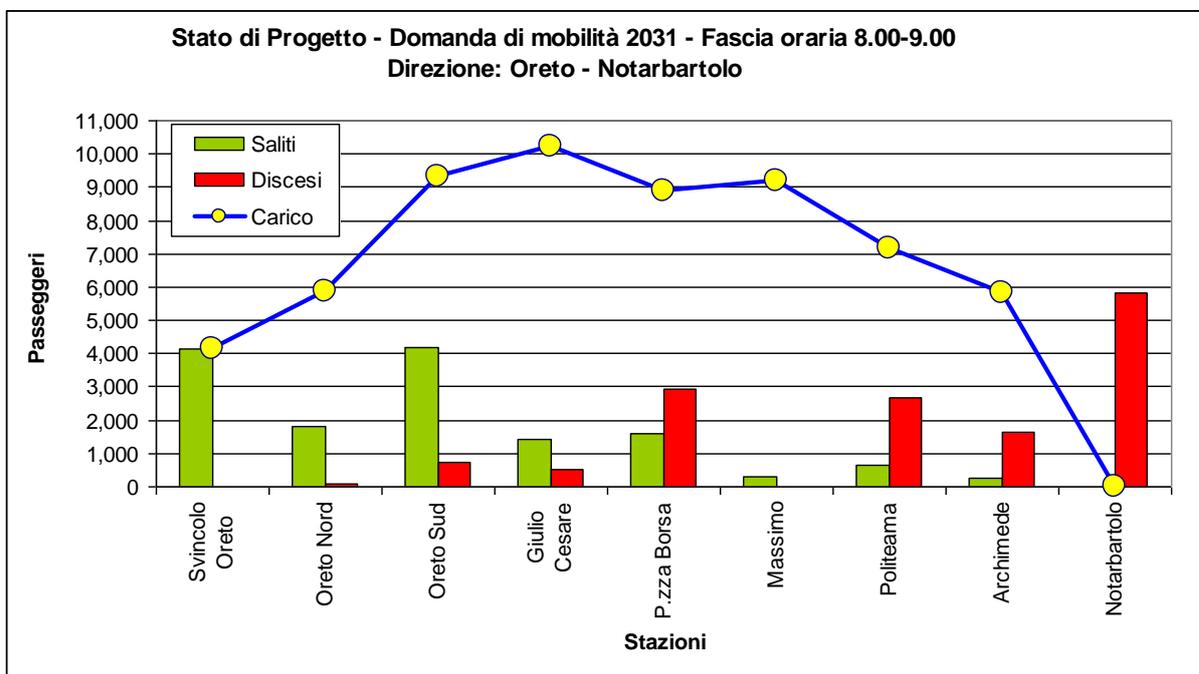


Figura 6. Stato di progetto 2031 – diagramma di carico tratta Oreto Notarbartolo

Stazione	TOTALE ANDATA e RITORNO		
	Saliti	Discesi	Carico
Svincolo Oreto	4121	1249	5370
Oreto Nord	1977	572	7490
Oreto Sud	5118	828	10088
Giulio Cesare	1592	881	11208
P.zza Borsa	1765	4798	11497
Massimo	355	643	12398
Politeama	1128	4645	11916
Archimede	863	2448	10783
Notarbartolo	4963	5820	5820
Tot. Trasportati =	21883		

Tabella 5: Stato di progetto 2031 – saliti e discesi tratta Oreto Notarbartolo



Stazione	SALITI	DISCESI	FLUSSO_sull'arco dir Oreto - Notarbartolo
Svincolo Oreto	4121	0	4121
Oreto Nord	1830	67	5884
Oreto Sud	4163	718	9328
Giulio Cesare	1431	515	10244
P.zza Borsa	1582	2954	8872
Massimo	318	11	9178
Politeama	664	2663	7180
Archimede	270	1630	5820
Notarbartolo	0	5820	
Tot. Trasportati andata=	14377		

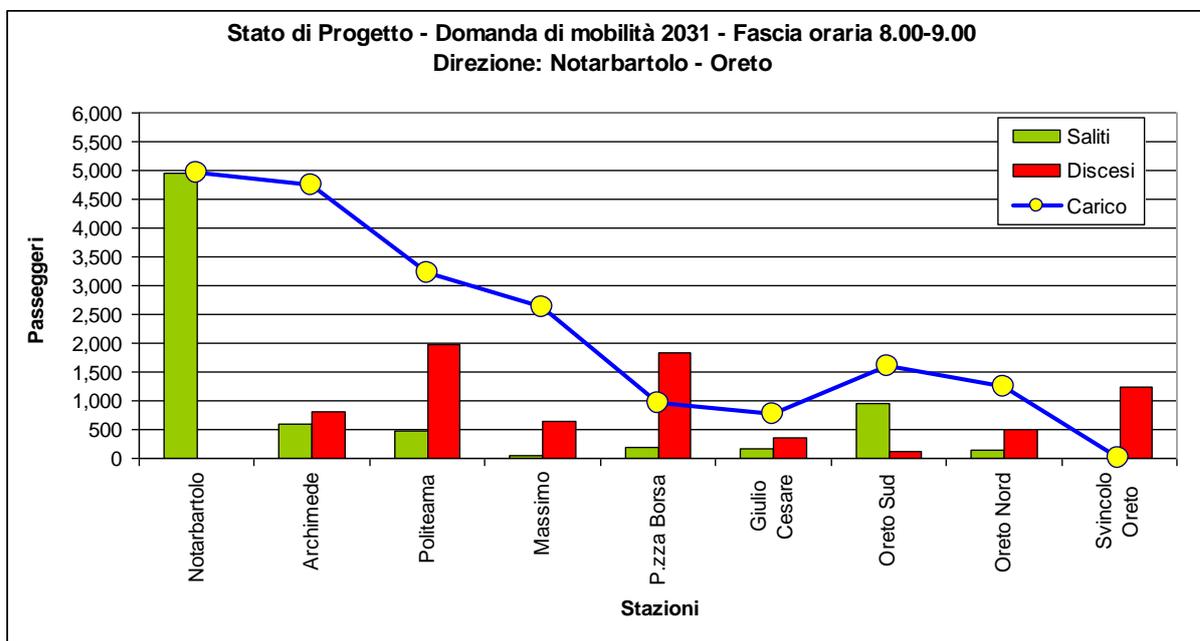
Tabella 6: Stato di progetto 2031 – saliti e discesi per direzione da Oreto a Notarbartolo



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Studio Trasportistico – aggiornamento Marzo 2014



Stazione	SALITI	DISCESI	FLUSSO_sull'arco dir Notarbartolo - Oreto
Notarbartolo	4963	0	4963
Archimede	593	819	4737
Politeama	465	1982	3219
Massimo	37	632	2625
P.zza Borsa	184	1844	964
Giulio Cesare	162	366	760
Oreto Sud	955	110	1606
Oreto Nord	148	505	1249
Svincolo Oreto	0	1249	
Tot. Trasportati ritorno=	7506		

Tabella 7: Stato di progetto 2031 – saliti e discesi per direzione da Notarbartolo a Oreto

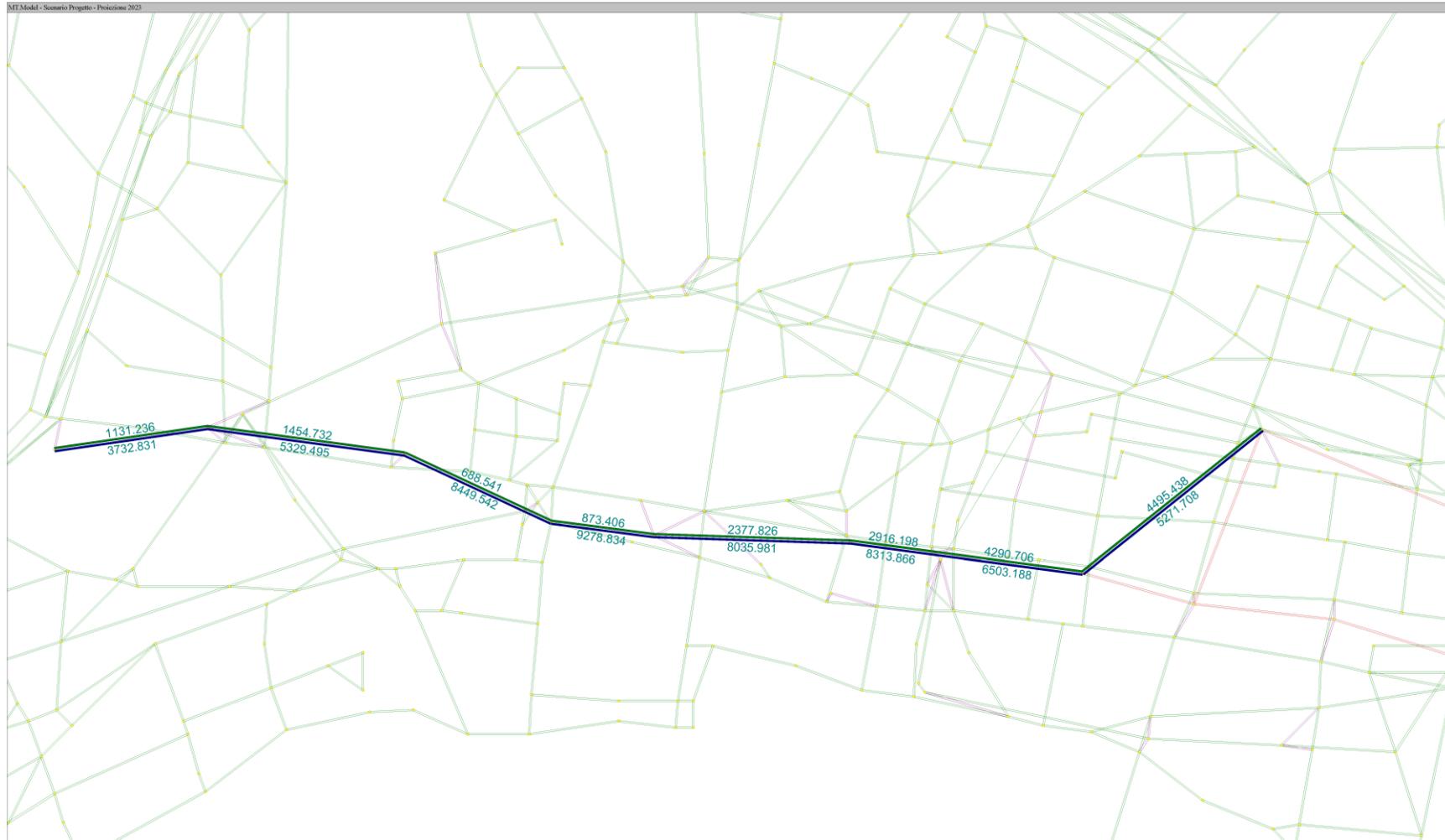


Figura 7: Assegnazione alla rete di trasporto pubblico MAL tratta Oreto / Notarbartolo – stato di progetto 2021 – ora di punta 8:00 – 9:00 – passeggeri/h

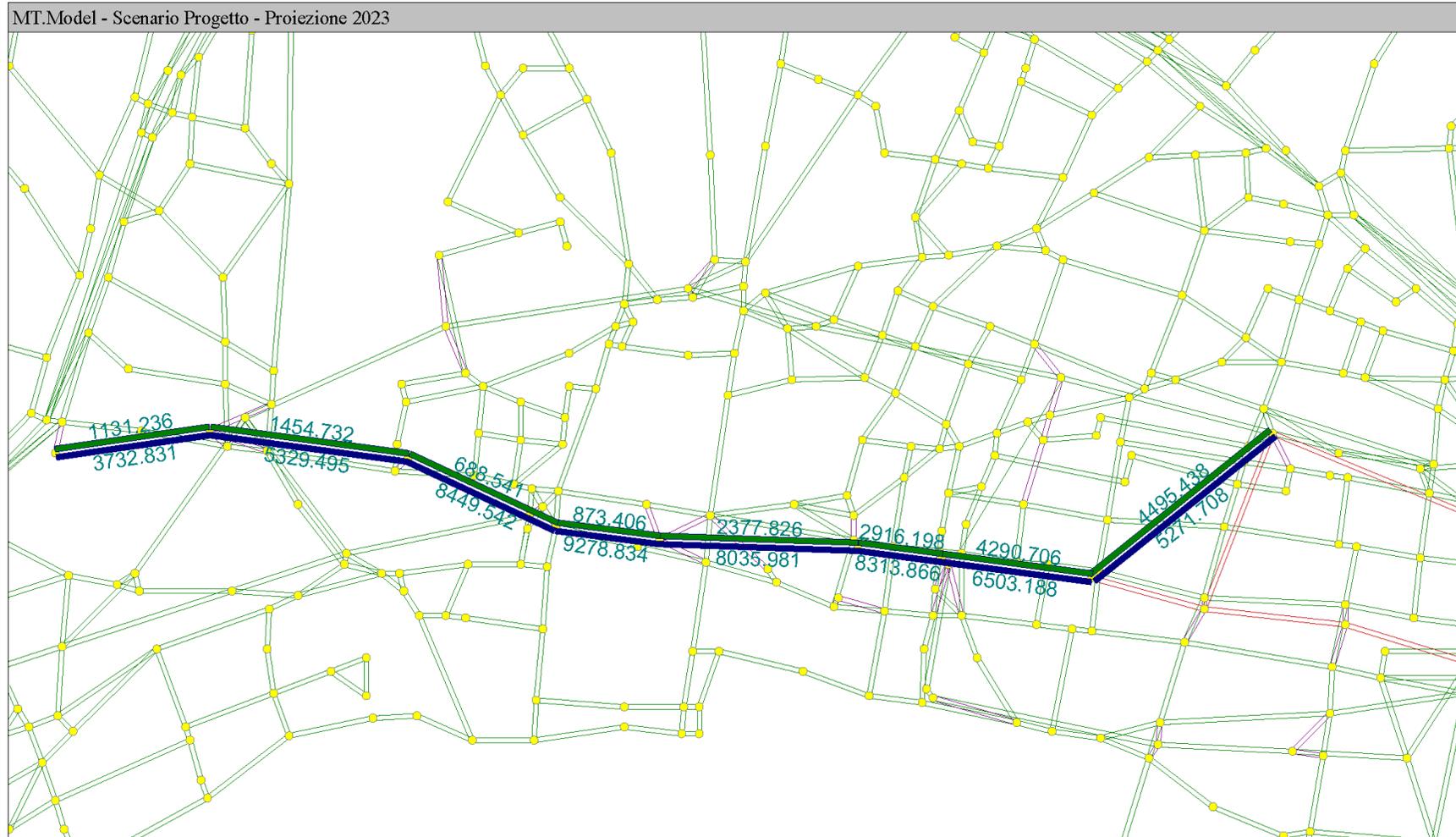


Figura 8: dettaglio assegnazione alla rete di trasporto pubblico MAL tratta Oreto / Notarbartolo– stato di progetto 2021

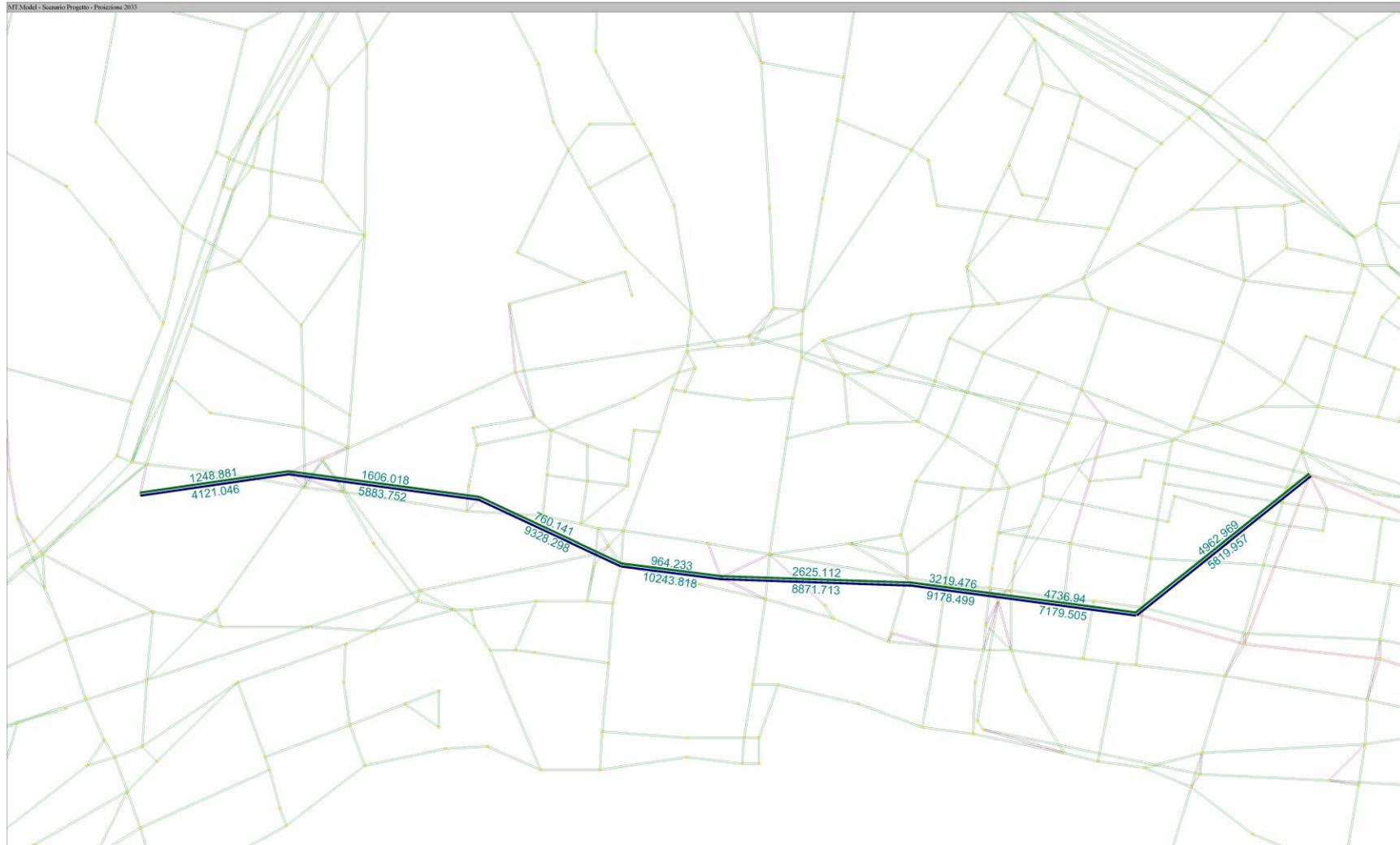


Figura 9: Assegnazione alla rete di trasporto pubblico MAL tratta Oreto / Notarbartolo – stato di progetto 2031 – ora di punta 8:00 – 9:00 – passeggeri/h

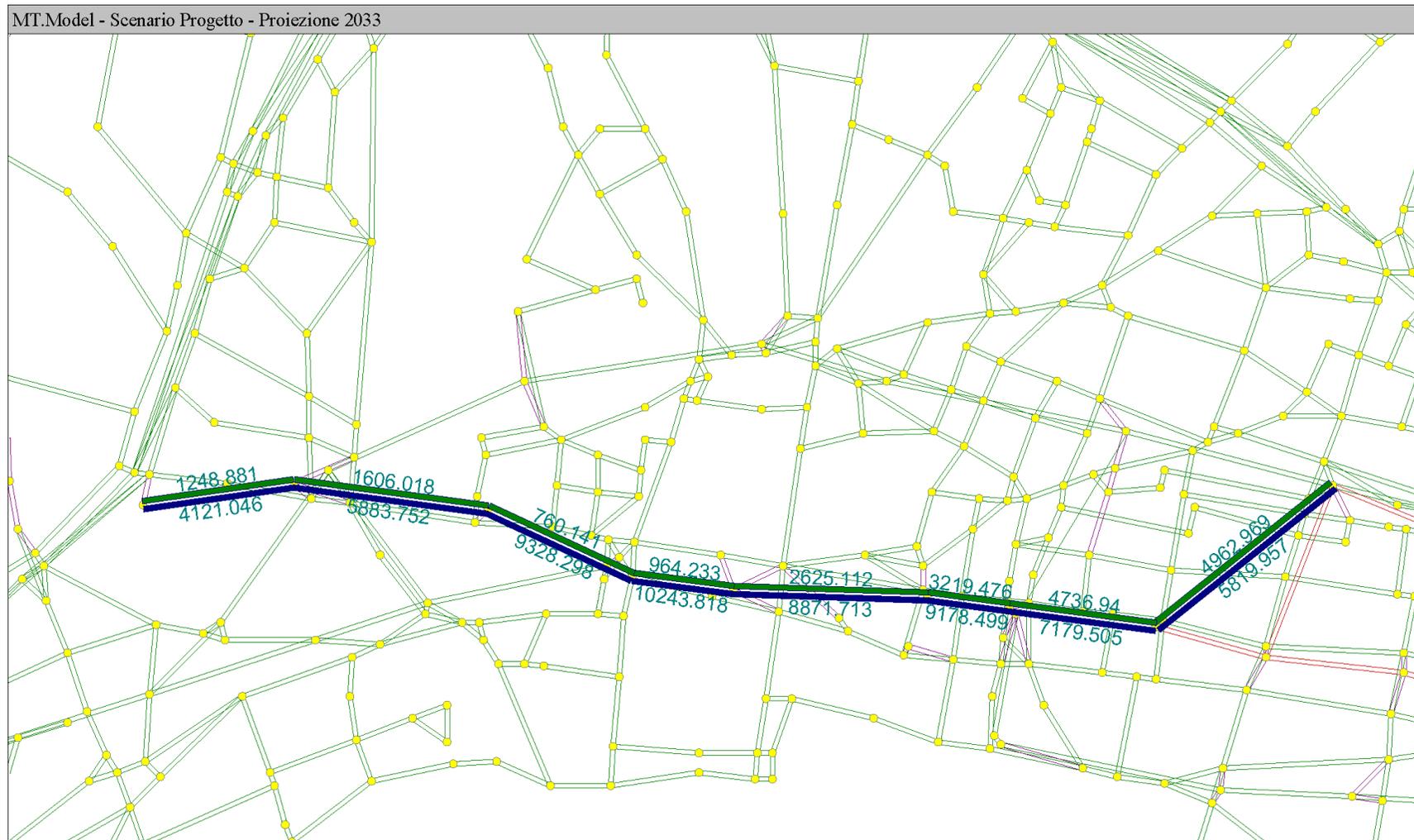


Figura 10: dettaglio assegnazione alla rete di trasporto pubblico MAL tratta Oreto / Notarbartolo – stato di progetto 2031

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Aggiornamento Studio Trasportistico - integrazione

7 CONCLUSIONI

I presupposti e gli indirizzi progettuali proposti dall'Amministrazione e contenuti nel PGTU, hanno quindi radicalmente modificato le condizioni di base su cui si basavano le analisi trasportistiche sviluppate in sede di progetto preliminare, ponendo al centro le politiche di potenziamento del trasporto pubblico e di trasferimento crescente di aliquote della domanda di mobilità dal trasporto privato a quello pubblico, intervenendo sui seguenti ambiti:

- Centro Storico e zona centrale della città: **istituzione di Zone a Traffico Limitato** con la tariffazione degli accessi alle stesse, quale misura che si inserisce nelle strategie generali d'intervento per migliorare la mobilità urbana previste dalle "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani urbani del traffico" e più precisamente rappresenta una forma mediata di disincentivazione dell'uso dei veicoli a motore per il trasporto individuale privato attraverso l'intervento sulla domanda di mobilità; interventi di riqualificazione della pedonalità, tramite l'istituzione di un sistema espandibile di aree pedonali;
- Rete viaria e sicurezza stradale: razionalizzazione dei flussi veicolari attraverso piani d'intervento dei sensi unici e regolamentazione dei tempi di accesso con l'utilizzo dei semafori, eventualmente coordinati, riqualificazione ed espansione del Sistema di telecomando e telecontrollo degli impianti semaforici, adeguamento di nodi critici tramite la realizzazione di sistemazioni a rotatoria o la semaforizzazione;
- interventi sulla circonvallazione, atti a migliorarne i livelli di prestazione, sicurezza ed informazione all'utenza (tramite segnaletica di indirizzamento e pannelli a messaggio variabile), revisione della zonizzazione degli ambiti urbani da assoggettare a tariffazione della sosta, promozione delle zone 30;
- Trasporto Pubblico Locale ottimizzazione del servizio, in maniera congruente anche con gli scenari, ormai prossimi, di avvio delle nuove linee, valorizzazione dei parcheggi d'interscambio, anche con l'eventuale istituzione/riconfigurazione di linee dedicate revisione strategica della localizzazione dei nodi di interscambio del trasporto pubblico, urbano e non, su gomma, corsie preferenziali, informazioni per l'utenza, attraverso l'uso di tecnologie telematiche.

Obiettivo del presente studio del traffico è stato quindi quello implementare un modello di simulazione del trasporto pubblico che recepisce la ripartizione modale e le analisi quantitative, effettuate in sede di redazione del PGTU 2010, segnatamente alla messa in esercizio degli indirizzi programmatici in esso contenuti (realizzazione ZTL, riassetto linee di trasporto pubblico, tariffazione della sosta, zone 30, ecc) e della realizzazione del primo lotto funzionale della metropolitana da Oreto a Notarbartolo.

I risultati dell'implementazione del modello di interazione domanda offerta del trasporto pubblico, in relazione alla realizzazione del primo lotto funzionale della metropolitana da Oreto a Notarbartolo, mostrano l'efficacia delle politiche pianificatorie previste dal PGTU 2010, evidenziano portate orarie congruenti con le portate di esercizio tipiche dei sistemi di trasporto MAL, **con volumi di traffico, che nelle tratte centrali di massimo carico si attestano oltre i 10.500 pax/h nello scenario di progetto 2021, con punte che superano i 12.300 nello scenario di lungo periodo 2031.**

 CITTÀ DI PALERMO	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo. Aggiornamento Studio Trasportistico - integrazione

ALLEGATI:

- Piano Generale del traffico urbano – Relazione Tecnica R.A. (relazione di analisi) febbraio 2010;
- Piano Generale del traffico urbano – Relazione Tecnica R.P. (relazione di progetto) febbraio 2010.