

Volume III – Sistemi infrastrutturali e tecnologici

Parte nona - Infrastrutture e mobilità

Parte decima - Altre infrastrutture

*approvato con delibera di Consiglio Comunale n. 32 del 13 febbraio 2007
pubblicato sul B.U.R.T. n. 14 del 4 aprile 2007*

redatto in data: agosto 2005

Ufficio di Piano del Comune di Siena

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Lucia Buracchini, Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti

Responsabile Cartografia Informatizzata: Mauro Lusini, Valentina Fosi: Consulente SIT: Luca Gentili

Indice (volume III)

9.	INFRASTRUTTURE E MOBILITA'	348
9.1	Il sistema infrastrutturale Senese	348
9.1.1	L'area senese nel contesto Nazionale e Regionale	348
9.1.2	Il sistema ferroviario nell'assetto infrastrutturale senese	349
9.1.3	Il sistema della mobilità su gomma (viabilità e sosta)	350
9.1.3.1	Il sistema stradale dell'area metropolitana (SMaS)	350
9.1.3.2	Il sistema della mobilità del Comune di Siena	352
9.1.3.3	Classificazione funzionale delle strade del Comune	353
9.1.3.4	Le zone a traffico limitato del Comune	354
9.2	Il sistema della mobilità e le politiche sui trasporti	355
9.2.1	Interventi e strategie	355
9.2.2	Il sistema integrato di mobilità	356
9.3	Il Trasporto pubblico su gomma	358
9.3.1	Il Trasporto Pubblico Urbano di Siena	358
9.3.2	Il trasporto Pubblico Extraurbano	361
9.4	La Ferrovia	368
9.4.1	Assetto e livello attuale di servizio	368
9.4.2	Potenzialità di sviluppo futuro	368
9.5	Le indagini	375
9.5.1	Il modello multimodale	375
9.5.2	I rilievi sull'area vasta	376
9.5.3	I rilievi sull'area urbana di Siena	379
9.5.4	Una possibilità di confronto: il rilievo del 1999	381
9.6	Riflessioni ed interpretazioni preliminari	388
9.7	Modello di Traffico del trasporto pubblico su gomma e su ferro	390
9.7.1	La domanda di mobilità	392
9.7.1.1	Il profilo di arrivo dei passeggeri	393
9.7.2	L'offerta dei servizi su trasporto pubblico	394
9.7.2.1	Il profilo di arrivo dei veicoli	400
9.7.2.2	Il tempo di percorrenza e la capacità dei servizi offerti	409
9.7.3	La costruzione dei percorsi	415
9.7.3.1	Il tempo di spostamento a piedi	416
9.7.3.2	Il tempo di attesa del mezzo	416
9.7.3.3	Le penalità di salita a bordo e di trasferimento tra mezzi	417
9.7.4	L'assegnazione	418
9.7.4.1	Il "Modello di affollamento"	418
9.7.4.2	Le curve additiva e moltiplicativa	420
9.7.4.3	Il calcolo dei fattori di affollamento	423
9.7.5	Validazione e calibrazione del modello	426
9.7.5.1	Linee su gomma	426
9.7.5.2	Linee su ferro	433
9.7.5.3	Risultati principali	434
9.8	Modello di Traffico del trasporto privato	444
9.8.1	Caratteristiche del Modello di Traffico	444
9.8.2	Codifica del grafo stradale e delle intersezioni	445
9.8.2.1	Aggiornamento della rete	445
9.8.2.2	Codifica delle zone	448
9.8.2.3	Codifica delle intersezioni	449

9.8.3	Il modello dell'ora di punta antimeridiana	450
9.8.3.1	La matrice per il trasporto privato.....	450
9.8.3.2	Il processo di Stima Matriciale	450
9.8.3.2.1	Programma MVESTM - caratteristiche.....	450
9.8.3.2.2	Programma MVESTM - dati di alimentazione.....	450
9.8.3.2.3	Programma MVESTM - processi di stima	451
9.8.3.3	Calibrazione e validazione del modello.....	455
9.8.3.3.1	Scopi.....	455
9.8.3.3.2	Convergenza del modello	455
9.8.3.3.3	Prestazioni generali del modello.....	458
9.8.3.3.4	Validazione.....	459
9.8.4	Stato di fatto 2004.....	463
9.8.4.1	Percorrenze veicolari	463
9.8.4.2	Flussi sugli archi.....	464
9.8.4.3	Velocità lungo gli archi	464
9.8.4.4	Tempi di percorrenza	465
9.8.4.5	Criticità lungo gli archi.....	465
9.8.4.6	Perditempo alle intersezioni	465
9.8.4.7	Costi generalizzati di spostamento su strada	466
10.	LE ALTRE INFRASTRUTTURE.....	469
10.1	Le infrastrutture tecnologiche	469
10.2	Impianti di adduzione e distribuzione acqua potabile.....	469
10.3	Il collegamento e la depurazione delle acque reflue	469
10.4	Lo smaltimento dei rifiuti.....	470
10.5	Impianti di telecomunicazione	471
10.6	Impianti di distribuzione metano	471
10.7	Linee elettriche	471

Sistemi Infrastrutturali e tecnologici
Parte nona - Infrastrutture e mobilità

Gruppo di lavoro:

Systematica – Alberto Brignone, Paolo Mariotti

LdP Associati – Antonio Mugnai (con Anna Calocchi)

Antonio Fantozzi

Antonia Banfi

Agosto 2005

Ufficio di Piano del Comune di Siena

Coordinamento del Piano:

Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti

Indice (Parte IX)

9. INFRASTRUTTURE E MOBILITA'	348
9.1 Il sistema infrastrutturale Senese	348
9.1.1 L'area senese nel contesto Nazionale e Regionale	348
9.1.2 Il sistema ferroviario nell'assetto infrastrutturale senese	349
9.1.3 Il sistema della mobilità su gomma (viabilità e sosta)	350
9.1.3.1 Il sistema stradale dell'area metropolitana (SMAS)	350
9.1.3.2 Il sistema della mobilità del Comune di Siena	352
9.1.3.3 Classificazione funzionale delle strade del Comune	353
9.1.3.4 Le zone a traffico limitato del Comune	354
9.2 Il sistema della mobilità e le politiche sui trasporti	355
9.2.1 Interventi e strategie	355
9.2.2 Il sistema integrato di mobilità	356
9.3 Il Trasporto pubblico su gomma	358
9.3.1 Il Trasporto Pubblico Urbano di Siena	358
9.3.2 Il trasporto Pubblico Extraurbano	361
9.4 La Ferrovia	368
9.4.1 Assetto e livello attuale di servizio	368
9.4.2 Potenzialità di sviluppo futuro	368
9.5 Le indagini	375
9.5.1 Il modello multimodale	375
9.5.2 I rilievi sull'area vasta	376
9.5.3 I rilievi sull'area urbana di Siena	379
9.5.4 Una possibilità di confronto: il rilievo del 1999	381
9.6 Riflessioni ed interpretazioni preliminari	388
9.7 Modello di Traffico del trasporto pubblico su gomma e su ferro	390
9.7.1 La domanda di mobilità	392
9.7.1.1 Il profilo di arrivo dei passeggeri	393
9.7.2 L'offerta dei servizi su trasporto pubblico	394
9.7.2.1 Il profilo di arrivo dei veicoli	400
9.7.2.2 Il tempo di percorrenza e la capacità dei servizi offerti	409
9.7.3 La costruzione dei percorsi	415
9.7.3.1 Il tempo di spostamento a piedi	416
9.7.3.2 Il tempo di attesa del mezzo	416
9.7.3.3 Le penalità di salita a bordo e di trasferimento tra mezzi	417
9.7.4 L'assegnazione	418
9.7.4.1 Il "Modello di affollamento"	418
9.7.4.2 Le curve additiva e moltiplicativa	420
9.7.4.3 Il calcolo dei fattori di affollamento	423
9.7.5 Validazione e calibrazione del modello	426
9.7.5.1 Linee su gomma	426
9.7.5.2 Linee su ferro	433
9.7.5.3 Risultati principali	434
9.8 Modello di Traffico del trasporto privato	444
9.8.1 Caratteristiche del Modello di Traffico	444
9.8.2 Codifica del grafo stradale e delle intersezioni	445
9.8.2.1 Aggiornamento della rete	445
9.8.2.2 Codifica delle zone	448
9.8.2.3 Codifica delle intersezioni	449
9.8.3 Il modello dell'ora di punta antimeridiana	450

9.8.3.1	La matrice per il trasporto privato.....	450
9.8.3.2	Il processo di Stima Matriciale	450
9.8.3.2.1	Programma MVESTM - caratteristiche.....	450
9.8.3.2.2	Programma MVESTM - dati di alimentazione	450
9.8.3.2.3	Programma MVESTM - processi di stima.....	451
9.8.3.3	Calibrazione e validazione del modello.....	455
9.8.3.3.1	Scopi.....	455
9.8.3.3.2	Convergenza del modello	455
9.8.3.3.3	Prestazioni generali del modello	458
9.8.3.3.4	Validazione	459
9.8.4	Stato di fatto 2004.....	463
9.8.4.1	Percorrenze veicolari	463
9.8.4.2	Flussi sugli archi.....	464
9.8.4.3	Velocità lungo gli archi	464
9.8.4.4	Tempi di percorrenza	465
9.8.4.5	Criticità lungo gli archi.....	465
9.8.4.6	Perditempo alle intersezioni	465
9.8.4.7	Costi generalizzati di spostamento su strada	466

9. INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

Il presente studio, data la specificità e la complessità delle tematiche trattate, costituisce il compendio di diversi studi settoriali, che costituiscono nel loro complesso, il risultato di un'ampia indagine condotta sia su scala territoriale che comunale; tale studio deriva sia dalle analisi condotte per il Quadro Conoscitivo dello SMaS (elaborato da LdP Associati), sia dalle successive analisi condotte dagli Uffici Tecnici Comunali per il Piano Strutturale di Siena (Direzione polizia Municipale Sezione Mobilità e Traffico).

9.1 Il sistema infrastrutturale Senese

9.1.1 L'area senese nel contesto Nazionale e Regionale

In passato l'area senese risultava attraversata da importanti tracciati viari, strade di livello nazionale ed internazionale come la Francigena e poi la Cassia, che hanno rappresentato nel corso di numerosi secoli, le principali vie di comunicazione tra il sud ed il nord d'Italia e d'Europa. Oggi il sistema di comunicazioni stradali e ferroviarie, risulta invece periferico rispetto alle grandi direttrici nazionali che percorrono la Toscana e che sono attualmente rappresentate dall'autostrada del Sole, dall'Aurelia e dalla linea ferroviaria dell'Alta velocità.

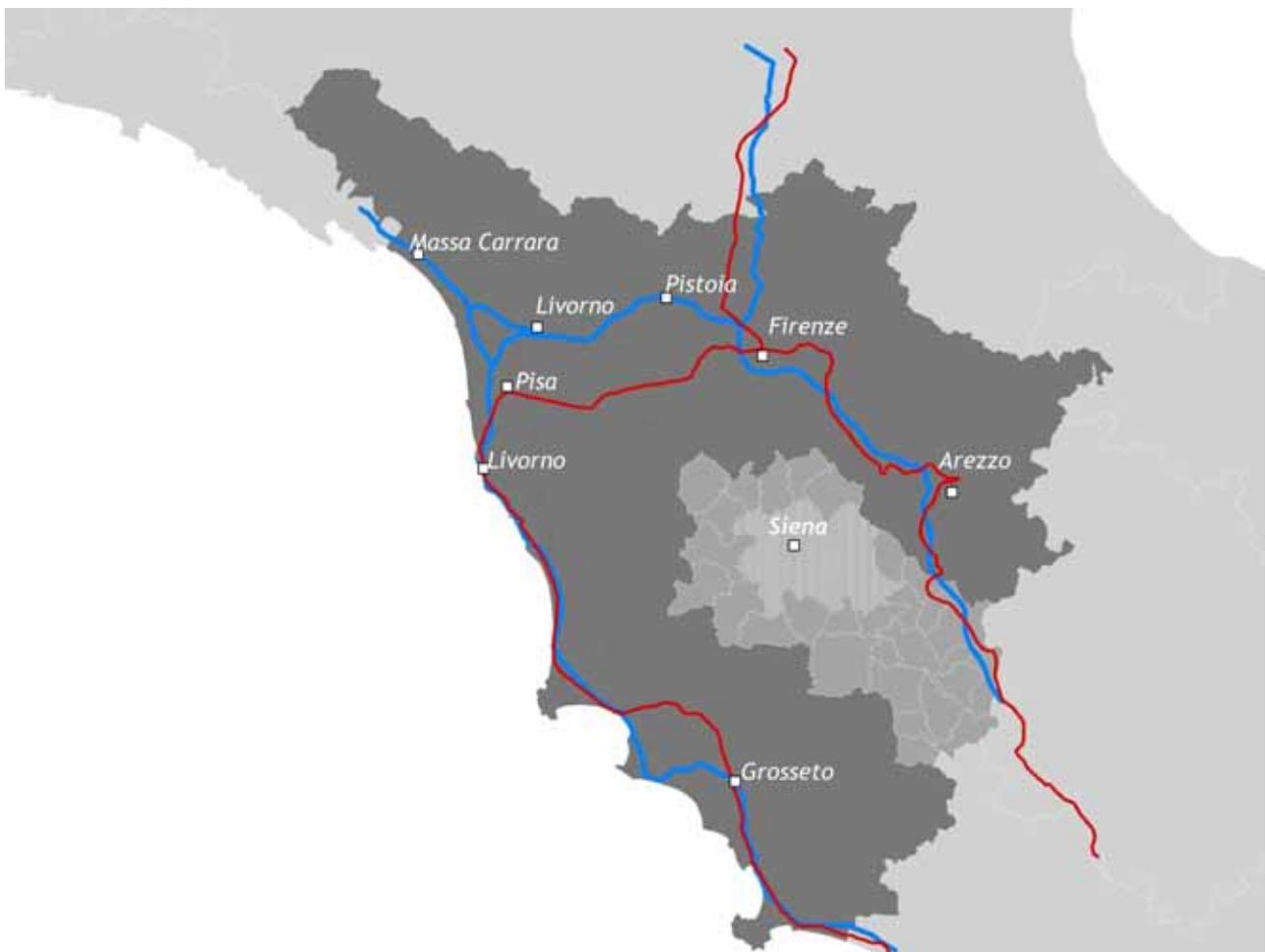


Figura 9.1 –Le relazioni con le Infrastrutture del territorio Regionale e nazionale

L'odierno sistema stradale principale dell'area senese, in rapporto ai collegamenti di livello nazionale, risulta un sistema di supporto e di connessione con le principali vie di comunicazione. Così sono pertanto da inquadrare i raccordi con Firenze, Bettolle e Grosseto, sulle quali infrastrutture si sono concentrati, come logico, i principali investimenti locali per il miglioramento generale dell'assetto viario. Tra questi investimenti risaltano quelli destinati al completamento della Strada "Due Mari" (viabilità di grande comunicazione tra la costa adriatica e quella tirrenica) ai quali fanno riferimento gli interventi di adeguamento e potenziamento delle carreggiate lungo la Siena Bettolle e la Siena Grosseto.

Per quanto riguarda le infrastrutture ferroviarie, Siena sconta una arretratezza ormai atavica delle proprie infrastrutture, soprattutto per quanto riguarda il collegamento con Firenze, che risulta fortemente penalizzato, in quanto condizionato dalla obbligatoria deviazione all'altezza di Poggibonsi, dal percorso naturale di avvicinamento al capoluogo Fiorentino, verso il nodo di Empoli.

9.1.2 Il sistema ferroviario nell'assetto infrastrutturale senese

Le infrastrutture ferroviarie senesi sono riferibili a tre assi di collegamento, chiaramente incentrati sul capoluogo di Siena: collegamento con Firenze (via Empoli) a nord-ovest; collegamento con Grosseto (via Buonconvento) a sud; collegamento con Chiusi (via Asciano) ad est.

La prima tratta che collega l'area senese con la Valdelsa per proseguire poi fino ad Empoli è caratterizzata da un lungo tratto in galleria tra la stazione di Siena e lo svincolo di Siena-Nord. Insistono su tale tratta la stazione di Castellina Scalo (Castellina in Chianti/Monteriggioni) e il posto di movimento (senza salita e discesa di passeggeri) di Badesse, peraltro già dotato di una piccola stazione non utilizzata.

Sulla seconda tratta, che rappresenta il collegamento tra Siena e la Valdarbia, transitano i treni che, dopo aver attraversato il Comune di Monteroni (Stazioni di Ponte a Tressa e Monteroni) continuano per Buonconvento, proseguendo per Monteantico fino alla Stazione di Grosseto.

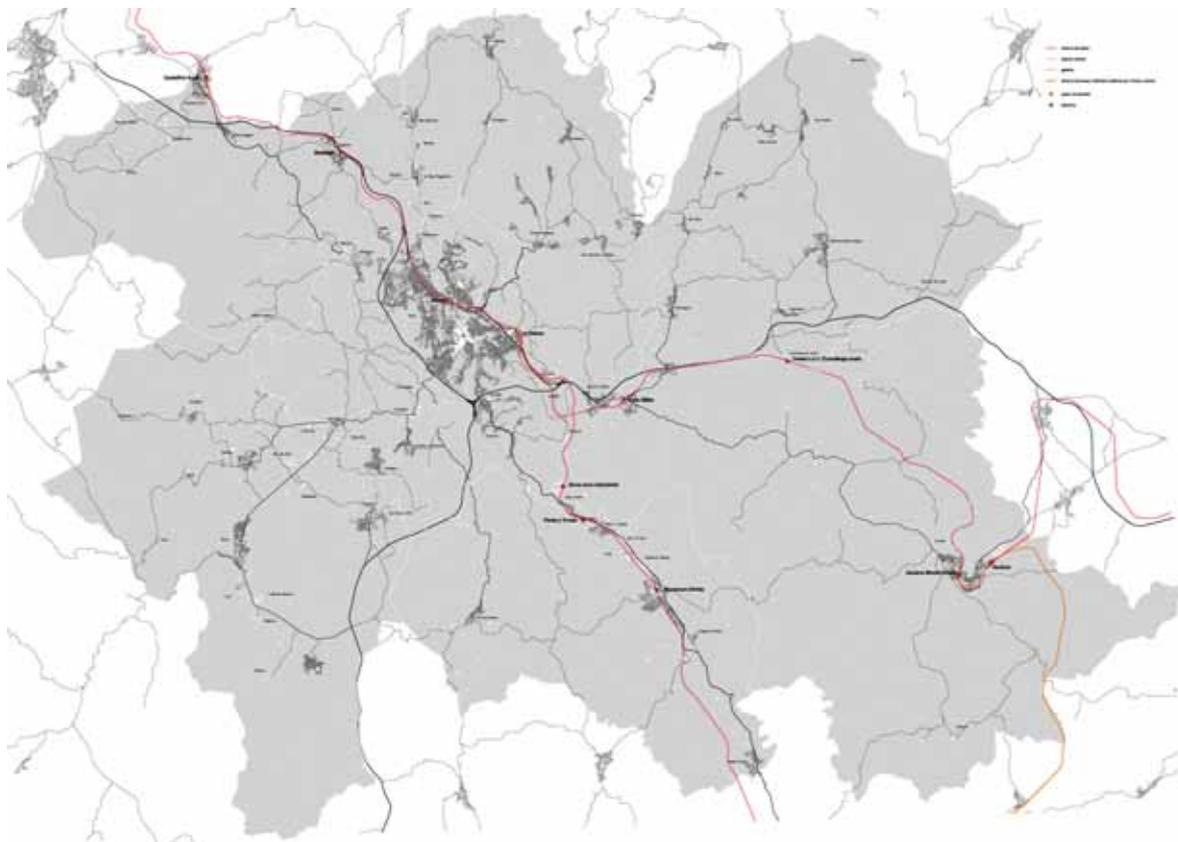


Fig.ura 9.2 -Principali assi del sistema infrastrutturale su ferro di area vasta

La terza tratta, infine, che collega Siena con Asciano attraversando la Stazione di Castelnuovo Berardenga Scalo, prosegue fino a Rapolano e Sinalunga per terminare alla Stazione di Chiusi.

Per completare il quadro delle Stazioni, è necessario rilevare che a Siena, oltre alla stazione centrale, esiste anche la stazione Siena Zona industriale, in località Isola d'Arbia e che risulta una Stazione attualmente sottoutilizzata, dove fermano solo 2 treni al giorno.

I treni che transitano su queste tratte hanno valenza locale e regionale, lo scambio con treni di livello interregionale, nazionale e internazionale è possibile esclusivamente ai nodi di Firenze (via Empoli) e Chiusi.

Le infrastrutture ferroviarie presenti nell'area metropolitana risultano del tipo a binario semplice (cioè unico) ad eccezione del tratto tra la stazione di Siena e i Due Ponti dove è presente il doppio binario.

9.1.3 Il sistema della mobilità su gomma (viabilità e sosta)

9.1.3.1 Il sistema stradale dell'area metropolitana (SMaS)

La viabilità riferita all'area metropolitana è chiaramente incentrata sul capoluogo. E' sufficiente osservare la mappa dei principali assi stradali che interessano il contesto per rilevare il sistema stellare incentrato su Siena formato da otto assi radiali regolarmente distribuiti lungo i diversi assi cardinali.

Ogni Comune contermina, con l'eccezione di Castelnuovo Berardenga (che rappresenta in questo caso un'eccezione), è attraversato, all'incirca in posizione mediana, da uno di questi assi principali: Monteriggioni dalla Cassia in direzione nord; Asciano dalla Statale 438 ad est, Sovicille dalla Statale 73 ad ovest e Monteroni d'Arbia sempre dalla Cassia ma in direzione sud. Castelnuovo Berardenga, anche per la forma particolare che hanno assunto i propri confini, risulta invece lambito ad ovest dalla Statale 222 ed al confine sud-ovest dalla Statale 73; in realtà anche Castelnuovo però (anche se per pochi metri) è attraversato nella parte mediana del proprio territorio, dalla Statale 408. Su ciascuno di questi assi stradali trovano origine alcuni dei principali centri urbani: a Monteriggioni Castellina Scalo, a Castelnuovo Quercegrossa e Pianella; ad Asciano il capoluogo stesso, così come a Monteroni dove oltre al capoluogo troviamo Ponte a Tressa e Ponte d'Arbia; a Sovicille infine, Rosia lungo la 73 direzione Grosseto.

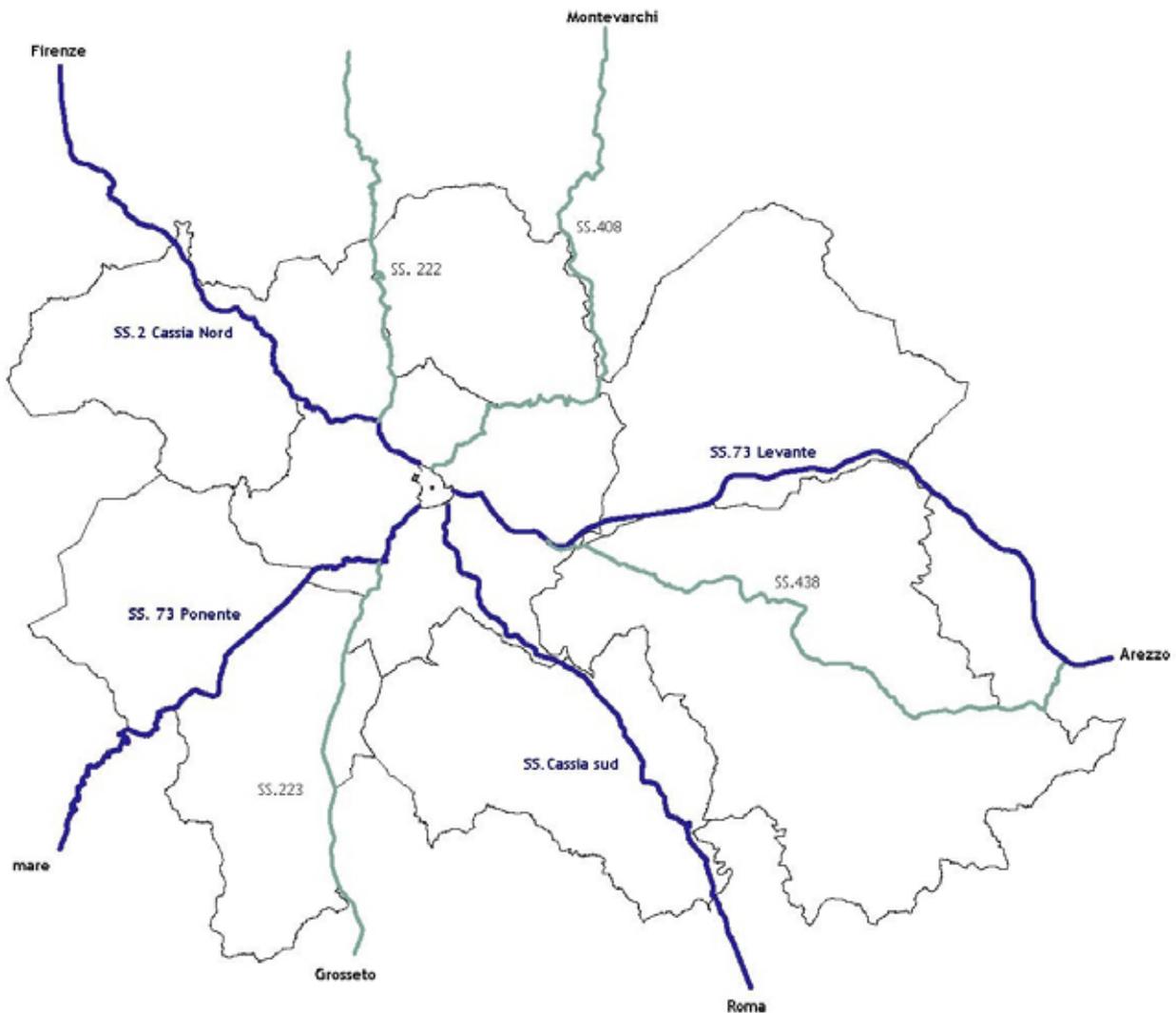


Figura 9.3 - Sistema radiale delle infrastrutture

Il sistema radiale descritto può essere scomposto secondo una logica gerarchica in assi principali ed assi secondari: appartengono ai primi i due grandi sistemi stradali "passanti" rappresentati dalla Cassia e dalla Statale 73.

Queste grandi Strade Statali che attraversano Siena hanno rappresentato soprattutto in tempi passati, le principali vie di comunicazione con i grandi contesti intercomunali: a nord verso Firenze ed a Sud verso Roma; ad ovest verso Grosseto e tutta la zona del mare e ad est verso Arezzo e poi da lì verso la costa adriatica. In tempi recenti, a questo sistema radiale si è sovrapposto un nuovo sistema, sempre di matrice radiale, questa volta a tre raggi e con centro nel capoluogo di Siena, precisamente nella zona di Cerchiaia.

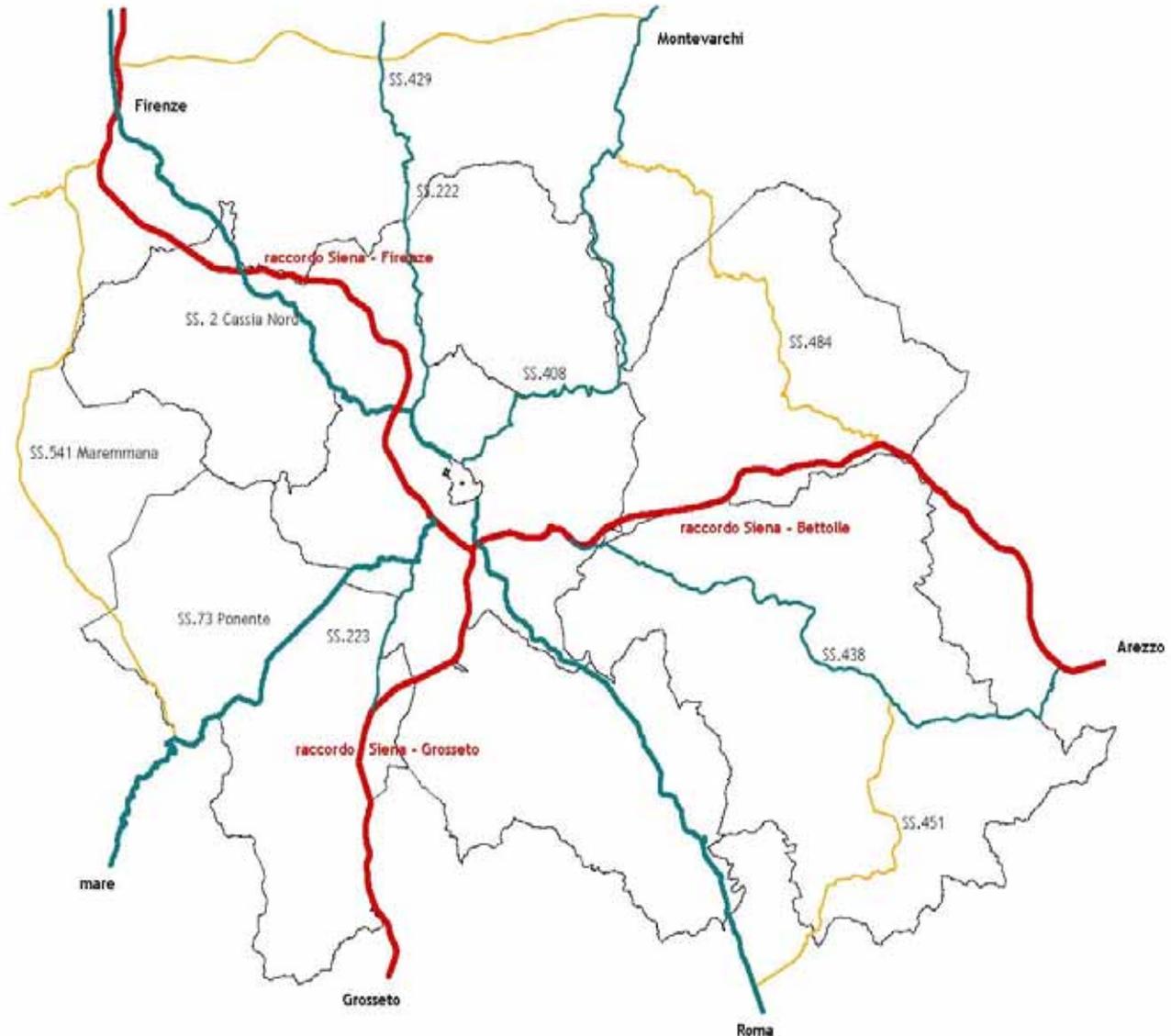


Figura 9.4 -Principali assi del sistema infrastrutturale su gomma di area vasta

Questo sistema è costituito a nord ovest dal raccordo Siena-Firenze; ad ovest dal raccordo Siena-Bettolle; a sud dal raccordo Siena-Grosseto. Questi ultimi due raccordi fanno parte integrante della prevista “Due Mari” detta anche Grosseto-Fano. Del sistema fa parte anche la cosiddetta “tangenziale ovest”, asse stradale utilizzato anche ed in misura sempre più crescente, per i trasferimenti interni in ambito urbano.

La “tangenziale est”, più propriamente indicata con il termine “strada fiume”, rappresenta un ulteriore elemento aggiunto al sistema radiale della tangenziale e dei raccordi, anche se con ruoli e caratteristiche assolutamente diverse: una parkway urbana dedicata esclusivamente ai movimenti interni di attraversamento e smistamento di carattere urbano.

Per completare il quadro introduttivo descrittivo, è necessario fare riferimento ad un altro gruppo di strade, in questo caso Statali perimetrali all’area vasta (alcune in parte o del tutto esterne all’area interessata dallo Schema metropolitano) che assolvono al compito di connettere tra loro alcuni dei principali assi radiali: la

Statale 429 (intersecandosi anche con la 222 di Castellina in Chianti) che a nord connette la Cassia con la Statale 408 a nord di Gaiole in Chianti; la Statale 484 che congiunge, a sud di Gaiole, la 408 con la Statale 73 e dunque con il raccordo Siena Bettolle ed attraversando il centro di Castelnuovo Berardenga; la Statale 451 che congiunge la Statale 438 di Asciano con la Cassia all'altezza di Buonconvento.

9.1.3.2 Il sistema della mobilità del Comune di Siena

Il traffico di attraversamento, non interessato alla città, viene assolto (o forse è più corretto dire, dovrebbe essere assolto) dal sistema della Tangenziale ovest, rappresentata dall'insieme dei tre raccordi provenienti dalle principali direttrici extraurbane: Firenze, Grosseto, Perugia.

Sull'altro lato della città, verso est, il nuovo Piano Regolatore, come detto, prevedeva la realizzazione di un asse stradale denominato "il fiume" lungo il quale fossero raccolti una serie di progetti di localizzazione produttiva e di funzioni rare: "un percorso fluido che costeggia la città nel suo lato est e costituisce il nuovo tracciato della Cassia o se si vuole, della Francigena; lungo il suo percorso una serie di insediamenti puntuali tra loro separati da vasti canali trasversali verdi che mettono in comunicazione i due versanti della valle del Rilugog . Chiaramente il ruolo di tale asse stradale, pur essendo riferito al sistema della viabilità tangenziale, è profondamente diverso da quello della tangenziale ovest. Questo viene confermato non solo dall'evidente diversità delle caratteristiche dei tracciati e delle sezioni trasversali attuate e previste, ma dalla volontà stessa di conferire al "fiume", assieme ad un alto grado di "scorrevolezza" e "fluidità" del percorso, anche una significativa capacità di penetrazione e di integrazione con il tessuto urbano, assolutamente non paragonabile con il sistema della Tangenziale.

Lungo il percorso del "fiume" sono localizzati alcuni parcheggi che, per la loro posizione e caratteristiche strutturali, hanno la capacità di configurarsi come "parcheggi di scambio" tali da costituire "nuovi" luoghi intermedi di approdo al centro città. Questi parcheggi, assumendo tale ruolo, diventano parte integrante della rete di trasporto pubblico collettivo, in quanto punti terminali (od iniziali) dei percorsi delle linee di forza del trasporto pubblico collettivo.

I parcheggi coinvolti sono:

- Via Napoli - lo Stellino - 130 p.a. circa
- V.le Sclavo-Palazzetto dello Sport 150 p.a. circa
- Piazzale Rosselli - Stazione 650 p.a. circa
- Due Ponti - 250 p.a. circa

In direzione trasversale rispetto al sistema della viabilità tangenziale, gli assi urbani di attraversamento si caratterizzano per la loro particolare configurazione planoaltimetrica, e per il disegno del loro tracciato, complessivamente molto meno regolare e rettilineo (salvo alcune eccezioni come ad esempio la Strada di Pescaia e Viale Bracci).

La tangenziale ed il "fiume" scorrono infatti su percorsi di fondovalle o comunque con scarsi dislivelli altimetrici. Questi ultimi invece caratterizzano fortemente le strade di attraversamento, rendendo i loro percorsi sicuramente meno fluidi anche per la generica compresenza lungo i tracciati, di diverse attività in grado di generare problemi di congestione e sicurezza del traffico. Il PUT dispone su tali itinerari, quando possibile, interventi di riduzione delle conflittualità in essi presenti ed in particolare promuove la rimozione della sosta lungo strada. Dispone inoltre, su alcuni percorsi, sensi unici di marcia che consentano sia il miglioramento delle condizioni di sosta lungo strada, sia la realizzazione di corsie preferenziali per autobus e/o piste ciclabili ed in generale un diverso e più ordinato riassetto degli elementi di arredo delle strade. Nello stesso tempo si attuano interventi di limitazione delle capacità di penetrazione al centro città attraverso percorsi di attraversamento, favorendo itinerari di uscita, dal centro verso l'esterno. Al margine dei percorsi più interni al centro città, sono localizzati parcheggi di scambio con caratteristiche analoghe a quelli localizzati lungo la strada "fiume". Questi parcheggi sono:

- Baldassarre Peruzzi 300 p.a. circa
- San Marco (da realizzare) 100 p.a. circa
- Pescaia ("fagiolone") - 200 p.a. circa

- Ex-Sita (da realizzare) - 1500 p.a. cir-

Caratterizzati dal ruolo di attestazione verso il centro città o verso grandi attrattori quali l'Ospedale o le aree di concentrazione Universitaria (parallelamente al ruolo di distribuzione principale interna a quartieri quali San Miniato o il Petriccio-AcquaCalda) questi tracciati assumono un'importanza strategica quando rappresentano percorsi di attestazione a grandi parcheggi più o meno prossimi al centro antico quali:

- Fontebranda esterna - 300 p.a.
- San Marco - 260 p.a.
- Fontanella-il Campo - 640 p.a.
- Porta Romana - 120 p.a.

Le strade di attestazione, con i loro parcheggi terminali prossimi o interni al centro antico, il sistema delle risalite, gli altri parcheggi lungo il "fiume" e lungo i percorsi di attraversamento, assieme al l'asse di forza del trasporto pubblico, costituiscono il sistema complessivo di "penetrazione alternativa" al centro città ed al centro antico, il cui rafforzamento dovrebbe comportare una riduzione dei volumi di traffico sulle strade di attraversamento più congestionate e prossime al centro città, con un miglioramento generalizzato delle condizioni della circolazione ed un utilizzo più coerente con il sistema infrastrutturale che si sta costruendo, delle risorse presenti, in termini di aree di sosta e sistemi alternativi di movimentazione pedonale. Alcuni degli interventi proposti dal PUT e descritti più avanti, pongono questi come obiettivi finali cui tendere.

9.1.3.3 Classificazione funzionale delle strade del Comune

Relativamente al sistema della mobilità comunale, un ulteriore approfondimento viene fornito dalla classificazione funzionale delle strade proposta dal PUT del Comune di Siena che, in linea di massima, riprende la suddivisione gerarchica precedentemente descritta. La classificazione è stata effettuata con riferimento alle disposizioni del nuovo CdS ed in particolare a quelli contenuti al capitolo 3 delle "Direttive" ed al capitolo 1.2 degli "allegati". Il PUT contiene una carta specifica che rappresenta la classificazione funzionale delle strade effettuata sullo scenario finale, quello cioè comprensivo di tutte le previsioni strategiche riepilogate nel "quadro generale degli interventi". Le classi funzionali utilizzate sono le seguenti:

- 1.tangenziale (autostrade)
- 2."il fiume" (interquartiere)
- 3.percorsi principali di attraversamento (quartiere)
- 4.percorsi di attestazione o di smistamento (interzonali)
- 5.percorsi di servizio diretto agli insediamenti (locali)

Le strade comprese nelle prime quattro classi funzionali appartengono alla Rete Principale Urbana, quelle comprese nella quinta classe funzionale, costituiscono la Rete Urbana Locale. In base alla classificazione funzionale vengono fissati dal "Regolamento Viario" standard tecnici in merito a:

- le componenti di traffico ammesse;
- le caratteristiche geometriche della sezione trasversale;
- le caratteristiche geometriche di tracciato;
- l'organizzazione delle intersezioni stradali;
- la dimensioni delle fasce di sosta laterale;
- le discipline delle altre occupazioni delle sedi stradali.

La classificazione attuata dal PUT fa riferimento ai seguenti criteri:

- Tangenziale: Sono individuate le strade facenti parte del sistema della tangenziale ovest e della parte iniziale dei raccordi autostradali verso Grosseto, Perugia, Firenze. Su queste strade il Regolamento viario consente i movimenti di autoveicoli privati e di quelli in servizio pubblico senza ammetterne la fermata. Viene esclusa la sosta ed anche la fermata per i mezzi privati ed è vietato il transito pedonale e ciclabile.
- Interquartieri: Sono individuate le strade facenti parte dell'asse stradale "il fiume" così come previsto dal progetto di Piano Regolatore Generale e successive varianti. Su queste strade il Regolamento viario consente i movimenti di autoveicoli privati e di quelli in servizio pubblico, con fermate organizzate ed eventuale corsia riservata. La sosta per i mezzi privati è ammessa solo su spazi separati e con immissioni ed uscite concentrate. Il transito pedonale è ammesso solo su marciapiedi protetti mentre è escluso il transito ciclabile, se non previsto in sede propria. Il PUT persegue l'obiettivo di eliminare completamente la sosta libera lungo strada non organizzata in spazi separati, su tutti gli itinerari facenti parte della strada del "fiume".
- Quartieri: Sono individuate le strade facenti parte del sistema dei percorsi principali di attraversamento sud-nord della città. Su queste strade il Regolamento viario consente i movimenti di autoveicoli privati e quelli di autoveicoli in servizio pubblico, con fermate organizzate ed eventuale corsia riservata. Consente inoltre la sosta di autoveicoli privati con immissioni ed uscite libere, con corsia di manovra. Il transito pedonale è ammesso su marciapiedi mentre il transito ciclabile è ammesso se in sede propria o su corsia riservata. Il PUT persegue l'obiettivo di eliminare la sosta libera lungo strada, non organizzata in spazi separati, su tutti gli itinerari facenti parte del sistema di attraversamento. Dove tale intervento non risulti possibile per evidenti carenze di tipo infrastrutturale, la sosta lungo strada dovrà essere tariffata con costi proporzionali al grado di congestionamento dei singoli tratti stradali.
- Interzonali: Sono individuate le strade facenti parte del sistema dei percorsi di distribuzione principale dei quartieri o di approdo al centro città. Su queste strade il Regolamento viario consente i movimenti di autoveicoli privati e quelli di autoveicoli in servizio pubblico, con fermate organizzate ed eventuale corsia riservata. La sosta libera è ammessa, a norma del codice della strada. Il transito pedonale è ammesso su marciapiedi mentre il transito ciclabile è ammesso se in sede propria o su corsia riservata.
- Locali: Sono individuate le strade facenti parte del sistema dei percorsi di distribuzione secondaria, interni agli insediamenti urbani. Su queste strade il Regolamento viario consente i movimenti di autoveicoli privati ed esclude il transito dei mezzi pubblici. Per i mezzi privati è ammessa la sosta libera, a norma del codice della strada. Il transito pedonale è ammesso su marciapiedi mentre il transito ciclabile è ammesso se previsto su corsia riservata.

9.1.3.4 Le zone a traffico limitato del Comune

Il percorso di miglioramento delle condizioni di vivibilità della Città di Siena in relazione alla componente del traffico veicolare ha avuto un momento di attenzione particolare con la progressiva istituzione della Zona a Traffico Limitato; percorso iniziato alla fine degli anni '80 e concluso nel 1996 con l'organizzazione del Settore 6 - Camollia.

Il progetto ha origine nella redazione del primo Piano Integrato della Mobilità del Comune di Siena (1993) che, oltre all'individuazione dei settori della città Storica da condurre a Z.T.L., individuava l'estensione del provvedimento ad alcuni dei quartieri periferici: San Prospero, Sant'Eugenia, Busseto, Valli e Doccino.

La limitazione è relativa solo ad alcune strade interne al quartiere ed esclusivamente funzionali alla viabilità interna residenziale. Questa scelta si è resa necessaria in quanto mirata a ridurre i fenomeni negativi indotti dalla chiusura del Centro Storico proprio in quei quartieri più vicini a questo o ubicati lungo le direttrici delle linee di penetrazione al Centro del Trasporto Pubblico.

Un'intensificazione del traffico e una ricerca massiccia del posto auto da parte di utenti provenienti dall'esterno della città sono state le conseguenze più evidenti riscontrate nei suddetti quartieri. Con l'istituzione della Z.T.L. si vuole in pratica facilitare la viabilità ma soprattutto la sosta ai residenti in quel settore senza però provocare disagi alla viabilità principale che a volte attraversa i quartieri stessi. Dovrebbe inoltre rappresentare un ulteriore incentivo, per gli utenti non residenti, a servirsi del mezzo pubblico e del

sistema integrato privato-pubblico rappresentato dalle linee di penetrazione al Centro Storico e dai parcheggi scambiatori.”

9.2 Il sistema della mobilità e le politiche sui trasporti

9.2.1 Interventi e strategie

Nel settore della mobilità e dei trasporti Siena vanta una consistente esperienza iniziata negli anni '60 con alcuni importanti provvedimenti tra i quali la chiusura del traffico veicolare all'interno della città murata. A Siena è presente infatti la ZTL (zona a traffico limitato) di più antica istituzione a livello nazionale, che è diventata oggi la più ampia d'Italia con una superficie pari a 31,68 mq. per abitante. Fa parte pertanto di una tradizione ormai consolidata l'introduzione di nuove e sperimentali politiche di intervento sulla mobilità, sollecitate inizialmente in particolare dalle caratteristiche peculiari del proprio territorio ed in particolare del tessuto urbano più antico, che mal si concilia con le esigenze della società motorizzata. Tali limitazioni non hanno però frenato la crescita esponenziale del numero di auto in proprietà e dunque circolanti nel territorio senese. Siena infatti risulta oggi una delle città con il più alto livello di motorizzazione, circa 670 auto ogni 1000 abitanti, di gran lunga superiore al livello nazionale che si attesta intorno alle 570 auto ogni 1000 abitanti.

A fronte di un uso massiccio dell'auto privata, a Siena viene registrato anche un buon livello di utilizzo dei mezzi di trasporto pubblico su gomma. L'autobus, in particolare per gli spostamenti urbani risulta molto diffuso, in particolare tra le fasce più deboli della popolazione, attestandosi, anche in questo caso su valori mediamente alti per il nostro paese e superiori al trend nazionale.

Dobbiamo rilevare però negli ultimi anni una riduzione dell'uso del mezzo pubblico e viceversa, un costante aumento delle auto circolanti nel territorio senese. Questo è rilevabile dal consistente aumento dei flussi in ingresso al settore urbano della città (l'anello delle periferie tra la campagna ed il centro antico) registrati negli ultimi cinque anni.



Figura 9.5 - ZTL

Letta nell'ottica dell'area vasta, la situazione relativa alle dinamiche dei trasporti, induce riflessioni legate al più recente assetto urbanistico del territorio senese, delineatosi negli ultimi decenni e riguardante tutti i Comuni limitrofi e non solo limitrofi. La diversa distribuzione degli abitanti nell'area senese cui abbiamo assistito negli ultimi trent'anni ha portato un incremento di circa 13.000 residenti nella cintura esterna al Comune di Siena, all'interno del quale, viceversa, si assiste ad un decremento di residenti di valore analogo. Allo stesso tempo il permanere della maggior parte dei posti di lavoro (quasi i tre quarti di quelli disponibili

nell'intera area) ha prodotto un accentuato e progressivo fenomeno di pendolarità polarizzata sul capoluogo. I circa 2.500 movimenti pendolari giornalieri registrati nel 1971, sono diventati nel 1991 ben 5.766 e tale incremento risulta di entità non trascurabile se riferito ai valori ed alle particolari realtà locali cui si riferisce.

Tale crescita esponenziale dei movimenti è stata rilevata e confermata anche dalle indagini compiute sull'area senese e finalizzate alla rilevazione del numero di accessi veicolari in ingresso ed uscita dal contesto urbano di Siena, che hanno fatto registrare aumenti fino al 36%, come verrà di seguito ampiamente illustrato.

9.2.2 *Il sistema integrato di mobilità*

Il "Piano Integrato della Mobilità" 1993 oltre all'individuazione dei settori della città Storica da condurre a Z.T.L. individuava l'estensione del provvedimento ad alcuni dei quartieri periferici:

"... è stata introdotta la limitazione del traffico veicolare privato anche all'intero di alcuni quartieri esterni alla Città Murata. In particolare si tratta dei quartieri di San Prospero, Sant'Eugenia, Busseto, Valli e Doccino.

La limitazione è relativa solo ad alcune strade interne al quartiere ed esclusivamente funzionali alla viabilità interna residenziale. Questa scelta si è resa necessaria in quanto mirata a ridurre i fenomeni negativi indotti dalla chiusura del Centro Storico proprio in quei quartieri più vicini a questo o ubicati lungo le direttrici delle linee di penetrazione al Centro del Trasporto Pubblico.

Un'intensificazione del traffico e una ricerca massiccia del posto auto da parte di utenti provenienti dall'esterno della città sono state le conseguenze più evidenti riscontrate nei suddetti quartieri. Con l'istituzione della Z.T.L. si vuole in pratica facilitare la viabilità ma soprattutto la sosta ai residenti in quel settore senza però provocare disagi alla viabilità principale che a volte attraversa i quartieri stessi. Dovrebbe inoltre rappresentare un ulteriore incentivo, per gli utenti non residenti, a servirsi del mezzo pubblico e del sistema integrato privato-pubblico rappresentato dalle linee di penetrazione al Centro Storico e dai parcheggi scambiatori."

Il successivo e vigente "Piano Generale del Traffico Urbano" del Comune di Siena è stato elaborato in ottemperanza all'art.36 del nuovo codice della Strada - CdS (D.Lgs. 285/1992)¹ e seguendo le "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico"; il PGTU approvato nel 2000, si riallaccia alla filosofia già contenuta nel Piano precedente occupandosi dell'organizzazione della viabilità nei quartieri periferici. Il Piano PGTU ha delineato un nuovo sistema integrato di mobilità per l'accesso al centro città, basato sull'utilizzo combinato delle diverse e possibili componenti modali: mezzo privato, mezzo pubblico, mezzi alternativi ed innovativi di trasporto collettivo (scale mobili, ascensori, tapis roulant, ecc.)

Il Piano Urbano del Traffico (PUT) è un piano di immediata realizzabilità, da elaborarsi con l'obiettivo di contenere al massimo, mediante interventi di modesto onere economico, le criticità della circolazione. Il PUT proposto per il centro abitato di Siena è stato organizzato quale piano-processo in grado di costituire un costante strumento di riferimento per le future fasi attuative del più vasto programma strategico di lungo periodo rappresentato dall'offerta delle nuove infrastrutture viarie e di circolazione. Tale disegno strategico è quello derivante dalle previsioni del Piano Regolatore Generale e dalle successive varianti contestuali, oltre che dall'insieme dei progetti relativi a singoli interventi strutturali (grandi parcheggi, sistemi alternativi di collegamento quali risalite meccanizzate ed ascensori, nuove intersezioni, strade di servizio, etc.) direttamente sviluppati ed elaborati dagli Uffici Tecnici dell'Amministrazione Comunale.

Il PUT di Siena, nell'ottica di uno strumento tecnico-amministrativo di breve periodo relativo ad interventi di modesto onere economico, acquisisce l'insieme di tali interventi quale base sulla quale effettuare le proprie scelte, relative:

- al miglioramento della mobilità pedonale;
- al miglioramento della mobilità dei mezzi collettivi pubblici;
- alla riorganizzazione dei movimenti veicolari privati;
- alla riorganizzazione della sosta delle autovetture;

In armonia con le "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico" il nuovo PUT di Siena si basa sul riconoscimento del ruolo funzionale delle principali strade interne al perimetro

urbano, considerato più idoneo nell'ambito delle strategie generali di intervento sull'offerta di trasporto e degli obiettivi specifici che ci si propongono.

La concentrazione e la prevalenza di flussi esterni di traffico verso l'area urbana del capoluogo ha comportato il bisogno di riorganizzare il sistema degli accessi al centro urbano di Siena, all'interno del quale si condensano i maggiori attrattori di traffico, ripensando in tale logica l'organizzazione delle linee di accesso e dei luoghi di sosta e di approdo.

Particolare importanza all'interno di tale sistema assume la previsione di quattro parcheggi scambiatori principali (od aree di sosta di scambio) organizzati lungo la strada "il fiume", cinque parcheggi scambiatori principali (od aree di sosta di scambio) organizzati lungo i due principali assi urbani di attraversamento e quattro parcheggi principali di attestazione al centro città.

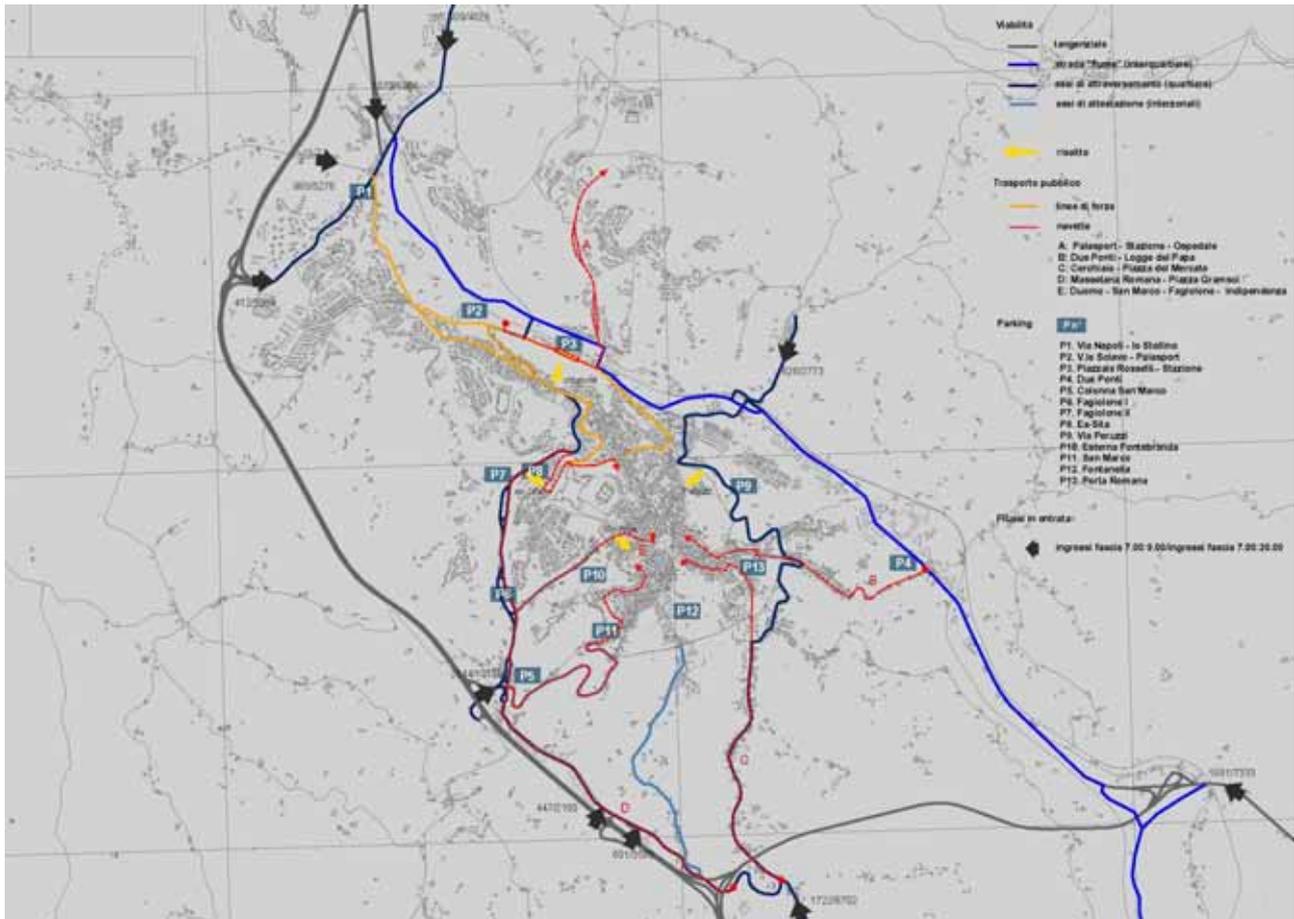


Figura 9.6 -Il sistema integrato della mobilità

Nel primo gruppo, quello dei parcheggi lungo la "strada fiume", sono compresi l'area di sosta via Napoli – Stellino (200 p.a. circa esistenti), il parcheggio palasport (per complessivi 600 p.a. circa da realizzare - oltre a quelli già esistenti e dedicati alle manifestazioni sportive -), il parcheggio della Stazione ferroviaria (interrato per complessivi 650 p.a. - esistente), l'area di sosta dei Due Ponti (gruppo di parcheggi a raso per complessivi 400 p.a. circa - esistenti).

Nel secondo gruppo, quello dei parcheggi lungo gli assi urbani di attraversamento, sono compresi l'area di sosta colonna San Marco (gruppo di parcheggi a raso per complessivi 175 p.a. - 130 p.a. circa da realizzare), il parcheggio "fagiolone 1" (a raso per complessivi 200 p.a. circa - esistente), il parcheggio "fagiolone 2" (a raso per complessivi 160 p.a. circa - esistente), il parcheggio "ex Sita" interrato per complessivi 800 p.a. circa - da realizzare), il parcheggio B. Peruzzi (interrato per complessivi 300 p.a. - esistente).

Nel terzo gruppo, quello dei parcheggi di attestazione, sono compresi il parcheggio Fontebrandia esterna (interrato per complessivi 265 p.a. - esistente), il parcheggio di Porta San Marco (interrato per complessivi

260 p.a. - esistente), l'area di sosta a Porta Romana (parcheggio a raso per 120 p.a. – esistente e parcheggio interrato per 270 p.a. circa - da realizzare), il parcheggio di Porta Tufi (Il Campo -interrato per complessivi 640 p.a. - esistente).

Da ciascuno di tali parcheggi sono disponibili una o più modalità alternative al mezzo privato, per raggiungere la destinazione finale (centro città o servizi primari esterni). Dai quattro parcheggi di attestazione è possibile raggiungere i principali luoghi del centro anche a piedi.

Il sistema dei parcheggi previsto dal Piano, per la cui realizzazione sono stati investiti negli ultimi due decenni notevoli quantità di risorse, risulta strettamente correlato con il Piano per il Riassetto delle linee del Trasporto Pubblico Locale su gomma di cui ai successivi paragrafi.

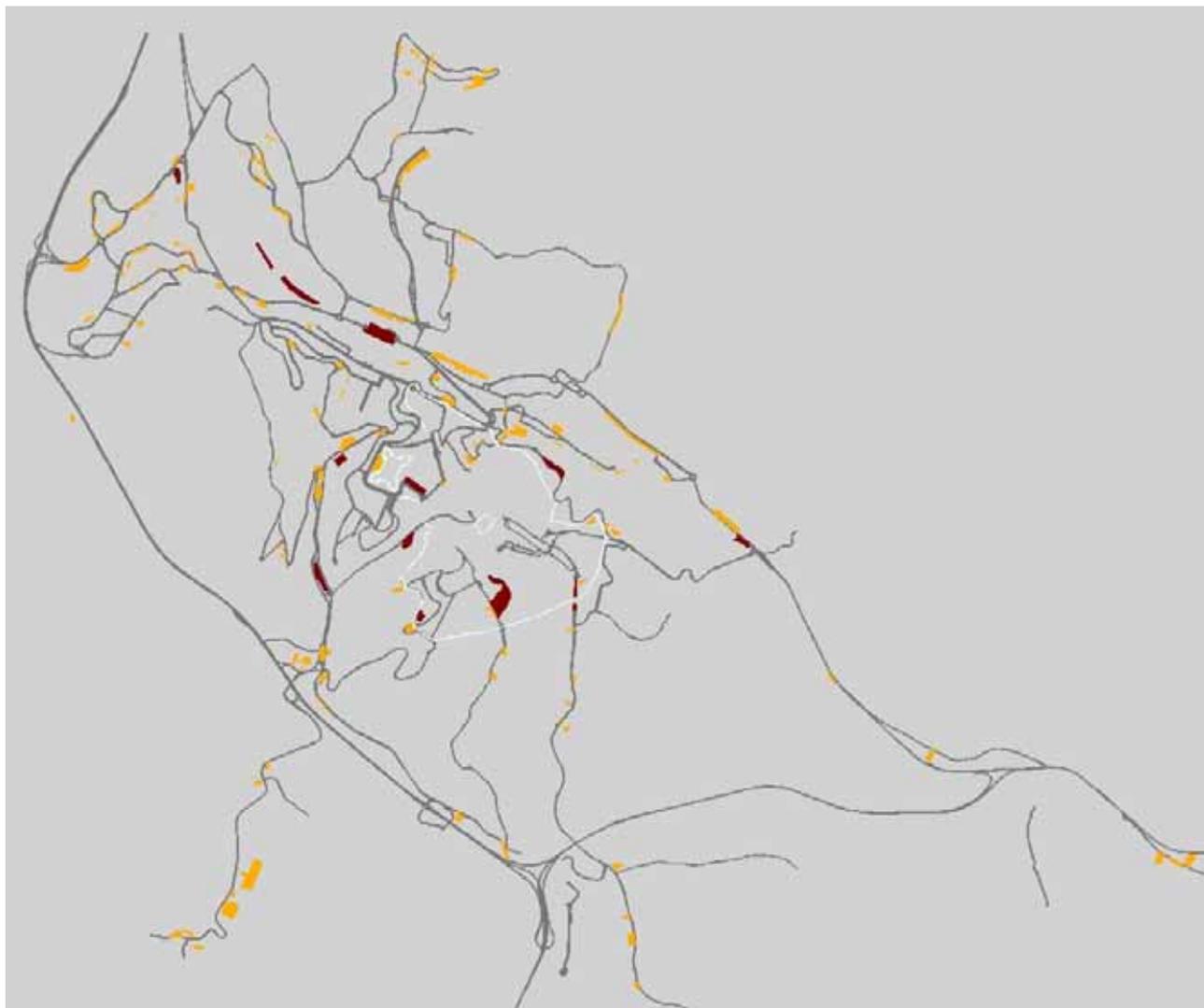


Figura 9.7-Il sistema dei parcheggi

9.3 Il Trasporto pubblico su gomma

9.3.1 Il Trasporto Pubblico Urbano di Siena

Con i recenti provvedimenti legislativi riguardanti la riorganizzazione delle modalità di affidamento del servizio di trasporto pubblico locale, si è aperta nell'area senese una fase di riflessione che ha riguardato non solo il nuovo sistema dei contratti ma anche l'intero assetto del servizio. Le nuove istanze sono riferite e condizionate dalla maggior complessità distributiva degli insediamenti territoriali, dalla necessità di recuperare le possibili dissipazioni di risorse determinate da logiche organizzative obsolete e superate, dalla volontà di riprogettare il sistema del trasporto pubblico in relazione alla disponibilità di modalità innovative di servizio (facendo sempre più riferimento anche a significative esperienze nazionali ed europee) ed

orientando le scelte verso sistemi più flessibili ed organici, nella logica dello sviluppo di sinergie tra le diverse modalità di trasporto.

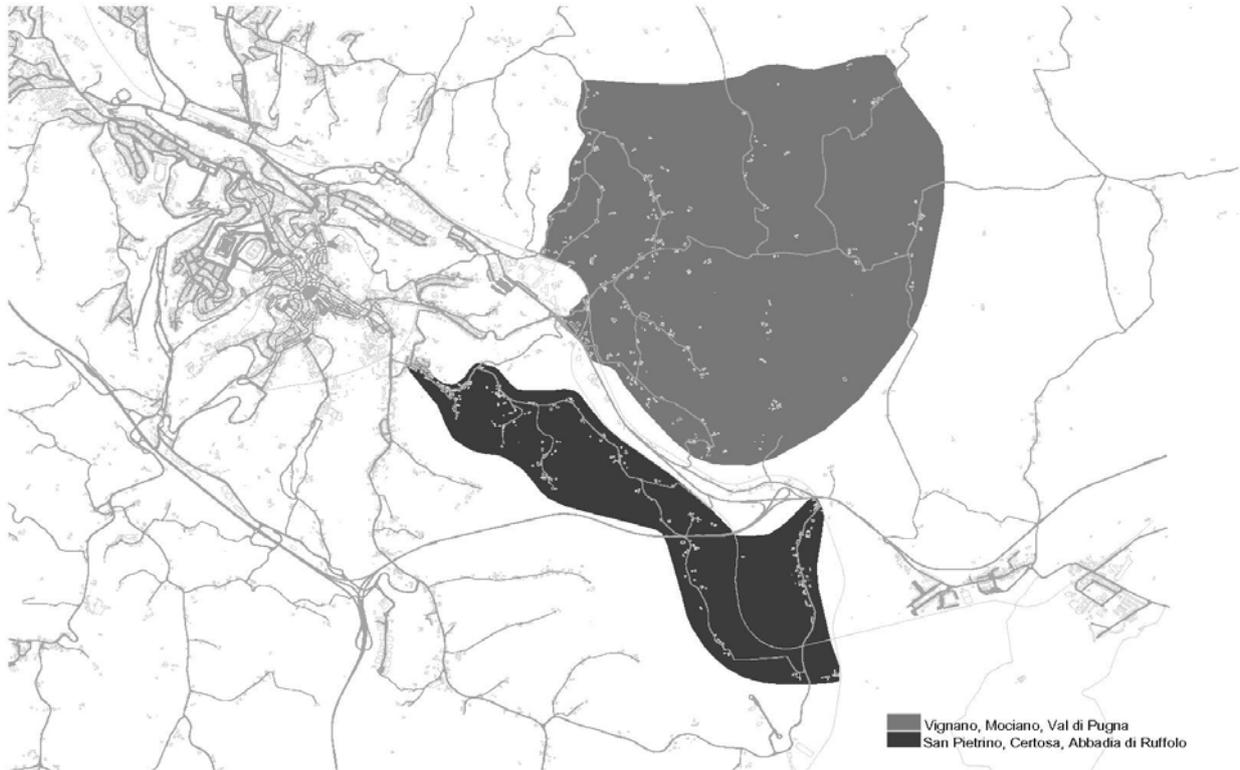


Figura 9.8 – I Compensori dei servizi a chiamata

Nell'ambito delle recenti gare per l'affidamento della gestione quinquennale del TPL della Provincia di Siena, in particolare per il servizio urbano del capoluogo, sono stati introdotti nuovi concetti di riorganizzazione del servizio, attraverso la formulazione di dettagliate linee guida contenute nel documento 'Vincoli ed indirizzi' strutturante l'impianto di gara.

Il sistema proposto tende a ridistribuire in maniera più equa, e nello stesso tempo più efficiente, i servizi all'interno del territorio comunale soprattutto in riferimento ai collegamenti tra i quartieri ed il centro città e tra gli stessi ed i principali poli quali la Stazione Ferroviaria e l'Ospedale. I punti di attestazione al centro città resteranno Piazza Gramsci e Piazza del Sale, per il centro antico sono confermati quelli attualmente raggiunti dai "pollicini" (Logge del Papa, Piazza del Duomo, Piazza Indipendenza, Stufa Secca).

Schema illustrativo sistema riassetto Tpl

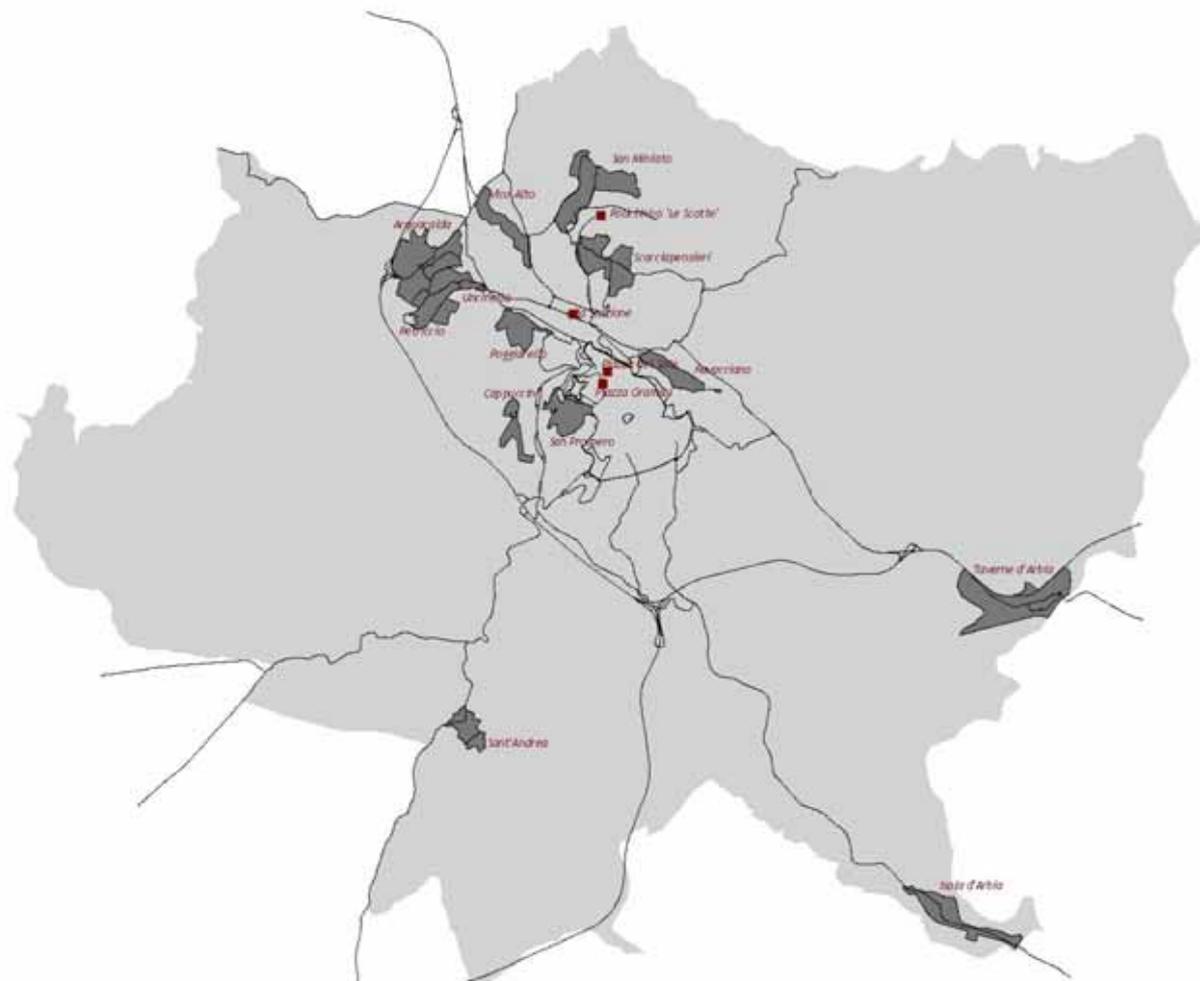


Figura 9.9 – Schema illustrativo sistema Tpl

La nuova rete ipotizzata segue i principi e gli obiettivi del Piano di Riassetto del Trasporto Pubblico Locale su gomma già elaborato dall'amministrazione Comunale, che risulta basato, in estrema sintesi, sulle seguenti linee principali:

1. il collegamento garantito tra i principali quartieri dei quadranti nord-ovest nord-est della città con il centro, alternativamente sul versante verso p.zza Gramsci e su quello verso p.zza del Sale, con conseguente passaggio dalla Stazione Ferroviaria.
2. il collegamento garantito tra la conurbazione del quadrante sud-est della città con il centro città, alternativamente sul versante verso p.zza Gramsci e su quello verso p.zza del Sale.
3. la realizzazione di due linee di forza, caratterizzate da alta frequenza di passaggi verso il centro città, sul versante nord ovest in direzione p.zza Gramsci (asse v.le Cavour) e sul versante nord est in direzione p.zza del Sale (asse V.le Sclavo- V.le Mazzini)
4. la realizzazione (anche attraverso la conferma di servizi già esistenti) di collegamenti con alta frequenza di passaggi tra i principali parcheggi scambiatori, il centro città ed il centro antico. In particolare prevedendo e/o rafforzando i seguenti punti di attestazione: Due Ponti e Cerchiaia verso il centro antico, Pescaia e Massetana Romana sia verso il centro antico che verso il centro città
5. il collegamento con alta frequenza di passaggi tra la Stazione Ferroviaria e l'area del Palasport con il Policlinico delle Scotte (frequenza minima ipotizzata 12-15').

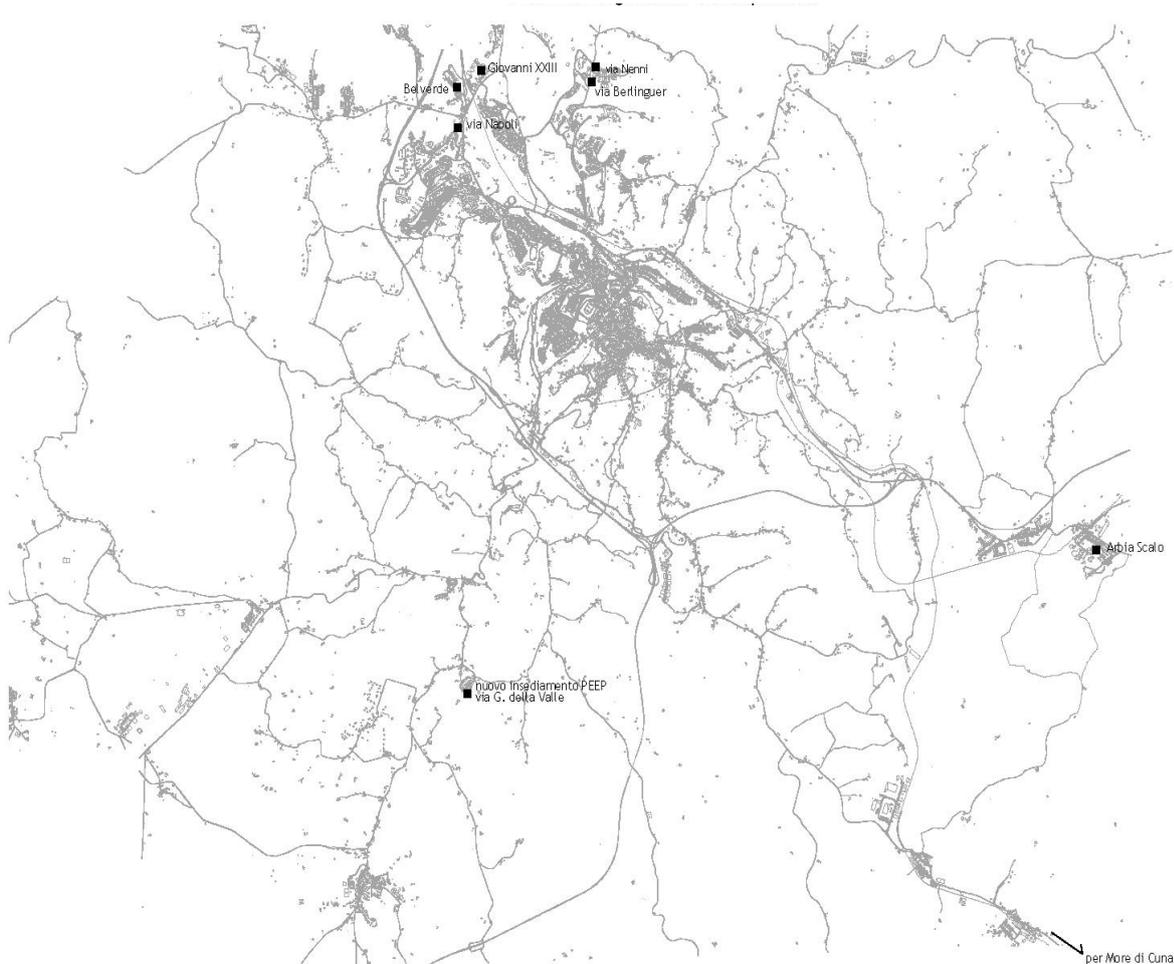


Figura 9.10 – Planimetria generale dei capolinea

Secondo tale schema viene affidato alla Stazione Ferroviaria un ruolo centrale, in quanto nodo principale intermodale di scambio. Il ruolo centrale della Stazione è basilare per tutta la politica di mobilità e di pianificazione del Comune di Siena e dello Schema Metropolitan: il Piano di Riassetto del Trasporto Pubblico su gomma, l'individuazione dei parcheggi scambiatori, la realizzazione di sistemi alternativi come risalite e scale mobili sono alcuni esempi di scelte legate a questo presupposto, senza trascurare il possibile utilizzo degli attuali tratti ferroviari, quale ulteriore modalità di collegamento tra alcuni dei principali centri abitati dei comuni contermini ed il centro di Siena. In tale ottica, assieme ad una necessaria progettazione del nuovo sistema di trasporto, il quale a fronte del mantenimento delle attuali infrastrutture, dovrà ipotizzare una completa revisione delle modalità di utilizzo del mezzo (in relazione alle caratteristiche dei vettori, alla distribuzione dei punti di sosta ed alle frequenze di servizio) dovrà assumere centralità la sistemazione dell'area della Stazione ferroviaria di Siena ed il suo inserimento in un sistema di connessione con le altre centralità del centro urbano (Piazza del Sale, Piazza Gramsci, Logge del Papa, ecc.)

9.3.2 Il trasporto Pubblico Extraurbano

Le autolinee della rete extraurbana sono classificate funzionalmente in tre tipologie: regionali, primarie e circondariali. Le autolinee regionali sono quelle che collegano il capoluogo provinciale con Firenze e Arezzo. Le autolinee primarie sono quelle che garantiscono l'accessibilità al territorio provinciale e sono suddivise tra primarie di primo e secondo livello in relazione alla consistenza della domanda. Le circondariali quelle che servono relazioni di carattere locale e/o comunale.

Il territorio della provincia è suddiviso funzionalmente in 7 circondari che comprendono tutti i 36 comuni della provincia.

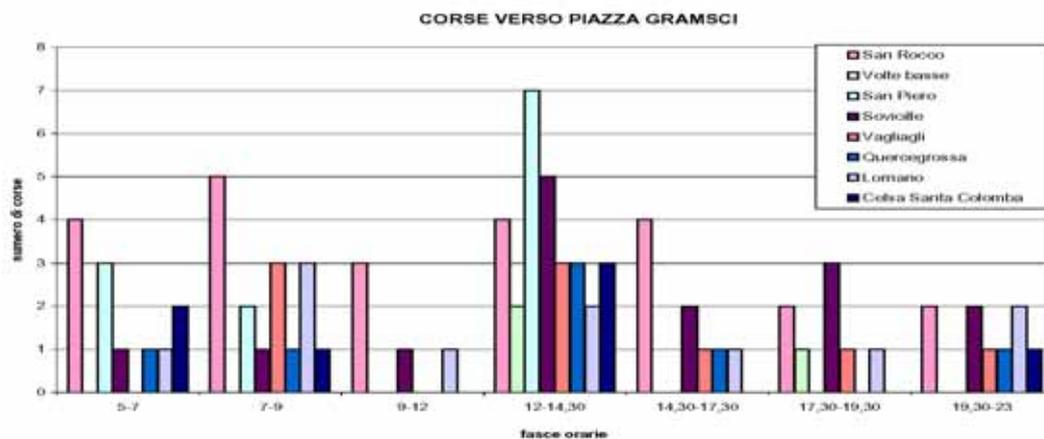


Figura 9.11 – Diagramma delle corse verso Piazza Gramsci (Siena)

Anche nel caso dei servizi extraurbani, le gare per l'affidamento del servizio sono state l'occasione per definire alcuni indirizzi per il miglioramento del livello attuale di servizio. Seguendo l'organizzazione per Circondari, si riportano l'elenco delle linee e gli interventi di miglioramento richiesti, allo scopo di completare il quadro conoscitivo relativamente ai servizi di trasporto pubblico di livello extraurbano ed interessanti in buona parte, i territori oggetto di studio:

- A. Circondario Val di Merse - Per la Val di Merse sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - attestazione di alcuni servizi primari di II livello sui nodi di interscambio di Rosia e S. Rocco e intensificazione dei collegamenti;
 - velocizzazione delle corse scolastiche per Siena provenienti dai comuni di Chiusdino e Monticiano;

Autolinee: primarie di secondo livello:

- 104 Pievescola-Ancaiano-Siena
- 106 Brenna-Rosia-Sovicille-Siena
- 122 Ciciano-Chiusdino-Siena

Autolinee circondariali:

- 110 Montepescini-Casciano-Siena
- 111 Vescovado-Suvignano-Monteroni-Siena
- 116 Monticiano-Rosia-V. Basse-Siena
- 118 Casciano-Montepescini-S.Stefano
- 140 Tegoia-Siena
- 527 Quercogrossa-Belverde-Uopini-Badesse-Monteriggioni
- 528 Montarioso-Colombaio-Badesse-S.Pozzo
- 588 Montarioso-Belverde-S.Martino-S.Pozzo
- 596 Badesse-Uopini-S.Rocco

- 30 Castello-S.Rocco-P.za Gramsci
- 31 Volte Basse-Carpineta-P.za Gramsci
- 37 Celsa-S.Colomba-P.za Gramsci
- B. Circondario Val d'Elsa - Per la Val d'Elsa sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - potenziamento dei collegamenti tra i capoluoghi di Radicondoli e Casole con Colle;
 - miglioramento delle coincidenze orarie tra i servizi di interesse circondariale/comunale con il servizio primario di I livello S.Gimignano-Poggibonsi-Colle-Monteriggioni-Siena e il servizio regionale treno/bus Siena-Firenze con particolare riferimento ai nodi di Colle e Poggibonsi;
 - istituzione di un servizio di collegamento tra i centri urbani del comune di Monteriggioni con Siena sostitutivo delle attuali linee urbane oggetto di riordino e progettazione nell'ambito della rete urbana del capoluogo provinciale. Il servizio dovrà assicurare corse dirette nelle fasce orarie di punta con i principali poli attrattori della città (scuole, luoghi di lavoro) mentre nelle altre fasce orarie può essere effettuato anche con tipologie innovative a domanda e attestato in coincidenza con i principali nodi di interscambio della rete urbana.

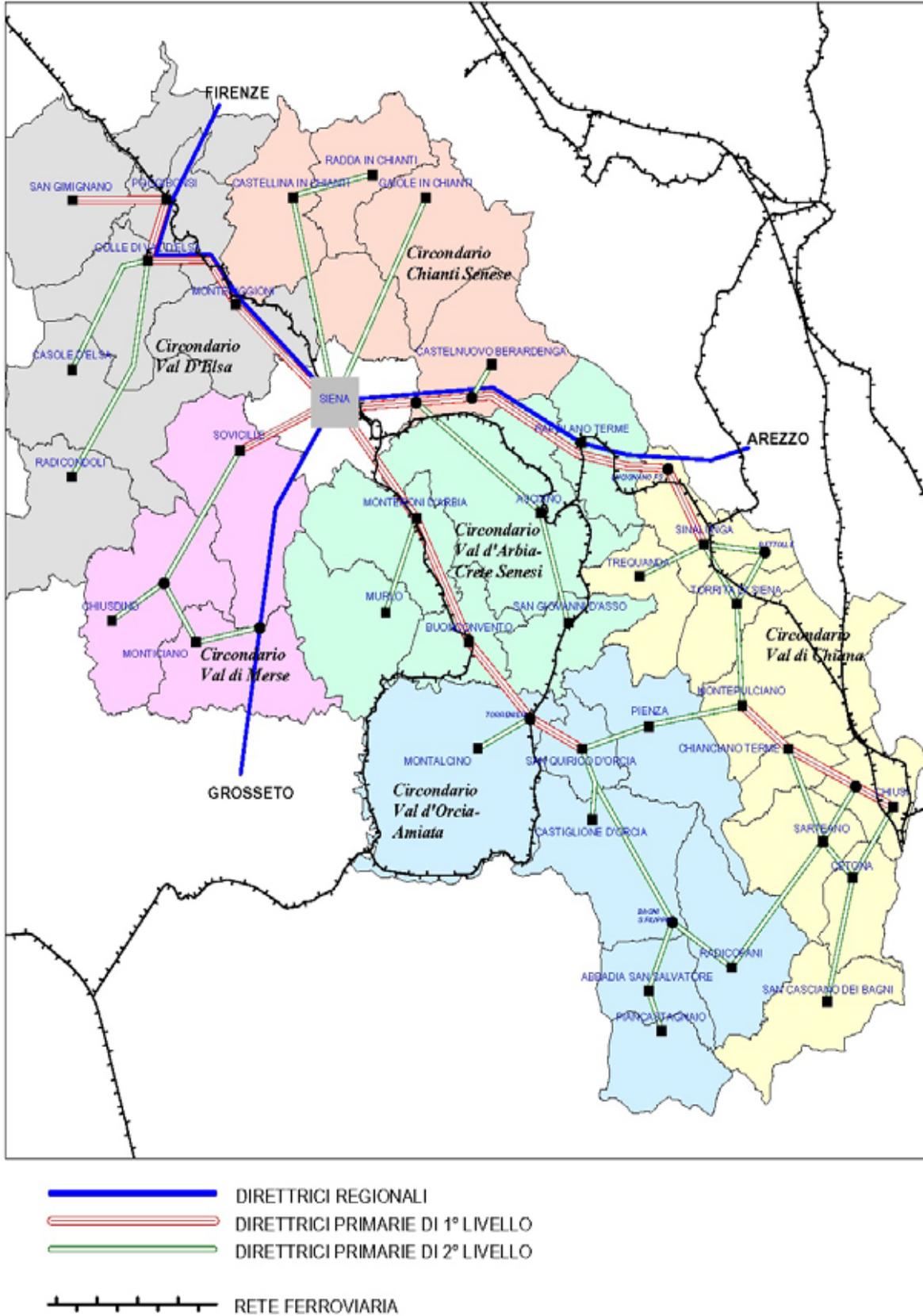


Figura 9.12 – Direttrici principali

Autolinee primarie di secondo livello:

- 120 Colle-Pievescola-Radicondoli-Belforte
- 126 Colle-Casole-Monteguidi

Autolinee circondariali:

- 121 Colle-Strove-Monteriggioni-Castellina S.-Staggia
- 124 Colle-Campiglia-Castel S.Gimignano
- 128 S.Gimignano-Pancole-Certaldo
- 133 Poggibonsi-Vignano-S.Gimignano
- 36 P.za Gramsci-Badesse-Lornano
- 35 P.za Gramsci-Colombaio-Quercegrossa
- C. Circondario Chianti Senese - Per tale area sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - potenziamento del collegamento Gaiole-Siena.
 - miglioramento del collegamento tra i capoluoghi di Radda e Castellina con Siena da realizzare anche con eventuali corse limitate alla cintura di Siena, prevedendo un interscambio con la rete urbana (zona urbana di Fontebecci).
 - riordino e potenziamento dei collegamenti tra i centri urbani del comune di Castelnuovo B. e Siena che preveda anche un servizio sostitutivo delle attuali linee urbane oggetto di riordino e progettazione nell'ambito della rete urbana del capoluogo provinciale. Il servizio dovrà assicurare corse dirette nelle fasce orarie di punta con i principali poli attrattori della città (scuole, luoghi di lavoro) mentre nelle altre fasce orarie può essere effettuato anche con tipologie innovative a domanda e attestato in coincidenza con i principali nodi di interscambio della rete urbana.
 - miglioramento del collegamento tra i capoluoghi di Gaiole, Radda e Castellina con Greve per le relazioni con Firenze (da realizzare con interscambio delle corse in coincidenza a Greve con l'autolinea Greve-Firenze).

Autolinee primarie di secondo livello:

- 125 Siena-Castellina-Radda-Lucarelli
- 127 Siena-Pianella-Gaiole
- 134 S.Felice-Villanova-Castelnuovo B.-Siena

Autolinee circondariali:

- 102 Siena-Pievesciata-Ponte di Pianella
- 345c Castellina-Gaiole-Greve
- 32 P.za del Sale-Casetta-S.Piero
- 34 P.za Gramsci-Ponte a Bozzone-Pontignano-Vagliagli

- D. Circondario Val di Chiana - Per la Val di Chiana sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - miglioramento dei collegamenti tra i capoluoghi di Trequanda e Torrita con Sinalunga anche ai fini dell'interscambio con il servizio primario di I livello Sinalunga-Rapolano-Siena.
 - miglioramento dei collegamenti tra i capoluoghi di Trequanda e Torrita con Montepulciano anche ai fini dell'interscambio con il servizio primario di I livello Montepulciano-Chianciano-Chiusi.
 - miglioramento dell'integrazione con il servizio ferroviario della linea Siena-Chiusi tramite l'istituzione di corse mirate e/o in coincidenza alle stazioni con i treni da/per Siena. Obiettivo principale di questi interventi dovrà essere il potenziamento del collegamento complessivo (treno e bus) tra i diversi capoluoghi comunali e Siena soprattutto per quei comuni posti a sud di Sinalunga che sono attualmente serviti solo con alcune corse mirate nell'arco giornaliero da/per il capoluogo provinciale.
 - potenziamento dei collegamenti con l'ospedale di Nottola.
 - miglioramento dei collegamenti tra i capoluoghi di S.Casciano Cetona e Sarteano con Chiusi anche ai fini dell'interscambio con il servizio ferroviario e il servizio Chiusi-Chianciano-Montepulciano.

Autolinee primarie di secondo livello

- S.Casciano-Cetona-Chiusi-Sarteano
- Sinalunga-Trequanda-Montepulciano
- Sinalunga-Torrita-Montepulciano
- Chiusi-Cetona-Chianciano-Montepulciano
- Sinalunga-Torrita
- Sinalunga-Torrita-Montepulciano-Chianciano

Autolinee circondariali:

- Montepulciano-Chianciano-Chiusi
- Montepulciano-Nottola
- Lucignano-Rigomagno-Sinalunga
- Bettolle-Firenze

- E. Circondario Val d'Orcia – Amiata - Per la Val d'Orcia sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - realizzazione di un servizio di area che oltre alle esigenze della domanda scolastica colleghi tra loro: capoluoghi comunali garantendo sull'intero arco orario giornaliero un numero minimo di collegamenti.
 - miglioramento dei collegamenti tra i capoluoghi comunali e il nodo di interscambio di S.Quirico per il collegamento con Siena (servizio primario I livello) e Montepulciano (servizio primario II livello).
 - miglioramento del collegamento S.Quirico-Pienza-Montepulciano.

- istituzione di un servizio a domanda per i collegamenti tra i principali centri urbani e i presidi sanitari.
- miglioramento dei collegamenti di interesse comunale tra i centri urbani e i rispettivi capoluoghi.
- velocizzazione delle corse da/per Siena sulla tratta Siena-Monteroni in sovrapposizione con il servizio urbano del capoluogo provinciale.

Autolinee primarie di secondo livello

- Chiusi-Radicofani-Abbadia S.S.-Cetona
- Monte Amiata-Castiglione-Abbadia S.S.
- Piancastagnaio-Abbadia-Chianciano-Montepulciano
- Arcidosso-S.Quirico-Buonconvento
- Piancastagnaio-Abbadia S.S.-Montepulciano
- Abbadia S.S.-Siena
- Abbadia S.S.-C.Azzara-Arcidosso

Autolinee circondariali

- 113 Montepulciano-Monticchiello-Pienza
- Montalcino-S.Angelo-Montalcino
- Arcidosso-Abbadia S.S.-Valpaglia
- Monte Amiata-Castelnuovo-Montalcino

- F. Circondario Crete - Val d'Arbia - Per la Val d'Arbia sono stati individuati i seguenti indirizzi di miglioramento del servizio:
 - miglioramento dei collegamenti sulle relazioni Murlo-Siena e Asciano-Siena prevedendo anche corse in coincidenza con i rispettivi servizi passanti di I livello Siena-Monteroni-Buonconvento-S.Quirico e Siena-Rapolano-Sinalunga. Per la prima relazione il polo di interscambio è Monteroni mentre per la seconda può essere Rapolano e/o Serre.
 - miglioramento del collegamento sulla relazione S. Giovanni d'Asso-Siena prevedendo anche corse in coincidenza ad Asciano con il servizio ferroviario.

Autolinee primarie di secondo livello:

- 109 S.G.d'Asso-Asciano-Siena

Autolinee circondariali:

- 103 Asciano-Rapolano-Siena
- 105 Serre-Asciano-Monteroni-Siena
- 108 Bollano-Monteuliveto-Chiusure-Asciano

- 115 Coroncina-Radi-Pociano
- 117 Taverne-Torre a Castello
- 119 Torrenieri-S.G.d'Asso-Montisi

9.4 La Ferrovia

9.4.1 Assetto e livello attuale di servizio

L'attuale livello di servizio è rappresentato nella tavola QM06 dove sono indicati anche i tempi di percorrenza massimi, medi e minimi delle principali tratte messi in relazione a quelli relativi al trasporto pubblico ed all'auto privata.

E' evidente un livello di servizio discreto, anche se non cadenzato, per quanto riguarda la Val d'Arbia e Monteroni in particolare: durante tutta la giornata le corse da e per Siena sono piuttosto frequenti. Il servizio è invece più scarso verso Asciano e verso Castellina Scalo, con la caratteristica che, mentre nella fascia mattutina la prima direttrice ha il maggior numero di treni in ingresso a Siena, per la seconda prevalgono i treni in uscita. Analogo fenomeno, con direzioni invertite, si verifica nelle fasce pomeridiane e serali.

Un particolare riferimento merita la tratta da Asciano fino a Monte Antico la quale, dopo una lunga agonia, è stata chiusa al traffico viaggiatori nell'autunno del 1994. Dal 1997 però, con discreto successo, è tornata attiva grazie ai treni turistici del "Trenonatura": automotrici storiche e treni a vapore.

Le fermate sono Trequanda, Torrenieri-Montalcino, Monte Amiata Scalo e Sant'Angelo Scalo. La linea confluisce nell'altra proveniente da Siena via Buonconvento e prosegue fino all'incontro con la ferrovia Tirrenica sotto il paese di Montepescali.

Per quanto riguarda il sistema degli investimenti sul servizio ferroviario, sono previsti interventi al fine di velocizzare e potenziare la tratta ferroviaria Empoli-Siena-Chiusi, per complessivi 152 km; alcuni sono in corso di svolgimento o già conclusi, altri ancora risultano ancora in fase di progettazione.

Sono in corso di realizzazione o già realizzati i sottopassaggi pedonali delle Stazioni di Castellina Scalo, Asciano e Sinalunga. Tali opere risultano abbastanza prive di concrete ricadute sulla velocizzazione delle linee e sulla sicurezza degli utenti e pertanto non sembrano, ne' a breve ne' a lungo termine, rappresentare elementi di significativa incidenza sull'assetto attuale. In corso di progettazione risulta il raddoppio delle strutture ferroviarie nel tratto tra Poggibonsi e Certaldo, intervento questo che, contrariamente ai primi, potrebbe avere efficacia nella riduzione dei tempi di percorrenza.

Tra le carenze infrastrutturali che hanno riflessi incidenti sul sistema complessivo e non solo ferroviario, va segnalata la presenza ancora di numerosi passaggi a livello e la sostanziale arretratezza delle infrastrutture di linea, dove si riscontra la prevalenza del binario unico con assenza cronica di posti di scambio che, se realizzati, permetterebbero oltre alla velocizzazione del servizio, anche la possibile intensificazione e conseguente cadenzamento dei passaggi, utili ed indispensabili nella

logica di un utilizzo urbano del treno, come precedentemente accennato. Quale indicatore del livello attuale di efficienza del servizio in alcune aree, basti rilevare che sulla tratta Buonconvento-Monte Antico non è possibile al momento neppure una frequenza di un treno ogni ora nei due sensi, a causa dei limitii infrastrutturali presenti.

9.4.2 Potenzialità di sviluppo futuro

L'attuale assetto infrastrutturale, come abbiamo visto, non consente di



utilizzare la modalità di trasporto ferroviario in maniera efficiente, in particolar modo per i collegamenti di livello nazionale ed internazionale e risulta prevalentemente sotto utilizzata e relegata soltanto a scarsi collegamenti di livello locale.

Proprio a partire dall'individuazione e dal riconoscimento delle debolezze e delle mancanze dell'attuale sistema ferroviario, si è iniziato a studiarne ed ipotizzarne possibili usi alternativi, capaci di sfruttarne al meglio i possibili punti di forza e le principali caratteristiche, rivalutandone al contempo le proprie notevoli potenzialità.

L'ipotesi alla quale si sta lavorando e che risulta di particolare interesse soprattutto nell'ottica degli studi sull'area metropolitana, è quella di utilizzare in maniera alternativa ed innovativa alcuni tracciati ferroviari attualmente poco sfruttati. Si tratterebbe cioè di conciliare, sulla stessa infrastruttura, l'attuale servizio extraurbano, con uno di carattere peri-urbano a cadenza regolare e sostenuta. Secondo tale ipotesi, anche a fronte di un numero non consistente di potenziali utenti, sarebbe possibile agire secondo due linee di intervento: prima sulle infrastrutture e la qualità dei mezzi, poi sull'offerta e la qualità del servizio.

Nel primo caso si tratta di interventi modesti e localizzati: creazione di nuovi punti scambio e realizzazione di nuove stazioni-fermate. Nel secondo caso si tratta di progettare alcune linee dirette tra la Stazione di Siena ed alcuni Comuni dell'hinterland che abbiano frequenze migliorative o almeno assimilabili a quelle attualmente garantite dal servizio di trasporto su gomma, contando su un notevole e generalizzato miglioramento dei tempi di percorrenza, sull'affidabilità e puntualità del servizio e sull'incremento della sua qualità.

Il sistema ipotizzato si configura pertanto come una metropolitana leggera di superficie da attuarsi attraverso l'uso delle attuali linee ferroviarie: la Siena - Empoli; la Siena Chiusi - Chianciano Terme, la Siena Grosseto.



TRATTA SIENA - PONTE A TRESSA

Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Sienna	Ponte a Tressa			
14.00	14.13	0.13	11765	
15.36	16.20	0.44	3033/11772	Monteroni d'Arbia (arrivo 15.48 partenza 16.16)
17.39	17.51	0.12	6887	
18.37	18.47	0.10	3035	
19.38	19.49	0.11	6891	
Media dei tempi di percorrenza		0.11		

Ponte a Tressa		Sienna		
7.14	7.28	0.14	6868	
7.38	7.52	0.14	6892	
14.51	15.04	0.13	6878	
16.21	16.34	0.13	11772	
16.57	17.09	0.12	6882	
17.52	18.34	0.42	6887/3034	Monteroni d'Arbia (arrivo 17.55 partenza 18.18)
19.18	19.33	0.15	6886	
19.50	21.20	1.30	6891/3036	Monteroni d'Arbia (arrivo 19.54 partenza 21.05)
Media dei tempi di percorrenza		0.13		

TRATTA SIENA - CASTELNUOVO B.GA SCALO

Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Sienna	Castelnuovo			
6.52	7.09	0.17	6901	
8.28	10.17	1.49	6903/6908	Asciano Monte Oliveto (arrivo 8.50 partenza 10.08)
12.20	12.32	0.12	6911	
13.25	13.39	0.14	6863	
13.57	14.12	0.15	11761	
14.50	15.03	0.13	6913	
15.56	16.09	0.13	6915	
16.55	17.07	0.12	6867	
17.39	17.51	0.12	917	
19.15	19.32	0.17	6919	
20.18	20.34	0.16	11777	
Media dei tempi di percorrenza		0.14		

Castelnuovo		Sienna		
5.26	5.40	0.14	6902	
7.13	7.28	0.15	11754	
7.50	8.05	0.15	6904	
8.11	8.25	0.14	6906	
10.18	10.34	0.16	6908	
12.33	13.55	1.22	6911/FI206	Asciano Monte Oliveto (arrivo 12.44 partenza 13.20 in pullman)
15.05	15.20	0.15	6912	
16.13	16.28	0.15	6916	
17.52	18.33	0.41	6917/6918	Asciano Monte Oliveto (arrivo 18.02 partenza 18.11)
19.36	19.50	0.14	6920	
20.35	21.54	1.19	11777/11746	Asciano Monte Oliveto (arrivo 20.45 partenza 21.29)
22.35	22.52	0.17	11776	
Media dei tempi di percorrenza		0.15		

TRATTA SIENA-ARBIA

Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Siena	Arbia			
6.52	7.00	0.08	6901	
8.28	10.24	1.56	6903/6908	Asciano Monte Oliveto Maggiore (arrivo 8.50 partenza 10.08)
13.25	13.32	0.07	6863	
13.57	14.05	0.08	11761	
18.12	18.22	0.10	11773	
19.15	19.23	0.08	6919	
20.18	22.40	2.22	11777/11776	Asciano Monte Oliveto Maggiore (arrivo 20.45 partenza 22.24)
Media dei tempi di percorrenza		0.08		

Arbia	Siena			
7.56	8.05	0.09	6904	
10.25	10.34	0.09	6908	
15.12	15.20	0.08	6912	
19.42	19.50	0.08	6920	
20.30	20.40	0.10	6922	
22.41	22.52	0.11	11776	
Media dei tempi di percorrenza		0.09		

TRATTA SIENA-MONTERONI D'ARBIA

Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Siena	Monteroni			
6.00	6.20	0.20	6865	
7.57	8.09	0.12	3031	
12.18	12.30	0.12	11787	
13.20	13.33	0.13	6881	
14.00	14.18	0.18	11765	
15.36	15.48	0.12	3033	
19.38	19.54	0.16	6891	
Media dei tempi di percorrenza		0.14		

Monteroni	Siena			
6.06	6.22	0.16	6890	
7.10	7.28	0.18	6868	
7.34	7.52	0.18	6892	
8.35	8.50	0.15	3032	
10.37	10.54	0.17	11748	
14.46	15.04	0.18	6878	
16.16	16.34	0.18	11772	
16.53	17.09	0.16	6882	
18.18	18.34	0.16	3034	
19.14	19.33	0.19	6886	
21.05	21.20	0.15	3036	
Media dei tempi di percorrenza		0.16		

TRATTA SIENA-CASTELLINA IN CHIANTI / MONTERIGGIONI*

Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Siena	Castellina			
5.45	5.57	0.12	11750	
6.38	6.51	0.13	34114	
7.04	7.17	0.13	34116	
7.35	7.54	0.19	6868	
8.52	9.50	0.58	3032/11755	Poggibonsi (arrivo 9,12 partenza 9,39)
10.59	11.11	0.12	11760	
11.43	11.56	0.13	11762	
12.33	12.46	0.13	6874	
13.29	13.41	0.12	11764	
14.00	14.18	0.18	6876	
14.34	14.49	0.15	11766	
15.37	15.49	0.12	11770	
16.35	16.47	0.12	11772	
17.39	17.53	0.14	11794	
18.38	18.53	0.15	3034	
20.10	20.23	0.13	6824	
21.22	0.34	2.12	3036/11783	Poggibonsi (arrivo 21,44 partenza 00.23)
Media dei tempi di percorrenza		0.13		
Castellina	Siena			
7.19	7.31	0.12	6859	
8.25	8.39	0.14	11753	
9.51	10.05	0.14	11755	
12.00	12.14	0.14	11759	
12.49	13.03	0.14	11763	
14.05	14.20	0.15	11767	
14.53	15.06	0.13	11769	
16.49	17.05	0.16	11779	
17.21	17.34	0.13	6887	
17.57	18.10	0.13	111773	
18.22	18.36	0.14	3035	
18.55	19.09	0.14	11775	
19.41	19.56	0.15	11777	
20.57	21.11	0.14	34119	
21.56	22.08	0.12	6897	
0.35	0.50	0.15	11783	
Media dei tempi di percorrenza		0.13		

* denominazione di Trenitalia, in realtà la stazione è quella di Castellina Scala

TRATTA SIENA-ARBIA				
Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Siena	Arbia			
6.52	7.00	0.08	6901	
8.28	10.24	1.56	6903/6908	Asciano Monte Oliveto Maggiore (arrivo 8.50 partenza 10.08)
13.25	13.32	0.07	6863	
13.57	14.05	0.08	11761	
18.12	18.22	0.10	11773	
19.15	19.23	0.08	6919	
20.18	22.40	2.22	11777/11776	Asciano Monte Oliveto Maggiore (arrivo 20.45 partenza 22.24)
Media dei tempi di percorrenza		0.08		
Arbia	Siena			
7.56	8.05	0.09	6904	
10.25	10.34	0.09	6908	
15.12	15.20	0.08	6912	
19.42	19.50	0.08	6920	
20.30	20.40	0.10	6922	
22.41	22.52	0.11	11776	
Media dei tempi di percorrenza		0.09		
TRATTA SIENA-ASCIANO				
Stazioni		Tempo di percorrenza	Numero treno	Cambi
PARTENZA	ARRIVO			
Siena	Asciano			
5.20	6.58	1.38	FI201/11754	Sinalunga (Siena Sinalunga in pullman, arrivo 5.55 partenza 6.36)
6.52	7.28	0.36	6901	
8.28	10.03	1.35	6903/6908	Sinalunga (arrivo 9.12 partenza 9.40)
12.20	12.47	0.27	6911	
13.25	13.54	0.29	6863	
13.57	14.29	0.32	11761	
16.55	17.22	0.27	6867	
17.39	18.05	0.26	6917	
18.12	18.45	0.33	11773	
19.15	19.51	0.36	6919	
20.18	20.49	0.31	11777	
Media dei tempi di percorrenza		0.30		
Asciano	Siena			
5.11	5.40	0.29	6902	
6.59	7.28	0.29	11754	
7.35	8.05	0.30	6904	
7.56	8.25	0.29	6906	
10.04	10.34	0.30	6908	
14.45	15.20	0.35	6912	
15.57	16.28	0.31	6916	
18.07	18.33	0.26	6918	
19.21	19.50	0.29	6920	
20.08	20.40	0.32	6922	
22.20	22.52	0.32	11776	
Media dei tempi di percorrenza		0.30		

La proposta prende spunto da alcune considerazioni in merito all'attuale conformazione insediativa del territorio senese ed ai possibili ed alternativi scenari di sviluppo futuri di tale contesto. Tale ipotesi è da inscrivere nella volontà di promuovere l'utilizzo di mezzi di trasporto extraurbano sostenibili con scarsissimo impatto ambientale grazie allo sfruttamento della presenza di un esistente sistema infrastrutturale quale

quello ferroviario, in parte sotto utilizzato e che potrebbe invece rivestire un ruolo centrale in una nuova offerta di trasporto integrato che utilizzi modalità innovative ed ambientalmente sostenibili.

La realizzazione di tale infrastruttura trasportistica potrebbe in sintesi:

1. fornire un sistema di trasporto efficiente ed efficace, in grado di migliorare il livello di sostenibilità del sistema complessivo della mobilità, inducendo risparmi in termini di tempo e migliorando la qualità del viaggio;
2. contribuire a contenere e forse ridurre il costante e progressivo incremento dei flussi di traffico veicolare registrato negli ultimi anni;
3. consentire un migliore livello di accessibilità al centro urbano di Siena, attraverso l'integrazione con il sistema delle linee del trasporto urbano su gomma;
4. determinare gli indirizzi relativi alle scelte localizzative ed alle strategie di sviluppo e crescita urbana dell'area senese secondo criteri di sostenibilità dei trasporti.

Tale operazione è da leggersi pertanto nell'ambito delle riflessioni più generali sulle politiche territoriali riferite all'area vasta senese e più specificamente su quella parte di territorio afferente al sistema metropolitano. Essa presuppone una visione integrata del sistema della mobilità ed è all'interno di tale visione che nasce tale ipotesi, quale possibile ed ulteriore alternativa al trasporto privato.



Figura 9.13 - Stazione ferroviaria del Comune di Siena



Figura 9.14 - viste

9.5 Le indagini

9.5.1 Il modello multimodale

Nell'ambito della redazione del Piano Generale del Traffico Urbano di Siena (anno 2000) è stato elaborato un modello trasportistico multimodale limitato al momento al territorio del Comune di Siena.

Con il Piano di Riassetto del Trasporto Pubblico Locale di Siena, nel 2001, tale modello trasportistico è stato ampliato con quello riguardante la componente del trasporto pubblico locale.

Avendo già a disposizione una base dati valida al fine di poter usufruire di uno strumento di simulazione valido ed affidabile nella fase di verifica progettuale dello Schema Metropolitan si è scelto di estendere il modello anche all'area vasta.

L'operazione, ampiamente descritta nelle relazioni di settore (riportate nei successivi paragrafi), ha comportato la revisione ed ampliamento dell'area di interesse con conseguente estensione del grafo stradale ai cinque Comuni Contermini ed anche oltre per alcune particolari e significative situazioni, quali ad esempio alcune arterie stradali esterne, come la Siena Bettolle fin oltre le Serre di Rapolano, fondamentali alla lettura delle dinamiche di mobilità dell'intera zona.

Sono state aggiornate anche le modifiche relative alla realizzazione di nuovi tratti stradali (es. bretella Ruffolo-Renaccio) ed alla trasformazione di intersezioni esistenti (es. rotatoria palazzo Diavoli, rotatoria Malizia) avvenute nel Comune di Siena dal 2001 (anno di ultimo aggiornamento del modello) ad oggi.

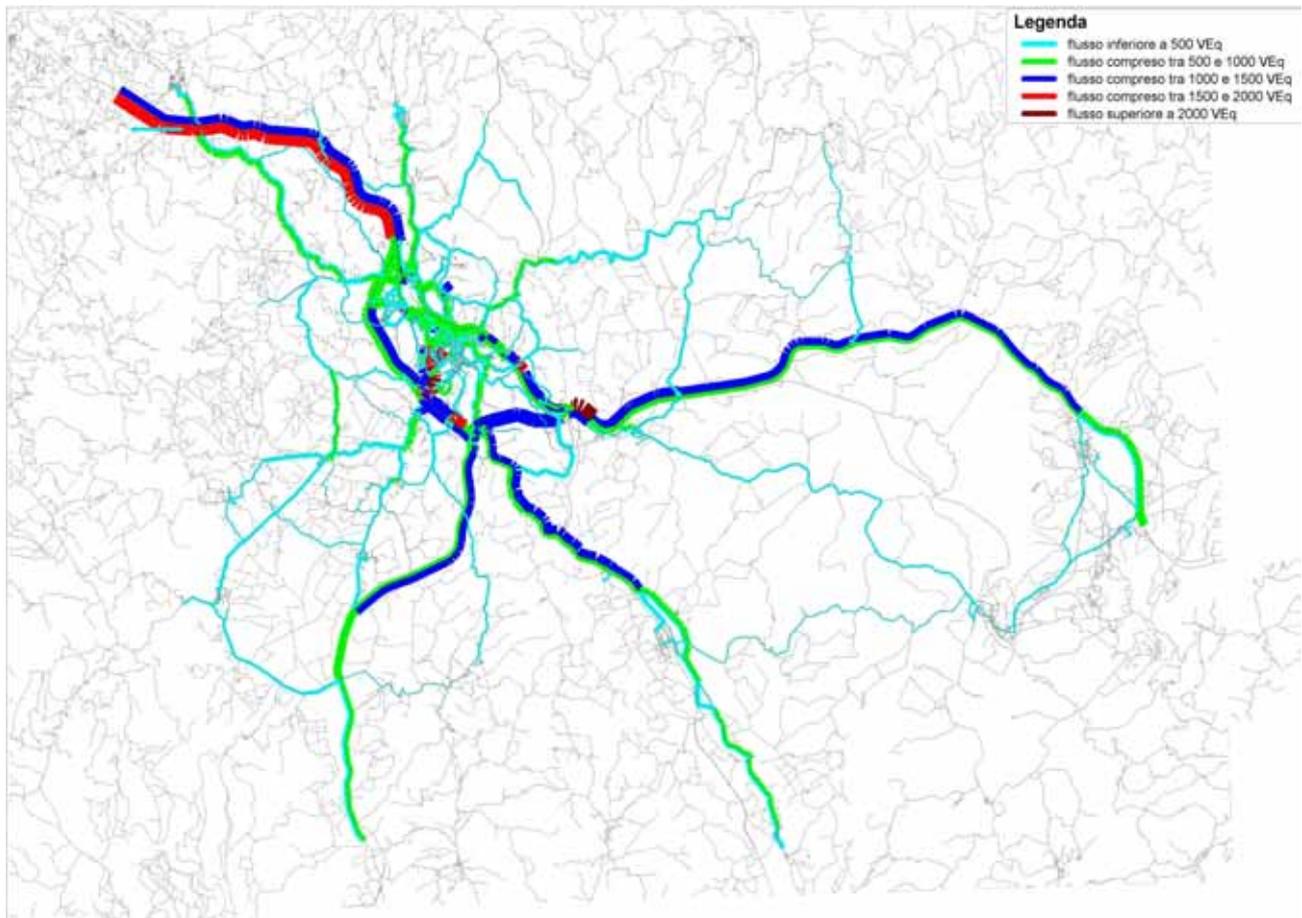


Figura 9.15 - Modello

Con tale strumento saranno possibili verifiche e simulazioni in merito a futuri scenari insediativi e quindi diventerà un utile supporto al lavoro di definizione delle proposte e delle indicazioni propositive delle Schema Metropolitan senese.

La costruzione di un tale modello trasportistico necessita la messa in campo di competenze specialistiche non frequenti e rigorose. La messa a punto del corretto funzionamento del sistema trova il suo momento risolutivo nella cosiddetta calibratura e validazione del modello. Questa operazione viene effettuata valutando e verificando la capacità del modello di descrivere la realtà osservata allo stato di fatto e comporta pertanto, quale operazione preliminare l'effettuazione di una serie di studi ed indagini volte alla descrizione e rilevazione delle condizioni attuali dell'intero sistema della mobilità.

Ruolo primario all'interno della campagna di indagini promosse è stato assunto dalle rilevazioni dei flussi di traffico alle intersezioni ed in corrispondenza dei principali luoghi di accesso o di uscita dal sistema delle aree urbane. I rilievi sono distinti secondo il campo di interesse in rilievi sull'area vasta e rilievi sull'area urbana di Siena. Questi ultimi hanno assunto un significato particolare non solo per la centralità dei movimenti e dei fenomeni trasportistici in ambito urbano di Siena, ma soprattutto per la ripetitività nel tempo di alcune operazioni di rilievo, che ci hanno consentito il confronto tra quadri conoscitivi costruiti in tempi diversi tra loro ma prodotti con analoghe metodologie di lavoro. Il paragrafo 2.4 riassume e rende conto di tale confronto, mettendo in evidenza l'evoluzione dei vari fenomeni rilevati, non ultimo quello della concentrazione dei movimenti sul capoluogo senese ed il costante incremento dei volumi di traffico intorno ed all'interno di Siena.

9.5.2 I rilievi sull'area vasta

Proprio per il carattere innovativo che assume lo Schema Metropolitan nell'ambito di una pianificazione integrata e coordinata, i rilievi riferiti all'area vasta costituiscono il primo dato reso disponibile nella fase di analisi del quadro conoscitivo.

I rilievi svolti rientrano in parte nell'ambito dell'azione di monitoraggio della mobilità che l'Amministrazione Comunale di Siena, ed in particolare il Settore Polizia Municipale, svolge da alcuni anni ed in parte nell'ambito specifico degli studi inerenti la costruzione dello Schema Metropolitan.

Il conteggio dei flussi di traffico in ingresso ed in uscita dall'area vasta è stato effettuato nel corso del mese di giugno del 2004 ed è stato svolto alle postazioni del cosiddetto "cordone esteso", predisponendo il conteggio dei veicoli in entrata ed in uscita dal territorio di tutti i Comuni che costituiscono l'area vasta.

Rilevare "al cordone" significa predisporre un rilievo sistematico in tutti i possibili punti di accesso ad una determinata area, in modo tale da poter conteggiare il numero complessivo di ingressi ed uscite dal contesto in esame. L'unione di tutti i punti attraverso elementi lineari, definisce in sostanza un poligono chiuso, il cui perimetro assume l'aspetto di uno sbarramento virtuale: il cosiddetto "cordone".

La raccolta dei dati è stata effettuata nella fascia oraria di punta antimeridiana, cioè dalle 7 alle 9:30 di un giorno medio feriale. Il rilievo è stato svolto in due giornate per avere maggiore attendibilità dei dati ed il conteggio effettuato ad intervalli di 15 minuti, distinguendo tre tipologie di veicoli: autovetture, mezzi a due ruote e mezzi pesanti.

Sono state individuate due diverse tipologie di sezioni di rilievo: il "cordone" vero e proprio e le "sezioni interne" significative.

Il cordone è costituito dalle 6 postazioni che intercettano i flussi in ingresso ed in uscita dall'area vasta e cioè:

1. Pian del Casone;
2. superstrada Siena – Firenze uscita Monteriggioni;
3. SS. 2 Cassia presso Castellina Scalo;
4. raccordo Siena-Bettolle uscita Serre di Rapolano;
5. SS. 2 Cassia presso Ponte d'Arbia;
6. Siena-Grosseto bivio Orgia.

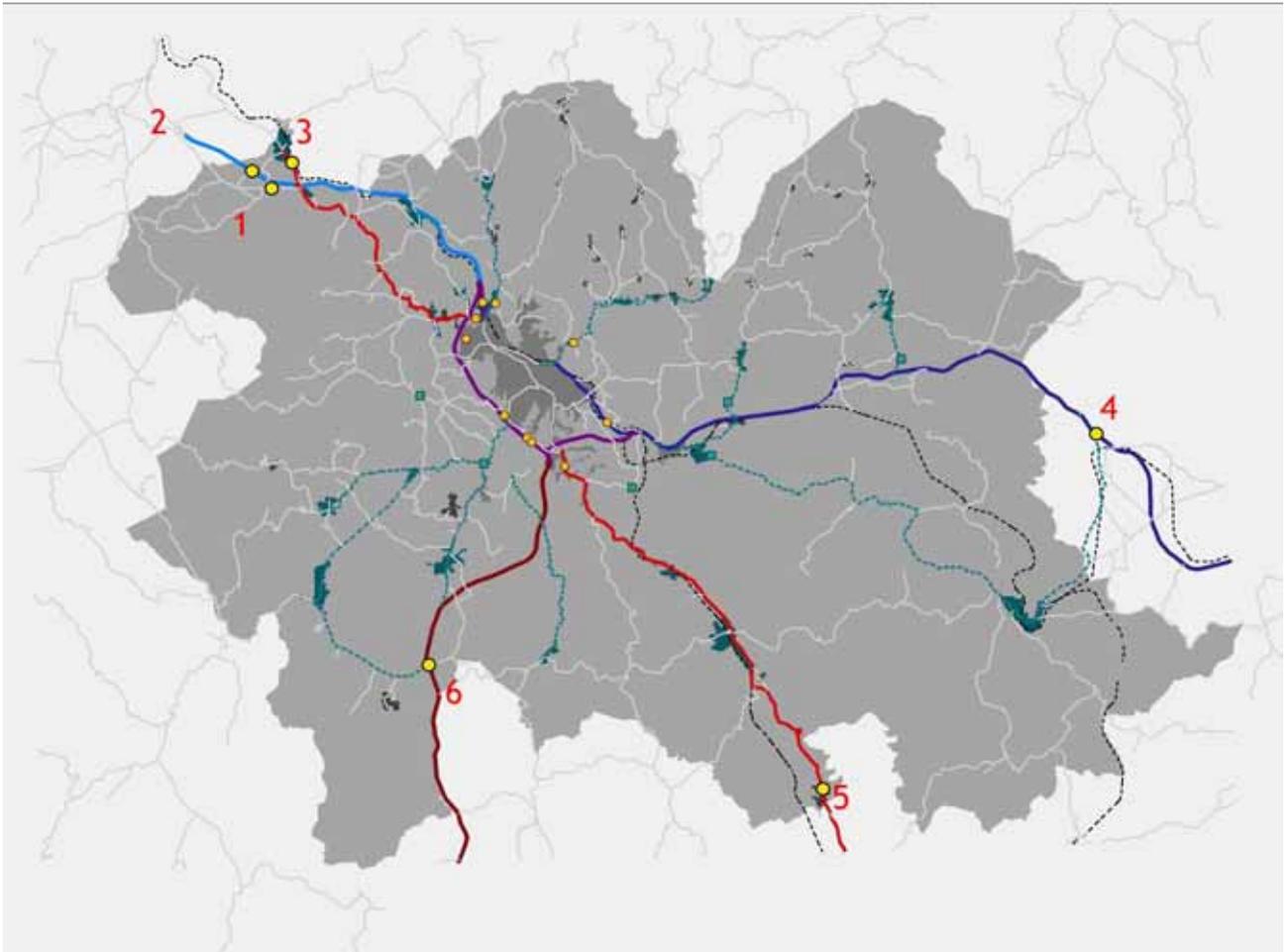


Figura 9.16 - Postazioni di rilevamento

Le altre 6 sezioni permettono di valutare flussi provenienti dai principali centri dell'area metropolitana e sono:

1. la strada del Ferratore (bivio Montalbucco);
2. Costalpino;
3. la strada di Renaccio;
4. Arbia;
5. Monteperti;
6. Castelnuovo Berardenga.

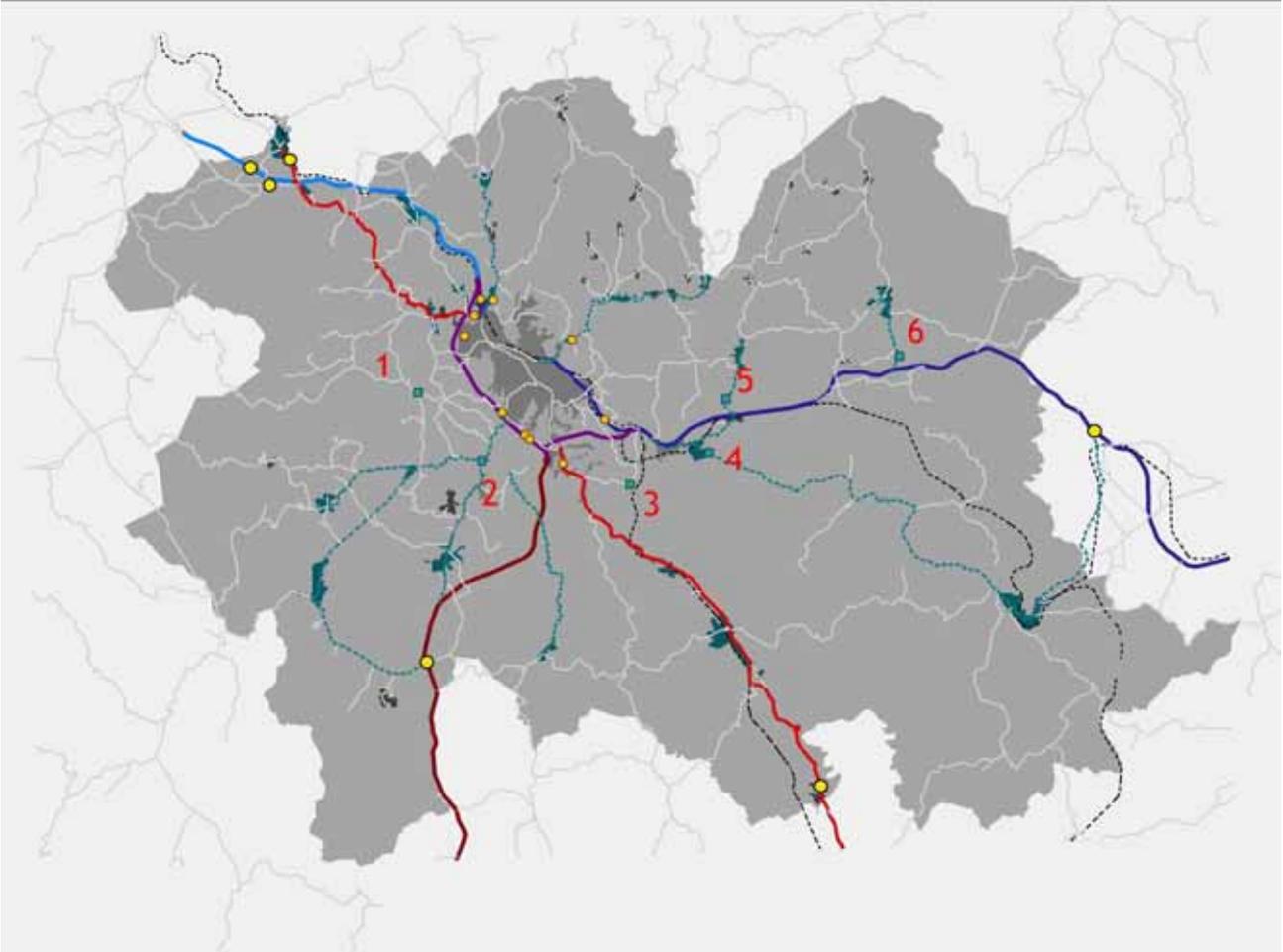


Figura 9.17 - Postazioni di rilevamento

Nelle postazioni Siena-Grosseto bivio Orgia, strada del Ferratore (bivio Montalbuccio) e Costalpino oltre ai flussi passanti sono state conteggiate anche le manovre alle intersezioni con rilievo di tutte le possibilità di svolta.

Dall'immagine riepilogativa dei flussi al cordone si legge come il maggior numero di ingressi all'area dello Schema Metropolitan arrivi dalla Superstrada Siena Firenze dove, a monte dell'uscita di Monteriggioni, sono stati contati 3078 veicoli; alto anche il numero delle uscite, sempre nella Siena Firenze, con 2128 veicoli rilevati dopo l'uscita di Monteriggioni.

Per quanto riguarda la SS2 Cassia è interessante notare come i flussi rilevati nella sezione nord (Castellina Scalo) ed in quella sud (Ponte d'Arbia) risultino praticamente speculari con un rapporto praticamente identico tra ingressi e uscite pari a 1,7 (ingressi 923-947 uscite 522-545).

In sostanziale equilibrio nelle due direzioni il dato sulla strada provinciale colligiana in località Pian del Casone con 410 veicoli contati verso Colle/Strofe e 450 verso Monteriggioni colonna. Le postazioni sulla Siena Bettolle (loc. Serre di Rapolano) e sulla Siena Grosseto (bivio Orgia) hanno evidenziato risultati analoghi con ingressi all'area vasta pari rispettivamente a 1305 e 1018 veicoli ed uscite pari a 796 e 870 veicoli.

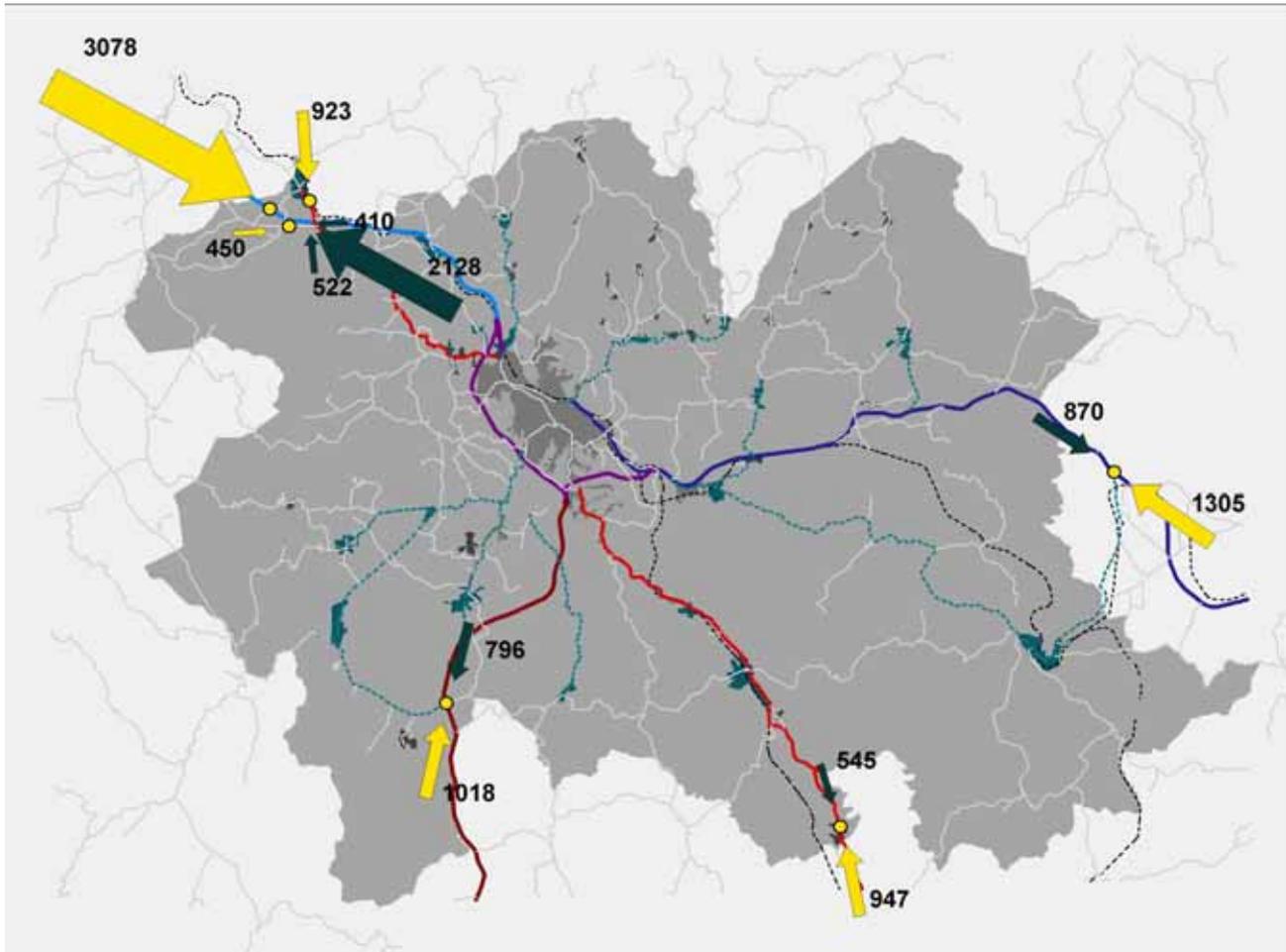


Figura 9.18 - Postazioni di rilevamento

9.5.3 I rilievi sull'area urbana di Siena

I rilievi sull'area urbana, come già detto, fanno parte ormai di una procedura di monitoraggio iniziata nel 1999 e che, nel 2004 ha trovato ripetizione ed aggiornamento.

L'ultimo rilievo è stato compiuto nei giorni 25 e 27 maggio ed hanno interessato il cordone 'stretto' quello cioè relativo all'ambito del Comune di Siena.

Le sezioni di rilievo del cordone 'stretto' sono naturalmente le stesse del 1999 anche se in alcuni casi le modifiche alla viabilità intervenute nel frattempo hanno costretto a lievi, ma non sostanziali modifiche; in particolare le postazioni sono:

- 1 Acquacalda (uscita/ingresso tangenziale);
- 2 San Marco (uscita/ingresso tangenziale);
- 3 Siena Tufi 1 (uscita/ingresso tangenziale);
- 4 Siena Tufi 2 (uscita/ingresso tangenziale);
- 5 Cassia Sud (località Coroncina);
- 6 Siena Bettolle (bivio Ruffolo);
- 7 Botteganova (bivio Ascarello);

8 Montaroso (bivio Rinfusola);

9 Siena Nord (uscita/ingresso tangenziale);

10 Cassia Nord (località Braccio).

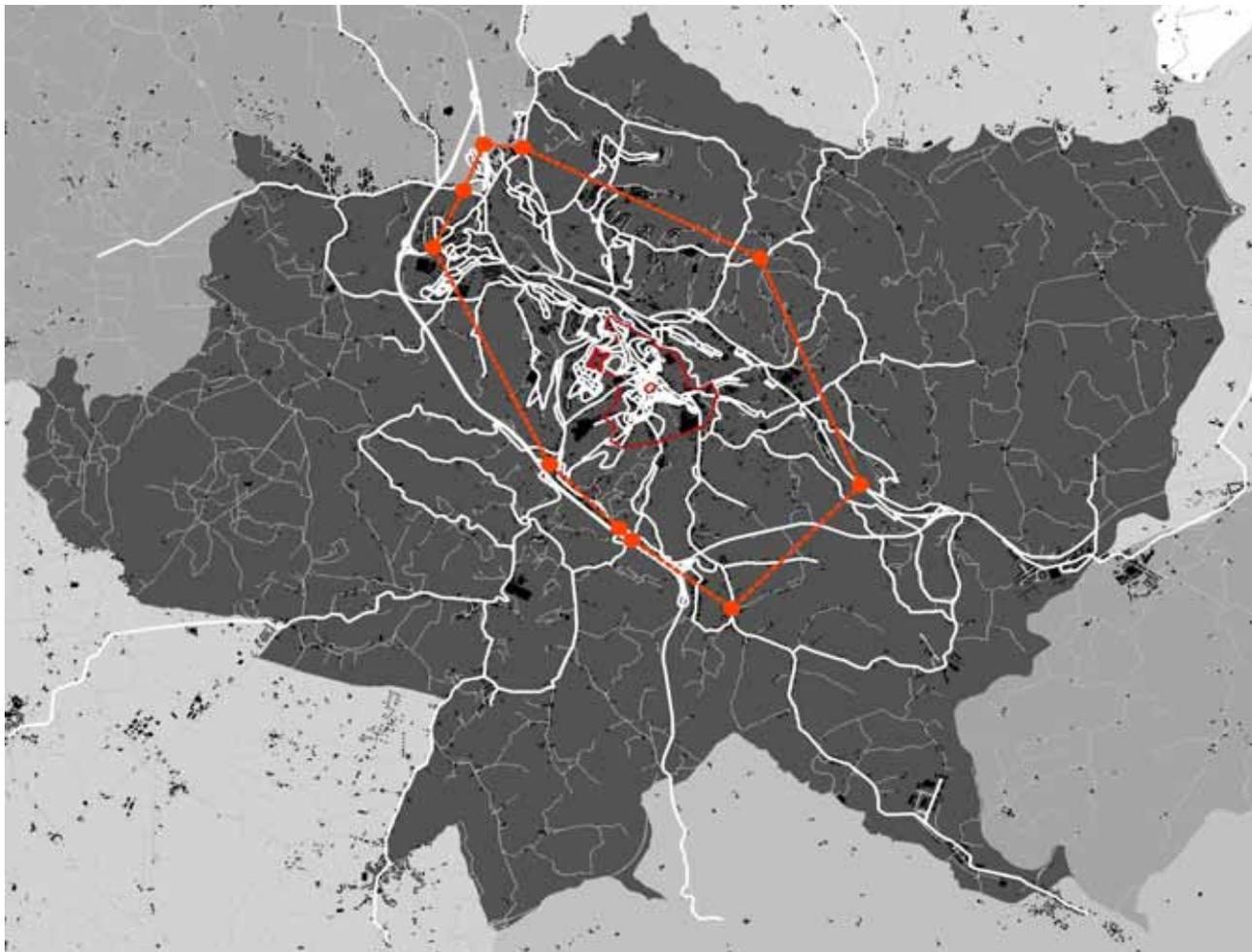


Figura 9.19 - Cordone stretto

Di seguito sono riportati alcuni grafici relativi ai rilievi svolti divisi per ogni singola sezione. L'asse delle ascisse rappresenta l'arco temporale suddiviso per intervalli di 15 minuti, mentre nell'asse delle ordinate sono riportati i flussi (n° dei veicoli). Il rilievo è stato ripetuto per due giornate in modo da avere una maggiore attendibilità dei dati.

Appare evidente come l'andamento dei grafici, sia per i mezzi in ingresso a Siena che per quelli in uscita, risulti assolutamente analogo nelle due giornate, con valori in crescente incremento dalle 7:00 alle 7:45 con una fase poi piuttosto stazionaria dalle 7:45 alle 8:30 quando subentra un calo, peraltro lieve.

Gli istogrammi a barre esprimono invece il totale dei flussi rilevati nelle singole direzioni preso come valore medio dei due rilevamenti effettuati. Va precisato che si tratta di totali omogenei ottenuti cioè sommando i totali di ciascuna tipologia di veicoli adeguatamente parametrizzati (es. un motociclo 'vale' 0,5 auto).

Per quanto riguarda la postazione dello svincolo Acquacalda le uscite da Siena risultano particolarmente ridotte perché, a causa dei lavori in corso, l'unica direzione possibile in uscita da Siena risultava quella verso Grosseto essendo chiusa quella verso Firenze (entrambi i giorni).

Per quanto riguarda le sezioni Tufi 1 e Tufi 2 va chiarito che Tufi 1 rappresenta il flusso entrante in Siena proveniente da Firenze ed uscendo verso Grosseto; la postazione Tufi 2, invece, conta i veicoli che,

provenendo da Grosseto entrano in Siena e quelli che uscendo da Siena entrano in tangenziale in direzione Firenze.

Nella sezione Tufi 1, per quanto riguarda gli ingressi, il rilievo è stato effettuato una terza volta il 3 di giugno. Questo terzo conteggio è stato dettato dalla necessità di un ulteriore riscontro visto il fortissimo incremento di flussi che emergeva rispetto ai rilievi del 1999; è inoltre stata rilevata la provenienza dei veicoli entranti a Siena in quella sezione che poteva essere o dalla tangenziale o dalla strada di Sant'Apollinare.

E' emerso che dei 1442 ingressi conteggiati nell'intervallo 7:00-9:30 il 66,57% proveniva dalla tangenziale, mentre il restante 33,43 % proveniva dalla strada di Sant'Apollinare, strada peraltro di ridotta capacità veicolare. Questo potrebbe far ipotizzare un utilizzo della strada di Sant'Apollinare come 'scorciatoia' da parte dei flussi provenienti dalla zona San Rocco - Sovicille - Rosia evitando l'accesso a San Marco ed il conseguente attraversamento della zona di Massetana Romana.

9.5.4 Una possibilità di confronto: il rilievo del 1999

I rilievi del 2004 risultano particolarmente interessanti in quanto, come già detto, sono stati svolti nello stesso periodo, fascia oraria, postazioni e con le stesse modalità del rilievo del maggio 1999. Consentono perciò un confronto pieno ed esaustivo con i dati precedenti. E' la prima volta che è possibile fare un'operazione del genere perché anche per l'area di Siena non esistevano rilievi analoghi prima del '99.

Da un'analisi dei dati nelle singole sezioni emergono variazioni nelle dinamiche di accesso alla città anche se, rispetto al '99, è confermato che il maggior numero di ingressi avviene da sud (Tufi e Ruffolo) e non dalla zona nord.

Gli ingressi a Siena aumentano del 36% rispetto al 1999 (passando da complessivi 13053 veicoli a 17754) ed anche le uscite sono in crescita, passando da 6735 veicoli a 8292, con un incremento del 23%.

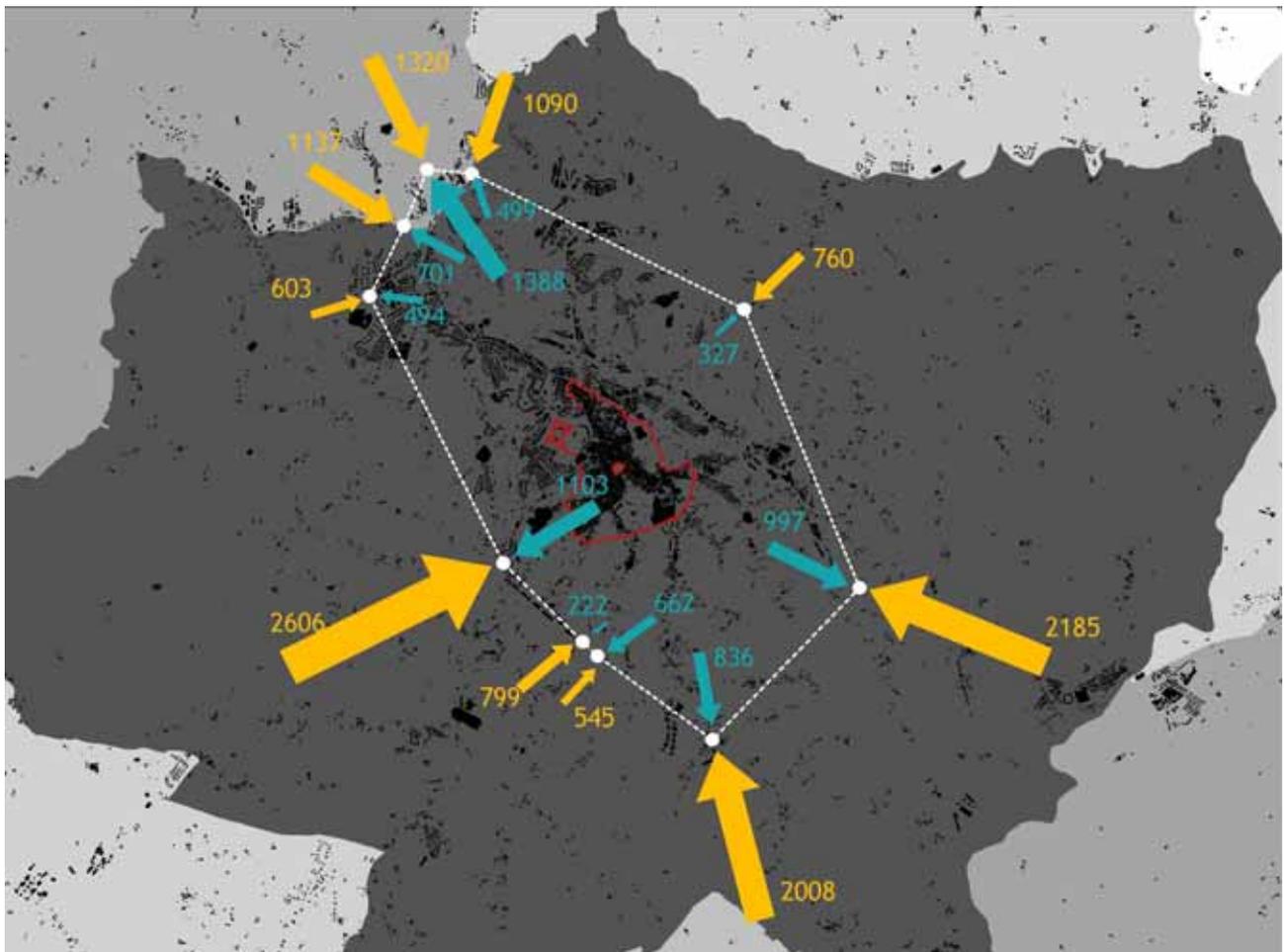


Figura 9.20 -Ingressi ed uscite (1999)

I grafici rappresentano il confronto durante tutto l'arco temporale di conteggio, discretizzato per quarto d'ora di rilievo, mentre gli istogrammi raffrontano i veicoli totali dei due anni esprimendo anche l'incremento (o la differenza) percentuale tra i due.

I valori presi a riferimento del 2004 sono la media dei valori risultanti dalle due giornate di rilievo. Per la postazione 1 Acquacalda in ingresso risulta nel 2004 un aumento del 118% dei veicoli rispetto al 1999, minore, anche se sempre rilevante, l'incremento nella postazione 9 Siena Nord pari al 35,88%. Per quanto riguarda le uscite, invece, essendo chiusa per lavori l'uscita Acquacalda verso Firenze, si è ritenuto più congruo valutare insieme le uscite dalla postazione 1 e dalla 9 Siena Nord ottenendo un aumento del 49% rispetto ai precedenti conteggi.

Un dato da valutare attentamente nell'ambito della lettura delle dinamiche della mobilità, in quanto contro tendenza rispetto agli altri, è quello degli ingressi alla postazione 2 San Marco che nel 2004 risultano inferiori dello 0,6% rispetto al 1999. E' interessante notare come i grafici lineari dei due anni risultano praticamente identici. Le uscite, alla medesima postazione risultano invece in aumento del 25,52% rispetto al 1999. Il dato della postazione 6 Siena Bettolle risulta in linea con il valore medio (su tutte le postazioni) di incremento dei flussi in ingresso che è pari al 35%. I flussi in direzione Siena rilevati nel 2004 sono infatti il 32,33% in più rispetto a quelli del 1999. Da evidenziare come l'incremento dei veicoli in ingresso sia distribuito uniformemente lungo tutta la fascia oraria esaminata, come mostra l'andamento parallelo dei grafici lineari.

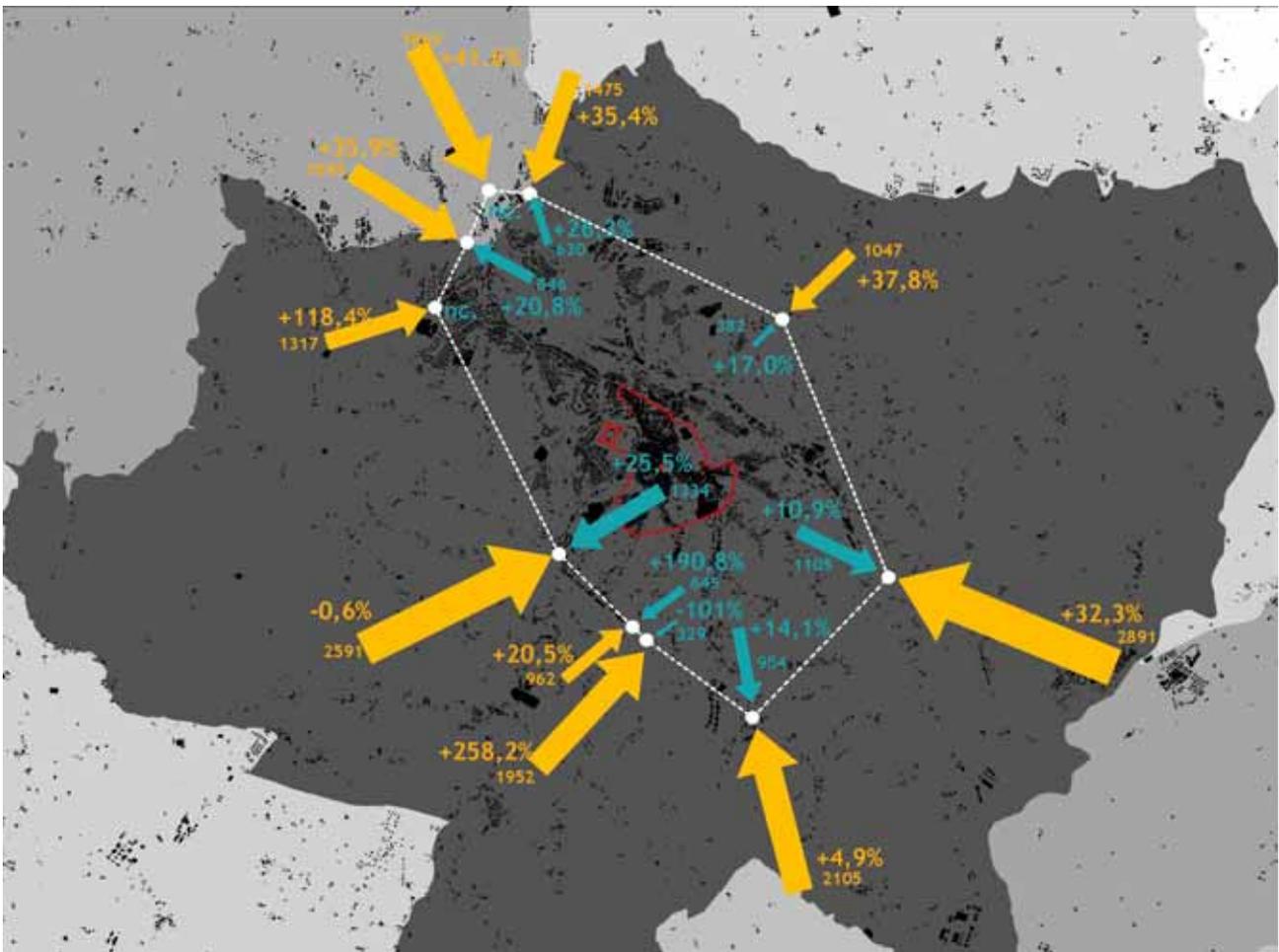
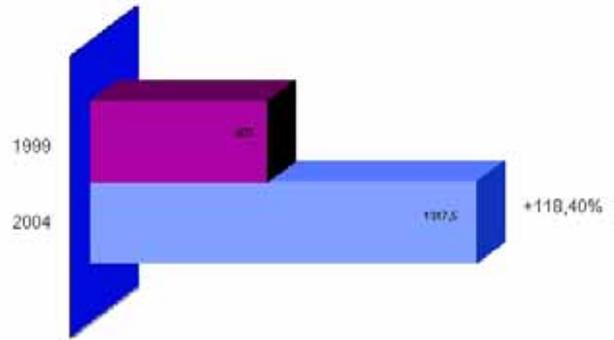
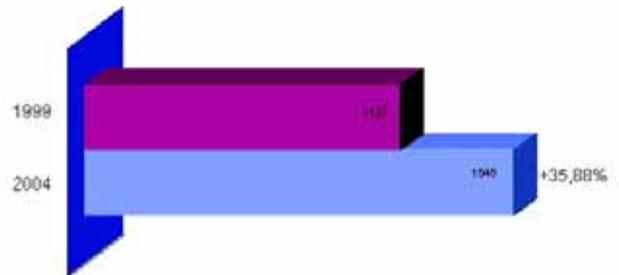


Figura 9.21 -Ingressi ed uscite (2004)

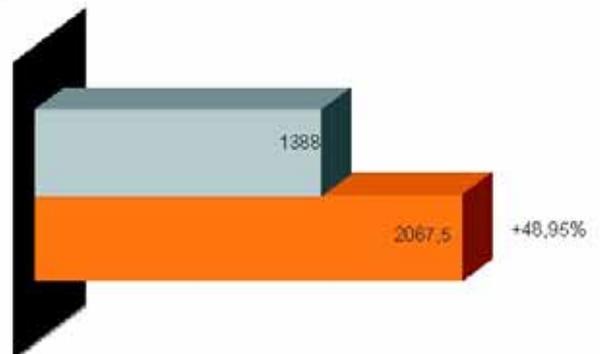
**Tangenziale svincolo Acquacalda:
ingressi a Siena**



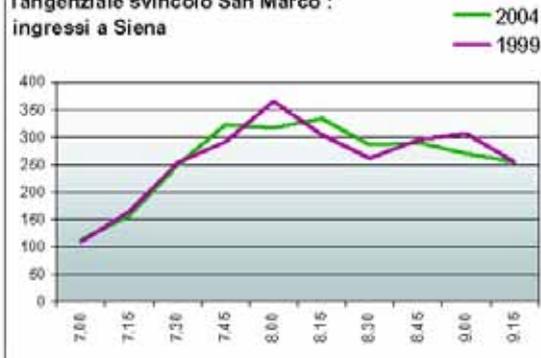
**Tangenziale svincolo Siena Nord:
ingressi a Siena**



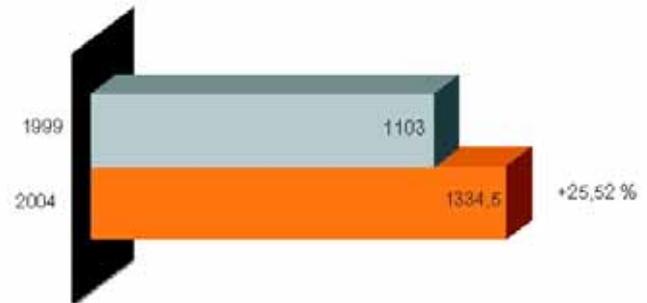
**Svincolo tangenziale Siena Nord + Acquacalda :
uscite da Siena**



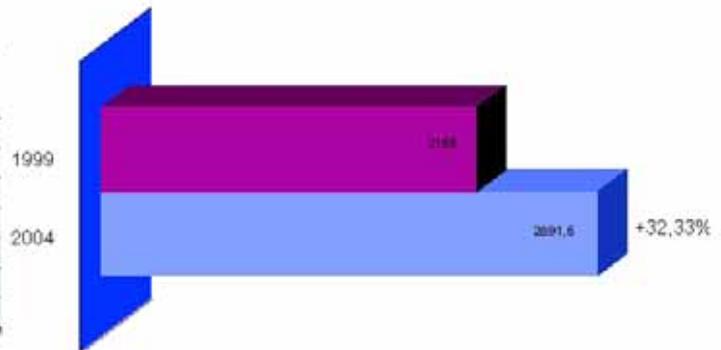
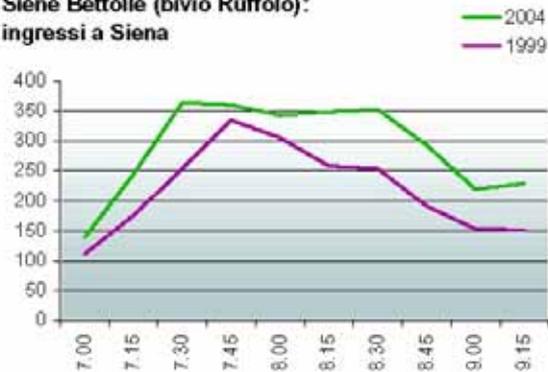
**Tangenziale svincolo San Marco :
ingressi a Siena**



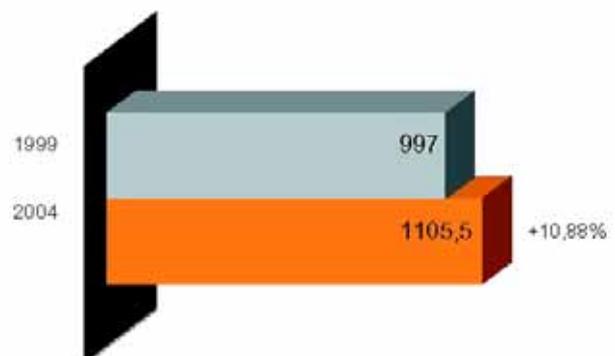
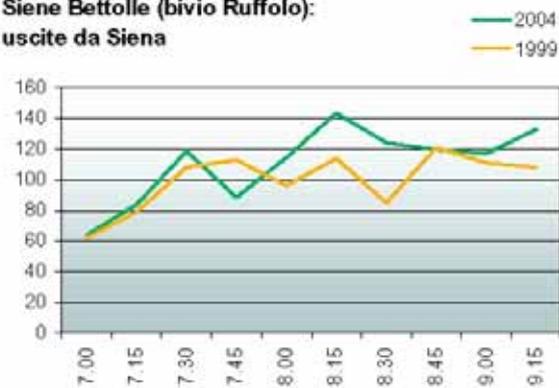
**Tangenziale svincolo San Marco :
uscite da Siena**



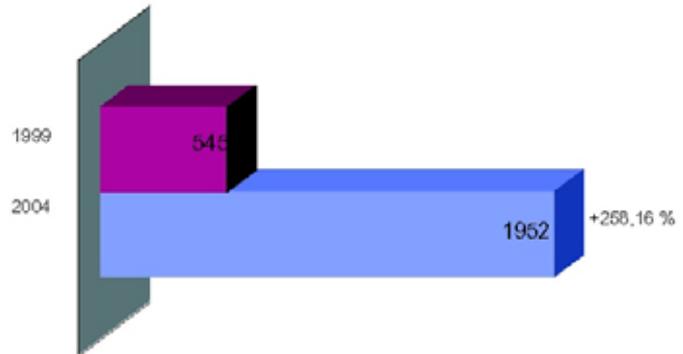
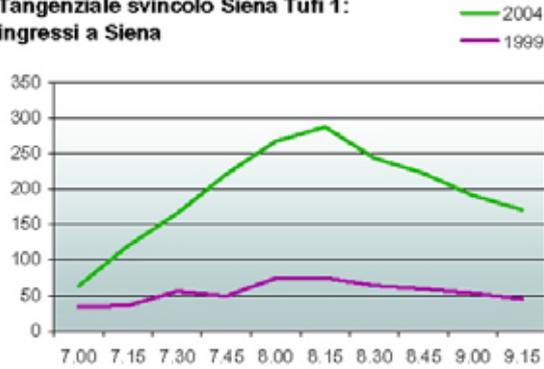
**Siene Bettolle (bivio Ruffolo):
ingressi a Siena**



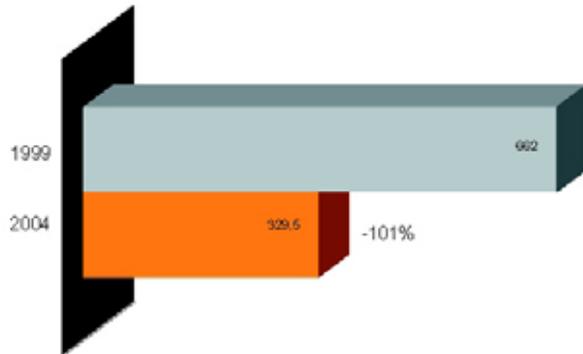
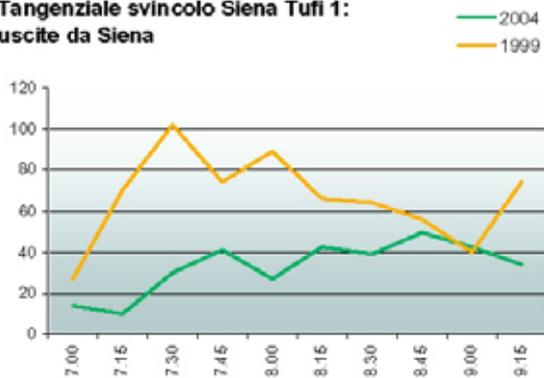
**Siene Bettolle (bivio Ruffolo):
uscite da Siena**



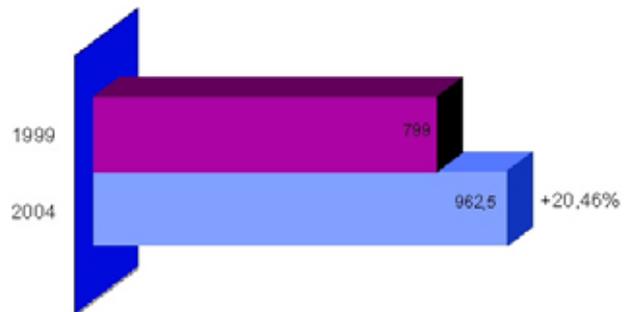
Tangenziale svincolo Siena Tufi 1: ingressi a Siena



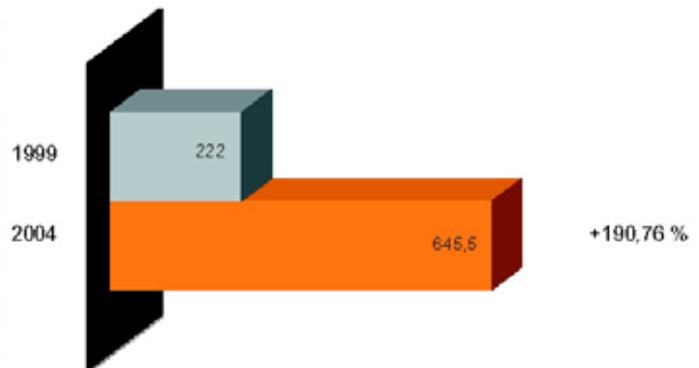
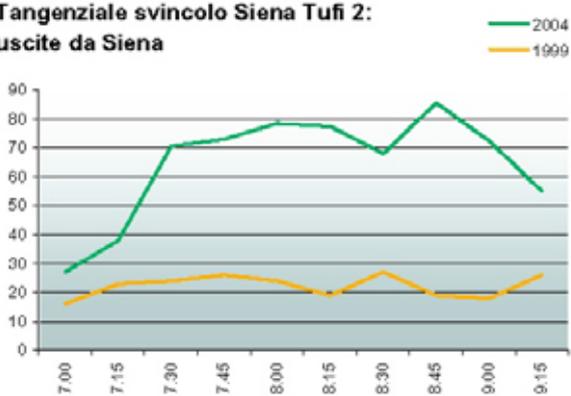
Tangenziale svincolo Siena Tufi 1: uscite da Siena



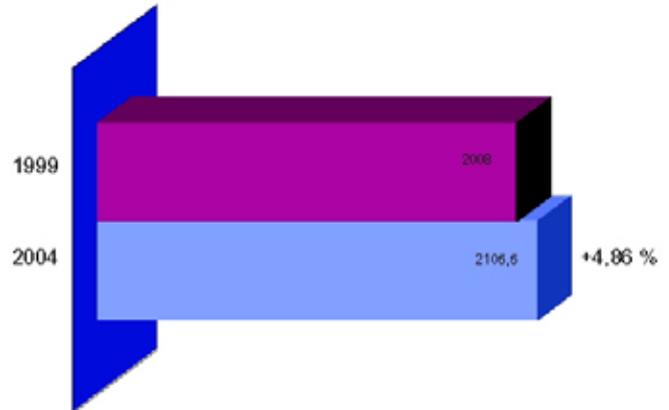
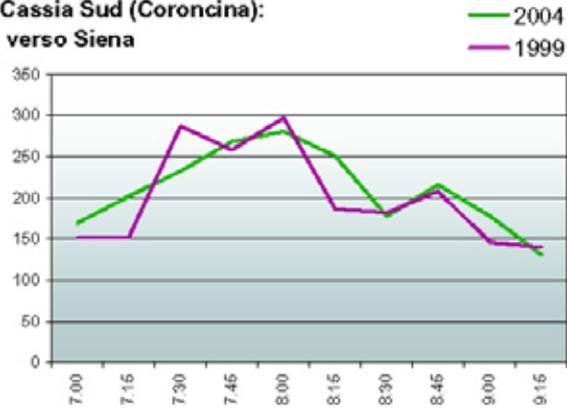
Tangenziale svincolo Siena Tufi 2: ingressi a Siena



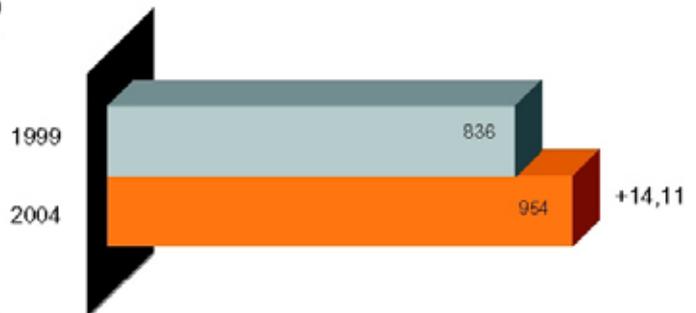
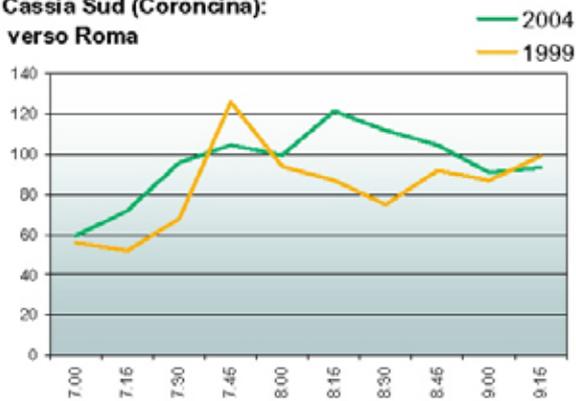
Tangenziale svincolo Siena Tufi 2: uscite da Siena



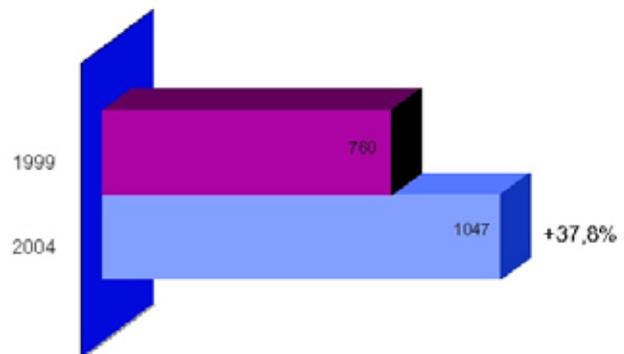
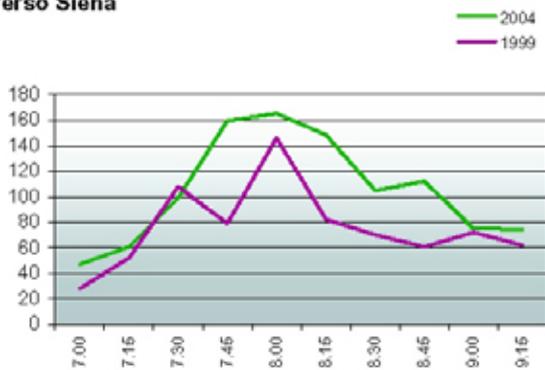
**Cassia Sud (Coroncina):
verso Siena**



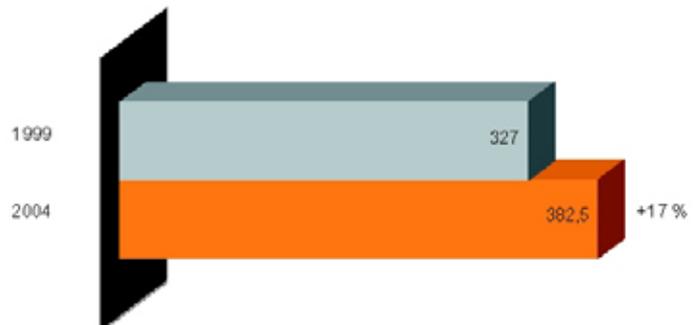
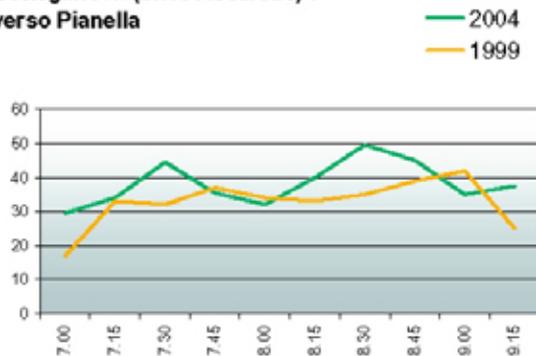
**Cassia Sud (Coroncina):
verso Roma**



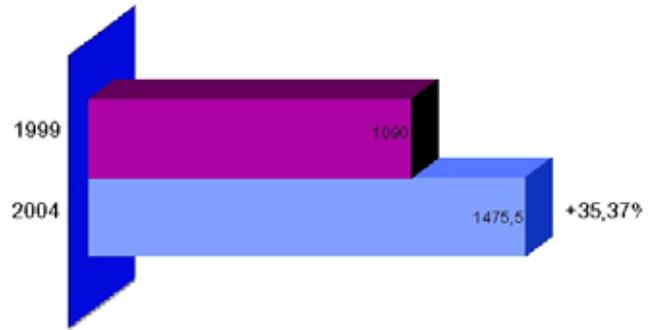
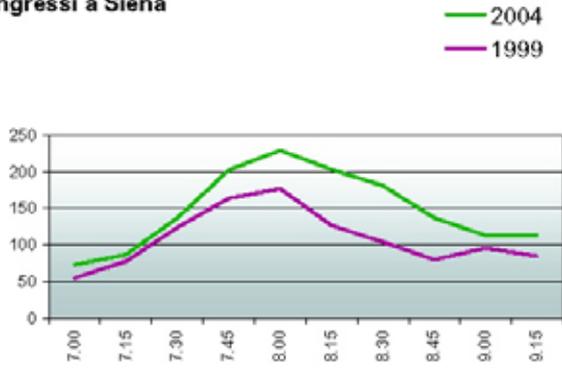
**Botteganova (bivio Ascarello) :
verso Siena**



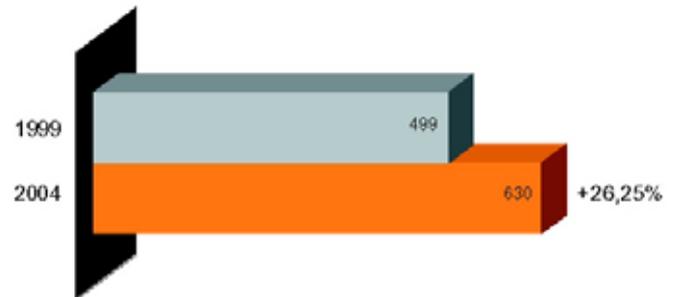
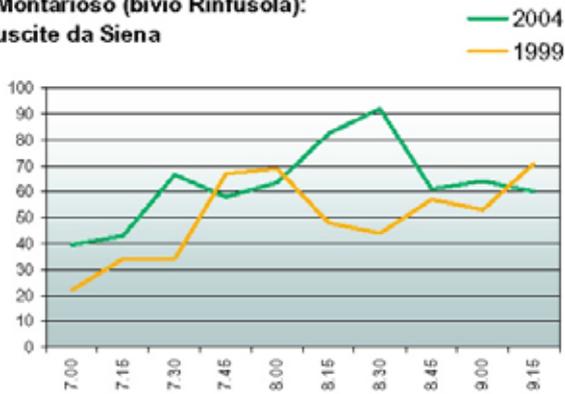
**Botteganova (bivio Ascarello) :
verso Pianella**



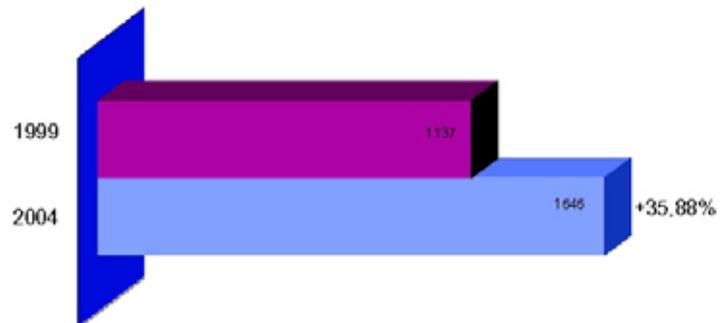
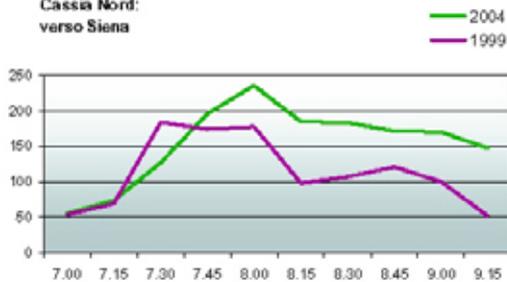
**Montarioso (bivio Rinfusola):
ingressi a Siena**



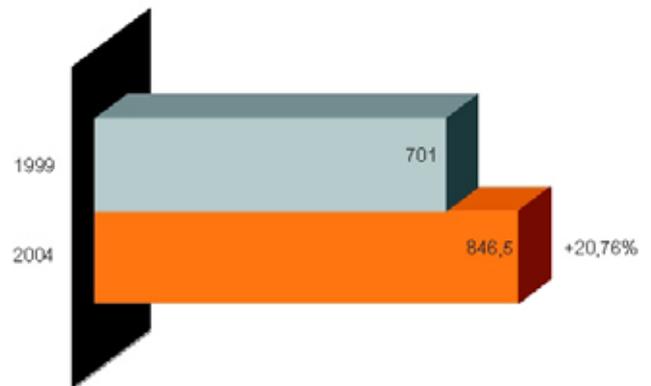
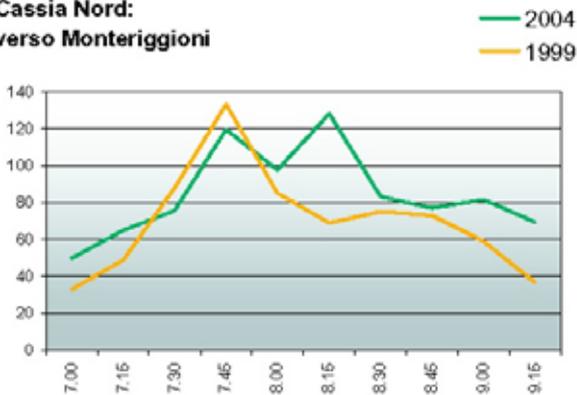
**Montarioso (bivio Rinfusola):
uscite da Siena**



**Cassia Nord:
verso Siena**



**Cassia Nord:
verso Monteriggioni**



Per i flussi uscenti (+10,88%) le variazioni sembrano invece avere andamenti maggiormente irregolari. Il rilievo nella postazione Tufi 1 è quello che ha riportato il risultato più clamoroso con un incremento dei flussi veicolari in ingresso addirittura del 258% ed un decremento dei flussi in uscita del 101%. Esaminando i valori assoluti nei due anni è evidente che mentre nel 1999 erano di meno i veicoli entranti (545) rispetto a quelli uscenti (662), nel 2004 il rapporto si ribalta con 1952 veicoli in ingresso a fronte dei 329 in uscita. La sezione Tufi 2 invece riporta un aumento del 20% degli ingressi e del 191% delle uscite. Questi valori sono probabilmente legati ad un utilizzo più consistente della tangenziale rispetto al 1999 ed anche al diverso assetto della viabilità nell'area di Massetana Romana. Più contenute le variazioni evidenziate dai rilevamenti delle postazioni Cassia Sud (Coroncina) e Botteganova (bivio Ascarello) dove si registrano comunque incrementi sia per i flussi in ingresso che per quelli in uscita. Le sezioni di rilievo Montarioso e Cassia Nord (Braccio), infine, hanno riportato risultati in linea con i valori medi ed analoghi tra loro con un aumento degli ingressi di circa il 35% e delle uscite tra il 20 ed il 26%.

A conferma del funzionamento dell'area senese come sistema di carattere metropolitano e del conseguente incremento generale dei fenomeni di mobilità risulta evidente come ad un aumento consistente degli ingressi (da complessivi 13053 veicoli a 17754) corrisponde un minore, ma comunque sempre rilevante aumento dei veicoli in uscita da Siena (da 6735 veicoli a 8292).

La ripartizione tra tipologie di veicoli rilevati nelle singole postazioni, invece, sia per quanto riguarda gli ingressi che le uscite, risulta pressoché identica nei due anni a confronto.

9.6 Riflessioni ed interpretazioni preliminari

Il primo dato che emerge dagli studi compiuti è il costante e rilevante incremento dei flussi veicolari in ingresso al centro urbano di Siena, che sembra evidentemente relazionato al parallelo incremento della popolazione residente nei Comuni contermini. A fronte cioè di un costante mantenimento dei principali elementi attrattori e di un progressivo decentramento dei nuclei insediativi al margine del contesto urbano, la

la domanda di mobilità verso il capoluogo non può che aumentare. Il fenomeno potrebbe nel tempo superare la soglia di allarme che allo stato attuale risulta appena sfiorata, questo in particolare se in futuro dovesse mantenersi costante il trend di crescita dei flussi riscontrato in questi ultimi cinque anni.

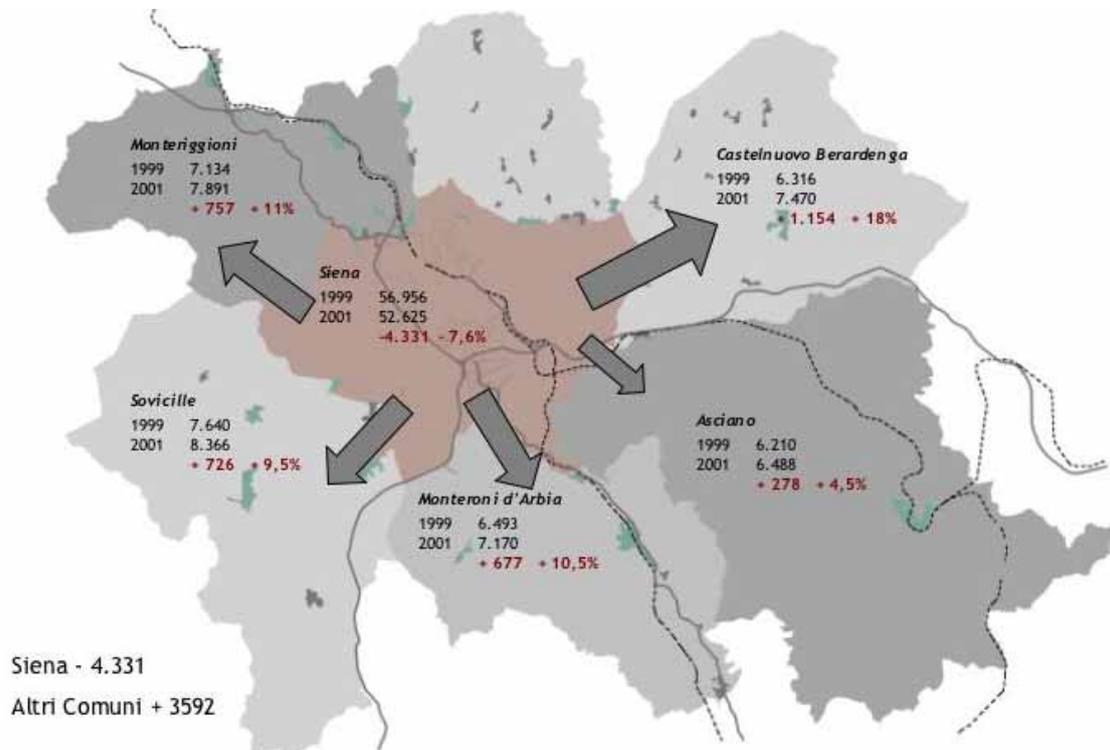


Figura 9.22 - Raffronto dei flussi urbani

Tra le criticità rilevate, sia attraverso osservazione diretta, che attraverso l'utilizzo del modello multimodale, sono stati evidenziati alcuni assi viari il cui livello attuale di carico risulta piuttosto elevato, in particolare rispetto alla capacità di carico dell'infrastruttura stessa.

Lungo la Siena Bettolle ad esempio, nella zona dei Due Ponti, in località Ruffolo, a fronte di una capacità potenziale espressa in termini di veicoli ogni ora pari a 1700 (veicoli/h) sono stati rilevati 1588 (veicoli/h), che superano abbondantemente il livello di guardia indicato dalla letteratura di settore nell'80% della capacità potenziale e pari pertanto a 1360 (veicoli/h). Anche lungo la Cassia, in località Braccio, sono stati rilevati valori elevati: 825 (veicoli/h) contro una capacità limite pari a 960 (veicoli/h).

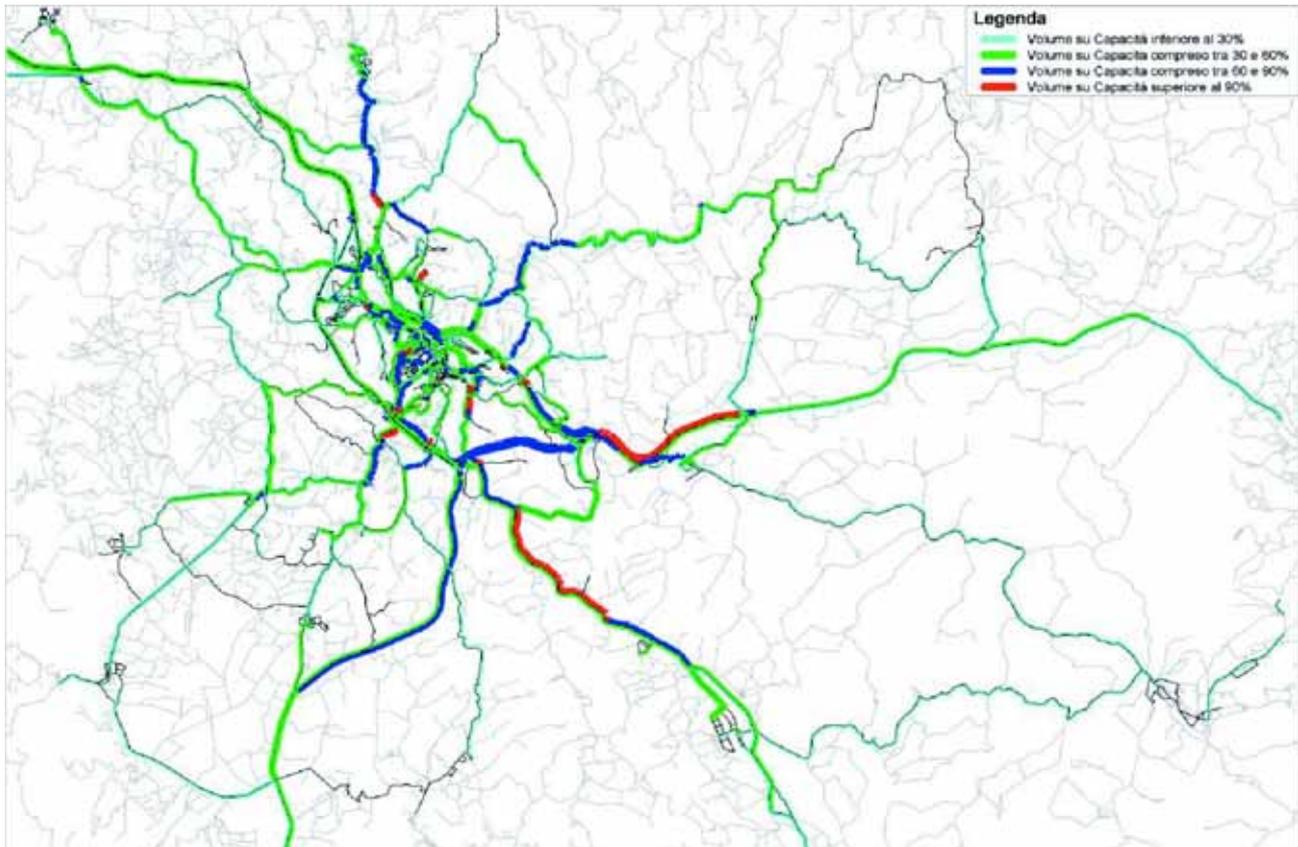


Figura 9.23 - Strutture stradali e criticità

Gli altri contesti sottoposti a forti sollecitazioni risultano la zona di Palazzo Diavoli (intersezione Viale Cavour), Viale Bracci lungo tutto il percorso fino all'Ospedale delle Scotte; l'intersezione dei due Ponti e, in maniera più discontinua, parte di Viale Toselli, da quest'ultima intersezione fino alla rotonda del Ponte di Malizia; la Siena Bettolle nel tratto fino a Casetta; la Cassia Sud nel tratto urbano di Valli e fino all'intersezione con via Girolamo Gigli, nei pressi della Porta Romana, poi all'altezza dell'intersezione di Cerchiaia ed infine dall'intersezione con la strada di Renaccio fino ad Isola d'Arbia - Ponte a Tressa; lungo la Statale 73 "Ponente" nel tratto tra Costalpino e Costafabbi; l'intersezione alla "colonna di San Marco" e l'intero tratto della Massetana Romana; la parte terminale nord della Strada di Pescaia e tutta la viabilità di adduzione e circolazione intorno alla Fortezza-Stadio.

Sarebbe rischioso non mantenere sotto controllo queste situazioni ed i loro valori, soprattutto in relazione a eventuali azioni e previsioni che possano potenzialmente comportare, se attuate, un innalzamento del livello attuale di utilizzo del mezzo privato per i movimenti da e verso il capoluogo.

Se da un lato i rilievi indicano senza ombra di dubbio un maggior utilizzo, negli ultimi anni, del mezzo privato per gli spostamenti di carattere urbano e periurbano, dati meno certi ma altamente probabili, ci confermano una parallela riduzione, nello stesso periodo di osservazione, degli utenti del trasporto pubblico locale ed extraurbano. Difficile non mettere in relazione i due dati: cioè l'incremento dell'uso dell'auto con il minor utilizzo del mezzo pubblico. Questi elementi ci inducono sostanzialmente due diversi tipi di riflessione.

La prima verte direttamente sugli effetti che un crescente livello di congestione del traffico, ostacolando la mobilità, potrebbe pregiudicare l'attuale livello di accessibilità agli elementi fondamentali e primari del territorio (servizi, luoghi di lavoro, centri di svago) attuando inoltre ricadute consistenti anche dal punto di vista dei costi per l'economia della città. Secondo dati ufficiali della Comunità Europea, le ricadute economiche derivanti dalla congestione del traffico sono stimabili nello 0,5% del PIL della Comunità, percentuale che secondo le previsioni dovrebbe salire all'1% nel 2010 ("La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte" COM2001-370 def.). A fronte di evidenti e notevoli progressi nella riduzione delle emissioni nocive prodotti dai singoli veicoli (il traffico urbano è responsabile del 40% delle emissioni di CO₂ derivante dai trasporti), questi rischiano di essere vanificati dall'incremento complessivo del trasporto automobilistico nelle aree urbane, in particolare in corrispondenza dei cosiddetti "punti caldi", ossia i principali incroci e i siti a più elevato traffico veicolare.

Queste considerazioni ci spingono a considerare quale elemento centrale delle politiche da attuare per la mobilità, la riduzione razionalizzazione della mobilità privata, da ottenersi in particolare attraverso il massimo utilizzo dei mezzi di trasporto collettivi, che consentono un miglior livello di accessibilità ai beni ed ai servizi e presentano evidenti benefici dal punto di vista ambientale, risultando potenzialmente capaci di ridurre i problemi di congestione del traffico e di scongiurare, se ben calibrati e incoraggiati, gli effetti provocati dal possibile incremento delle motivazioni di spostamento verso il centro di Siena.

Interventi quali ad esempio l'istituzione di una "metropolitana leggera di superficie" per le aree della Val d'Arbia e delle Crete e per la Val d'Elsa, possono risultare strategici nella gestione del sistema mobilità e rappresentare gli elementi sui quali formare parte delle linee guida del progetto.

La seconda riflessione entra nel merito delle scelte sulle modalità di accesso e approdo all'area urbana di Siena. Scelte che, per quanto precedentemente sostenuto, dovrebbero pertanto orientarsi verso azioni che presuppongano la propensione all'utilizzo del mezzo pubblico. Gli interventi sulla circolazione e sul sistema degli accessi dovrebbero essere pertanto scelti secondo tale indirizzo. Ma l'aspetto più sostanziale risulta quello della corretta valutazione del "costo generalizzato" degli spostamenti. La domanda di trasporto dipende infatti dal costo generalizzato ed è condizionata dalla disponibilità a sostenerne tale costo. Il costo generalizzato risulta composto dal prezzo monetario dello spostamento, dal tempo impiegato nello spostamento e dal comfort che l'utente rileva nell'uso di un determinato mezzo: "prezzo generalizzato" = (monetario + tempo + comfort). Tutto questo ragionamento ci porta a sostenere che qualsiasi intervento sulla mobilità, anche di tipo virtuoso, cioè retto da buone intenzioni e corretto dal punto di vista del livello di sostenibilità dell'azione, può risultare inefficace (addirittura controproducente, cioè irritante per l'utente che lo subisce) se il suo costo generalizzato non risulta competitivo con le altre analoghe e possibili alternative.

Valutati in quest'ottica, alcuni interventi supposti strategici, quali ad esempio la "metropolitana leggera", i "parcheggi scambiatori", le "navette minibus", risultano azioni a rischio di insostenibilità dal punto di vista appunto dei costi generalizzati. L'efficacia di ciascuna azione andrà valutata perciò in relazione alla capacità di porsi in maniera competitiva rispetto all'attuale modalità utilizzata che si vuole sostituire o della quale se ne intende ridurre l'uso.

Nei casi sopra citati tale competizione avviene nei confronti della "mobilità privata" che, dal punto di vista dei "costi generalizzati" vanta un prezzo assolutamente ed altamente competitivo, anche se a fronte, come si è visto, di un livello di sostenibilità assolutamente ridotto e scarsamente migliorabile in futuro ed a costi collettivi (non percepiti cioè in maniera diretta dall'utente) di livello significativo e destinati, in futuro, ad aumentare considerevolmente.

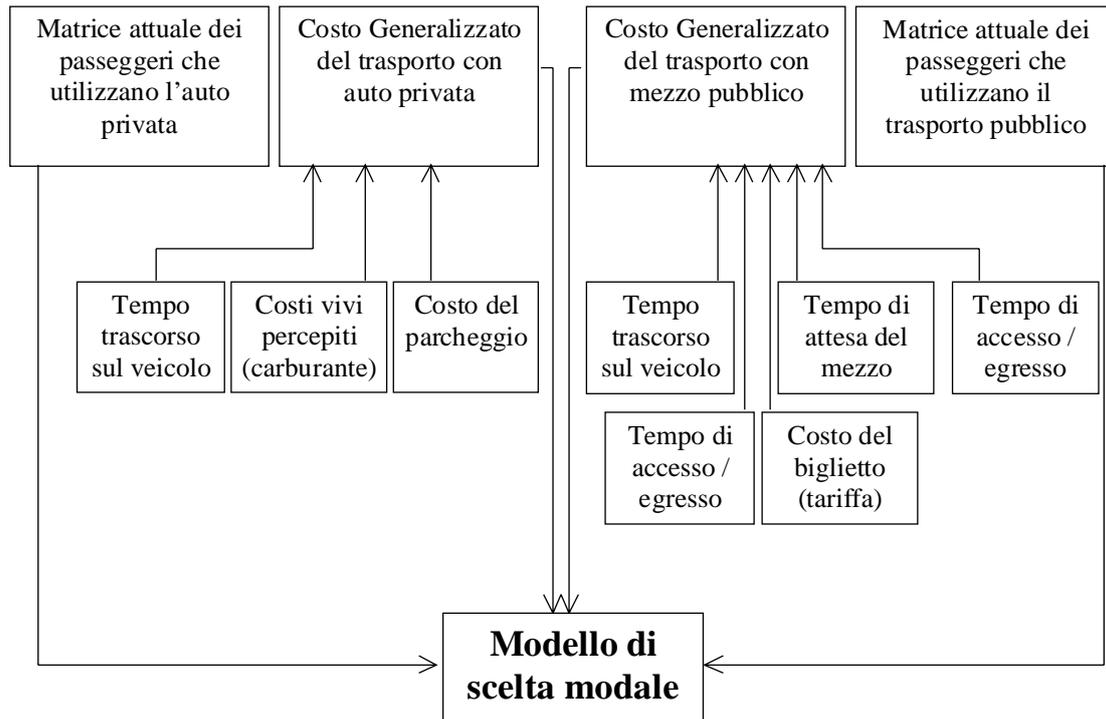
9.7 Modello di Traffico del trasporto pubblico su gomma e su ferro

L'aggiornamento del modello di Trasporto Pubblico nell'ambito dello Schema Metropolitano dell'area Senese ha comportato attività di analisi quali:

- quantificazione della domanda di spostamento associata alla modalità "Trasporto Pubblico Urbano";
- descrizione, in linguaggio informatico, dell'offerta di servizi;
- messa a punto dello strumenti di supporto decisionale (modello di traffico) su cui nelle fasi successive saranno fondati alcuni dei ragionamenti finalizzati alla definizione di nuove strategie ed alla eventuale definizione di un assetto di rete modificato.

E' importante ricordare che uno degli obiettivi del presente studio è la costruzione di un modello multimodale, con cui esaminare contemporaneamente le differenti componenti di traffico presenti in rete.

La possibilità di utilizzare nel modello di trasporto pubblico dati e metodologie conformi a quelle utilizzate per le analisi sviluppate in occasione del "Piano di riassetto del Trasporto Pubblico Locale", basate sul codice TRIPS, permetterà di effettuare valutazioni relative alla credibile dimensione della ripartizione modale, ossia la suddivisione degli spostamenti nelle diverse tipologie disponibili (auto, Trasporto Pubblico, spostamenti pedonali...), attesa in conseguenza dell'attuazione ipotetica di provvedimenti congiunti traffico - sosta - trasporti pubblici. La valutazione verrà fatta attraverso un complesso modello multimodale, idoneo ad una valutazione di questo tipo, di cui brevemente si riporta la struttura.



Il quesito di fondo, cui il modello messo in campo deve dare risposta, riguarda la quantificazione degli effetti indotti sul servizio di Trasporto Pubblico derivanti da diverse politiche, come ad esempio:

- Definizione di nuove linee;
- Modifiche delle linee esistenti (abolizione o integrazione di alcuni servizi);
- Modifiche delle politiche tariffarie (incremento, diminuzione o cambiamento strutturale delle politiche tariffarie);
- Modifiche nella definizione delle aree ZTL o pedonali;
- Modifiche nella politica della sosta (analisi di tariffazione differenziata ai parcheggi, analisi di fenomeni di Park & Ride localizzati presso le aree di sosta connesse alle risalite meccanizzate od alle linee portanti del Trasporto Collettivo, con eventuale individuazione di nuovi parcheggi di attestamento);
- Integrazione delle modifiche nella viabilità urbana proposte nel PGTU con il servizio di trasporto pubblico, con conseguente variazione in termini di accessibilità del territorio e sua percezione da parte dell'utenza.

9.7.1 La domanda di mobilità

Analogamente a quanto fatto per il modello di traffico privato, anche per il trasporto pubblico è stata utilizzata come matrice OD di partenza quella utilizzata in occasione del “Piano di riassetto del Trasporto Pubblico Locale su gomma del Comune di Siena”. L’aggiornamento di tale matrice è stato effettuato mediante le seguenti operazioni:

- Spalmatura della vecchia matrice da 241 zone alle attuali 306.
- Inserimento delle relazioni non considerate nella vecchia matrice, che riguardano sostanzialmente spostamenti di tipo extraurbano.
- Aggiunta degli spostamenti effettuati in treno.

Per quest’ultima operazione è stato fatto riferimento ad un database del 2001 in nostro possesso che ha permesso di determinare la matrice :

	Arbia	Asciano	Asciano M.O.	Buonconvento	Castellina	Castelnuovo	Monteroni	Poggibonsi	Ponte Tressa	Rapolano	Siena FS	Siena ZI	Sinalunga	Totale
Arbia											1			1
Asciano											37			37
Asciano M.O.	1										133		3	138
Buonconvento							1	6			157			163
Castellina								4			14			19
Castelnuovo											6			6
Monteroni				1							43			44
Poggibonsi				19	11						487			518
Ponte Tressa											8			8
Rapolano											6		4	10
Siena FS			6	8	3		3	80		3				134
Siena ZI											1			1
Sinalunga		1	3								88			92
Totale	1	1	9	28	14	0	3	90	0	3	982	0	38	1170

Tabella 9.1 – Matrice degli spostamenti effettuati in treno

La nuova matrice OD risulta quindi essere composta da un totale di 9.172 spostamenti, di cui 8.002 su gomma e 1.170 su ferro.

La seguente immagine, riferita al Comune di Siena, visualizza gli spostamenti attratti e prodotti dalle varie zone.

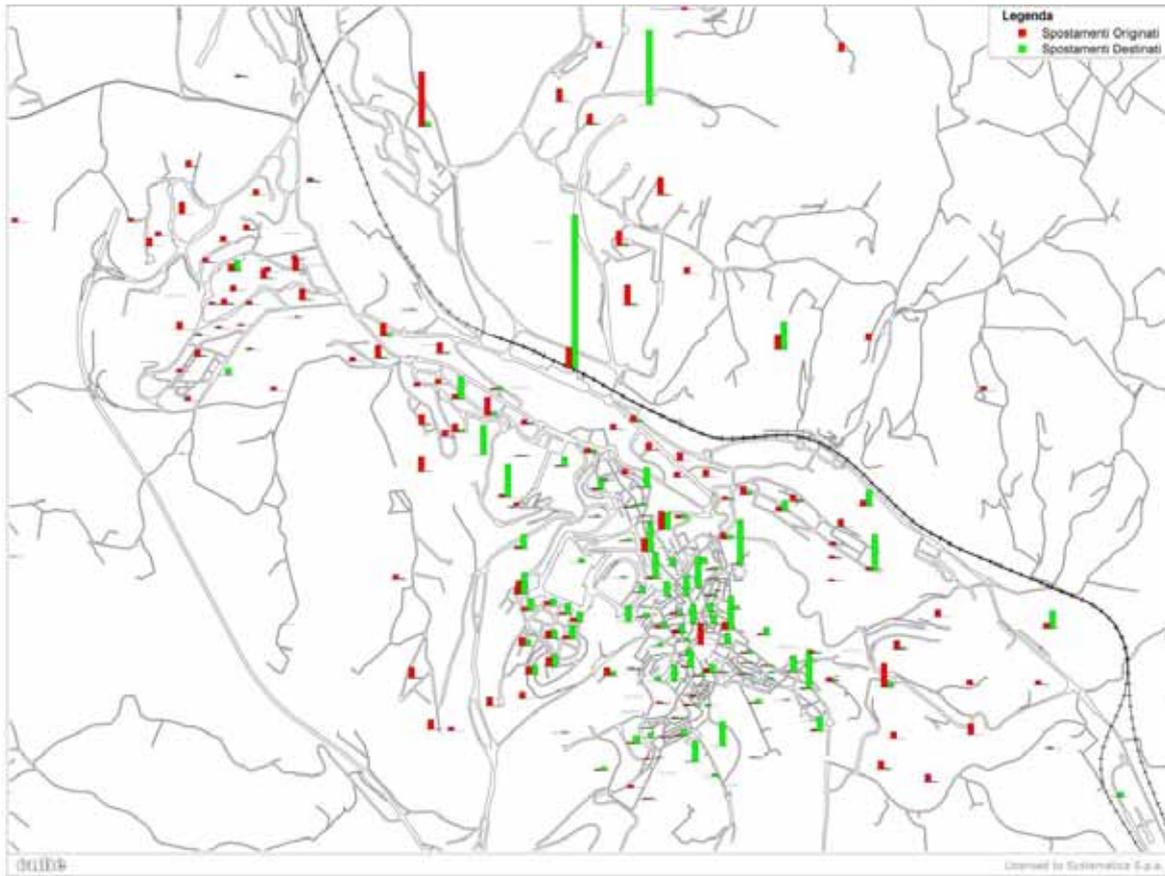


Figura 9.23 – Matrice OD

9.7.1.1 Il profilo di arrivo dei passeggeri

Per poter descrivere con dettaglio non solo la quantità complessiva di spostamenti generati nell'ora di punta, ma anche il comportamento dell'utenza nel tempo, si è deciso di suddividere il periodo analizzato in 6 intervalli di 10 minuti ciascuno. Per tali intervalli si è valutato il "Profilo di arrivo dei passeggeri" (*Passenger arrival profile*).

L'analisi compiuta, basata sulla lettura del dato ISTAT, evidenzia una forte richiesta di mobilità nei primi intervalli con una costante diminuzione nei segmenti successivi. La verifica effettuata durante le indagini dirette ha confermato tale indicazione ISTAT.

L'andamento nel tempo è descritto dal seguente grafico.

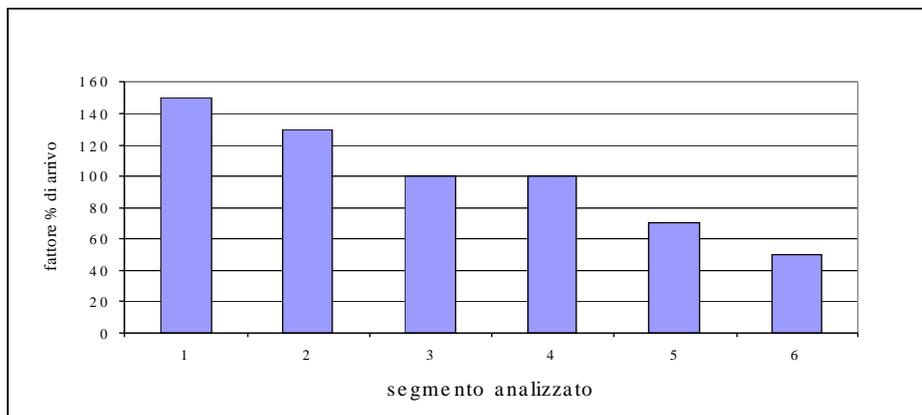


Figura 9.24 – Profilo di arrivo dei passeggeri

9.7.2 L'offerta dei servizi su trasporto pubblico

La fase immediatamente successiva alla costruzione ed alla definizione della domanda di mobilità è stata quella della costruzione del database descrittivo del servizio del Trasporto Pubblico che svolge servizio nel periodo analizzato, ossia che svolge l'intera corsa o parte di essa nell'intervallo 7.30 – 8.30, in un linguaggio e con le caratteristiche accettate dal software di pianificazione TRIPS.

Le informazioni attribuite al sistema di Trasporto Pubblico di Siena consistono in una serie di dati relativi al servizio nel suo complesso ed alle caratteristiche di esercizio delle singole linee. Per quanto riguarda il servizio nel complesso sono state introdotte informazioni su:

- Modi (1_linee gomma Urbane, 2_linee gomma Suburbane, 3_linee gomma Extraurbane, 4_Treno).
- Compagnia (1 Train, 2 Trenitalia).
- Curva di attesa.
- Profili di arrivo dei veicoli.
- Profilo di arrivo dei passeggeri.
- Curve di affollamento (additiva e moltiplicativa).

Per ciascuna linea sono stati introdotti anche i dati relativi a:

- Percorso.
- Posizionamento delle fermate lungo il percorso.
- Tempo di percorrenza tra fermata e fermata lungo l'intero tracciato.
- Capacità massima (posti a sedere ed in piedi).
- Posti a sedere.
- Tipo di servizio correlato alla linea (lineare o circolare).
- Numero di corse nell'ora di punta per ogni servizio (cadenza).

Sulla base dei dati forniti da professionisti incaricati sono stati descritti 171 "servizi" totali, di cui 162 effettuati con l'autobus e 9 con il treno. Essi rappresentano le corse effettuate dalle varie linee dividendo le corse di andata da quelle di ritorno ed associando a ciascuno i dati sopra citati.

Linea TRIPS	Linea TRAIN	A/R	Modo	Numero corse
1	Linea 1A	A	Urbano	3
2	Linea 1R	R	Urbano	2
3	Linea 2A	A	Urbano	1
4	Linea 2A	A	Urbano	3
5	Linea 2R	R	Urbano	3
6	Linea 3A	A	Urbano	2
7	Linea 3R	R	Urbano	1
8	Linea 3R	R	Urbano	2
9	Linea 4A	A	Urbano	1
10	Linea 4R	R	Urbano	1
11	Linea 5A	A	Urbano	1
12	Linea 5A	A	Urbano	1
13	Linea 5A	A	Urbano	1
14	Linea 5R	R	Urbano	2
15	Linea 5R	R	Urbano	1
16	Linea 5R	R	Urbano	1
17	Linea 6		Urbano	3
18	Linea 7A	A	Urbano	2
19	Linea 7A	A	Urbano	1
20	Linea 7R	R	Urbano	2
21	Linea 7R	R	Urbano	1
22	Linea 8A	A	Urbano	3
23	Linea 8R	R	Urbano	2
24	Linea 9A	A	Urbano	2
25	Linea 9A	A	Urbano	1
26	Linea 9R	R	Urbano	3
27	Linea 9R	R	Urbano	1
28	Linea 10A	A	Urbano	3
29	Linea 10R	R	Urbano	2
30	Linea 11A	A	Urbano	1
31	Linea 11R	R	Urbano	1
32	Linea 13R	R	Urbano	3
33	Linea 13R	R	Urbano	1
34	Linea 13R	R	Urbano	1
35	Linea 15AR	R	Urbano	1
36	Linea 15		Urbano	1
37	Linea 17A	A	Urbano	2
38	Linea 17R	R	Urbano	3
39	Linea 18A	A	Urbano	3
40	Linea 18R	R	Urbano	2
41	Linea 19A	A	Urbano	2
42	Linea 19R	R	Urbano	2
43	Linea 20A	A	Suburbano	1

Linea TRIPS	Linea TRAIN	A/R	Modo	Numero corse
44	Linea 20R	R	Suburbano	1
45	Linea 21		Suburbano	1
46	Bus chiamata A	A	Suburbano	1
47	Bus chiamata A	A	Suburbano	1
48	Bus chiamata R	R	Suburbano	1
49	Bus chiamata R	R	Suburbano	1
50	Linea 26A	A	Suburbano	1
51	Linea 26A	A	Suburbano	1
52	Linea 26R	R	Suburbano	1
53	Linea 26R	R	Suburbano	1
54	Linea 26R	R	Suburbano	1
55	Linea 27A	A	Suburbano	2
56	Linea 27A	A	Suburbano	1
57	Linea 27R	R	Suburbano	1
58	Linea 27R	R	Suburbano	1
59	Linea 30A	A	Suburbano	2
60	Linea 30R	R	Suburbano	2
61	Linea 30R	R	Suburbano	1
62	Linea 30R	R	Suburbano	1
63	Linea 30R	R	Suburbano	1
64	Linea 31R	R	Suburbano	1
65	Linea 32A	A	Suburbano	1
66	Linea 32A	A	Suburbano	1
67	Linea 32R	R	Suburbano	1
68	Linea 32R	R	Suburbano	1
69	Linea 32R	R	Suburbano	1
70	Linea 33A	A	Suburbano	1
71	Linea 33R	R	Suburbano	1
72	Linea 33R	R	Suburbano	2
73	Linea 34A	A	Suburbano	1
74	Linea 34A	A	Suburbano	1
75	Linea 34R	R	Suburbano	1
76	Linea 34R	R	Suburbano	1
77	Linea 35A	A	Suburbano	1
78	Linea 35R	R	Suburbano	2
79	Linea 36A	A	Suburbano	2
80	Linea 36R	R	Suburbano	1
81	Linea 36R	R	Suburbano	2
82	Linea 37A	A	Suburbano	1
83	Linea 37R	R	Suburbano	1
84	Linea 37R	R	Suburbano	1
85	Linea 51A	A	Urbano	5
86	Linea 51R	R	Urbano	5

Linea TRIPS	Linea TRAIN	A/R	Modo	Numero corse
87	Linea 52A	A	Urbano	1
88	Linea 52A	A	Urbano	4
89	Linea 52A	A	Urbano	3
90	Linea 52R	R	Urbano	1
91	Linea 52R	R	Urbano	4
92	Linea 52R	R	Urbano	2
93	Linea 53A	A	Urbano	4
94	Linea 53R	R	Urbano	4
95	Linea 54A	A	Urbano	6
96	Linea 54R	R	Urbano	6
97	Linea 70A	A	Urbano	6
98	Linea 70R	R	Urbano	5
99	Linea 77A	A	Urbano	1
100	Linea 77A	A	Urbano	1
101	Linea 77R	R	Urbano	1
102	Linea 77R		Urbano	1
201	Linea 102R	R	Extraurbano	1
202	Linea 104R	R	Extraurbano	1
203	Linea 106A	RA	Extraurbano	1
204	Linea 106A	A	Extraurbano	1
205	Linea 106A	A	Extraurbano	1
206	Linea 106A	A	Extraurbano	1
207	Linea 106R	R	Extraurbano	2
208	Linea 106R	R	Extraurbano	1
209	Linea 106R	R	Extraurbano	1
210	Linea 107°	A	Extraurbano	1
211	Linea 107R	R	Extraurbano	1
212	Linea 107R	R	Extraurbano	1
213	Linea 107R	R	Extraurbano	2
214	Linea 107R	R	Extraurbano	1
215	Linea 107R	R	Extraurbano	1
216	Linea 107R	R	Extraurbano	1
217	Linea 109R	R	Extraurbano	1
218	Linea 110A	A	Extraurbano	1
219	Linea 110R	R	Extraurbano	1
220	Linea 111A	A	Extraurbano	1
221	Linea 111R	R	Extraurbano	1
222	Linea 111R	R	Extraurbano	1
223	Linea 112R	R	Extraurbano	1
224	Linea 112R	R	Extraurbano	1
225	Linea 112R	R	Extraurbano	1
226	Linea 112R	R	Extraurbano	1
227	Linea 114A	A	Extraurbano	1

Linea TRIPS	Linea TRAIN	A/R	Modo	Numero corse
228	Linea 114A	A	Extraurbano	1
229	Linea 114R	R	Extraurbano	1
230	Linea 114R	R	Extraurbano	1
231	Linea 114R	R	Extraurbano	1
232	Linea 114R	R	Extraurbano	1
233	Linea 116R	R	Extraurbano	1
234	Linea 121A	A	Extraurbano	1
235	Linea 121A	A	Extraurbano	1
236	Linea 121R	R	Extraurbano	1
237	Linea 122R	R	Extraurbano	1
238	Linea 122R	R	Extraurbano	1
239	Linea 122R	R	Extraurbano	1
240	Linea 123A	A	Extraurbano	1
241	Linea 123R	R	Extraurbano	3
242	Linea 125A	A	Extraurbano	1
243	Linea 125R	R	Extraurbano	1
244	Linea 125R	R	Extraurbano	1
245	Linea 127A	A	Extraurbano	1
246	Linea 127R	R	Extraurbano	2
247	Linea 130A	A	Extraurbano	2
248	Linea 130A	A	Extraurbano	3
249	Linea 130R	R	Extraurbano	1
250	Linea 130R	R	Extraurbano	3
251	Linea 130R	R	Extraurbano	1
252	Linea 131A	A	Extraurbano	3
253	Linea 131R	R	Extraurbano	3
254	Linea 134A	A	Extraurbano	1
255	Linea 134R	R	Extraurbano	1
256	Linea 136R	R	Extraurbano	1
257	Linea 136R	R	Extraurbano	1
258	Linea 138R	R	Extraurbano	1
259	Linea 139R	R	Extraurbano	1
260	Linea 140R	R	Extraurbano	1
Totali	162 Linee			258 corse

Tabella 9.2 – Linee TRAIN descritte nel modello

Linea TRIPS	Numero treno	Numero corse	Fermate
301	6868	1	Monteroni, Ponte a Tressa, Siena Zona Ind., Siena, Castellina
302	11758	1	Siena
303	6892	1	Monteroni, Ponte a Tressa, Siena Zona Ind., Siena
304	6859	1	Castellina, Siena
305	3031	1	Siena, Monteroni
306	11753	1	Castellina, Siena
307	6903	1	Siena, Asciano Monte Oliveto, Rapolano T.
308	6904	1	Asciano, Asciano Monte Oliveto, Castelnuovo B., Arbia, Siena
309	6906	1	Rapolano T., Asciano, Asciano Monte Oliveto, Castelnuovo B., Siena
Totali		9 corse	

Tabella 9.3 – Linee ferroviarie descritte nel modello

Il numero di corse nell'ora ha portato alla definizione del parametro “cadenza”, elemento descrittivo del servizio.

La combinazione (servizio offerto X cadenza) ha portato all'introduzione di un'offerta complessiva di 258 corse su gomma e 9 corse su ferro. La figura seguente mostra a sua volta come le corse “bus” si suddividono a seconda della tipologia.

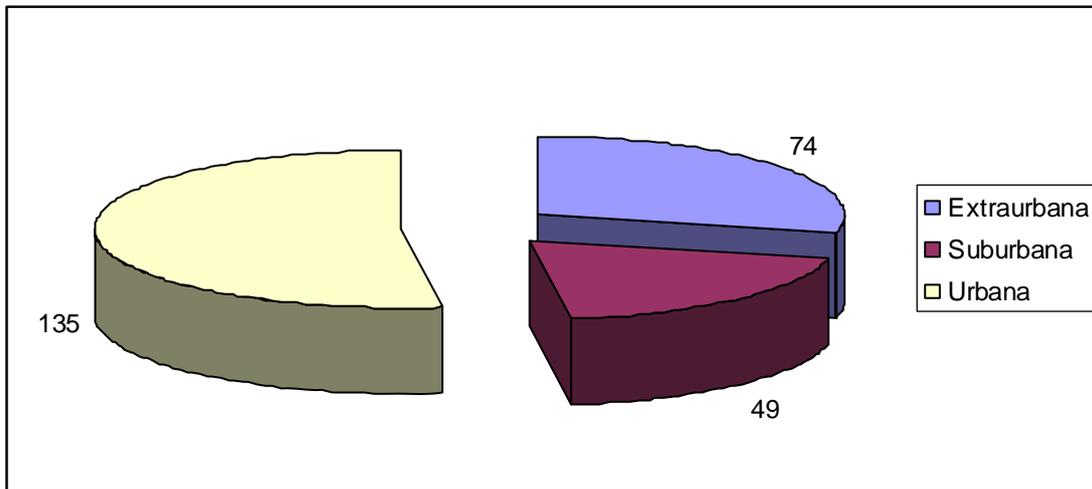


Figura 9.25 – Linee bus suddivise per tipologia

Figura 1 – Linee descritte nel modello distinte per modo (Area SMS)

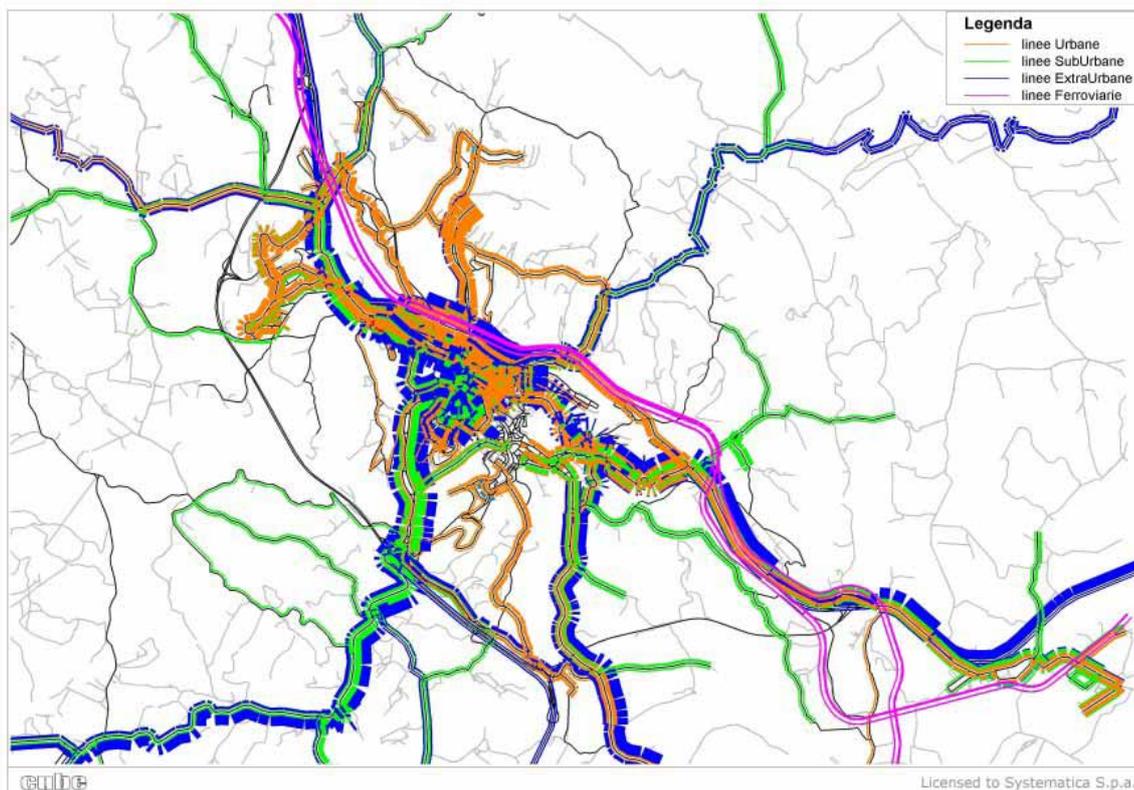


Figura 9.26 – Linee descritte nel modello distinte per modo (Comune di Siena)

9.7.2.1 Il profilo di arrivo dei veicoli

Per poter descrivere con un elevato grado di dettaglio il comportamento del sistema offerto, si è deciso di suddividere il periodo analizzato in 6 intervalli di 10 minuti ciascuno.

Questo permette di considerare sia la domanda di mobilità sia l'offerta di servizi non distribuiti uniformemente nei 60 minuti, ma rispondenti ad andamenti non costanti: l'elemento che descrive questa disomogeneità di presenza di veicoli nel tempo è il cosiddetto "profilo di arrivo dei veicoli".

Per ulteriore correttezza tale profilo dei veicoli è stato costruito separatamente per i vari modo di trasporto.

Nelle seguenti tabelle per ogni corsa viene valutata la presenza nei 6 intervalli stabiliti. Con la lettera "I" si intende che la corsa ha inizio nell'intervallo analizzato, con la lettera "T" si intende che la corsa transita nell'intervallo analizzato, con la lettera "F" si intende che la corsa termina nell'intervallo analizzato.

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
1	7.18	7.37	F	-	-	-	-	-	-
2	7.48	8.07	-	I	T	F	-	-	-
3	8.18	8.37	-	-	-	-	I	T	F
4	7.40	7.48	-	T	-	-	-	-	-
5	8.10	8.18	-	-	-	-	T	-	-
6	7.30	7.57	I	T	F	-	-	-	-
7	7.30	8.02	I	T	T	F	-	-	-
8	8.00	8.32	-	-	-	I	T	T	F
9	8.20	8.52	-	-	-	-	-	I	F
10	7.20	7.58	T	T	F	-	-	-	-
11	7.40	8.18	-	I	T	T	F	-	-
12	8.10	8.48	-	-	-	-	I	T	F
13	7.30	8.20	I	T	T	T	F	-	-
14	8.00	8.50	-	-	-	I	T	T	F
15	7.10	8.00	T	T	F	-	-	-	-
16	7.35	8.22	I	T	T	T	T	F	-
17	8.05	8.52	-	-	-	I	T	T	F
18	7.30	7.50	I	F	-	-	-	-	-
19	8.00	8.21	-	-	-	I	T	F	-
20	7.00	7.40	F	-	-	-	-	-	-
21	7.20	8.00	T	T	F	-	-	-	-
22	8.00	8.45	-	-	-	I	T	T	F
23	7.05	7.50	T	F	-	-	-	-	-
24	7.15	8.10	T	T	T	F	-	-	-
25	7.40	8.25	-	I	T	T	T	F	-
26	8.10	8.50	-	-	-	-	I	T	F
27	7.15	7.41	T	F	-	-	-	-	-
28	7.45	8.11	-	I	T	T	F	-	-
29	8.15	8.41	-	-	-	-	I	T	F

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
30	7.22	7.38	F	-	-	-	-	-	-
31	7.50	8.08	-	-	I	F	-	-	-
32	8.22	8.38	-	-	-	-	-	I	F
33	7.27	7.46	T	F	-	-	-	-	-
34	7.57	8.21	-	-	I	T	T	F	-
35	8.27	8.46	-	-	-	-	-	I	F
36	7.10	7.37	F	-	-	-	-	-	-
37	7.40	8.07	-	I	T	F	-	-	-
38	8.15	8.42	-	-	-	-	I	T	F
39	7.30	7.55	I	T	F	-	-	-	-
40	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
41	7.37	8.00	I	T	F	-	-	-	-
42	7.45	7.55	-	I	F	-	-	-	-
43	8.07	8.30	-	-	-	I	T	F	-
44	7.21	7.50	T	F	-	-	-	-	-
45	7.51	8.20	-	-	I	T	F	-	-
46	8.05	8.20	-	-	-	I	F	-	-
47	8.21	8.50	-	-	-	-	-	I	F
48	7.15	7.50	T	F	-	-	-	-	-
49	7.50	8.27	-	-	I	T	T	F	-
50	8.20	8.57	-	-	-	-	-	I	F
51	7.20	7.52	T	T	F	-	-	-	-
52	7.50	8.22	-	-	I	T	T	F	-
53	8.05	8.27	-	-	-	I	T	F	-
54	7.25	7.49	T	F	-	-	-	-	-
55	7.45	7.55	-	I	F	-	-	-	-
56	8.00	8.10	-	-	-	T	-	-	-
57	8.10	8.35	-	-	-	-	I	T	F
58	8.15	8.25	-	-	-	-	I	F	-
59	8.25	8.40	-	-	-	-	-	I	F
60	7.40	8.05	-	I	T	F	-	-	-
61	8.10	8.35	-	-	-	-	I	T	F
62	7.32	7.48	I	F	-	-	-	-	-
63	8.02	8.18	-	-	-	I	F	-	-
64	7.25	7.40	F	-	-	-	-	-	-
65	7.55	8.10	-	-	I	F	-	-	-
66	8.25	8.40	-	-	-	-	-	I	F
67	7.30	7.37	F	-	-	-	-	-	-
68	8.00	8.07	-	-	-	T	-	-	-
69	8.30	8.37	-	-	-	-	-	-	F
70	7.50	7.55	-	-	T	-	-	-	-
71	8.20	8.25	-	-	-	-	-	T	-
72	7.38	7.44	I	F	-	-	-	-	-
73	8.08	8.14	-	-	-	I	F	-	-
74	7.46	7.51	-	I	F	-	-	-	-

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
75	8.16	8.21	-	-	-	-	I	F	-
76	7.30	7.42	I	F	-	-	-	-	-
77	7.45	7.57	-	I	F	-	-	-	-
78	8.00	8.12	-	-	-	I	F	-	-
79	8.15	8.27	-	-	-	-	I	F	-
80	8.30	8.42	-	-	-	-	-	-	F
81	7.30	7.41	I	F	-	-	-	-	-
82	7.45	7.56	-	I	F	-	-	-	-
83	8.00	8.11	-	-	-	I	F	-	-
84	8.15	8.26	-	-	-	-	I	F	-
85	8.30	8.41	-	-	-	-	-	-	F
86	7.20	7.37	F	-	-	-	-	-	-
87	7.40	7.52	-	I	F	-	-	-	-
88	7.43	7.53	-	I	F	-	-	-	-
89	7.55	8.07	-	-	I	F	-	-	-
90	8.03	8.13	-	-	-	I	F	-	-
91	8.10	8.22	-	-	-	-	I	F	-
92	8.23	8.33	-	-	-	-	-	I	F
93	8.25	8.37	-	-	-	-	-	I	F
94	7.22	7.34	F	-	-	-	-	-	-
95	7.37	7.48	I	F	-	-	-	-	-
96	7.52	8.03	-	-	I	F	-	-	-
97	7.53	8.03	-	-	I	F	-	-	-
98	8.07	8.18	-	-	-	I	F	-	-
99	8.13	8.23	-	-	-	-	I	F	-
100	8.22	8.34	-	-	-	-	-	I	F
101	7.20	7.30	F	-	-	-	-	-	-
102	7.40	7.50	-	T	-	-	-	-	-
103	8.00	8.10	-	-	-	T	-	-	-
104	8.20	8.30	-	-	-	-	-	T	-
105	7.30	7.40	T	-	-	-	-	-	-
106	7.50	8.00	-	-	T	-	-	-	-
107	8.10	8.20	-	-	-	-	T	-	-
108	8.30	8.40	-	-	-	-	-	-	F
109	7.12	7.40	F	-	-	-	-	-	-
110	7.27	7.55	T	T	F	-	-	-	-
111	7.42	8.10	-	I	T	F	-	-	-
112	7.57	8.25	-	-	I	T	T	F	-
113	8.12	8.40	-	-	-	-	I	T	F
114	8.27	8.55	-	-	-	-	-	I	F
115	7.02	7.30	F	-	-	-	-	-	-
116	7.17	7.45	T	F	-	-	-	-	-
117	7.32	8.00	I	T	F	-	-	-	-
118	7.47	8.15	-	I	T	T	F	-	-
119	8.02	8.30	-	-	-	I	T	F	-

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
120	8.17	8.45	-	-	-	-	I	T	F
121	7.40	7.41	-	T	-	-	-	-	-
122	7.50	7.51	-	-	T	-	-	-	-
123	8.00	8.01	-	-	-	T	-	-	-
124	8.10	8.11	-	-	-	-	T	-	-
125	8.20	8.21	-	-	-	-	-	T	-
126	8.30	8.31	-	-	-	-	-	-	T
127	7.47	7.50	-	T	-	-	-	-	-
128	7.57	8.00	-	-	T	-	-	-	-
129	8.07	8.10	-	-	-	T	-	-	-
130	8.17	8.20	-	-	-	-	T	-	-
131	8.27	8.30	-	-	-	-	-	T	-
132	7.30	7.55	I	T	F	-	-	-	-
133	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
134	7.30	7.55	I	T	F	-	-	-	-
135	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-

Tabella 9.4 – Profilo di arrivo dei veicoli per il modo "Urbano"

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
1	8.05	8.20	-	-	-	I	F	-	-
2	8.27	8.47	-	-	-	-	-	I	F
3	7.25	7.59	T	T	F	-	-	-	-
4	7.30	7.48	I	F	-	-	-	-	-
5	8.00	8.18	-	-	-	I	F	-	-
6	7.30	7.48	I	F	-	-	-	-	-
7	8.00	8.18	-	-	-	I	F	-	-
8	7.45	8.00	-	I	F	-	-	-	-
9	8.15	8.30	-	-	-	-	I	F	-
10	7.25	7.45	T	F	-	-	-	-	-
11	8.00	8.15	-	-	-	I	F	-	-
12	8.30	8.45	-	-	-	-	-	-	T
13	7.30	7.44	I	F	-	-	-	-	-
14	8.00	8.14	-	-	-	I	F	-	-
15	8.30	8.44	-	-	-	-	-	-	T
16	7.45	8.00	-	I	F	-	-	-	-
17	8.15	8.29	-	-	-	-	I	F	-
18	7.10	7.35	F	-	-	-	-	-	-
19	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
20	7.00	7.35	F	-	-	-	-	-	-
21	7.30	8.05	I	T	T	F	-	-	-
22	7.35	8.25	I	T	T	T	T	F	-
23	8.15	8.50	-	-	-	-	I	T	F
24	8.30	9.00	-	-	-	-	-	-	T
25	7.10	7.50	T	F	-	-	-	-	-
26	7.55	8.05	-	-	I	F	-	-	-
27	7.55	8.25	-	-	I	T	T	F	-
28	7.15	8.15	T	T	T	T	F	-	-
29	7.15	7.45	T	F	-	-	-	-	-
30	8.08	8.50	-	-	-	I	T	T	F
31	7.50	8.23	-	-	I	T	T	F	-
32	7.30	8.10	I	T	T	F	-	-	-
33	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
34	8.30	8.55	-	-	-	-	-	-	T
35	7.10	7.30	F	-	-	-	-	-	-
36	8.00	8.20	-	-	-	I	F	-	-
37	7.30	8.00	I	T	F	-	-	-	-
38	8.25	8.50	-	-	-	-	-	I	F
39	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
40	7.30	7.55	I	T	F	-	-	-	-
41	8.25	8.50	-	-	-	-	-	I	F
42	7.05	7.30	F	-	-	-	-	-	-
43	7.45	8.10	-	I	T	F	-	-	-

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
44	7.15	7.40	F	-	-	-	-	-	-
45	7.45	8.10	-	I	T	F	-	-	-
46	8.25	8.50	-	-	-	-	-	I	F
47	7.05	7.23	F	-	-	-	-	-	-
48	7.22	7.45	T	F	-	-	-	-	-
49	7.47	8.10	-	I	T	F	-	-	-

Tabella 9.5 – Profilo di arrivo dei veicoli per il modo "Suburbano"

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
1	7.00	8.00	T	T	F	-	-	-	-
2	7.24	7.50	T	F	-	-	-	-	-
3	6.55	7.38	F	-	-	-	-	-	-
4	7.20	7.50	T	F	-	-	-	-	-
5	7.50	8.40	-	-	I	T	T	T	F
6	8.20	8.38	-	-	-	-	-	I	F
7	7.15	7.55	T	T	F	-	-	-	-
8	7.45	8.25	-	I	T	T	T	F	-
9	8.10	8.40	-	-	-	-	I	T	F
10	8.20	8.55	-	-	-	-	-	I	F
11	6.35	7.18	F	-	-	-	-	-	-
12	7.06	8.10	T	T	T	F	-	-	-
13	7.21	8.20	T	T	T	T	F	-	-
14	7.10	7.50	T	F	-	-	-	-	-
15	8.00	8.40	-	-	-	I	T	T	F
16	7.10	7.55	T	T	F	-	-	-	-
17	7.10	8.10	T	T	T	F	-	-	-
18	7.15	8.30	T	T	T	T	T	T	F
19	7.10	7.50	T	F	-	-	-	-	-
20	7.25	7.58	T	T	F	-	-	-	-
21	7.20	7.55	T	T	F	-	-	-	-
22	8.05	8.30	-	-	-	I	T	F	-
23	7.06	8.00	T	T	F	-	-	-	-
24	7.25	7.55	T	T	F	-	-	-	-
25	6.54	7.45	T	F	-	-	-	-	-
26	7.19	8.15	T	T	T	T	F	-	-
27	7.09	8.15	T	T	T	T	F	-	-
28	7.32	8.15	I	T	T	T	F	-	-
29	7.05	7.48	T	F	-	-	-	-	-
30	8.05	8.41	-	-	-	I	T	T	F
31	7.14	8.15	T	T	T	T	F	-	-
32	7.09	7.45	T	F	-	-	-	-	-
33	7.04	7.50	T	F	-	-	-	-	-
34	7.10	7.50	T	F	-	-	-	-	-
35	7.27	8.00	T	T	F	-	-	-	-
36	7.45	7.50	T	F	-	-	-	-	-
37	8.07	8.15	-	-	-	I	F	-	-
38	8.15	8.30	-	-	-	-	I	F	-
39	7.14	7.40	F	-	-	-	-	-	-
40	7.47	8.25	-	I	T	T	T	F	-
41	7.33	8.00	I	T	F	-	-	-	-
42	8.00	8.25	-	-	-	I	T	F	-
43	7.21	7.50	T	F	-	-	-	-	-

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
44	7.48	8.15	-	I	T	T	F	-	-
45	8.41	9.05	-	-	-	-	-	-	I
46	7.35	7.52	I	T	F	-	-	-	-
47	7.42	8.00	-	I	F	-	-	-	-
48	7.33	8.00	I	T	F	-	-	-	-
49	7.05	7.26	F	-	-	-	-	-	-
50	7.19	7.35	F	-	-	-	-	-	-
51	8.13	8.35	-	-	-	-	I	T	F
52	7.05	7.33	F	-	-	-	-	-	-
53	8.20	8.48	-	-	-	-	-	I	F
54	7.25	7.45	T	F	-	-	-	-	-
55	7.45	8.05	-	I	T	F	-	-	-
56	7.50	8.10	-	-	I	F	-	-	-
57	7.24	7.50	T	F	-	-	-	-	-
58	7.20	7.40	F	-	-	-	-	-	-
59	7.40	8.00	-	I	F	-	-	-	-
60	8.25	8.45	-	-	-	-	-	I	F
61	8.37	8.55	-	-	-	-	-	-	I
62	7.15	7.35	F	-	-	-	-	-	-
63	8.00	8.20	-	-	-	I	F	-	-
64	8.10	8.30	-	-	-	-	I	F	-
65	7.27	7.45	T	F	-	-	-	-	-
66	7.42	8.00	-	I	F	-	-	-	-
67	7.57	8.15	-	-	I	T	F	-	-
68	7.45	8.50	-	I	T	T	T	T	F
69	7.05	8.05	T	T	T	F	-	-	-
70	7.31	8.05	I	T	T	F	-	-	-
71	7.21	7.50	T	F	-	-	-	-	-
72	7.05	7.55	T	T	F	-	-	-	-
73	7.05	7.55	T	T	F	-	-	-	-
74	7.35	8.20	I	T	T	T	F	-	-

Tabella 9.6 – Profilo di arrivo dei veicoli per il modo “Extraurbano”

ID	Partenza	Arrivo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30	Oltre le 8.30
1	7.09	7.55	T	T	F	-	-	-	-
2	8.10	8.33	-	-	-	-	I	T	F
3	7.34	7.52	I	T	F	-	-	-	-
4	7.14	7.31	F	-	-	-	-	-	-
5	7.32	8.09	I	T	T	F	-	-	-
6	8.21	8.39	-	-	-	-	-	I	F
7	8.28	8.58	-	-	-	-	-	I	F
8	7.35	8.05	I	T	T	F	-	-	-
9	7.48	8.25	-	I	T	T	T	F	-

Tabella 9.7 – Profilo di arrivo dei veicoli per il modo “Treno”

Da ciò si è ricavata la presenza veicolare per intervallo e la percentuale rispetto al valore medio:

Modo	7.30-7.40	7.40-7.50	7.50-8.00	8.00-8.10	8.10-8.20	8.20-8.30
Urbano	40	47	44	45	48	47
	89%	104%	97%	100%	106%	104%
Suburbano	20	19	15	20	17	14
	114%	109%	86%	114%	97%	80%
Extraurbano	47	47	35	25	23	17
	145%	145%	108%	77%	71%	53%
Treno	5	5	5	3	2	4
	125%	125%	125%	75%	50%	100%

Tabella 9.8 – Profilo di arrivo dei veicoli

Graficamente si ha:

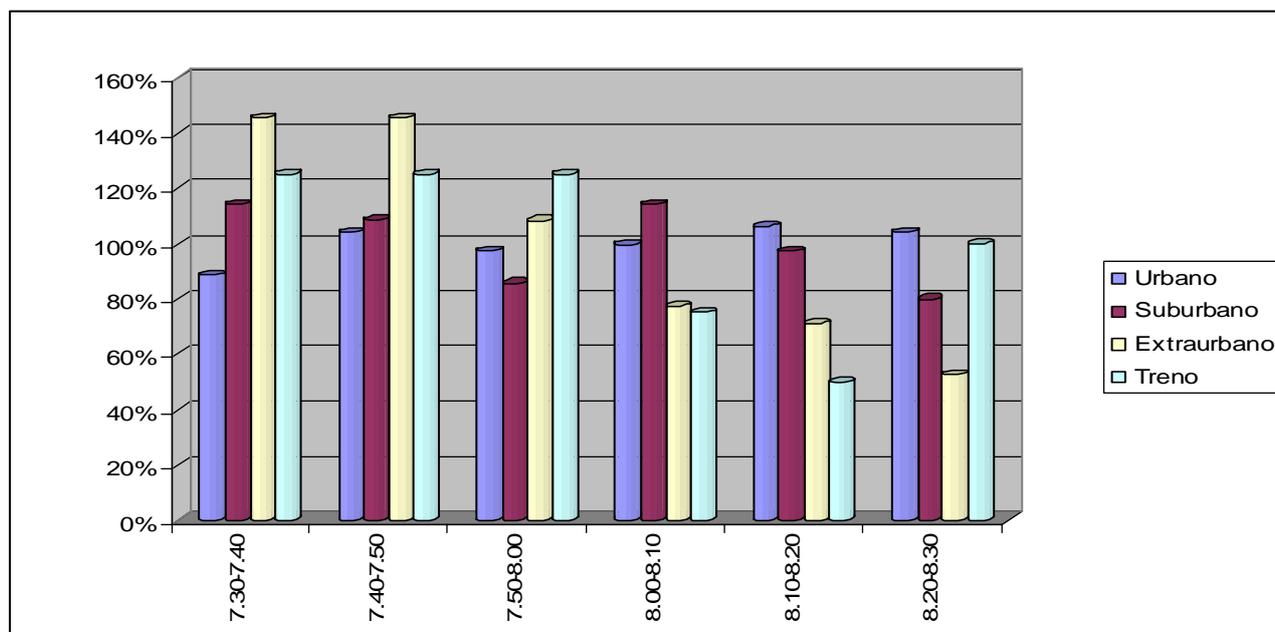


Figura 9.27 – Profilo di arrivo dei veicoli

Si può osservare come i modi “Extraurbano” e “Treno”, rispetto agli altri due, abbiano una maggiore concentrazione dei servizi offerti nella prima fascia dell’intervallo orario analizzato.

9.7.2.2 Il tempo di percorrenza e la capacità dei servizi offerti

Per descrivere coerentemente ogni servizio è necessario che i tempi di percorrenza previsti dall’orario siano correttamente codificati. Dovendo valutare contemporaneamente sia traffico privato sia il trasporto pubblico, è evidente come la velocità di percorrenza dei servizi descritti sia determinata dalla velocità di percorrenza dei singoli archi su cui essi svolgono la loro corsa.

Riutilizzando le velocità di percorrenza degli archi calcolate dal modello di traffico TRIPS sviluppato durante la redazione del PGU di Siena, è stato possibile considerare gli effetti derivanti dalla promiscuità nell’uso della rete.

E' stato, cioè, possibile tenere in conto eventuali fenomeni di congestione o di semplice rallentamento delle correnti di traffico capaci di condizionare anche i servizi di trasporto pubblico. Tramite l'introduzione di opportuni coefficienti correttivi il tempo di percorrenza di ogni singola linea è stato riportato ai valori presentati nel programma di esercizio del TRAIN.

Relativamente alla capacità di ogni servizio offerto sono stati utilizzati i dati forniti dall'azienda TRAIN.

Nella tabella successiva sono descritte le principali caratteristiche delle linee introdotte nel modello.

Linea TRIPS	Modo	Cadenza	Lunghezza totale	Tempo calcolato	Posti a sedere	Capacità totale	Tempo di percorrenza
1	1	20	5,2	16,45	12	77	19
2	1	30	3,13	4,43	12	77	8
3	1	60	11,39	29,9	20	101	27
4	1	20	16,56	61,14	20	101	32
5	1	20	18,44	34,42	20	101	38
6	1	30	18,49	50,69	12	77	50
7	1	60	22,67	42,62	12	77	50
8	1	30	18,95	36,1	12	77	47
9	1	60	7,3	11,37	20	100	20
10	1	60	7,3	16,79	20	100	21
11	1	60	17,91	40,52	20	100	40
12	1	60	14,85	35,49	20	100	40
13	1	60	19,01	41,62	20	100	45
14	1	30	17,19	53,58	20	100	45
15	1	60	24,15	62,36	20	100	55
16	1	60	14,13	49,37	20	100	40
17	1	20	8,14	19,6	12	77	26
18	1	30	4,34	12,89	11	56	16
19	1	60	5,42	14,65	11	56	18
20	1	30	5,38	9,12	11	56	19
21	1	60	8,92	12,6	11	56	24
22	1	20	8,38	19,31	20	100	27
23	1	30	8,49	17,3	20	100	25
24	1	30	8,41	17,26	12	77	23
25	1	60	2,59	7,21	12	77	10
26	1	20	8,64	31,09	12	77	29
27	1	60	4,23	13,37	12	77	15
28	1	20	13,26	40,86	20	100	35
29	1	30	12,55	27,55	20	100	32
30	1	60	8,85	12,68	20	100	22
31	1	60	9,51	27,19	20	100	24
32	1	20	3,53	4,96	55	55	10
33	1	60	7,9	12,05	55	55	25
34	1	60	5,07	8,35	55	55	15
35	1	60	9,52	32,32	20	100	25
36	1	60	8,28	29,32	20	100	25
37	1	30	7,27	14,62	20	100	16
38	1	20	5,58	15,32	20	100	15
39	1	20	1,71	3,56	12	77	7
40	1	30	1,35	2,13	12	77	5

Linea TRIPS	Modo	Cadenza	Lunghezza totale	Tempo calcolato	Posti a sedere	Capacità totale	Tempo di percorrenza
41	1	30	1,71	4,16	11	56	6
42	1	30	1,65	4,87	11	56	5
43	2	60	6,81	12,69	9	33	15
44	2	60	11,01	26,9	9	33	20
45	2	60	17,66	33,53	9	33	34
46	2	60	4,39	5,76	8	8	18
47	2	60	4,83	6,11	8	8	18
48	2	60	4,39	6,17	8	8	18
49	2	60	4,83	6,72	8	8	18
50	2	60	4,37	8,36	9	33	15
51	2	60	2,29	6,08	9	33	15
52	2	60	5,86	20,03	9	33	20
53	2	60	4,44	18,31	9	33	15
54	2	60	2,36	14,85	9	33	15
55	2	30	5,01	16,84	9	33	14
56	2	60	6,09	18,14	9	33	14
57	2	60	6,05	10,88	9	33	15
58	2	60	4,97	9,59	9	33	14
59	2	30	12,61	15,86	20	100	25
60	2	30	15,63	45,08	20	100	35
61	2	60	15,77	44,38	20	100	50
62	2	60	13,73	40,84	20	100	35
63	2	60	12,65	39,11	20	100	30
64	2	60	21,58	51,38	20	100	40
65	2	60	6,96	10,77	20	100	10
66	2	60	12,25	21,76	20	100	30
67	2	60	21,04	67,72	20	100	60
68	2	60	15,69	57,26	20	100	30
69	2	60	19,32	53,82	20	100	42
70	2	60	18,44	21,7	20	100	33
71	2	60	16,95	43,48	20	100	40
72	2	30	13,79	38,12	20	100	25
73	2	60	10	15,24	48	48	20
74	2	60	10,68	22,57	48	48	20
75	2	60	15,78	34,19	48	48	30
76	2	60	11,42	37,07	48	48	25
77	2	60	10,38	15,1	20	100	25
78	2	30	10,6	43,29	20	100	25
79	2	30	11,4	15,84	20	100	25
80	2	60	13,06	32,41	20	100	25

Linea TRIPS	Modo	Cadenza	Lunghezza totale	Tempo calcolato	Posti a sedere	Capacità totale	Tempo di percorrenza
81	2	30	11,62	31,51	20	100	25
82	2	60	9,28	13,56	12	77	18
83	2	60	11,49	31,63	12	77	23
84	2	60	11,78	32,08	12	77	23
85	1	12	3,7	17,81	9	33	12
86	1	12	3,73	7,77	9	33	11
87	1	60	4,19	11,32	12	39	17
88	1	15	3,64	10,68	12	39	12
89	1	20	2,23	9,12	12	39	10
90	1	60	4,2	9,28	12	39	12
91	1	15	3,65	8,67	12	39	11
92	1	30	2,36	6,51	12	39	10
93	1	15	2,23	9,12	12	39	10
94	1	15	2,36	6,51	12	39	10
95	1	10	9,03	23,9	9	33	28
96	1	10	10,69	34,03	9	33	28
97	1	10	0,63	4,56	9	33	1
98	1	12	0,67	0,84	9	33	3
99	1	60	9,43	17,73	20	100	25
100	1	60	11,46	20,36	20	100	25
101	1	60	10,03	24,03	20	100	25
102	1	60	12,06	26,61	20	100	25
201	3	60	17,14	50,68	20	100	60
202	3	60	15,91	39,99	20	100	26
203	3	60	24,63	27,65	20	100	43
204	3	60	20,31	24,58	20	100	30
205	3	60	24,55	27,67	20	100	50
206	3	60	6,21	6,17	20	100	18
207	3	30	22	46,45	20	100	40
208	3	60	19,45	43,88	20	100	30
209	3	60	17,63	42,01	20	100	35
210	3	60	35,72	38,5	20	100	43
211	3	60	48,17	79,18	20	100	64
212	3	60	46,21	75,5	20	100	59
213	3	30	33,36	57,88	20	100	40
214	3	60	36,56	60,42	20	100	45
215	3	60	38,83	71,98	20	100	60
216	3	60	34,86	68,68	20	100	75
217	3	60	27,57	60,58	20	100	40
218	3	60	18,31	29,51	20	100	33

Linea TRIPS	Modo	Cadenza	Lunghezza totale	Tempo calcolato	Posti a sedere	Capacità totale	Tempo di percorrenza
219	3	60	18,54	38,69	20	100	35
220	3	60	13,21	19,32	20	100	25
221	3	60	21,97	77,52	20	100	54
222	3	60	15,75	56,68	20	100	30
223	3	60	28,44	85,69	20	100	51
224	3	60	28,38	73,89	20	100	56
225	3	60	29,85	83,55	20	100	66
226	3	60	28,6	71,97	20	100	43
227	3	60	28,05	40,53	20	100	43
228	3	60	22,13	30,74	20	100	36
229	3	60	29,63	85,47	20	100	61
230	3	60	25,69	70,8	20	100	36
231	3	60	25,69	70,8	20	100	46
232	3	60	21,91	73,79	20	100	40
233	3	60	18,79	43,08	20	100	33
234	3	60	4,1	3,86	20	100	5
235	3	60	4,45	4,56	20	100	8
236	3	60	3,98	6,2	20	100	15
237	3	60	18,79	43,08	20	100	26
238	3	60	19,72	44,31	20	100	38
239	3	60	19,72	44,31	20	100	27
240	3	60	22,42	20,3	20	100	25
241	3	20	23,55	35,9	20	100	24
242	3	60	11,31	18,23	20	100	17
243	3	60	17,61	31,23	20	100	18
244	3	60	12,66	44,31	20	100	27
245	3	60	11,82	17,11	20	100	21
246	3	30	11,78	32,02	20	100	17
247	3	30	17,21	18,95	20	100	28
248	3	20	17,72	19,37	20	100	20
249	3	60	18,08	39,15	20	100	30
250	3	20	18,63	37,55	20	100	20
251	3	60	18,42	37,3	20	100	18
252	3	20	17,72	19,37	20	100	20
253	3	20	18,63	37,55	20	100	18
254	3	60	31,3	43,11	20	100	65
255	3	60	31,37	69,45	20	100	60
256	3	60	18,18	39,18	20	100	34
257	3	60	18,29	37,11	20	100	29
258	3	60	43,43	73,94	20	100	50

Linea TRIPS	Modo	Cadenza	Lunghezza totale	Tempo calcolato	Posti a sedere	Capacità totale	Tempo di percorrenza
259	3	60	41,91	59,12	20	100	50
260	3	60	14,76	41,76	20	100	45
301	4	60	39,58	52,04	136	237	52
302	4	60	14,84	13	306	532	13
303	4	60	24,74	24,04	204	355	24
304	4	60	14,84	18,04	126	219	18
305	4	60	39,58	35,16	460	800	35
306	4	60	14,84	19,08	306	532	19
307	4	60	44,23	38,91	131	228	39
308	4	60	31,73	30,09	126	219	30
309	4	60	44,23	46,06	136	237	46

Tabella 9. 1 – Caratteristiche principali delle linee descritte nel modello

9.7.3 La costruzione dei percorsi

Il modello del trasporto pubblico TRIPS, tramite il modulo MVPUBM, si pone due obiettivi:

- individuare tutti i percorsi ragionevoli che uniscono una zona di origine ad una zona di destinazione, fornendo informazioni relative al “costo di viaggio”, interpretato in termini di tempo;
- assegnare la corretta quantità di spostamenti ai vari percorsi che uniscono le zone O/D;

L’algoritmo alla base del modello è in grado di determinare l’insieme dei servizi che minimizza il costo generalizzato dello spostamento. Poiché per ogni coppia O/D non viene necessariamente individuato un solo percorso, potenzialmente può essere creato un grande numero di percorsi per ogni relazione O/D. Sarà il modello a filtrare solo i percorsi credibilmente alternativi al migliore, individuando un “Tempo medio in Eccesso” (mean excess time) entro cui considerare accettabili i percorsi calcolati.

Durante la ricerca del percorso il modello considera in realtà ad ogni nodo incontrato nel percorso analizzato tutte le alternative disponibili:

- possibilità di rimanere “a bordo” di un servizio offerto;
- possibilità di cambiare “modo” di trasporto pubblico;
- possibilità di scegliere tra diversi “servizi” all’interno dello stesso modo;
- possibilità di scendere da un servizio e proseguire a piedi.

Ovviamente per poter valutare correttamente tutte le possibili alternative il modello deve tenere in conto nell’equazione di calcolo del costo generalizzato dello spostamento di numerosi elementi:

- tempo di spostamento a piedi (derivato dalla velocità di percorrenza a piedi per le diverse tipologie d’arco)
- Tempo di attesa del mezzo (derivato dalla cadenza del mezzo e dalla curva di attesa del mezzo).
- Penalità di trasferimento e salita a bordo del mezzo;
- Tempo speso a bordo del veicolo.

9.7.3.1 Il tempo di spostamento a piedi

Durante uno spostamento su trasporto pubblico, alcune parti di spostamento devono, o possono, essere svolte a piedi:

- All'inizio ed alla fine di ogni spostamento;
- Tra nodi, come parte di uno spostamento di trasferimento tra modi diversi;
- Tra un'Origine ed una Destinazione, come spostamento completo senza utilizzo di servizi di trasporto pubblico.

I tempi di percorrenza della rete sono calcolati sulla base delle lunghezze lette dalla rete e dalle informazioni relative alle velocità di percorrenza delle varie tipologie d'arco. Evidentemente alcune tipologie sono state inibite al movimento pedonale (svincoli, autostrade...).

La seguente tabella riassume le caratteristiche di pedonabilità delle varie tipologie d'arco.

	Tipologia d'arco	Velocità Km/h	Velocità m/s
1	Zonale	3.00	0.8
2	Superstrada	vietato	vietato
3	Extraurbana principale	1.00	0.3
4	Extraurbana secondaria	1.00	0.3
7	Urbana principale	1.50	0.4
8	Urbana secondaria	1.50	0.4
9	Urbana locale 1	2.00	0.6
10	Ztl	3.00	0.8
12	Pedonali ZTL	3.00	0.8
20	Svincolo	vietato	vietato
22	Corsia preferenziale BUS	2.50	0.7
30	Pedonale	3.00	0.8
31	Viabilità park	3.00	0.8

Tabella 9.10 – Caratteristiche di pedonabilità delle tipologie d'arco

9.7.3.2 Il tempo di attesa del mezzo

Il tempo di attesa di un servizio ad ogni fermata è derivato dalla combinazione del parametro "Cadenza" (*Headway*) associato ad ogni servizio che transita per quella fermata. Come valore base TRIPS suppone che l'attesa sia pari alla metà della cadenza.

Nel caso in cui i servizi offerti siano frequenti tale calcolo è credibile, ma per servizi non frequenti (normalmente con cadenza superiore ai 20 minuti) tale valore risulta essere eccessivamente penalizzante.

In questi casi è possibile associare al servizio offerto una "Curva di attesa" (*wait curve*) nella quale si specifica la massima attesa da associare al servizio rispetto alla cadenza del servizio stesso.

Nella seguente Figura sono visualizzate le tre curve di attesa utilizzate nel presente studio.

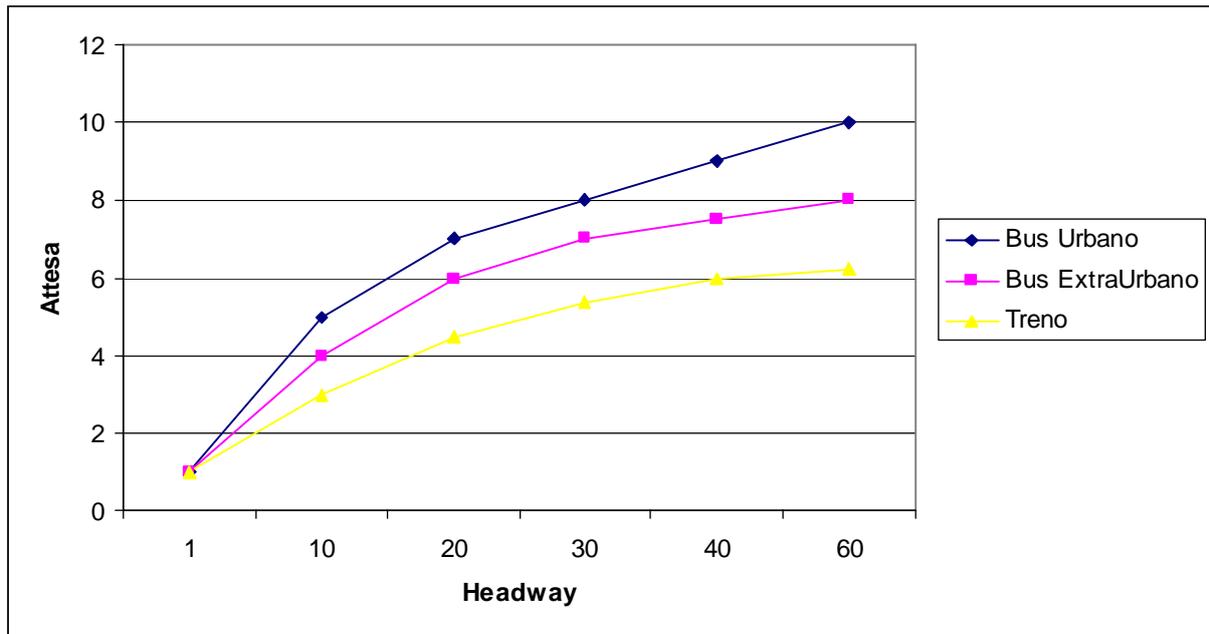


Figura 9.28 – Curve di attesa

Ad esempio, l'andamento della curva "Bus Urbano" è tale da associare un tempo massimo di attesa dei mezzi di 10 minuti, anche per cadenze superiori ai 20 minuti.

Senza l'applicazione delle curve di attesa, supponendo di esaminare una fermata in cui transitano un Bus Urbano con cadenza 20 minuti ed un Bus Extraurbano con cadenza 30 minuti, si avrebbe una "cadenza composta" pari a:

$$3 \text{ servizi/ora} + 2 \text{ servizi/ora} = 5 \text{ servizi/ora} \rightarrow 12 \text{ minuti di "cadenza composta"}$$

Con l'applicazione di queste curve, con gli stessi servizi offerti si avrebbe per il primo servizio un'attesa di 10 minuti e per il secondo servizio un'attesa di 8 minuti, comunque inferiori alla "cadenza composta" calcolata.

In pratica l'utilizzo delle curve riproduce la "conoscenza" da parte dell'utente del servizio offerto.

9.7.3.3 Le penalità di salita a bordo e di trasferimento tra mezzi

Per la costruzione dei percorsi in TRIPS possono essere utilizzati altri due parametri:

- la penalità di salita a bordo dei mezzi (boarding penalty);
- la penalità di interscambio tra modi o tra mezzi dello stesso modo (Transfer penalty);

Uno degli aspetti più interessanti derivati dalle indagini effettuate in Siena è la scarsa propensione dichiarata all'interscambio tra le linee. L'utenza preferisce affrontare un percorso avente "costo generalizzato" più elevato, ma non cambiare mezzo essendo tale evento percepito come molto fastidioso. Tale atteggiamento può forse essere motivato dall'attuale sistema di trasporto pubblico senese caratterizzato da linee strutturate in maniera poco organica e non monofunzionali.

Nel modello di simulazione sono stati dunque introdotti opportuni parametri per simulare questa scarsa propensione all'interscambio.

9.7.4 L'assegnazione

Una volta che i percorsi sono stati costruiti il modulo MVPUBM li utilizza per assegnare la matrice degli spostamenti sui vari servizi offerti e sugli archi della rete applicando una serie di modelli in cascata:

- Modello di scelta del modo a inizio viaggio (Sub Mode Choice Model);
- Modello di scelta dello spostamento a piedi (Walk Choice Model);
- Modello avanzato di scelta del servizio a inizio viaggio (Enhanced Service Model);
- Modello di scelta del modo di fine viaggio (Alternative Alighting Sub-Mode Model)
- Modello di scelta della fermata di discesa (Alternative Alighting Node Model)

Tutti questi modelli sono caratterizzati da una struttura probabilistica LOGIT gestita da una formula del tipo:

$$P_i = \frac{e^{-SF(TD_i - TD_{best})}}{\sum_{j=1}^n e^{-SF(TD_j - TD_{best})}}$$

dove:

P_i	=	Quota degli spostamenti associati alla scelta i
i	=	Una delle possibile i scelte all'interno di un insieme j
SF	=	Fattore di scala per il modello di scelta
TD_i	=	Tempo per arrivare a destinazione con la scelta i
TD_{best}	=	Tempo per arrivare a destinazione con la scelta migliore (best)

All'inizio di ogni spostamento viene applicato il Sub Mode Choice Model; quando si ha la possibilità di affrontare uno spostamento a piedi si applica il Walk Choice Model; i modelli di Alternative Alighting Sub-Mode Model e Alternative Alighting Node Model al termine del viaggio.

Senza entrare nel dettaglio dei singoli modelli di ripartizione, è importante sottolineare come nell'intero processo ovunque sia disponibile un'alternativa essa viene valutata.

Per poter sviluppare ancora meglio il modello del Trasporto Pubblico di Siena, invece di un processo di assegnazione standard è stato sviluppato un modello in grado di percepire l'influenza dell'affollamento dei mezzi.

9.7.4.1 Il "Modello di affollamento"

Il "modello di affollamento" (o Crowd model) applicato al Trasporto Pubblico è l'equivalente del modello di assegnazione con riduzione di capacità applicato nel modello di analisi del traffico privato implementato per il PGTU della città di Siena.

Il "Crowd Model" utilizza la capacità di ogni singola linea del sistema come parametro in base al quale correggere i tempi di viaggio in un processo iterativo, basandosi sulla teoria che tanto più numerosi sono i passeggeri saliti e discesi alle diverse fermate, tanto maggiore è il perditempo per i mezzi che li devono caricare e scaricare.

Lo schema logico di tale modello può essere descritto nella seguente figura:

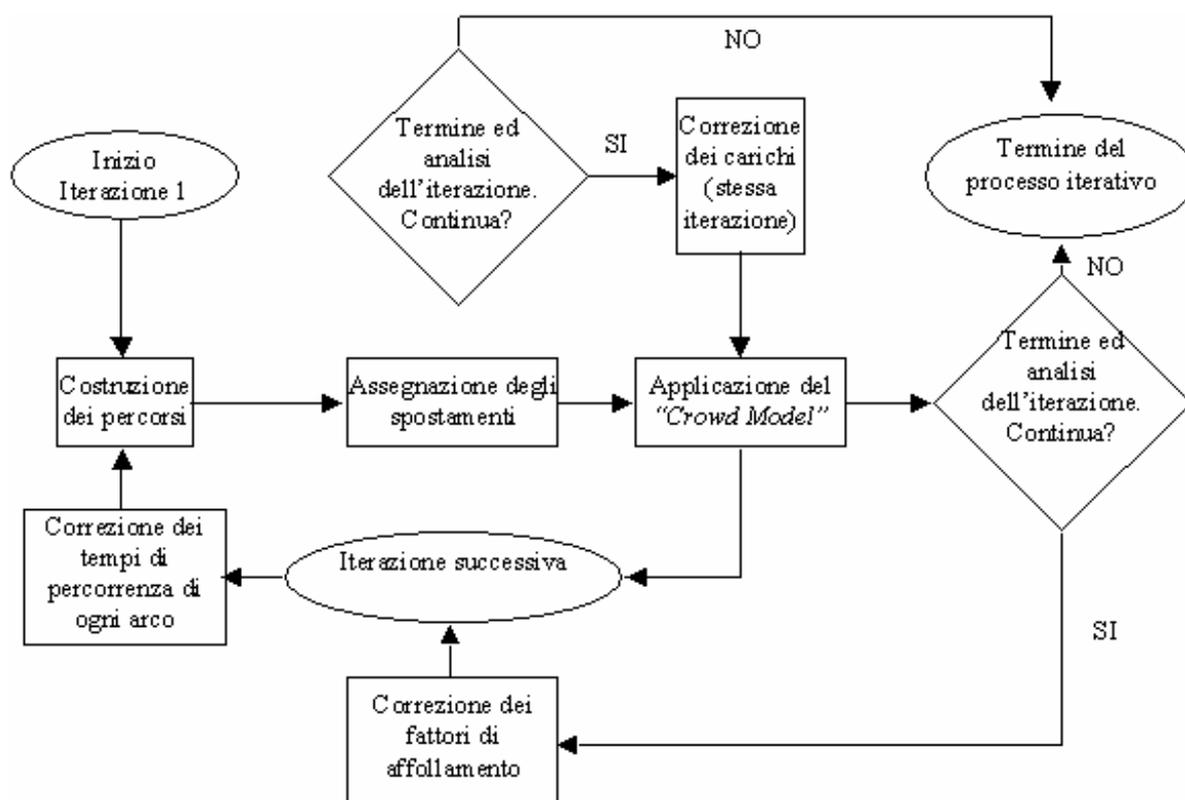


Figura 9.30 – Il modello di affollamento

Il processo termina quando si raggiunge convergenza, ossia quando tra il passaggio “n” ed il passaggio “n-1” le variazioni nelle quantità di flussi assegnati tra i vari archi e le varie linee non cambia significativamente.

Si noti che, applicando il modello di affollamento, i tempi calcolati non solo includono un incremento di tempo di percorrenza ma anche il disagio di viaggiare in condizioni di affollamento. Tale elemento risulta essere di particolare importanza all’interno di questo studio poiché dalle indagini effettuate in Siena il fattore “comfort” risulta essere determinante per la scelta del sistema di trasporto da utilizzare.

Tramite tale modello è dunque possibile impostare una relazione tra le variabili affollamento e tempo di viaggio, altrimenti autonome. In un modello standard infatti il tempo di percorrenza viene calcolato puramente in base alla velocità di percorrenza dell’arco su cui transita un mezzo.

Nel modello di affollamento, lungo gli archi su cui agisce il trasporto pubblico, vengono calcolati dei “fattori di affollamento” (crowding factors) che permettono di combinare il tempo di viaggio letto dalla rete e l’affollamento del mezzo stesso.

I fattori di affollamento sono dunque calcolati dalle combinazioni del tempo di percorrenza d’arco e da due curve: la curva additiva (ACRV) e la curva moltiplicativa (MCRV). Le curve di tipo moltiplicativo ed additivo hanno, sostanzialmente, la medesima finalità, vale a dire quella di attribuire maggiori costi di trasporto alle linee più cariche.

Si differenziano l’una dall’altra essenzialmente per il loro andamento: la prima attribuisce a ciascuno dei rami percorsi dai servizi costi aggiuntivi in misura proporzionale ai carichi di linea, la seconda al superamento di ogni soglia predefinita, con un andamento “a scala”.

L’affollamento sui mezzi è inserito nelle curve in termini di utilizzo. La formula alla base del crowding model è:

$$C_t = MCRV(U) \times L_t + ACRV(U)$$

dove:

C_t	=	Tempo di affollamento
U	=	Utilizzo della linea
$MCRV$	=	Curva moltiplicativa
$ACRV$	=	Curva additiva
L_t	=	Tempo di percorrenza arco

L'utilizzo della linea di trasporto pubblico è definita per ogni combinazione di arco/ linea nel seguente modo:

$$U = \frac{PFR - (LDF \times SC)}{(CC - SC)}$$

dove:

U	=	Utilizzo sugli archi di trasporto pubblico.
PFR	=	Flusso di passeggeri per ora.
LDF	=	Fattore di distribuzione del carico.
SC	=	Capacità posti a sedere
CC	=	Capacità totale del mezzo

9.7.4.2 Le curve additiva e moltiplicativa

Il modello di affollamento implementato per lo SMaS prevede l'utilizzo di tre curve additive e tre curve moltiplicative, associate ai diversi modi di trasporto introdotti (corse urbane, corse suburbane, corse extraurbane, corse su ferro). La logica alla base delle differenze tra tali curve è che tanto più un servizio è poco frequente o raggiunge destinazioni remote, tanto più l'utenza accetta di viaggiare in condizioni svantaggiose. Inoltre, esperienze maturate in analoghi studi confermano questo comportamento.

Le seguenti figure mostrano le curve usate nel modello.

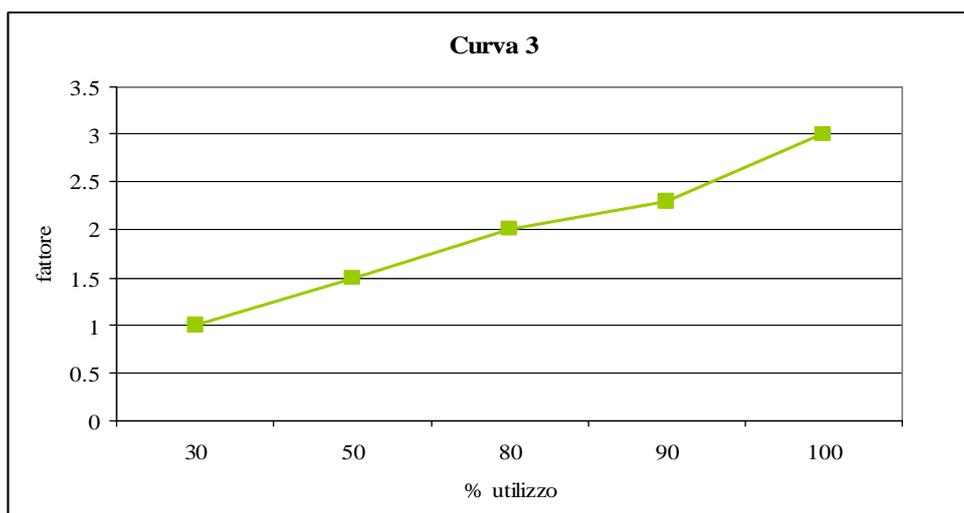
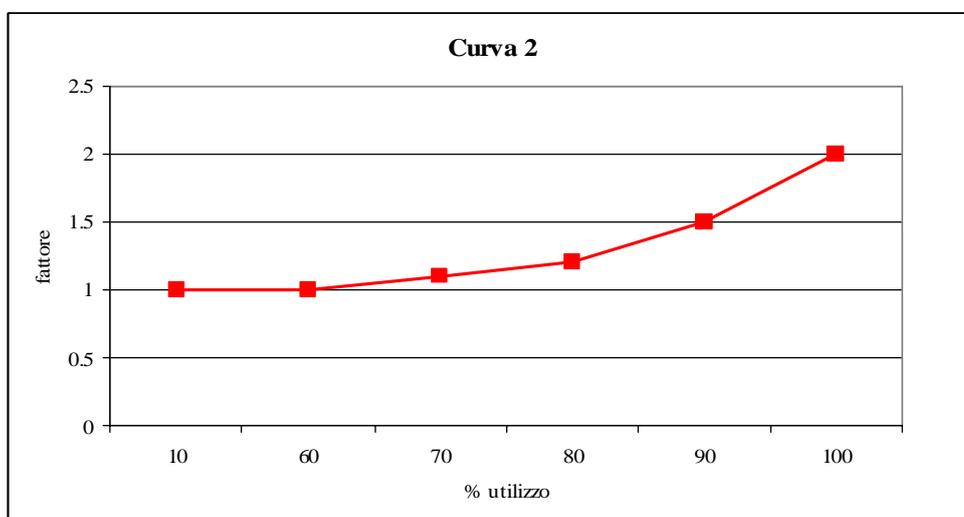
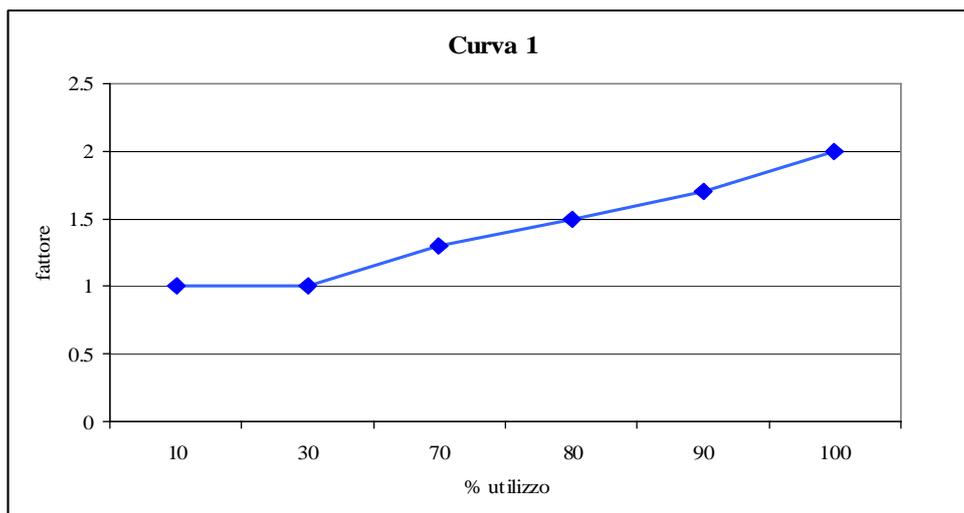


Figura 9.31 – Curve moltiplicative

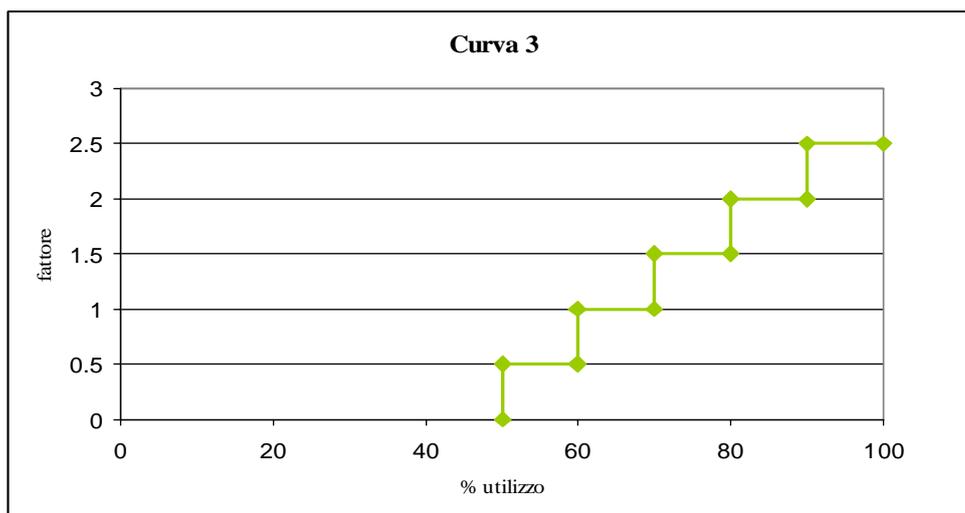
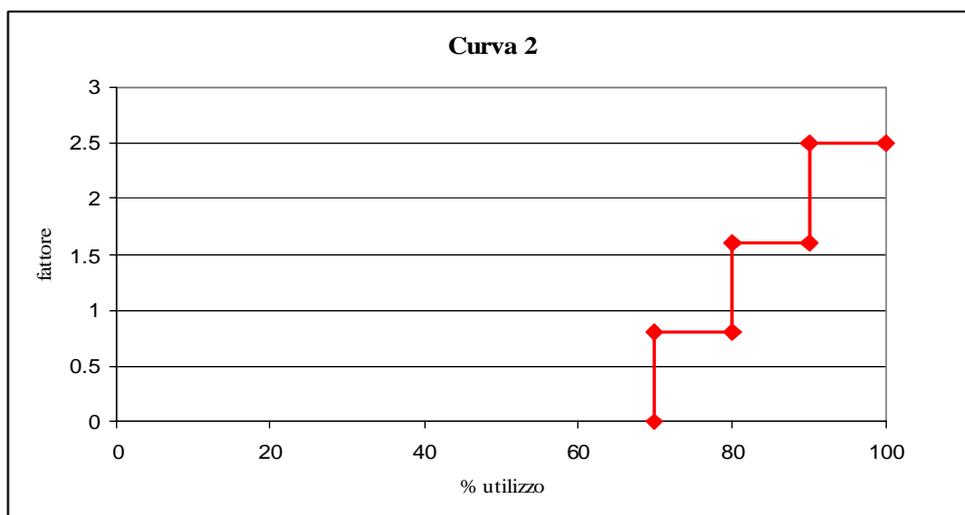
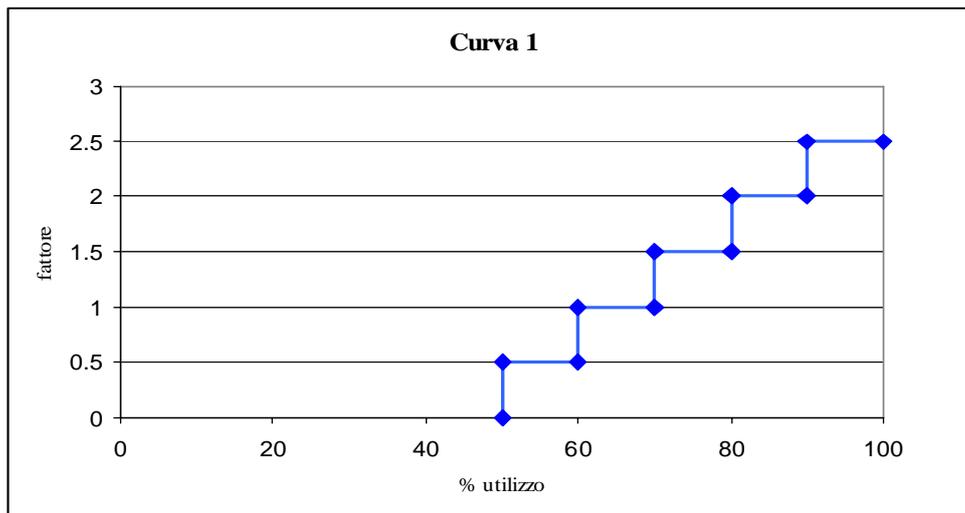


Figura 9.32 – Curve additive

9.7.4.3 Il calcolo dei fattori di affollamento

Il processo di calcolo dei fattori di affollamento per le linee del trasporto pubblico avviene in 5 passaggi, di seguito descritti:

- Primo passaggio: viene calcolata la percentuale di veicoli in arrivo e di passeggeri che chiedono il servizio per ogni intervallo analizzato (ricordiamo che nel presente lavoro l'ora è stata suddivisa in 6 intervalli di 10 minuti) secondo la seguente formula:

$$VAR_{ij} = \frac{VPRO_{nn_i}}{100} \times \frac{60}{HEADWAY}$$

dove:

VAR_{ij}	=	Percentuale di arrivo dei veicoli nell'intervallo i per la linea j
i	=	Da 1 al numero di intervalli (6)
j	=	Servizio analizzato (numero di linea)
$VPRO_{nn_i}$	=	Valore derivato dal "profilo di arrivo dei veicoli" per ogni intervallo i, per il profilo "nn"
Headway	=	Cadenza (numero di corse nel periodo analizzato)

la percentuale di passeggeri per ciascun intervallo su ogni arco della rete su cui agisce il trasporto pubblico è data da:

$$TPFR_{ijk} = \frac{PPRO_{nn_i}}{100} \times Tload_{ij} \frac{60}{MODPER}$$

dove:

$TPFR_{ijk}$	=	Percentuale di passeggeri trasportati nell'intervallo i per la linea j sull'arco k
i	=	Da 1 al numero di intervalli (6)
j	=	Servizio analizzato (numero di linea)
k	=	Arco analizzato
$PPRO_{nn_i}$	=	Valore derivato dal "profilo di arrivo dei passeggeri" per ogni intervallo i, per il profilo "nn"
$TLOAD_{jk}$	=	Flusso di passeggeri per la combinazione linea j/arco k nell'intero periodo analizzato
MODPER	=	Lunghezza in minuti del periodo analizzato (nel caso di Siena, 60)

- Secondo passaggio: viene calcolato l'utilizzo di ogni combinazione linea/arco, per ogni intervallo:

$$UT_{ijk} = \max\left(\frac{TPFR_{ijk} - (LDF_j \times SC_j \times VAR_{ij})}{VAR_{ij}(CC_{ij}SC_{ij})}, 0\right)$$

dove:

UT_{ijk}	=	Percentuale di utilizzo dell'arco su cui agisce il TP, per ogni intervallo i, per la linea j sull'arco k
i	=	Da1 al numero di intervalli (6)
j	=	Servizio analizzato (numero di linea)
k	=	Arco analizzato
$TPFR_{ij}$	=	Percentuale di passeggeri trasportati nell'intervallo i per la linea j sull'arco k
LDF_j	=	Fattore di distribuzione del carico*
VAR_{ij}	=	Percentuale di arrivo dei veicoli nell'intervallo i per la linea j
SC_j	=	Capacità di posti seduti per la linea j
CC_j	=	Capacità di posti complessiva per la linea j (in piedi+seduti)

Il fattore di distribuzione del carico nel caso di questo studio non viene utilizzato poiché si riferisce abitualmente a sistemi ad alta capacità (oltre 400 posti) e permette di simulare la presenza di utenti in piedi a fronte di disponibilità di posti a sedere non sfruttata a causa della posizione remota (tipicamente i vagoni di testa e coda di un treno o di una metropolitana).

La formula sopra esposta evidenzia come il modello di affollamento sia una funzione del rapporto tra passeggeri in piedi e la capacità in piedi. In pratica quanto più un mezzo è affollato, tanto meno è confortevole viaggiare in piedi.

- Terzo passaggio: si derivano dalle curve moltiplicativa ed additiva i tempi derivati dall'affollamento:

$$CtT_{ijk} = MCRVnn(UT_{ijk}) \times Lt_k + ACRVnn(UT_{ijk})$$

dove:

CtT_{ijk}	=	Tempo d'affollamento per ogni combinazione linea j, arco k per ogni intervallo i
i	=	Da1 al numero di intervalli (6)
j	=	Servizio analizzato (numero di linea)
k	=	Arco analizzato
$MCRVnn$	=	Curva moltiplicativa numero nn
$ACRVnn$	=	Curva additiva numero nn

- Quarto passaggio: Viene calcolato il fattore medio di affollamento per l'intero periodo:

$$CFT_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{NUMPER} CtT_{ijk} \times \frac{PPROnn_i}{100}}{\sum_{i=1}^{NUMPER} \frac{PPROnn_i}{100}} \times \frac{1}{Lt_k}$$

dove:

CFT_{jk}	=	Fattore medio di affollamento per ogni combinazione linea j, arco k
j	=	Servizio analizzato (numero di linea)
k	=	Arco analizzato
CtT_{ijk}	=	Tempo d'affollamento per ogni combinazione linea j, arco k per ogni intervallo i
Lt_k	=	Tempo di percorrenza d'arco, k

- Quinto passaggio: Per ciascun arco si ha allora il fattore di affollamento dato da:

$$CCFT_k = \frac{\sum_{j=1}^L CFT_{jk} \times \sum_{i=1}^{NUMPER} TPFR_{ijk}}{\sum_{J=1}^L \sum_{i=1}^{NUMPER} TPFR_{ijk}}$$

dove:

$CCFT_k$	=	Fattore di affollamento composto per ogni arco k
k	=	Arco analizzato
CFT_{jk}	=	Fattore medio di affollamento per ogni combinazione linea j, arco k
$TPFR_{ijk}$	=	Percentuale di passeggeri trasportati nell'intervallo i per la linea j sull'arco k

Dopo aver calcolato i percorsi sulla base dei costi derivati dal modello di affollamento, la matrice O/D viene assegnata alla rete. Nel processo iterativo ad ogni passaggio viene assegnata l'intera matrice, ma il carico su ogni arco viene dato dalla seguente formula:

$$Load_{cwd} = \left(Load_{new} \times \left(\frac{100}{n^{\circ}iterazione} \right) \right) + \left(Load_{old} \times \left(100 - \frac{100}{n^{\circ}iterazione} \right) \right)$$

dove:

$Load_{cwd}$	=	Carico utilizzato per calcolare i fattori di affollamento nell'iterazione corrente "n"
$Load_{new}$	=	Carico assegnato nell'iterazione corrente "n"
$Load_{old}$	=	Carico assegnato nell'iterazione precedente "n-1"

E' dunque evidente che maggiore è il numero di assegnazioni, maggiore è il dettagli con cui gli spostamenti vengono assegnati alla rete.

9.7.5 Validazione e calibrazione del modello

Dopo aver descritto gli elementi determinanti al fine del processo di costruzione del modello del Trasporto Pubblico dello SMaS, si è giunti alla verifica del processo di assegnazione, ossia alle fasi di validazione e calibrazione.

9.7.5.1 Linee su gomma

Una prima verifica sostanziale che si è reso necessario effettuare è il confronto tra la matrice di spostamento stimata e la capacità massima teorica espressa dal sistema offerto dall'azienda TRAIN.

E' infatti necessario ricordare come tutti gli spostamenti in matrice devono trovare disponibilità allo spostamento su trasporto pubblico.

Si suppone che, indifferentemente dalla lunghezza dello spostamento che ogni viaggiatore deve affrontare, ci sia un mezzo in grado di trasportarlo.

Sulla base delle cadenze e dei dati di capacità associati ad ogni servizio offerto è stata calcolata la capacità massima offerta dal sistema:

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
1	20	12	77	36	231
2	30	12	77	24	154
3	60	20	101	20	101
4	20	20	101	60	303
5	20	20	101	60	303
6	30	12	77	24	154
7	60	12	77	12	77
8	30	12	77	24	154
9	60	20	100	20	100
10	60	20	100	20	100
11	60	20	100	20	100
12	60	20	100	20	100
13	60	20	100	20	100
14	30	20	100	40	200
15	60	20	100	20	100
16	60	20	100	20	100
17	20	12	77	36	231
18	30	11	56	22	112
19	60	11	56	11	56
20	30	11	56	22	112

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
21	60	11	56	11	56
22	20	20	100	60	300
23	30	20	100	40	200
24	30	12	77	24	154
25	60	12	77	12	77
26	20	12	77	36	231
27	60	12	77	12	77
28	20	20	100	60	300
29	30	20	100	40	200
30	60	20	100	20	100
31	60	20	100	20	100
32	20	55	55	165	165
33	60	55	55	55	55
34	60	55	55	55	55
35	60	20	100	20	100
36	60	20	100	20	100
37	30	20	100	40	200
38	20	20	100	60	300
39	20	12	77	36	231
40	30	12	77	24	154
41	30	11	56	22	112
42	30	11	56	22	112
43	60	9	33	9	33
44	60	9	33	9	33
45	60	9	33	9	33
46	60	8	8	8	8
47	60	8	8	8	8
48	60	8	8	8	8
49	60	8	8	8	8
50	60	9	33	9	33
51	60	9	33	9	33
52	60	9	33	9	33
53	60	9	33	9	33
54	60	9	33	9	33
55	30	9	33	18	66
56	60	9	33	9	33
57	60	9	33	9	33
58	60	9	33	9	33
59	30	20	100	40	200

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
60	30	20	100	40	200
61	60	20	100	20	100
62	60	20	100	20	100
63	60	20	100	20	100
64	60	20	100	20	100
65	60	20	100	20	100
66	60	20	100	20	100
67	60	20	100	20	100
68	60	20	100	20	100
69	60	20	100	20	100
70	60	20	100	20	100
71	60	20	100	20	100
72	30	20	100	40	200
73	60	48	48	48	48
74	60	48	48	48	48
75	60	48	48	48	48
76	60	48	48	48	48
77	60	20	100	20	100
78	30	20	100	40	200
79	30	20	100	40	200
80	60	20	100	20	100
81	30	20	100	40	200
82	60	12	77	12	77
83	60	12	77	12	77
84	60	12	77	12	77
85	12	9	33	45	165
86	12	9	33	45	165
87	60	12	39	12	39
88	15	12	39	48	156
89	20	12	39	36	117
90	60	12	39	12	39
91	15	12	39	48	156
92	30	12	39	24	78
93	15	12	39	48	156
94	15	12	39	48	156
95	10	9	33	54	198
96	10	9	33	54	198
97	10	9	33	54	198
98	12	9	33	45	165

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
99	60	20	100	20	100
100	60	20	100	20	100
101	60	20	100	20	100
102	60	20	100	20	100
201	60	20	100	20	100
202	60	20	100	20	100
203	60	20	100	20	100
204	60	20	100	20	100
205	60	20	100	20	100
206	60	20	100	20	100
207	30	20	100	40	200
208	60	20	100	20	100
209	60	20	100	20	100
210	60	20	100	20	100
211	60	20	100	20	100
212	60	20	100	20	100
213	30	20	100	40	200
214	60	20	100	20	100
215	60	20	100	20	100
216	60	20	100	20	100
217	60	20	100	20	100
218	60	20	100	20	100
219	60	20	100	20	100
220	60	20	100	20	100
221	60	20	100	20	100
222	60	20	100	20	100
223	60	20	100	20	100
224	60	20	100	20	100
225	60	20	100	20	100
226	60	20	100	20	100
227	60	20	100	20	100
228	60	20	100	20	100
229	60	20	100	20	100
230	60	20	100	20	100
231	60	20	100	20	100
232	60	20	100	20	100
233	60	20	100	20	100
234	60	20	100	20	100
235	60	20	100	20	100

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
236	60	20	100	20	100
237	60	20	100	20	100
238	60	20	100	20	100
239	60	20	100	20	100
240	60	20	100	20	100
241	20	20	100	60	300
242	60	20	100	20	100
243	60	20	100	20	100
244	60	20	100	20	100
245	60	20	100	20	100
246	30	20	100	40	200
247	30	20	100	40	200
248	20	20	100	60	300
249	60	20	100	20	100
250	20	20	100	60	300
251	60	20	100	20	100
252	20	20	100	60	300
253	20	20	100	60	300
254	60	20	100	20	100
255	60	20	100	20	100
256	60	20	100	20	100
257	60	20	100	20	100
258	60	20	100	20	100
259	60	20	100	20	100
260	60	20	100	20	100
TOTALE				4.395	19.437

Tabella 9.11 – Capacità totale su gomma

Si evidenzia dunque come la capacità espressa dal sistema del trasporto pubblico dello SMaS sia sufficiente per accogliere gli spostamenti espressi in matrice (8.002 spostamenti su gomma).

Affinché il modello si possa considerare calibrato, è necessario confrontare i carichi assegnati dal modello stesso con la realtà osservata allo stato di fatto. L'elemento di riferimento utilizzato in questo studio è il database messo a punto dalla TAGES in occasione di alcuni rilievi effettuati, principalmente quelli del 1999.

Poiché i dati complessivi derivati da tali rilevamenti non sono stati ritenuti da parte dell'azienda TRAIN coerenti con la realtà nota, anche i rilevamenti dei saliti e dei discesi dai mezzi sono stati utilizzati solo come riferimento generale, e non come dato assoluto di confronto cui fare riferimento.

Un primo elemento di confronto è la distinzione tra modi. Il rilievo TAGES evidenzia la distribuzione dei viaggiatori caricati sulle linee descritte all'interno del modello riassunta nella seguente tabella.

Totale saliti modo 1	Totale saliti modo 2	Totale saliti modo 3	Totale
1.874	578	765	3.217
58%	18%	24%	

Tabella 9.12 – Passeggeri saliti rilevati dalla TAGES suddivisi per modo (gomma)

I dati derivati dal modello presentano un valore di viaggiatori complessivamente caricati sui servizi offerti pari a 11.286, con la seguente suddivisione per modi:

Totale saliti modo 1	Totale saliti modo 2	Totale saliti modo 3	Totale
6.406	1.651	3.229	11.286
57%	15%	29%	

Tabella 9.13 – Passeggeri saliti Trips suddivisi per modo (gomma)

Il fatto che il numero complessivo di “saliti a bordo” sia superiore al totale della matrice su gomma è indice di alcune operazioni di interscambio tra mezzi (comunque contenute). In pratica lo stesso viaggiatore all'interno del periodo analizzato sale a bordo di più mezzi.

Il confronto tra i dati TAGES ed i dati del modello, pur con grosse differenze quantitative, porta a evidenziare una sostanziale concordanza nella ripartizione (percentuale) tra modi.

Nella tabella che segue viene riportato il confronto tra i carichi assegnati Trips e carichi rilevati dalla TAGES. Rispetto al 1999, anno in cui è stato effettuato il rilievo, alcune linee hanno subito delle modifiche di percorso. Il seguente confronto, di conseguenza, considera solo quelle linee in cui il percorso è rimasto invariato.

Linea Trips	Linea TRAIN	Modo	Passeggeri saliti TRAIN	Passeggeri saliti Trips	Linea TRAIN / Totale TRAIN	Linea Trips / Totale Trips
1	Linea 1A	1	73	159,6	2,3%	2,9%
2	Linea 1R	1	14	23,7	0,4%	0,4%
6	Linea 3A	1	100	253,8	3,1%	4,6%
7	Linea 3R	1	45	119,9	1,4%	2,2%
8	Linea 3R	1	109	229,2	3,4%	4,1%
9	Linea 4A	1	37	45,3	1,2%	0,8%
10	Linea 4R	1	34	65,2	1,1%	1,2%
11	Linea 5A	1	25	99,1	0,8%	1,8%
12	Linea 5A	1	36	98,1	1,1%	1,8%
13	Linea 5A	1	77	108,2	2,4%	1,9%
14	Linea 5R	1	141	149,9	4,4%	2,7%
15	Linea 5R	1	96	75	3,0%	1,4%
16	Linea 5R	1	68	74,2	2,1%	1,3%
17	Linea 6	1	111	332,4	3,5%	6,0%
18	Linea 7A	1	41	105,8	1,3%	1,9%
19	Linea 7A	1	30	56,2	0,9%	1,0%

Linea Trips	Linea TRAIN	Modo	Passeggeri saliti TRAIN	Passeggeri saliti Trips	Linea TRAIN / Totale TRAIN	Linea Trips / Totale Trips
20	Linea 7R	1	9	89,3	0,3%	1,6%
21	Linea 7R	1	9	41,4	0,3%	0,7%
22	Linea 8 A	1	160	258	5,0%	4,6%
23	Linea 8 R	1	96	198,3	3,0%	3,6%
28	Linea 10 A	1	229	369,6	7,1%	6,7%
29	Linea 10 R	1	107	225,6	3,3%	4,1%
30	Linea 11 A	1	15	43,7	0,5%	0,8%
31	Linea 11 R	1	37	83,4	1,2%	1,5%
35	Linea 15 AR	1	54	91,9	1,7%	1,7%
36	Linea 15 AR	1	53	77,2	1,6%	1,4%
41	Linea 19 A	1	47	81,9	1,5%	1,5%
42	Linea 19 R	1	21	81,7	0,7%	1,5%
43	Linea 20 A	2	4	9,2	0,1%	0,2%
44	Linea 20 R	2	9	30,1	0,3%	0,5%
45	Linea 21 AR	2	31	34,7	1,0%	0,6%
50	Linea 26 A	2	4	7,4	0,1%	0,1%
53	Linea 26 R	2	23	26,2	0,7%	0,5%
55	Linea 27 A	2	35	77,9	1,1%	1,4%
56	Linea 27 A	2	28	38,7	0,9%	0,7%
57	Linea 27 R	2	3	19,1	0,1%	0,3%
58	Linea 27 R	2	7	19,1	0,2%	0,3%
59	Linea 30 A	2	26	20,9	0,8%	0,4%
63	Linea 30 R	2	27	23,8	0,8%	0,4%
64	Linea 31 R	2	30	73,4	0,9%	1,3%
65	Linea 32 A	2	10	3,1	0,3%	0,1%
69	linea 32 R	2	30	55,4	0,9%	1,0%
70	Linea 33 A	2	7	14,9	0,2%	0,3%
74	Linea 34 A	2	4	28	0,1%	0,5%
76	Linea 34 R	2	23	44,3	0,7%	0,8%
77	Linea 35 A	2	16	18,6	0,5%	0,3%
78	Linea 35 R	2	93	155,1	2,9%	2,8%
79	Linea 36 A	2	8	57,6	0,2%	1,0%
80	Linea 36 R	2	35	77,3	1,1%	1,4%
81	Linea 36 R	2	59	115	1,8%	2,1%
82	Linea 37 A	2	4	18,9	0,1%	0,3%
83	Linea 37 R	2	37	63,3	1,2%	1,1%
84	Linea 37 R	2	25	68,2	0,8%	1,2%
217	Linea 109R	3	52	53,2	1,6%	1,0%
218	Linea 110A	3	11	41,1	0,3%	0,7%
219	Linea 110R	3	28	59,1	0,9%	1,1%
223	Linea 112R	3	69	76,4	2,1%	1,4%
224	Linea 112R	3	79	42,6	2,5%	0,8%

Linea Trips	Linea TRAIN	Modo	Passeggeri saliti TRAIN	Passeggeri saliti Trips	Linea TRAIN / Totale TRAIN	Linea Trips / Totale Trips
229	Linea 114R	3	73	86,3	2,3%	1,6%
230	Linea 114R	3	66	52,5	2,1%	0,9%
231	Linea 114R	3	47	32,1	1,5%	0,6%
237	Linea 122R	3	50	27,8	1,6%	0,5%
238	Linea 122R	3	72	44,1	2,2%	0,8%
239	Linea 122R	3	50	54,1	1,6%	1,0%
242	Linea 125A	3	15	61,6	0,5%	1,1%
243	Linea 125R	3	24	56,8	0,7%	1,0%
245	Linea 127A	3	13	4,6	0,4%	0,1%
254	Linea 134A	3	44	24,3	1,4%	0,4%
255	Linea 134R	3	34	30,6	1,1%	0,6%
257	Linea 136R	3	38	66,4	1,2%	1,2%
Totale			3.217	5.551,4		

Tabella 9.14 – Confronto tra i carichi assegnati su gomma Trips e carichi rilevati dalla TAGES

Il confronto tra le linee conferma una buona rispondenza del modello rispetto al dato TAGES, presentando sostanzialmente carichi relativi simili.

9.7.5.2 Linee su ferro

Ripercorrendo quanto detto nel paragrafo precedente, è stata calcolata la capacità massima offerta dal sistema ferroviario sulla base delle cadenze e dei dati di capacità associati ad ogni servizio offerto.

Linea TRIPS	Cadenza	Posti a sedere	Capacità massima	Capacità Totale Seduti	Capacità Totale
301	60	136	237	136	237
302	60	306	535	306	535
303	60	204	355	204	355
304	60	126	219	126	219
305	60	460	800	460	800
306	60	306	532	306	532
307	60	131	228	131	228
308	60	126	219	126	219
309	60	136	237	136	237
TOTALE				1.931	3.362

Tabella 9.15 – Capacità totale su ferro

Ancora una volta si può osservare come la capacità espressa dal sistema ferroviario sia sufficiente per accogliere gli spostamenti espressi in matrice (1.170 spostamenti su ferro). Per quanto riguarda i carichi assegnati su ferro, il modello permette di selezionare gli spostamenti assegnati all'ultima iterazione del processo simulativo tra le varie stazioni ferroviarie presenti nella rete descritta. In questo modo è stato possibile ricostruire una matrice dei carichi assegnati da poter confrontare con quella degli spostamenti effettuati in treno. Tale confronto è riportato nella seguente tabella:

Carichi assegnati	Arbia	Asciano	Asciano M.O.	Buonconvento	Castellina	Monteroni	Poggibonsi	Rapolano	Siena F.S.	Sinalunga	Totale
Arbia									6		6
Asciano									37		37
Asciano M.O.	3								114	3	120
Buonconvento						4	4		142		150
Castellina							7		14		21
Monteroni				4			0		42		46
Poggibonsi				20	15				476		511
Ponte Tressa									1		1
Rapolano			2						0	4	6
Siena F.S.			33	31	4	4	96	3		32	202
Siena Z.I.									0.36		0
Sinalunga		1	3					8	83		95
Totale	3	1	37	55	19	8	107	11	916	39	1196

Differenza assoluta	Arbia	Asciano	Asciano M.O.	Buonconvento	Castellina	Monteroni	Poggibonsi	Rapolano	Siena F.S.	Sinalunga	Totale
Arbia									5		5
Asciano									0		0
Asciano M.O.	2								-19	0	-17
Buonconvento						3	-2		-15		-14
Castellina							3		0		3
Monteroni				3			0		-1		2
Poggibonsi				1	4				-11		-6
Ponte Tressa									-7		-7
Rapolano			2						-6	0	-4
Siena F.S.			27	23	1	1	16	0		1	68
Siena Z.I.									-0.64		-1
Sinalunga		0						8	-5		3
Totale	2	0	28	27	5	4	17	8	-59	1	33

Tabella 9.16 – Matrice dei carichi assegnati su ferro Trips e confronto con carichi osservati

In totale, quindi, la differenza assoluta tra i carichi assegnati e quelli osservati è pari a 33 spostamenti, che corrisponde ad una differenza percentuale del 3%.

Tutti questi confronti ci portano a ritenere il modello correttamente validato e calibrato.

9.7.5.3 Risultati principali

Nella seguente tabella sono riportati i risultati principali associati alle varie linee descritte nel modello. In particolare si hanno informazioni relative a:

Modo: 1_linee gomma Urbane, 2_linee gomma Suburbane, 3_linee gomma Extraurbane, 4_Treno.

Numero di corse, calcolato in base al valore della cadenza. Ad esempio, se la cadenza di una linea Trips vale a 20 minuti, allora il numero di corse effettuato da quella linea all'interno dell'ora analizzata è pari a 3.

Passeggeri caricati, calcolati come somma dei passeggeri saliti su ogni corsa.

Passeggeri per chilometro, espressi dimensionalmente in chilometri, calcolati come somma delle "distanze percorse a bordo dei mezzi" da ciascun passeggero.

Tempo complessivo a bordo, espresso in minuti, calcolato come somma dei "tempi di viaggio a bordo dei mezzi" da ciascun passeggero.

Linea Trips	Nome	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
1	Linea 1A	1	3	231	160	409	1407
2	Linea 1R	1	2	154	24	35	79
3	Linea 2A	1	1	101	106	383	905
4	Linea 2A	1	3	303	160	476	1135
5	Linea 2R	1	3	303	111	490	948
6	Linea 3A	1	2	154	254	659	1629
7	Linea 3R	1	1	77	120	450	1031
8	Linea 3R	1	2	154	229	785	1752
9	Linea 4A	1	1	100	45	81	223
10	Linea 4R	1	1	100	65	157	499
11	Linea 5A	1	1	100	99	276	802
12	Linea 5A	1	1	100	98	262	797
13	Linea 5A	1	1	100	108	329	920
14	Linea 5R	1	2	200	150	606	1565
15	Linea 5R	1	1	100	75	306	787
16	Linea 5R	1	1	100	74	300	776
17	Linea 6	1	3	231	332	520	1673
18	Linea 7A	1	2	112	106	211	724
19	Linea 7A	1	1	56	56	108	366
20	Linea 7R	1	2	112	89	114	351
21	Linea 7R	1	1	56	41	48	114
22	Linea 8 A	1	3	300	258	730	2332
23	Linea 8 R	1	2	200	198	552	1522
24	Linea 9 A	1	2	154	73	122	364
25	Linea 9 A	1	1	77	5	4	14
26	Linea 9 R	1	3	231	213	508	1662
27	Linea 9 R	1	1	77	40	80	295
28	Linea 10 A	1	3	300	370	1132	2873
29	Linea 10 R	1	2	200	226	629	1449
30	Linea 11 A	1	1	100	44	79	219
31	Linea 11 R	1	1	100	83	238	685
32	Linea 13 R	1	3	165	65	102	211
33	Linea 13 R	1	1	55	38	72	157
34	Linea 13 R	1	1	55	36	77	180
35	Linea 15 AR	1	1	100	92	238	628
36	Linea 15 AR	1	1	100	77	209	603
37	Linea 17 A	1	2	200	103	286	701
38	Linea 17 R	1	3	300	248	695	1825
39	Linea 18 A	1	3	231	58	65	275
40	Linea 18 R	1	2	154	19	16	58
41	Linea 19 A	1	2	112	82	79	205
42	Linea 19 R	1	2	112	82	87	242

Linea Trips	Nome	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
43	Linea 20 A	2	1	33	9	28	64
44	Linea 20 R	2	1	33	30	101	226
45	Linea 21 AR	2	1	33	35	71	136
46	Bus ch Pispini-Vignano	2	1	8	1	0	1
47	Bus ch Pispini-Mociano	2	1	8	4	15	56
48	Bus ch Vignano-Pispini	2	1	8	7	12	54
49	Bus ch Mociano-Pispini	2	1	8	7	15	64
50	Linea 26 A	2	1	33	7	9	29
51	Linea 26 A	2	1	33	9	9	51
52	Linea 26 R	2	1	33	45	101	320
53	Linea 26 R	2	1	33	26	80	219
54	Linea 26 R	2	1	33	21	34	175
55	Linea 27 A	2	2	66	78	116	357
56	Linea 27 A	2	1	33	39	88	219
57	Linea 27 R	2	1	33	19	31	85
58	Linea 27 R	2	1	33	19	31	85
59	Linea 30 A	2	2	200	21	46	87
60	Linea 30 R	2	2	200	66	229	515
61	Linea 30 R	2	1	100	37	113	303
62	Linea 30 R	2	1	100	24	96	255
63	Linea 30 R	2	1	100	24	95	221
64	Linea 31 R	2	1	100	73	413	786
65	Linea 32 A	2	1	100	3	15	18
66	Linea 32 A	2	1	100	5	6	16
67	Linea 32 R	2	1	100	99	561	1187
68	Linea 32 R	2	1	100	77	542	853
69	Linea 32 R	2	1	100	55	328	732
70	Linea 33 A	2	1	100	15	91	151
71	Linea 33 R	2	1	100	33	108	263
72	Linea 33 R	2	2	200	38	173	339
73	Linea 34 A	2	1	48	8	39	62
74	Linea 34 A	2	1	48	28	78	143
75	Linea 34 R	2	1	48	71	177	250
76	Linea 34 R	2	1	48	44	153	275
77	Linea 35 A	2	1	100	19	29	64
78	Linea 35 R	2	2	200	155	600	1425
79	Linea 36 A	2	2	200	58	203	419
80	Linea 36 R	2	1	100	77	239	450

Linea Trips	Nome	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
81	Linea 36 R	2	2	200	115	361	887
82	Linea 37 A	2	1	77	19	32	69
83	Linea 37 R	2	1	77	63	186	407
84	Linea 37 R	2	1	77	68	202	403
85	Linea 51 A	1	5	165	91	118	404
86	Linea 51 R	1	5	165	21	21	68
87	Linea 52 A	1	1	39	28	48	186
88	Linea 52 A	1	4	156	113	190	697
89	Linea 52 A	1	3	117	67	79	364
90	Linea 52 R	1	1	39	36	58	161
91	Linea 52 R	1	4	156	133	217	617
92	Linea 52 R	1	2	78	31	37	155
93	Linea 53 A	1	4	156	90	105	485
94	Linea 53 R	1	4	156	63	74	309
95	Linea 54 A	1	6	198	200	369	1106
96	Linea 54 R	1	6	198	170	373	835
97	Linea 70 A	1	6	198	5	1	3
98	Linea 70 R	1	5	165	0	0	0
99	Linea 77 A	1	1	100	98	225	611
100	Linea 77 A	1	1	100	115	296	722
101	Linea 77 R	1	1	100	114	339	883
102	Linea 77 R	1	1	100	121	423	904
201	Linea 102R	3	1	100	128	371	623
202	Linea 104R	3	1	100	27	112	194
203	Linea 106A	3	1	100	35	293	510
204	Linea 106A	3	1	100	50	513	697
205	Linea 106A	3	1	100	35	324	572
206	Linea 106A	3	1	100	1	3	9
207	Linea 106R	3	2	200	42	214	419
208	Linea 106R	3	1	100	39	202	280
209	Linea 106R	3	1	100	20	97	186
210	Linea 107A	3	1	100	66	884	1096
211	Linea 107R	3	1	100	67	225	541
212	Linea 107R	3	1	100	15	44	111
213	Linea 107R	3	2	200	50	899	1120
214	Linea 107R	3	1	100	28	535	654
215	Linea 107R	3	1	100	19	147	233
216	Linea 107R	3	1	100	35	476	643
217	Linea 109R	3	1	100	53	816	1162
218	Linea 110A	3	1	100	41	121	215
219	Linea 110R	3	1	100	59	415	752
220	Linea 111A	3	1	100	0	1	2

Linea Trips	Nome	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
221	Linea 111R	3	1	100	63	212	498
222	Linea 111R	3	1	100	47	158	300
223	Linea 112R	3	1	100	76	536	952
224	Linea 112R	3	1	100	43	277	421
225	Linea 112R	3	1	100	101	533	1038
226	Linea 112R	3	1	100	63	373	570
227	Linea 114A	3	1	100	122	1082	1633
228	Linea 114A	3	1	100	21	321	472
229	Linea 114R	3	1	100	86	565	1004
230	Linea 114R	3	1	100	53	492	712
231	Linea 114R	3	1	100	32	117	207
232	Linea 114R	3	1	100	73	491	880
233	Linea 116R	3	1	100	13	67	122
234	Linea 121A	3	1	100	8	22	26
235	Linea 121A	3	1	100	9	25	45
236	Linea 121R	3	1	100	1	1	2
237	Linea 122R	3	1	100	28	148	209
238	Linea 122R	3	1	100	44	115	227
239	Linea 122R	3	1	100	54	209	302
240	Linea 123A	3	1	100	2	4	5
241	Linea 123R	3	3	300	77	176	219
242	Linea 125A	3	1	100	62	538	883
243	Linea 125R	3	1	100	57	196	330
244	Linea 125R	3	1	100	149	776	1668
245	Linea 127A	3	1	100	5	13	21
246	Linea 127R	3	2	200	63	248	271
247	Linea 130A	3	2	200	39	271	399
248	Linea 130A	3	3	300	63	648	732
249	Linea 130R	3	1	100	68	266	517
250	Linea 130R	3	3	300	234	960	1030
251	Linea 130R	3	1	100	75	224	238
252	Linea 131A	3	3	300	63	648	732
253	Linea 131R	3	3	300	237	927	831
254	Linea 134A	3	1	100	24	463	813
255	Linea 134R	3	1	100	31	368	522
256	Linea 136R	3	1	100	80	254	421
257	Linea 136R	3	1	100	66	186	292
258	Linea 138R	3	1	100	78	568	747
259	Linea 139R	3	1	100	9	19	36
260	Linea 140R	3	1	100	2	5	12
301	Buonconvento-Poggibonsi	4	1	237	108	2297	2408

Linea Trips	Nome	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
302	Siena-Poggibonsi	4	1	535	95	1416	1241
303	Buonconvento-Siena	4	1	355	98	2194	2195
304	Poggibonsi-Siena	4	1	219	87	1181	1437
305	Poggibonsi-Buonconvento	4	1	800	288	5058	4665
306	Poggibonsi-Siena	4	1	532	182	2589	3328
307	Siena-Sinalunga	4	1	228	78	2596	2168
308	Asciano-Siena	4	1	219	100	2791	2586
309	Sinalunga-Siena	4	1	237	152	4162	4223
Totale			267	22799	12474	66298	110812

Tabella 9.17 – Risultati per singola linea Trips

La seguente tabella visualizza i risultati relativi al modo gomma raggruppandoli per tipologia di linea TRAIN, ordinandoli in senso decrescente di passeggeri caricati.

Linea TRAIN	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
Linea 130R	3	5	500	376.4	1450	1785.1
Linea 10 A	1	3	300	369.6	1131.8	2873.4
Linea 3R	1	3	231	349.1	1234.7	2783.1
Linea 6	1	3	231	332.4	519.6	1673
Linea 5A	1	3	300	305.4	866.8	2519
Linea 5R	1	4	400	299.1	1212.2	3127.5
Linea 112R	3	4	400	282.5	1718.3	2980.9
Linea 2A	1	4	404	265.1	859.2	2039.6
Linea 8 A	1	3	300	258	730	2331.7
Linea 3A	1	2	154	253.8	659	1629.2
Linea 9 R	1	4	308	252.6	587.6	1956.2
Linea 17 R	1	3	300	247.6	694.7	1825.2
Linea 114R	3	4	400	243.9	1665.3	2802.7
Linea 131R	3	3	300	236.6	926.6	831.4
Linea 77 R	1	2	200	234.8	762.3	1786.9
Linea 32 R	2	3	300	231.4	1430.9	2772
Linea 10 R	1	2	200	225.6	629	1448.5
Linea 107R	3	7	700	214.5	2326.4	3301.8
Linea 77 A	1	2	200	213.7	521.6	1332.5

Linea TRAIN	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
Linea 52 A	1	8	312	208.7	316.2	1247
Linea 125R	3	2	200	205.4	971.7	1998.1
Linea 52 R	1	7	273	199.6	311.2	932.8
Linea 54 A	1	6	198	199.6	368.9	1105.5
Linea 8 R	1	2	200	198.3	552	1521.6
Linea 36 R	2	3	300	192.3	599.7	1336.1
Linea 54 R	1	6	198	169.8	372.8	834.5
Linea 15 AR	1	2	200	169.1	447.4	1231.4
Linea 7A	1	3	168	162	318.8	1089.9
Linea 1A	1	3	231	159.6	408.9	1406.6
Linea 35 R	2	2	200	155.1	600	1424.5
Linea 30 R	2	5	500	151.1	533	1294
Linea 136R	3	2	200	146.6	439.7	712.7
Linea 114A	3	2	200	143.2	1403.2	2104.3
Linea 13 R	1	5	275	139.4	251.1	548.6
Linea 37 R	2	2	154	131.5	387.9	809.7
Linea 7R	1	3	168	130.7	161.9	465.3
Linea 102R	3	1	100	128.3	370.7	623.2
Linea 122R	3	3	300	126	472.5	737.3
Linea 106A	3	4	400	120.3	1132.5	1788.3
Linea 27 A	2	3	99	116.6	203.7	576.3
Linea 34 R	2	2	96	114.9	330.2	525.1
Linea 2R	1	3	303	110.5	489.5	947.6
Linea 111R	3	2	200	109.5	369.3	797.3
Linea 17 A	1	2	200	103.2	285.6	700.8
Linea 130A	3	5	500	102.7	918.7	1130.8
Linea 106R	3	4	400	100	512.6	884.4
Linea 26 R	2	3	99	92.2	215	714.4
Linea 51 A	1	5	165	91.1	117.7	404.1
Linea 53 A	1	4	156	89.9	104.9	484.7
Linea 11 R	1	1	100	83.4	237.7	684.5
Linea 19 A	1	2	112	81.9	78.8	204.5
Linea 19 R	1	2	112	81.7	87.3	242.1
Linea 9 A	1	3	231	78.1	125.7	377.5
Linea 138R	3	1	100	77.6	567.9	746.9
Linea 123R	3	3	300	77.2	176.3	218.5
Linea 31 R	2	1	100	73.4	412.6	786.2
Linea 33 R	2	3	300	71.2	280.7	601.9
Linea 107A	3	1	100	65.9	883.7	1096.4
Linea 4R	1	1	100	65.2	157.3	499.4
Linea 131A	3	3	300	63.3	647.6	732.2
Linea 127R	3	2	200	62.8	247.8	271.1

Linea TRAIN	Modo	Numero mezzi	Capacità Totale	Passeggeri caricati	Passeggeri per chilometro (km)	Tempo complessivo a bordo (min)
Linea 53 R	1	4	156	62.6	73.7	309.2
Linea 125A	3	1	100	61.6	537.5	883.4
Linea 110R	3	1	100	59.1	415.3	751.6
Linea 36 A	2	2	200	57.6	202.5	418.6
Linea 18 A	1	3	231	57.5	65.1	274.6
Linea 109R	3	1	100	53.2	815.6	1161.8
Linea 4A	1	1	100	45.3	80.8	223
Linea 11 A	1	1	100	43.7	78.9	219.4
Linea 110A	3	1	100	41.1	120.8	214.7
Linea 27 R	2	2	66	38.2	61.9	170.6
Linea 34 A	2	2	96	35.7	116.2	204.9
Linea 21 AR	2	1	33	34.7	70.9	135.9
Linea 134R	3	1	100	30.6	367.7	521.7
Linea 20 R	2	1	33	30.1	100.8	225.5
Linea 104R	3	1	100	27.2	111.5	194.3
Linea 134A	3	1	100	24.3	462.7	812.6
Linea 1R	1	2	154	23.7	34.6	79.4
Linea 30 A	2	2	200	20.9	45.8	87.2
Linea 51 R	1	5	165	20.9	21.1	67.9
Linea 37 A	2	1	77	18.9	32.1	69.1
Linea 18 R	1	2	154	18.7	15.6	57.7
Linea 35 A	2	1	100	18.6	28.9	64
Linea 121A	3	2	200	17.7	47.2	70.9
Linea 26 A	2	2	66	15.9	17.7	79.7
Linea 33 A	2	1	100	14.9	90.5	150.7
Linea 116R	3	1	100	12.7	67.2	121.7
Linea 139R	3	1	100	9.3	18.6	36.1
Linea 20 A	2	1	33	9.2	27.8	64
Linea 32 A	2	2	200	7.9	20.6	34.3
Bus ch Mociano-Pispini	2	1	8	7.1	15.4	64.2
Bus ch Vignano-Pispini	2	1	8	6.5	12.4	54.1
Linea 70 A	1	6	198	5.2	1.2	3
Linea 127A	3	1	100	4.6	12.9	20.8
Bus ch Pispini-Mociano	2	1	8	4.4	15.3	56.3
Linea 123A	3	1	100	1.6	3.7	5.3
Linea 140R	3	1	100	1.5	5	11.8
Linea 121R	3	1	100	1.2	0.7	1.5
Bus ch Pispini-Vignano	2	1	8	0.6	0.2	0.7
Linea 111A	3	1	100	0.3	0.6	1.7
Linea 70 R	1	5	165	0.1	0	0.1
Totale Gomma		258	19437	11286	42013.7	86561.8

Tabella 9.18 – Risultati modo gomma raggruppati per tipologia di linea TRAIN

Dalla lettura della tabella si può osservare come le linee più utilizzate siano la 130R, 10A, 3R, 6 e 5A, che presentano tutte carichi superiori a 300.

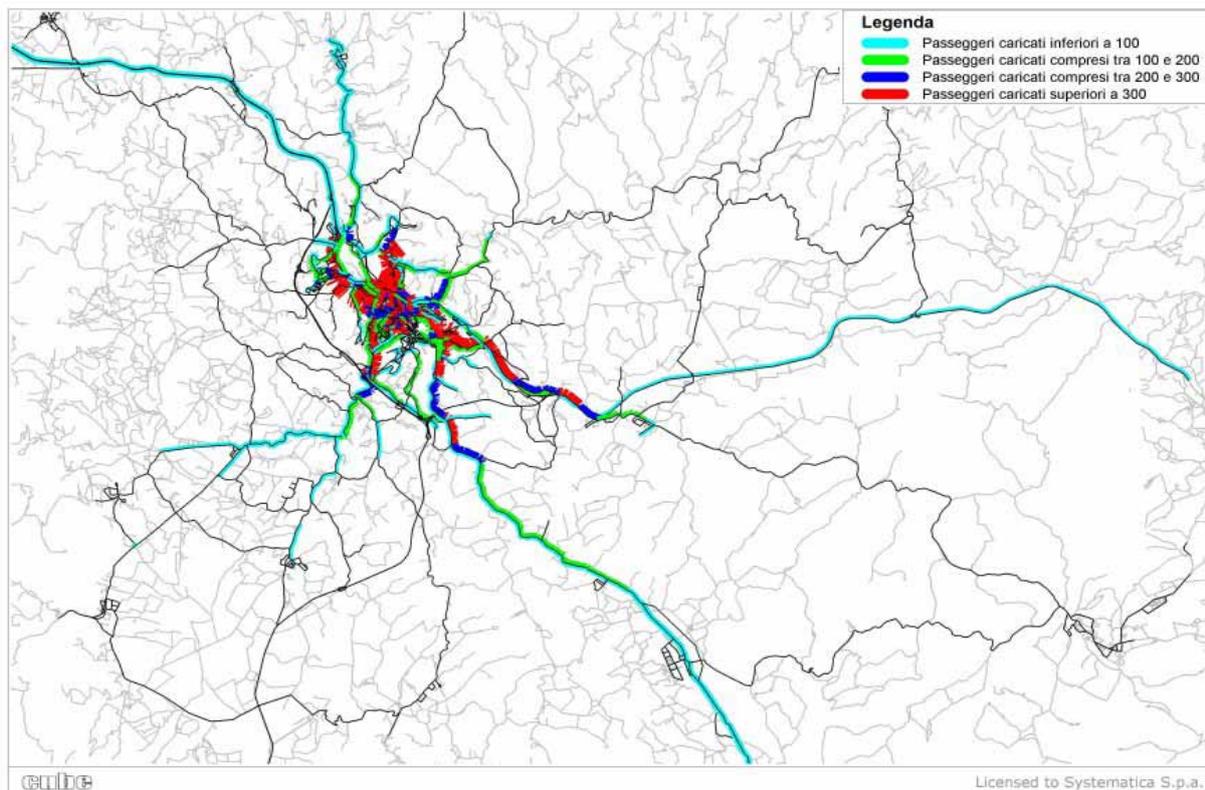


Figura 9.32 – Passeggeri caricati – Area SMaS (ora di punta antimeridiana)

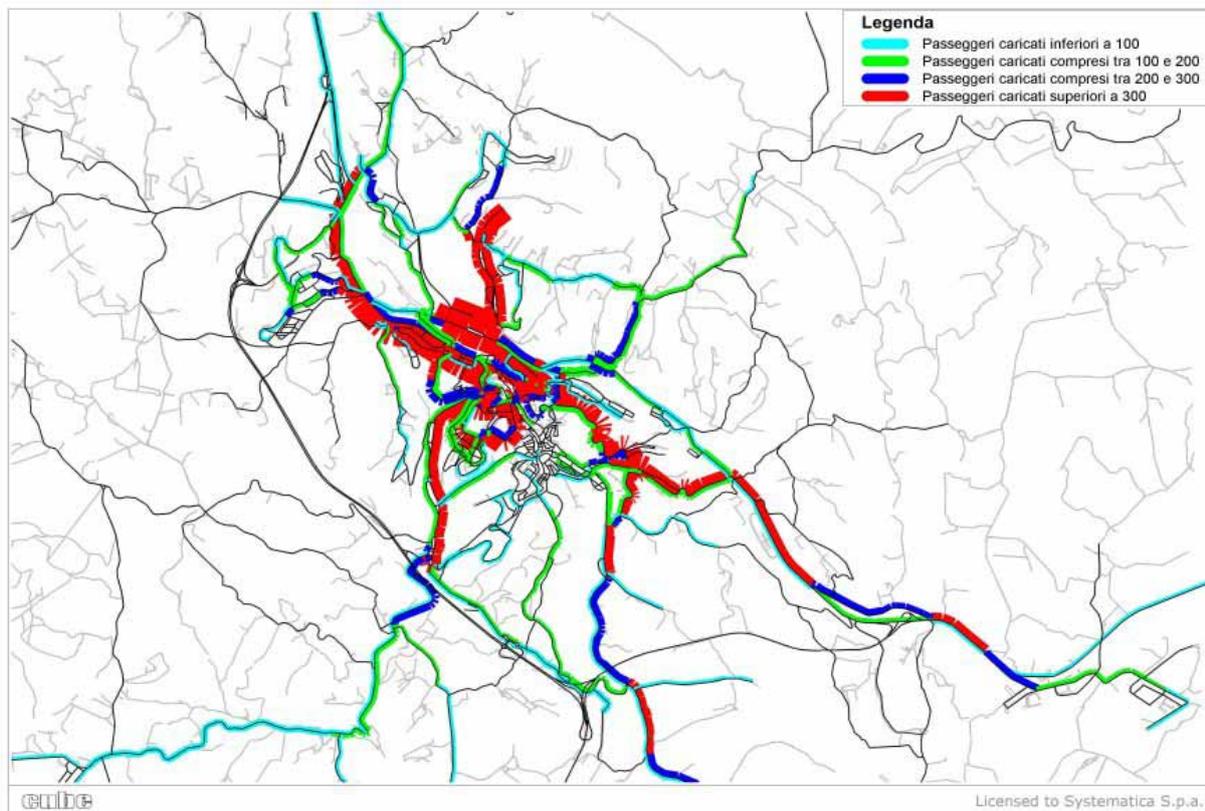


Figura 9.33 – Passeggeri caricati – Comune di Siena (ora di punta antimeridiana)

9.8 Modello di Traffico del trasporto privato

Questo rapporto descrive le attività svolte da Systematica per l'aggiornamento del Modello di Traffico della città di Siena. Il modello è basato sul pacchetto CUBE TRIPS, composto da una serie di programmi per calcolatore prodotti dalla società anglo americana Citilabs Ltd di Londra, ed è riferito all'intervallo di punta antimeridiano compreso fra le 7.30 e le 8.30.

A partire dal modello di traffico sviluppato in occasione della stesura del Piano di riassetto del Trasporto Pubblico locale del comune di Siena nel 2001 sono state effettuate specifiche operazioni di aggiornamento e correzione delle caratteristiche del grafo di rete e delle intersezioni. Queste operazioni saranno descritte nel capitolo 0. In particolare sono state oggetto di elaborazione:

- La verifica e l'aggiornamento delle caratteristiche delle infrastrutture viarie introdotte/modificate dal 2001 ad oggi ed eventualmente non inserite nel modello;
- La verifica e l'aggiornamento delle caratteristiche funzionali della rete stradale;
- La verifica e l'aggiornamento delle intersezioni (semafori, rotonde, precedenze) con particolare attenzione agli impianti semaforizzati. Le ultime versioni del software permettono, infatti, di descrivere in modo assai preciso fasi, tempi e cicli semaforici e l'utilizzo delle corsie, con effetto notevole durante il processo di calibrazione del modello;
- Ampliamento del grafo di rete alla cosiddetta area SMaS (Schema Metropolitano Senese), costituita, oltre che dal comune di Siena, dai comuni di Asciano, Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Monteroni e Sovicille;
- Descrizione delle principali intersezioni presenti nelle nuove infrastrutture viarie inserite nel modello.

Oltre all'aggiornamento del grafo di rete (offerta infrastrutturale) è stata applicata una procedura per l'aggiornamento della "domanda di mobilità" finalizzato ad aggiornare il quadro della mobilità dell'ora di punta antimeridiana di un giorno medio feriale.

9.8.1 Caratteristiche del Modello di Traffico

Il Modello di Traffico costruito per l'area dello SMS è basato sul codice CUBE TRIPS. Per completarne tutte le fasi che lo caratterizzano sono stati utilizzati diversi programmi fra loro legati secondo un complesso schema presentato nell'immagine seguente:

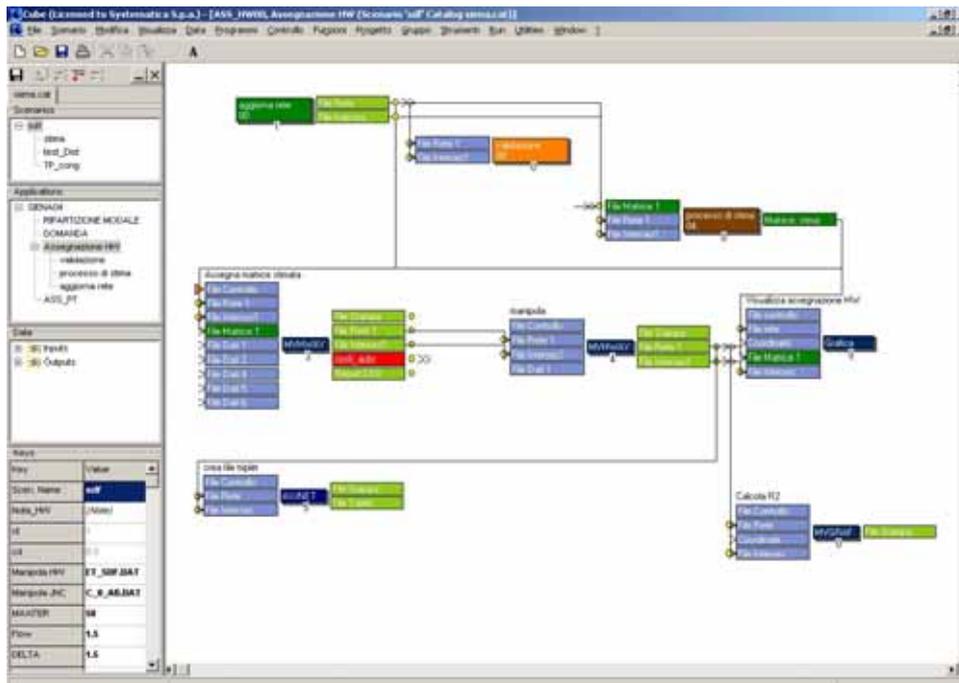


Figura 9.34 - Modello di Traffico

Quattro di questi sono stati usati per sviluppare il modello:

- MVNET, per generare e validare il file di rete;
- AVJNET, per generare e validare il file delle intersezioni;
- MVHWAY, per identificare i cammini ad impedenza minima fra ciascuna coppia di zone O/D presenti in rete, per ricalcolare i tempi di percorrenza sugli archi ed alle intersezioni in funzione dei carichi veicolari assegnati (processo comunemente conosciuto con il termine *capacity restraint*).

In fase di analisi è stato principalmente utilizzato il programma CUBE GRAPHICS, con cui controllare graficamente i risultati ottenuti al termine dei processi simulativi.

Una breve descrizione del funzionamento del processo simulativo appare a questo punto indispensabile. Il programma che, lavorando in sequenza, permette di simulare il comportamento del traffico in rete è MVHWAY.

Esso, in una progressione di operazioni iterative, identifica i cammini a costo minimo fra ciascuna coppia di zone O/D presenti in rete ed assegna loro i valori letti nelle corrispondenti celle della matrice degli spostamenti. I flussi per arco e per direzione che ne derivano sono interpretati congiuntamente alle curve di deflusso veicolare così da ricalcolare i tempi di percorrenza lungo i singoli archi ed i perditempo alle intersezioni. Questi valori rappresentano a loro volta la nuova alimentazione del programma, che seleziona i nuovi cammini ad impedenza minima tenendo conto dei nuovi tempi e perditempo. Il modello procede iterativamente fra i due programmi fino a quando non raggiunge la convergenza.

Nel caso specifico di Siena sono stati selezionati i seguenti principali parametri ed opzioni di caratterizzazione:

- identificazione dei cammini a minima impedenza fondata sulla tecnica del Tutto-o-Niente;
- identificazione dei cammini a minima impedenza fondata su una funzione di costo generalizzato del trasporto in cui si è associato al tempo di percorrenza un fattore di pesatura pari a 1,0 ed alla distanza da percorrere un fattore di pesatura pari a 0,65;
- utilizzo, nella sequenza iterativa tendente alla convergenza del modello, della tecnica del "volume mediato".

9.8.2 Codifica del grafo stradale e delle intersezioni

9.8.2.1 Aggiornamento della rete

Sulla base dei dati forniti da professionisti incaricati e sopralluoghi compiuti sul posto è stato possibile effettuare un'operazione di aggiornamento delle informazioni presenti nel grafo del modello CUBE TRIPS utilizzato nel 2001 ampliandolo in modo da coprire le aree interessate dallo sviluppo dello SMS.

Il grafo di rete è stato costruito attraverso un accurato processo di analisi e verifica, con particolare attenzione rivolta alle seguenti caratteristiche strutturali e amministrative:

- Capacità di ogni arco stradale in veicoli omogenei per ora;
- Velocità di libero deflusso;
- Curve di deflusso associate ad ogni arco;
- Presenza e caratteristiche della sosta
- Sensi di marcia;
- Presenza di corsie riservate;

- Presenza degli archi in Zone a Traffico Limitato.

Ogni arco è quindi stato descritto caratterizzandolo in base a:

- nodo di inizio arco (Anode);
- nodo di fine arco (Bnode);
- lunghezza dell'arco;
- velocità sull'arco in libero deflusso;
- tipologia (gerarchia della rete);
- indicatore di capacità (associato alle curve di deflusso);
- capacità dell'arco;
- codice d'area (per analisi selettive sui quartieri).

Sulla base di tali dati è stato possibile codificare interamente la rete stradale dello SMS, comprese le strade minori dell'area urbanizzata che, pur presentando valori di traffico assolutamente trascurabili allo stato di fatto, costituiscono in linea teorica alternativa agli itinerari significativi.

Il grafo della rete stradale descritto nel formato CUBE TRIPS è composto da:

- 6225 nodi;
- 14078 archi suddivisi in 17 tipologie;
- 306 zone O/D.

La tipologia determina la classe funzionale di ciascun arco e può essere usata sia in fase di assegnazione - attraverso appropriate funzioni di costo generalizzato del trasporto - che nella preparazione delle sintesi statistiche. Sono state definite 16 tipologie funzionali effettive di archi, riportate in tabella sottostante, a cui verranno successivamente aggiunte altre tipologie per fini tecnici in fase di simulazione degli interventi di piano (archi stradali di progetto).

Tipologia	Descrizione
1	Connettori di zona (archi fittizi)
2	Superstrada
3	Extraurbana principale
4	Extraurbana secondaria
7	Urbana principale
8	Urbana secondaria
9	Urbana locale
10	ZTL
12	Pedonali ZTL
15	Ipotesi modello PGU anno 2000 – Comune di Siena
20	Svincoli
22	Corsia preferenziale + Pedoni
25	Ferrovia
29	Meccanizzate chiuse
30	Pedonale
31	Viabilità park
32	Connettori ombra

Tabella 9.19 – Tipologia degli archi (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

Gli indicatori di capacità determinano le modalità con cui le velocità assegnate ai singoli archi variano in rapporto ai flussi che li percorrono. Sono stati definiti 27 indicatori di capacità a cui sono state associate

specifiche curve di deflusso veicolare, nelle quali viene definita la velocità media probabile al variare del rapporto volume/capacità.

Indicatore	Descrizione	Capacità (Vph)	Velocità massima (km/h)
2	Viabilità principale	2600	60
3	Viabilità principale	2500	60
4	Viabilità secondaria	1600	40
5	Viabilità secondaria	1400	55
6	Viabilità secondaria	1300	50
7	Viabilità secondaria	1100	40
8	Viabilità locale	400	45
9	Viabilità locale	800	40
10	Viabilità locale	600	40
11	Viabilità locale	450	38
12	Viabilità locale	500	30
13	Viabilità locale	2500	30

Tabella 9.20 – Indicatori di capacità degli archi Urbani (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

Indicatore	Descrizione	Capacità (Vph)	Velocità massima (km/h)
20	Superstrada	4000	100
21	Viabilità principale	1700	70
22	Viabilità principale	1300	60
23	Viabilità principale	1400	60
24	Viabilità secondaria	800	50
25	Viabilità secondaria	900	50
26	Viabilità secondaria	500	40
27	Viabilità principale	1700	80
28	Viabilità secondaria	800	60

Tabella 9.21 – Indicatori di capacità degli archi Extraurbani (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

E' importante sottolineare come non vi sia una relazione biunivoca tra il codice d'arco (Link Type) e l'indicatore di capacità. E' infatti possibile associare ad archi di analoga tipologia curve di deflusso differenti.

Tale procedura permette di gestire il modello con elasticità tale da poter ben rappresentare la situazione osservata.

Tutte le caratteristiche descritte sono state controllate attraverso il pacchetto grafico "CUBE Graphics" e attraverso la costruzione di percorsi fra diverse coppie di zone, basati sulla distanza, sul tempo e sul costo generalizzato del trasporto.

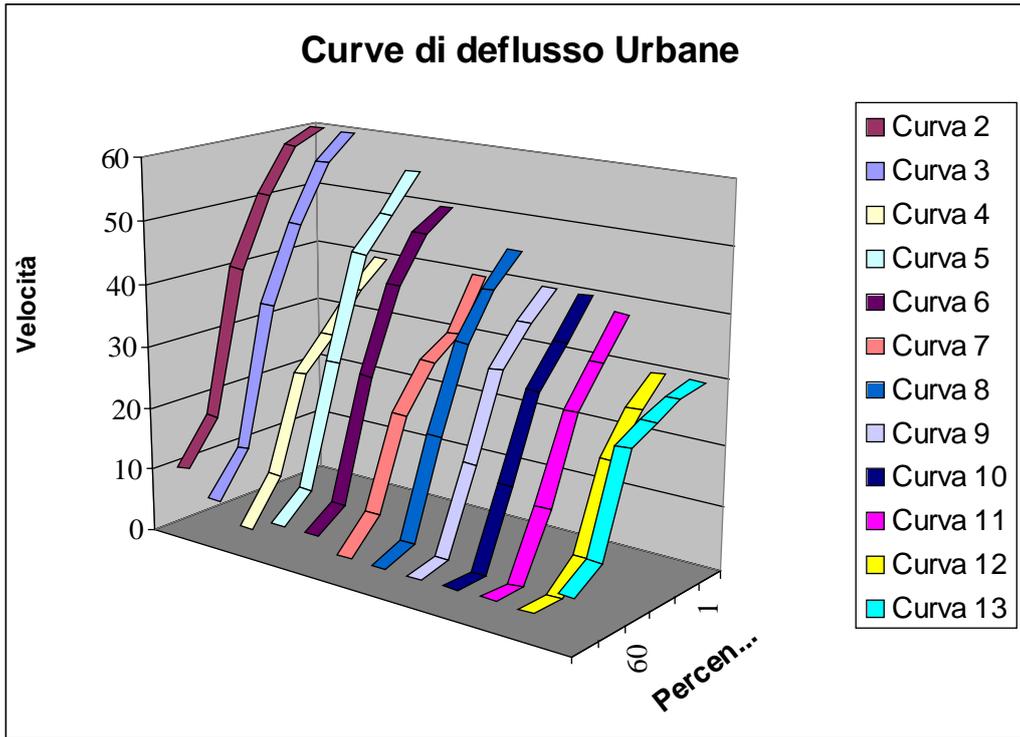


Figura 9.35 - Curve di deflusso Urbane

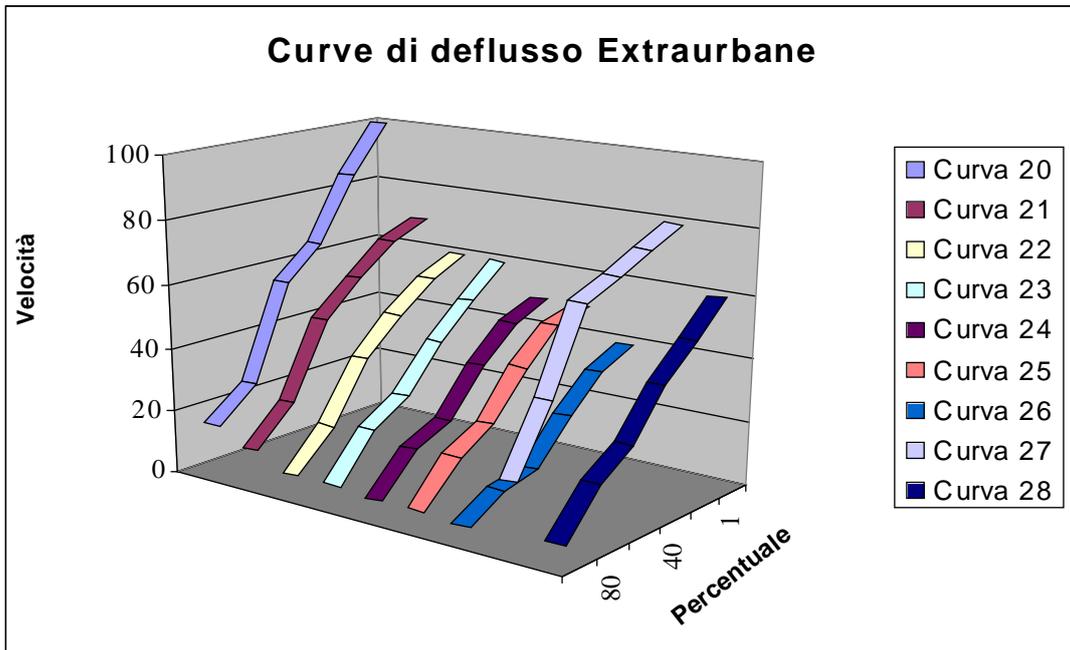


Figura 9.36 - Curve di deflusso Extraurbane

9.8.2.2 Codifica delle zone

La definizione del nuovo sistema di azionamento necessita di alcuni approfondimenti. Il modello della città di Siena del 2001 è composto da 241 zone di traffico Origine/Destinazione. Il sistema previsto era strutturato in maniera tale da avere una elevata densità e distribuzione all'interno della città, per caratterizzarsi da una struttura maggiormente aggregata verso l'esterno.

A seguito dell'ampliamento del grafo di rete e della descrizione dell'offerta di servizi di trasporto pubblico è stato necessario ridefinire il sistema di azzonamento, disaggregando le zone esterne alla città e definendo dei nuovi centroidi di Origine/Destinazione sufficientemente densi.

In seguito ad una dettagliata analisi dei dati territoriali (popolazione residente, attivi, addetti...) e delle informazioni relative ai flussi di traffico agenti sui vari assi viari e sulle linee del trasporto pubblico, sono state introdotte 65 nuove zone. In totale, quindi, le zone considerate nel presente studio sono 306.

9.8.2.3 Codifica delle intersezioni

Per garantire la massima affidabilità possibile al Modello di Traffico dello SMS, si è reso opportuno aggiornare oltre alla rete anche il database delle intersezioni. Il numero di intersezioni totali descritte è risultato pari a 401, così suddivise:

- 10 intersezioni controllate da semafori;
- 18 intersezioni organizzate con schema a rotatoria;
- 264 intersezioni a precedenza con segnaletica verticale e/o orizzontale.

Oltre alle intersezioni descritte, sono state introdotte delle penalità di svolta che includono in larga misura i divieti di svolta nelle residue intersezioni non modellizzate.

La localizzazione delle intersezioni è rappresentata nelle seguenti immagini: Figura "Intersezioni semaforizzate"; "Intersezioni a rotatoria"; "Intersezioni a precedenza".

Dalle tre immagini risulta immediatamente evidente come esse prendano in esame tutti i nodi all'interno della città e come siano distribuite in modo da coprire l'intera area indagata.

La codifica di queste intersezioni ha comportato la raccolta di una consistente quantità di informazioni, vale a dire:

- tipologia dell'intersezione,
- numero di bracci dell'intersezione,
- larghezza complessiva di ogni braccio,
- numero di corsie e manovre consentite da ciascuna corsia,
- analisi dei flussi di saturazione,
- dati completi sui caratteri degli impianti presenti (durata del ciclo, numero di fasi e loro tempi, tempi di sgombero ed eventuale sincronizzazione),
- gerarchia delle intersezioni a precedenza esplicita.

Molte intersezioni a precedenza possono essere considerate appartenenti a gruppi standard. Per descrivere i semafori e le rotatorie, ovviamente, è stato necessario utilizzare tipologie distinte per ciascun impianto, non potendo essere assimilabili a caratteristiche comuni.

Il file di descrizione delle intersezioni è stato utilizzato come alimentazione del programma AVJNET, attraverso cui è stato possibile correggere eventuali errori di trascrizione dei dati censiti. Si è quindi avviata la fase di controllo e comparazione fra i risultati prodotti dal programma ed i dati raccolti sul campo.

9.8.3 Il modello dell'ora di punta antimeridiana

9.8.3.1 La matrice per il trasporto privato

La matrice OD messa a punto nel presente studio è riferita alle condizioni osservabili in un giorno medio feriale scolastico fra le ore 7.30 e le ore 8.30 antimeridiane. Le ragioni di questa scelta sono motivate dall'analisi dei rilievi di traffico che indicano questo come l'intervallo più critico della mattina.

Il nuovo sistema di azionamento, che come detto precedentemente comprende un numero di zone maggiore e più disaggregato rispetto al modello di partenza, ha determinato due operazioni fondamentali per l'aggiornamento della matrice OD.

Spalmatura della vecchia matrice da 241 zone alle attuali 306.

Inserimento delle relazioni non considerate nella vecchia matrice, che riguardano sostanzialmente quelle tra le zone dei cinque comuni dello SMS esterni a Siena e da queste stesse zone verso l'esterno.

Queste operazioni hanno permesso di determinare una matrice OD per il trasporto privato con 18.544 spostamenti.

9.8.3.2 Il processo di Stima Matriciale

Prima di procedere alle attività di calibrazione e di validazione del Modello di Traffico, è stato necessario verificare che le dimensioni complessive della matrice e la dimensione dei flussi osservati nel medesimo intervallo temporale nelle sezioni di indagine abbiano i medesimi ordini di grandezza. Questa verifica si rende indispensabile nei casi in cui, come a Siena, la matrice OD disponibile sia da aggiornare.

Il metodo con cui le sezioni di indagine vengono tradizionalmente collocate parte dalla necessità di individuare delle "sequenze" che permettono di isolare intere aree o settori urbani, e di definire quindi univoche linee di filtro direzionale lungo le quali intercettare i flussi.

Tali linee di filtro sono identificate con il termine screenlines. La procedura di reciproco controllo fra i dati osservati alle screenlines, i dati contenuti in matrice ed i percorsi probabilistici calcolati dal modello è chiamata stima matriciale.

Le stime matriciali sviluppate con il pacchetto CUBE TRIPS si avvalgono di uno specifico programma di calcolo denominato MVESTM.

9.8.3.2.1 Programma MVESTM - caratteristiche

MVESTM è un potente strumento capace di stimare una matrice a partire da una ampia gamma di dati di alimentazione, fra cui:

matrice di partenza (Prior Matrix);

percorsi multi-itinerario generati dai modelli di assegnazione;

conteggi direzionali di traffico su archi accorpati in cordoni o screenlines.

Una peculiare caratteristica di MVESTM è quella di tenere in debito conto la variabilità e la potenziale contraddittorietà dei diversi dati. Ogni variabile considerata viene infatti associata ad un proprio livello di confidenza, che viene utilizzato da MVESTM per dirimere i casi contraddittori. MVESTM è in grado dunque di procedere alla stima di una matrice fondando i propri calcoli su rigorosi criteri di analisi statistica dei dati di alimentazione.

Per approfondimenti relativi alle procedure scientifiche utilizzate da MVESTM si veda "Miles Logie & Al Hynd, MVESTM matrix estimation, Traffic Engineering + Control, Vol. 31, Sept. & Oct. 1990".

9.8.3.2.2 Programma MVESTM - dati di alimentazione

Ciascuna delle quattro variabili sopra citate, utilizzate per alimentare il programma di stima della matrice, è descritta di seguito.

La matrice di partenza - La matrice di partenza è stata usata per alimentare ciascuna delle relazioni “ij” delle 306 zone di traffico, per un totale di 93.636 celle O/D. Alle singole celle della matrice è stato poi associato un livello di confidenza del dato. In realtà, considerando solo le celle con valori di flusso diversi da 0, le relazioni “ij” realmente considerate nel processo di stima sono 17.469.

Itinerari - Nella procedura di assegnazione della matrice di partenza alla rete sono state memorizzate tutte le "famiglie" di percorsi generati nel corso del processo iterativo. Queste "famiglie" sono state trasformate in un file di scelta dei percorsi probabili (route choice probability file), che alimenta MVESTM.

Screenlines - I dati raccolti con i conteggi di traffico sono stati raggruppati in 7 screenlines aggregate descritte come segue:

Screenline 101, Strada prov. Colligiana, Superstrada Firenze - Siena, Via Cassia (uscita da Nord Ovest);

Screenline 102, Strada prov. Colligiana, Superstrada Firenze - Siena, Via Cassia (ingresso da Nord Ovest);

Screenline 103, Acquacalda, Siena Nord (ingresso da Nord);

Screenline 104, Via Cassia Sud, SS 223 - E78 (ingresso da Sud);

Screenline 105, Via Cassia Sud, SS 223 - E78 (uscita da Sud);

Screenline 106, San Marco, Siena Tufi 1 e 2 (ingresso dalla tangenziale Sud);

Screenline 107, San Marco, Siena Tufi 1 e 2 (uscita dalla tangenziale Sud).

Si osservi che nell'elenco precedente non esiste la screenline in uscita da Nord che aggrega le postazioni di conteggio di Acquacalda e Siena Nord. Questo perché nel giorno in cui sono stati effettuati i conteggi, la rampa in uscita dallo svincolo Acquacalda era chiusa. Di conseguenza, si è ritenuto opportuno considerare separatamente i conteggi in uscita delle due postazioni sopra citate.

Tutti i conteggi direzionali così accorpati sono stati utilizzati dunque per alimentare il programma MVESTM. Ad ogni screenline è stato associato un valore di confidenza pari a 300 per riflettere il grado di importanza del dato, che riveste un importante punto di riferimento per l'intero processo di stima. In particolare le postazioni “singole” sono state considerate di minor confidenza rispetto alle screenlines aggregate.

9.8.3.2.3 Programma MVESTM - processi di stima

I dati di alimentazione del programma MVESTM ed i relativi livelli di confidenza sono sintetizzati nella seguente tabella.

Criteri	Medio	Massimo	Minimo	Elementi
Livelli di confidenza della matrice di partenza	10	10	10	17.469
Livelli di confidenza delle screenlines/postazioni	139	300	100	61

Tabella 9.22 – Sintesi dei criteri utilizzati per MVESTM (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

La procedura seguita nell'applicazione del programma MVESTM ha portato all'utilizzo di moduli di assegnazione e stima tra loro concatenati, in una procedura ciclica, in modo tale da garantire la maggior convergenza possibile del processo di stima. Ad ogni passaggio vengono calcolati i percorsi probabilistici basati sulla matrice ottenuta nel passaggio precedente. Essi divengono poi input del processo di stima, che genera una nuova matrice. Essa, assegnata, genererà nuovi percorsi che diverranno input del processo di stima e così via. Il processo termina quando le matrici stimate in due passaggi successivi sono tra loro prossime.

Al termine del processo di stima si è giunti a convergenza dopo 3 loop con la generazione di una matrice composta da un totale di 23.937 spostamenti. Questo valore, confrontato con i 18.544 spostamenti della matrice di partenza rappresenta un incremento di 5.393 spostamenti, pari al 29 per cento, come sintetizzato nella tabella seguente.

La buona qualità della matrice finale generata è testimoniata dal confronto ai cordoni ed alle screenlines fra flussi di traffico osservati sul campo e flussi restituiti simulativamente dal modello. Tale confronto, presentato nella Tabella 6, presenta valori molto buoni, con uno scarto medio inferiore a mezzo punto percentuale.

Il processo di modifica della matrice durante il processo di loop è sintetizzato nella seguente tabella. Si nota come durante il processo la matrice cresca percentualmente di valori sempre più contenuti, indice di convergenza del processo.

Iterazione	Matrice iniziale	Matrice stimata	Differenza assoluta	Differenza percentuale
1	18.544	23.286	4.742	25,6%
2	23.286	23.727	442	1,9%
3	23.727	23.937	209	0,9%

Tabella 9.23 – convergenza del processo di stima (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

Screenline	Etichetta	Flussi osservati	Flussi modellati	Differenza assoluta	Differenza percentuale	OD intercettate
101	Uscita Nord Ovest	1.697	1.701,8	4.8	0.30%	665
102	Ingresso Nord Ovest	2.675	2.677,4	2.4	0.10%	433
103	Ingresso Nord	1.563	1.570	7	0.40%	2.888
104	Ingresso Sud	1.137	1.132,5	-4.5	-0.40%	492
105	Uscita Sud	755	754.3	-0.7	-0.10%	499
106	Ingresso Tang	2.657	2.657,9	0.9	0.00%	4.622
107	Uscita Tang	1.525	1.519,8	-5.2	-0.30%	2.975

Tabella 9. 24 – Calibrazione delle screenlines con MVESTM (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

Postazione	Etichetta	Flussi osservati	Flussi modellati	Differenza assoluta	Differenza percentuale	OD intercettate
1	SanMarco IN	1.438	1.439,3	1,3	0,10%	3.578
2	SienaBett IN	1.674	1.659,4	-14,6	-0,90%	1.667
3	SienaBett OUT	602	593,4	-8,6	-1,40%	1.240

Postazione	Etichetta	Flussi osservati	Flussi modellati	Differenza assoluta	Differenza percentuale	OD intercettate
4	Acquacalda IN	661	692,2	31,2	4,70%	2.530
5	Acquacalda OUT	350	368,6	18,6	5,30%	1.970
6	SienaTufi1 OUT	132	132,5	0,5	0,40%	631
7	SienaTufi1 IN	656	649,4	-6,6	-1,00%	2.020
8	SienaTufi2 IN	563	569,2	6,2	1,10%	1.352
9	SienaTufi2 OUT	367	364,1	-2,9	-0,80%	893
10	SienaNord OUT	715	703,5	-11,5	-1,60%	1.068
11	SienaNord IN	902	877,8	-24,2	-2,70%	691
12	Braccio OUT	516	516,1	0,1	0,00%	1.894
13	Braccio IN	824	827	3	0,40%	1.886
14	CassiaSud OUT	556	557,6	1,6	0,30%	718
15	CassiaSud IN	1.187	1.178,7	-8,3	-0,70%	838
16	Botteganova OUT	217	216	-1	-0,50%	223
17	Botteganova IN	567	577,5	10,5	1,90%	790
18	Chiantigiana IN	831	817,5	-13,5	-1,60%	719
19	Renaccio IN	372	382,3	10,3	2,80%	977
20	Renaccio OUT	242	245	3	1,20%	341
21	Costalpino1 IN	550	545,7	-4,3	-0,80%	888
22	SanMarco Out	1.026	1.023,1	-2,9	-0,30%	1.913
23	Costalpino1 OUT	306	305,1	-0,9	-0,30%	607
24	Costalpino2 IN	956	944,7	-11,3	-1,20%	1.514
25	Costalpino3 OUT	116	117,7	1,7	1,50%	307
26	Costalpino2 OUT	359	360,6	1,6	0,50%	785
27	Costalpino3 IN	469	461,1	-7,9	-1,70%	659
28	PonteArbia OUT	334	335,4	1,4	0,40%	340

Postazione	Etichetta	Flussi osservati	Flussi modellati	Differenza assoluta	Differenza percentuale	OD intercettate
29	PonteArbia IN	531	532,5	1,5	0,30%	341
30	BivioOrgia1 OUT	560	564,1	4,1	0,70%	317
31	BivioOrgia1 IN	660	663,9	3,9	0,60%	390
32	BivioOrgia3 OUT	421	418,9	-2,1	-0,50%	159
33	BivioOrgia4 OUT	25	24,6	-0,4	-1,50%	12
34	BivioOrgia2 OUT	245	246,4	1,4	0,60%	164
35	BivioOrgia3 IN	606	600	-6	-1,00%	151
36	BivioOrgia4 IN	19	18,9	-0,1	-0,30%	9
37	Castelnuovo OUT	184	184,9	0,9	0,50%	135
38	Castelnuovo IN	151	149	-2	-1,30%	116
39	Asciano OUT	57	58,8	1,8	3,20%	158
40	Asciano IN	191	192,5	1,5	0,80%	178
41	Rapolano IN	875	883,4	8,4	1,00%	355
42	Rapolano OUT	571	574	3	0,50%	255
43	SienaFI OUT	1.130	1.135,3	5,3	0,50%	447
44	SienaFI IN	1.862	1.850,8	-11,2	-0,60%	292
45	Castellina OUT	335	336,6	1,6	0,50%	218
46	Castellina IN	532	531,8	-0,2	0,00%	141
47	PianCasone OUT	232	229,9	-2,1	-0,90%	104
48	PianCasone IN	281	294,8	13,8	4,90%	109
49	PonteRigo IN	221	226,4	5,4	2,40%	791
50	PonteRigo OUT	158	156	-2	-1,30%	116
51	BivioOrgia2 IN	166	170,8	4,8	2,90%	248
52	Monteaperti OUT	177	179,9	2,9	1,60%	143
53	Monteaperti IN	159	155,6	-3,4	-2,10%	164

Postazione	Etichetta	Flussi osservati	Flussi modellati	Differenza assoluta	Differenza percentuale	OD intercettate
54	Chiantigiana OUT	335	331,5	-3,5	-1,10%	991
Totale		28.172	28.171,8	-0,2	0,00%	

Tabella 9.25 – Calibrazione delle postazioni con MVESTM (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

9.8.3.3 Calibrazione e validazione del modello

9.8.3.3.1 Scopi

Un modello di traffico permette di valutare gli effetti di possibili variazioni degli schemi di traffico in ambito urbano, della realizzazione di nuove infrastrutture o del potenziamento delle esistenti, della variazione dei regimi di traffico e sosta e di ogni altro intervento amministrativo ed infrastrutturale ragionevolmente ipotizzabile. Una volta calibrato, il modello può essere naturalmente utilizzato sia per la valutazione degli scenari a breve, che a medio o lungo termine. Per questi ultimi occorrerà, evidentemente, operare anche rispetto alla variabile "domanda" oltre che alla variabile "offerta".

Per essere certi di poter utilizzare il modello nelle fasi simulate è necessario prenderne in esame la capacità di descrivere la realtà osservata allo stato di fatto. Il processo valutativo sulla qualità del Modello di Traffico prodotto è chiamato validazione.

Nel paragrafo 0 viene discussa la convergenza raggiunta con le procedure iterative di assegnazione.

Nel paragrafo 0 vengono illustrate le prestazioni fornite dal modello, in termini di flussi veicolari modellati, perditempo alle intersezioni e velocità medie sugli archi.

Nel paragrafo 0 viene esaminata l'aderenza dei valori osservati sul campo ai valori restituiti attraverso il processo simulativo con una analisi al cordone, alle screenlines e sui singoli archi.

9.8.3.3.2 Convergenza del modello

E' fondamentale per l'affidabilità delle verifiche simulate che il modello sia basato su risultati stabilizzati. Nel nostro caso la stabilità del modello calibrato è stata misurata attraverso il grado di convergenza progressiva dei risultati del processo iterativo sviluppato tramite il programma MVHWAY.

Il grado di convergenza viene normalmente analizzato attraverso il calcolo di quattro parametri principali:

parametro delta (detto anche gaprt statistico) rappresenta la differenza tra tutti gli spostamenti che usano il percorso di costo minimo dell'ultima iterazione e tutti i carichi ottenuti nei passaggi precedenti del ciclo iterativo. Matematicamente è dato da:

$$\delta = \frac{\sum_a C_a^n (V_a^n - L_a^{n+1})}{\sum_a C_a^n L_a^{n+1}}$$

parametro AAD (average absolute difference) rappresenta il valore della differenza media assoluta dei flussi sugli archi tra iterazioni successive. Il valore obiettivo si raggiunge quando il valore calcolato di AAD è inferiore ad un prefissato numero di veicoli equivalenti per ora. Matematicamente è dato da:

$$AAD = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |V_k^n - V_k^{n-1}|$$

parametro RAAD (relative average absolute difference) rappresenta il valore della differenza media assoluta relativa dei flussi sugli archi tra iterazioni successive. Il valore obiettivo si raggiunge quando il valore calcolato di RAAD è inferiore ad una proporzione di archi specificata prefissato numero di veicoli equivalenti per ora. Matematicamente è dato da:

$$RAAD = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|V_k^n - V_k^{n-1}|}{V_k^{n-1}}$$

parametro FLOW (percentuale degli archi di rete in cui si ha una variazione dei flussi tra un'iterazione e quella precedente superiore al 5%);

Nelle formule precedenti si ha:

a: Pedice associato agli archi ed alle svolte;

k: Pedice associato agli archi, ma non alle svolte;

N: Numero di archi nella rete;

V_b^n : Flusso all'iterazione 'n' sull'elemento 'b';

L_b^n : Flusso a costo minimo (tutto o niente) all'iterazione 'n' sull'elemento 'b';

C_b^n : Costo di passaggio su b all'iterazione n;

I valori osservati nel processo iterativo sono riportati nella tabella seguente:

Iter	Delta (%)	AAD	RAAD	FLOW (%)
1	182.567	114.705	35.108	77.251
2	159.134	60.397	0.947	73.757
3	68.399	36.117	0.265	63.968
4	57.071	23.214	0.168	55.475
5	31.290	16.220	0.084	49.490
6	25.771	10.950	0.065	37.975
7	15.399	9.446	0.070	35.666
8	16.557	7.757	0.040	31.263
9	9.376	6.161	0.034	26.192
10	10.261	5.330	0.201	19.962
11	6.460	5.486	0.029	20.782
12	7.941	4.421	0.024	16.358

Iter	Delta (%)	AAD	RAAD	FLOW (%)
13	5.119	3.767	0.021	13.384
14	5.346	3.053	0.018	11.943
15	4.364	2.926	0.017	9.262
16	5.213	2.798	0.016	9.101
17	3.847	2.785	0.016	8.547
18	3.555	2.250	0.014	6.864
19	3.504	1.999	0.012	1.542
20	3.509	1.970	0.012	1.179
21	2.881	1.655	0.010	0.796
22	2.643	1.539	0.010	1.320
23	2.939	1.646	0.011	1.653
24	2.615	1.557	0.009	0.857
25	2.488	1.298	0.009	0.978
26	2.318	1.581	0.010	1.330
27	2.144	1.299	0.008	0.272
28	2.103	1.137	0.008	0.988
29	2.110	1.269	0.008	1.129
30	1.980	1.122	0.007	0.443
31	1.836	1.043	0.007	0.595
32	1.905	1.204	0.007	0.534
33	1.736	0.956	0.006	0.433
34	1.736	0.939	0.006	0.695
35	1.765	0.873	0.006	1.129
36	1.534	0.825	0.005	0.373

Iter	Delta (%)	AAD	RAAD	FLOW (%)
37	1.516	0.676	0.005	0.161
38	1.567	0.759	0.005	0.635
39	1.460	0.712	0.005	0.171
40	1.347	0.727	0.005	0.746
41	1.376	0.748	0.005	0.464

Tabella 9.26 – Parametri di convergenza

Come facilmente prevedibile, il modello presenta forti oscillazioni nel corso delle prime iterazioni. Tuttavia, una volta arrivati alla ventunesima iterazione, il modello raggiunge la stabilità.

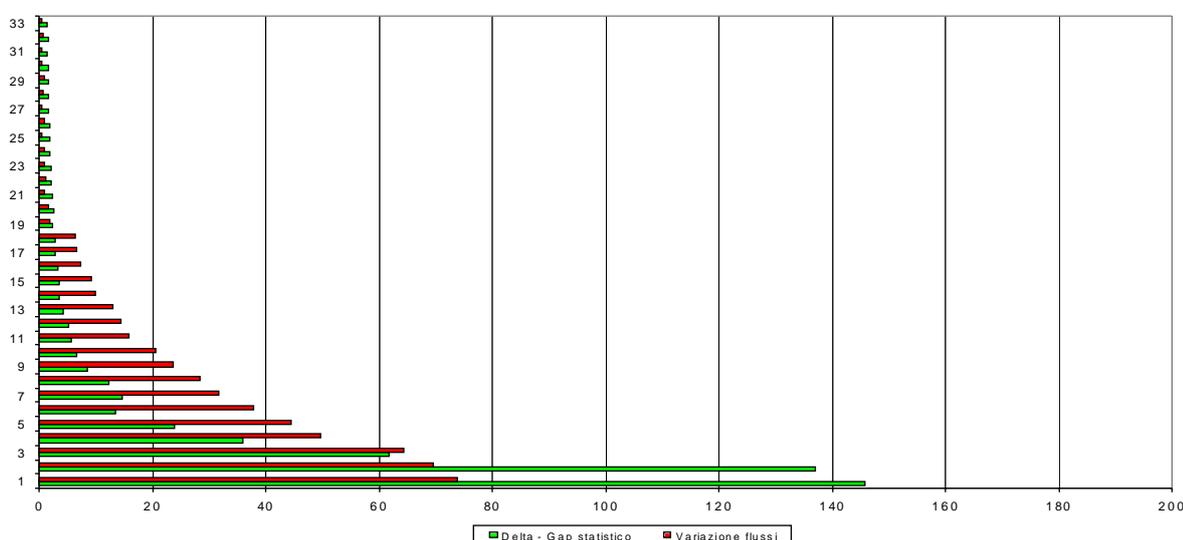


Figura 9.37 – Convergenza del Modello di Traffico

9.8.3.3.3 Prestazioni generali del modello

Le prestazioni generali fornite dal modello sono state esaminate prendendo in esame quattro variabili da esso generate: i percorsi, i flussi sugli archi, le velocità lungo gli archi ed i perditempo alle intersezioni.

Percorsi - I percorsi seguiti dai veicoli all'interno della rete per connettere le diverse coppie di zone O/D rappresentano un utile indicatore della credibilità del modello. I percorsi calcolati dal programma MVHWAY sono stati memorizzati e controllati a video. Sono stati presi in esame tutti i percorsi che impegnano le principali strade cittadine per essere certi che non si fossero generati itinerari improbabili.

Attraverso una utilissima opzione offerta dal medesimo programma sono state costruite alcune sub-matrici di test per evidenziare le relazioni che impegnano alcuni significativi archi stradali. Questo ha permesso di accertare la correttezza della procedura di assegnazione, non essendo presenti lungo questi archi-chiave relazioni OD improprie.

Le verifiche hanno sortito entrambe esito positivo.

Flussi su archi e nodi - I flussi veicolari direzionali che impegnano la rete stradale dello SMS nell'ora di punta antimeridiana e il rapporto tra volume di traffico e capacità sono stati attentamente verificati utilizzando i conteggi effettuati al cordone e le capacità inserite nel modello.

Velocità - La velocità commerciale media calcolata dal modello sull'intera rete stradale è pari a 27,4 km/ora. Gli archi con velocità maggiori sono quelli appartenenti alla rete extraurbana, che presentano valori medi compresi tra 40 e 60 km/h. In ambito urbano, invece, le velocità medie di percorrenza si attestano su valori compresi tra 20 e 40 km/h.

9.8.3.3.4 Validazione

Il Modello di Traffico è stato allora validato seguendo due criteri valutativi:

1. il confronto fra valori osservati e valori modellati ai cordoni ed alle screenlines;
2. il confronto fra valori osservati e modellati lungo singoli archi.

Confronto al cordone esterno ed alle screenlines - Le sezioni di indagine vengono tradizionalmente collocate secondo sequenze che permettono di isolare intere aree o settori urbani e di definire univoche linee di filtro direzionale lungo le quali intercettare i flussi. Tali linee di filtro sono identificate con il termine screenlines.

Altro parametro significativo per valutare la qualità del modello assegnato è il parametro GEH, definito come:

$$GEH = \sqrt{\frac{(\text{flusso}_{\text{simulato}} - \text{flusso}_{\text{osservato}})^2}{(\text{flusso}_{\text{simulato}} + \text{flusso}_{\text{osservato}}) * 0.5}}$$

La letteratura di settore (riferimento al DMRB, Design Manual for Roads and Bridges) indica che tale valore deve avere un valore inferiore a 5 almeno per l' 80% delle postazioni analizzate. I valori osservati e modellati sono stati messi a confronto sulle screenlines e nelle postazioni di conteggio. I relativi risultati sono stati così sintetizzati:

Screenline numero	Nome	Flussi modellati	Flussi osservati	Delta ass	Delta %	GEH
101	Uscita Nord Ovest	1702	1697	4.81	0.3%	0.12
102	Ingresso Nord Ovest	2677	2675	2.38	0.1%	0.05
103	Ingresso Nord	1608	1563	45.39	2.9%	1.14
104	Ingresso Sud	1072	1137	-65.35	-5.7%	1.97
105	Uscita Sud	756	755	0.57	0.1%	0.02
106	Ingresso Tang	2611	2657	-46	-1.7%	0.90
107	Uscita Tang	1458	1525	-66.98	-4.4%	1.73
		11884	12009	-125.18	-1.0%	1.15

Tabella 9.27 – Validazione per singola screenlines (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

Le variazioni tra i flussi assegnati e osservati alle screenlines in termini assoluti e percentuali sono minime. Il valore GEH delle varie screenlines presenta sempre valori inferiori a 5, come richiesto con una media di 1,15. Analizzando le singole postazioni abbiamo:

Postazione numero	Nome	Flussi modellati	Flussi osservati	Delta ass	Delta %	GEH
1	SanMarco IN	1.439	1.438	1,31	0,1%	0,03
2	SienaBett IN	1.484	1.674	-189,8	-11,3%	4,78
3	SienaBett OUT	599	602	-3,13	-0,5%	0,13
4	Acquacalda IN	703	661	42,44	6,4%	1,62
5	Acquacalda OUT	314	350	-35,66	-10,2%	1,96
6	SienaTufi1 OUT	92	132	-39,7	-30,1%	3,75
7	SienaTufi1 IN	538	656	-117,82	-18,0%	4,82
8	SienaTufi2 IN	634	563	70,51	12,5%	2,88
9	SienaTufi2 OUT	315	367	-51,57	-14,1%	2,79
10	SienaNord OUT	667	715	-47,95	-6,7%	1,82
11	SienaNord IN	905	902	2,95	0,3%	0,10
12	Braccio OUT	545	516	28,62	5,5%	1,24
13	Braccio IN	843	824	18,93	2,3%	0,66
14	CassiaSud OUT	562	556	5,54	1,0%	0,23
15	CassiaSud IN	1.112	1.187	-75,35	-6,3%	2,22
16	Botteganova OUT	214	217	-3,25	-1,5%	0,22
17	Botteganova IN	638	567	70,91	12,5%	2,89
18	Chiantigiana IN	792	831	-38,67	-4,7%	1,36
19	Renaccio IN	382	372	9,8	2,6%	0,50
20	Renaccio OUT	240	242	-1,63	-0,7%	0,10
21	Costalpino1 IN	484	550	-65,95	-12,0%	2,90
22	SanMarco Out	1.050	1.026	24,29	2,4%	0,75
23	Costalpino1 OUT	310	306	3,5	1,1%	0,20
24	Costalpino2 IN	852	956	-104,4	-10,9%	3,47
25	Costalpino3 OUT	113	116	-2,73	-2,4%	0,25

Postazione e numero	Nome	Flussi modellati	Flussi osservati	Delta ass	Delta %	GEH
26	Costalpino2 OUT	361	359	2,05	0,6%	0,11
27	Costalpino3 IN	429	469	-39,74	-8,5%	1,88
28	PonteArbia OUT	337	334	2,71	0,8%	0,15
29	PonteArbia IN	472	531	-59,35	-11,2%	2,65
30	BivioOrgia1 OUT	561	560	0,5	0,1%	0,02
31	BivioOrgia1 IN	692	660	31,69	4,8%	1,22
32	BivioOrgia3 OUT	419	421	-2,14	-0,5%	0,10
33	BivioOrgia4 OUT	25	25	-0,37	-1,5%	0,07
34	BivioOrgia2 OUT	243	245	-2,19	-0,9%	0,14
35	BivioOrgia3 IN	600	606	-6	-1,0%	0,24
36	BivioOrgia4 IN	23	19	4,2	22,1%	0,91
37	Castelnuovo OUT	185	184	0,65	0,4%	0,05
38	Castelnuovo IN	140	151	-10,63	-7,0%	0,88
39	Asciano OUT	60	57	2,7	4,7%	0,35
40	Asciano IN	190	191	-0,59	-0,3%	0,04
41	Rapolano IN	944	875	69,2	7,9%	2,29
42	Rapolano OUT	573	571	1,8	0,3%	0,08
43	SienaFI OUT	1.126	1.130	-3,79	-0,3%	0,11
44	SienaFI IN	1.810	1.862	-52,26	-2,8%	1,22
45	Castellina OUT	337	335	1,59	0,5%	0,09
46	Castellina IN	532	532	-0,25	0,0%	0,01
47	PianCasone OUT	239	232	7,01	3,0%	0,46
48	PianCasone IN	336	281	54,89	19,5%	3,13
49	PonteRigo IN	271	221	49,86	22,6%	3,18
50	PonteRigo OUT	159	158	1,36	0,9%	0,11

Postazioni e numero	Nome	Flussi modellati	Flussi osservati	Delta ass	Delta %	GEH
51	BivioOrgia2 IN	194	166	28,29	17,0%	2,11
52	Monteaperti OUT	199	177	21,86	12,4%	1,59
53	Monteaperti IN	146	159	-12,51	-7,9%	1,01
54	Chiantigiana OUT	348	335	12,99	3,9%	0,70
Totale		27.777	28.172	-395,28	-1,4%	2,36

Tabella 9.28– Validazione per singola postazione (Fonte: elaborazioni Systematica – LdP Associati)

La sostanziale corrispondenza fra valori di flusso osservati e modellati, dell'ordine del mezzo punto percentuale, ci fanno considerare buoni i risultati ottenuti. Inoltre, come richiesto da letteratura, oltre il 90% delle postazioni presenta GEH <5, con un valore medio di 2,36.

La valutazione sulla bontà del lavoro svolto può essere evidenziata anche attraverso l'uso di un indicatore statistico, l'errore medio assoluto, calcolato sommando fra loro le differenze assolute degli scostamenti fra valori osservati e valori modellati sui singoli archi e dividendo quindi il risultato ottenuto con il totale dei flussi osservati. Questo consente di evitare che le differenze positive e negative fatte segnare dai flussi modellati si elidano a vicenda, generando quindi un grave errore valutativo. Si ha:

- somma delle differenze assolute alle postazioni: 1.540
- errore medio assoluto: 5,46%

Questo valore deve essere comparato alla percentuale del 20%, generalmente considerata ottima nella Comunità Europea. Un ultimo indicatore sintetico della qualità del Modello di Traffico predisposto è dato dall'indice di correlazione R2, il cui valore raggiunge un ottimo 0,988. La distribuzione degli scostamenti rispetto alla teorica linea di regressione ottimale è illustrata:

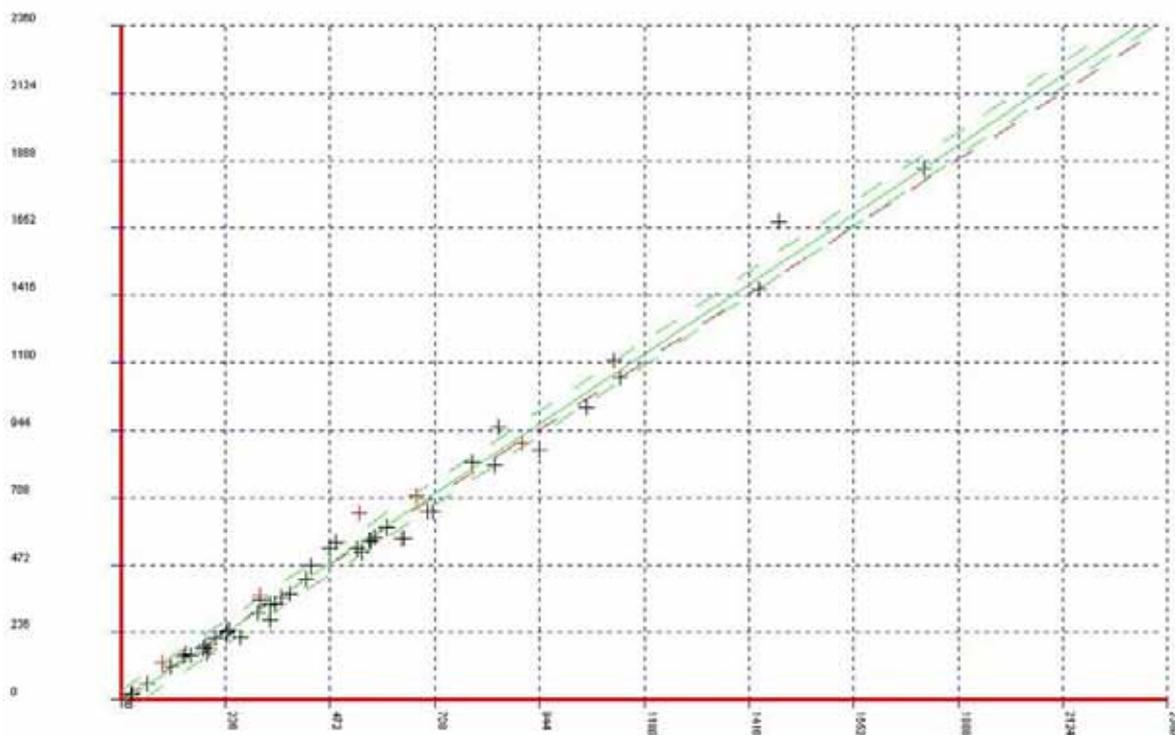


Figura 9.38 – Correlazione fra dati osservati e modellati (ora di punta antimeridiana)

9.8.4 Stato di fatto 2004

Il modello appena descritto è stato calibrato sulla base dei conteggi effettuati nei mesi di maggio e giugno 2004, periodo durante il quale lo svincolo in uscita verso nord ad Acquacalda era chiuso alla circolazione per lavori. Allo stato di fatto 2004, tuttavia, tale svincolo è aperto. È stato quindi necessario creare un apposito scenario intitolato “Stato di fatto 2004” basato sul modello appena calibrato, ma con lo svincolo aperto.

I risultati ottenuti dal modello di traffico in tale scenario sono illustrati nelle tavole che seguono e sono costituiti da:

- Percorrenze veicolari
- Flussi sugli archi
- Velocità lungo gli archi
- Tempi di percorrenza
- Criticità lungo gli archi
- Perditempo alle intersezioni
- Così generalizzati di spostamento su strada

9.8.4.1 Percorrenze veicolari

Il primo indicatore ha la finalità di evidenziare la quantità di chilometri percorsi dai veicoli che, nell’ora di punta antimeridiana, impongono la rete viaria urbana.

Distanza Totale Percorsa dai Veicoli = Σ (volumi di traffico x lunghezza dell’arco)

dove:

i volumi di traffico rappresentano i veicoli assegnati dal modello su base oraria.

la distanza è espressa in Chilometri.

Il secondo indicatore, ottenuto dal rapporto tra la distanza totale percorsa dai veicoli e il numero totale di veicoli assegnati, rappresenta **la distanza media percorsa da un veicolo** per compiere il proprio spostamento.

Distanza Totale Percorsa dai Veicoli (Veh*km)	354.787,8
Distanza media Percorsa a Veicolo (km)	14,8

Tabella 9.29 – Percorrenze veicolari stato di fatto 2004 (ore di punta antimeridiana)

9.8.4.2 Flussi sugli archi

I flussi veicolari più consistenti si possono osservare lungo le principali strade di accesso al comune di Siena, come ad esempio sulla:

- Super Strada Firenze – Siena,
- La tangenziale Ovest di Siena;
- Siena – Bettolle,
- Via Cassia Sud (proveniente da Monteroni),
- SS 223 (proveniente da Grosseto),

e, seppure in misura inferiore:

- Via Cassia Nord (proveniente da Monteriggioni),
- SS 222 (proveniente da Quercegrossa),
- SS 408 (strada Chiantigiana, proveniente da Pianella)
- SS 73 (proveniente da Sovicille e Rosia).

In ambito urbano, i tratti di viabilità caratterizzati da flussi di traffico consistenti sono:

- Strada Pescaia;
- Via Toselli;
- Via Sclavo;
- Via Fiorentina;
- Via Piccolomini.

Questi dati appaiono del tutto conformi alle condizioni note.

9.8.4.3 Velocità lungo gli archi

La velocità commerciale media calcolata dal modello sull'intera rete stradale è pari a 27,4 km/ora. Nella Tabella successiva sono elencate le velocità medie distinte per tipologia di arco.

Tipologia	Descrizione	Velocità media
2	Super strada	69,7
3	Extraurbana principale	26,2
4	Extraurbana secondaria	30,5
7	Urbana principale	16,6
8	Urbana secondaria	17,5
9	Urbana locale	18,7
10	ZTL	8
20	Svincoli	20,6
31	Viabilità park	5,7
Media		27,4

Tabella 9.30 – Velocità media per tipologia Stato di Fatto 2004 (ora di punta antimeridiana)

Nel leggere tale tabella, si tenga presente che nel calcolo delle velocità medie di percorrenza sono compresi i perditempo subiti alle intersezioni. In realtà quindi, come si può notare dalle Figure sopra indicate, le velocità di percorrenza sugli archi sono leggermente più alte di quanto indicato nella tabella.

9.8.4.4 Tempi di percorrenza

Nella successiva tabella sono riportati gli indicatori forniti dal modello relativi ai tempi di percorrenza veicolari. Il primo indicatore ha la finalità di mostrare il tempo impiegato dai veicoli per raggiungere la propria destinazione.

Tempo Totale di Percorrenza = \sum [volumi di traffico x (T - arco + T - int)]

dove:

T - arco = tempo impiegato per percorrere il dato arco nelle condizioni di deflusso assegnate dal modello (ovvero secondo la curva di deflusso caratteristica della data sezione stradale)

T - int = tempo di impegno delle intersezioni nelle condizioni di deflusso assegnate dal modello (ovvero secondo le caratteristiche codificate della data intersezione)

Il secondo indicatore, ottenuto dal rapporto tra il tempo totale di percorrenza e il numero totale di veicoli assegnati, rappresenta il **tempo medio di percorrenza di un veicolo** per compiere il proprio spostamento.

Tempo Totale di Percorrenza (ore)	12.927
Tempo Medio di Percorrenza a Veicolo (minuti)	32

Tabella 9.31 – Tempi di percorrenza veicolari Stato di Fatto 2004 (ora di punta antimeridiana)

9.8.4.5 Criticità lungo gli archi

Le tabelle mostrano il grado di criticità osservato lungo i singoli archi stradali, determinato dal rapporto tra il volume di traffico assegnato e la relativa capacità.

La sua lettura incrociata permette di evidenziare come in ambito urbano vi sia aderenza fra i volumi di traffico osservati e le criticità emergenti.

La stessa osservazione vale, sostanzialmente, in ambito extraurbano. Particolarmente critici risultano essere il tratto finale della Via Cassia Sud e della Siena Bettolle (dove la strada passa da due ad una corsia per senso di marcia). Le altre strade principali di accesso al Comune di Siena, invece, mostrano un'adeguata capacità per smaltire i consistenti flussi veicolari che le interessano.

9.8.4.6 Perditempo alle intersezioni

I perditempo alle intersezioni sono graficamente illustrati nella tavella successiva. Moltiplicando i perditempo di ciascuna manovra per il numero di veicoli che interessano la manovra stessa si ottengono i perditempo

complessivi per ogni intersezione. Questo parametro permette di individuare le intersezioni che presentano maggiori “peso” all’interno della rete.

9.8.4.7 Costi generalizzati di spostamento su strada

Nella seguente tabella sono riportati i costi generalizzati di spostamento su strada ottenuti in funzione dei parametri inseriti nel modello in fase di calibrazione.

Tempo (min)	2.056.773,87
Distanza (km)	863.167,65
Costo generalizzato (min)	3.271.521,30

Tabella 9.32 – Costi generalizzati di spostamento su strada Stato di Fatto 2004 (ora di punta antimeridiana)

COMUNE DI SIENA
Piano Strutturale

Parte decima – Altre infrastrutture

Gruppo di lavoro:
Ufficio di Piano

Agosto 2005

Ufficio di Piano del Comune di Siena

Coordinamento del Piano:
Andrea Filpa, Michele Talia, Fabrizio Valacchi, Rolando Valentini (Responsabile del Procedimento)

Ufficio di Piano: Gabriele Comacchio, Valeria Lingua, Paola Loglisci, Benedetta Mocenni, Raffaello Pin, Pietro Romano, Marco Signorelli, Adriano Tortorelli.

Collaboratori: Paolo Bubici, Enrica Burroni, Sonia Violetti

Indice (Parte X)

10.	LE ALTRE INFRASTRUTTURE.....	469
10.1	Le infrastrutture tecnologiche	469
10.2	Impianti di adduzione e distribuzione acqua potabile.....	469
10.3	Il collegamento e la depurazione delle acque reflue	469
10.4	Lo smaltimento dei rifiuti.....	470
10.5	Impianti di telecomunicazione	471
10.6	Impianti di distribuzione metano	471
10.7	Linee elettriche	471

10. LE ALTRE INFRASTRUTTURE

10.1 Le infrastrutture tecnologiche

Nel corso della redazione del quadro conoscitivo dello Schema Metropolitan dell'area Senese (*SMaS*), la raccolta dati ha interessato anche tutte le infrastrutture tecnologiche presenti sul territorio, quali il ciclo rifiuti e depurazione, gli impianti di telecomunicazione, gli impianti di adduzione e distribuzione dell'acqua potabile, gli impianti di distribuzione gpl e metano, e le linee elettriche.

Nel comune di Siena non si segnalano particolari problemi, come già evidenziato nella relazione dell'avvio del procedimento. La tradizionale efficienza nell'erogazione di tali servizi, si è recentemente confrontata con una razionalizzazione del ruolo e dell'autonomia degli enti gestori, attuata attraverso la creazione o la rifunzionalizzazione di imprese multi-utilities in grado di erogare servizi competitivi non soltanto sul mercato locale ma anche regionale e nazionale.

10.2 Impianti di adduzione e distribuzione acqua potabile

Le caratteristiche geologiche del comune di Siena, che per la maggior parte (ad esclusione dell'area calcarea di Icceto) possono essere ricondotte alla presenza di terreni sabbiosi ed argillosi, fanno sì che il territorio senese non sia dotato di falde acquifere significative. Anche storicamente la città di Siena ha sempre dovuto provvedere al proprio approvvigionamento idropotabile, facendo ricorso alle disponibilità idriche di zone limitrofe. Anticamente si cercò di risolvere il problema dell'acqua con la realizzazione di opere quali i "bottini" che attingevano acqua essenzialmente da zone poste a nord della città. All'inizio del secolo scorso fu realizzata un'opera idraulica di notevole rilevanza sociale oltre che ingegneristica: la condotta del "Vivo" che, partendo dall'Amiata, arriva a rifornire Siena e parte della provincia.

Il comune di Siena rientra nell'ATO6 "Ombrone" (Ambito Territoriale Omogeneo), costituito con la Legge Galli n.36/94 per l'organizzazione del sistema idrico e la gestione del ciclo integrato dell'acqua; ad oggi questa Istituzione ha affidato la gestione delle acque, dalla distribuzione alla depurazione, alla società *Acquedotto del Fiora*.

Il territorio di Siena è attraversato e servito da un sistema di due adduttrici intercomunali: acquedotti del Vivo e del Luco.

L'acquedotto del Vivo trasporta la risorsa erogata dalle sorgenti ubicate sul Monte Amiata (Ermicciolo, Ente, Burlana e Canalette), ha una lunghezza complessiva di 70 km e garantisce l'approvvigionamento esclusivo ai diversi comuni dell'ATO6. Nel serbatoio terminale di Montarioso perviene una portata media annua di 40-45 l/s.

L'acquedotto del Luco trasporta al serbatoio di Montarioso la risorsa erogata dal campo pozzi del Luco, in comune di Sovicille; ha una lunghezza complessiva di circa 15 km e garantisce una portata media annua di 230-240 l/s.

L' *Acquedotto del Fiora* ha in corso un progetto riguardante la realizzazione di una dorsale idrica di adduzione denominata ANELLO SENESE che avrà lo scopo di collegare le reti acquedottistiche dei comuni di Asciano, Buonconvento, Monteroni d'Arbia, Rapolano Terme e Siena, oltre a quelle di alcune zone dei comuni di Castelnuovo Berardenga, Monteriggioni, Murlo e Sovicille. L'opera si inserisce nella programmazione per la riorganizzazione del sistema idrico di gran parte del territorio della provincia di Siena gestito dall'ATO6 "Ombrone".

Per quanto riguarda gli impianti idrici (sorgenti, depositi, pozzi, impianti di sollevamento) presenti sul territorio si rilevano quelli di Montarioso, già citato, Vico Alto, Toiano, Volte Alte e Volte Basse. I pozzi privati non sono in quantità rilevante e destinati soprattutto ad uso domestico; è frequente invece il ricorso a pozzi-cisterna che si alimentano con acque di dilavamento.

10.3 Il collegamento e la depurazione delle acque reflue

La rete cittadina di opere fognarie è suddivisa in acque nere e bianche e sul territorio sono presenti quattro depuratori a processo biologico aerobico a fanghi attivi: uno è posto all'estremità sud del comune nei pressi dell'Arbia, in località Ponte a Tressa ed è un impianto dove la quasi totalità delle acque nere urbane, una volta trattate, vengono rilasciate nell'attiguo fiume. Il secondo depuratore è posizionato a valle del Policlinico "Le Scotte" sul fosso Acquaviva e le cui acque trattate confluiscono prima nel torrente Bolgione, poi nel torrente Bozzone ed infine nel fiume Arbia, a valle dell'abitato di Taverne d'Arbia. Gli altri due depuratori

sono situati rispettivamente nella zona industriale di Isola d'Arbia e dell'abitato di Costalpino. Si deve inoltre rilevare che, in virtù di una forte presenza di case e borghi isolati, dovuti ad una diffusa presenza nel territorio di popolazione residente fuori dalle aree urbane, sono stati adottati sistemi di smaltimento locali che non vanno a gravare sul sistema di depurazione principale. Negli insediamenti produttivi esistenti non si riscontrano al momento attività che comportino un alto rischio di inquinamento.

Il monitoraggio dello stato delle acque viene effettuato dall' A.R.P.A.T. (Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana) in modo circostanziato a seguito di controlli localizzati mediante rilevamenti sulle tre stazioni del fiume Arbia situate presso: Pianella, Salteano (immediatamente prima del depuratore nella zona di Ponte a Tressa) e Buonconvento, ed ha come obiettivo la classificazione dello stato ambientale dei corpi idrici.

10.4 Lo smaltimento dei rifiuti

Il comune di Siena partecipa al Piano Provinciale di Gestione dei rifiuti (prima Provincia a disporre di tale piano in Italia) detenendo una quota capitale pari al 6,96%, in conformità con il Piano Regionale di gestione dei rifiuti (L.R. 4/95, art.5).

Una particolare menzione va fatta per lo smaltimento dei rifiuti gestito dalla *Siena Ambiente*, dove l'attenzione dell'Amministrazione Comunale, trova riscontro nella posizione di alta classifica fra le città d'Italia, stilata dai diversi organismi preposti, in base all'esame di diversi parametri, tra cui anche quello della raccolta differenziata e della gestione dei rifiuti. Il comune di Siena ha raggiunto gli obiettivi di raccolta differenziata del Dlgs 22/97 (Decreto Ronchi), infatti, con riferimento ai dati del 2004, ha superato la percentuale di Legge del 25% attestandosi al 39,65%.

Si riportano in sintesi i dati relativi all'attività di smaltimento rifiuti nell'anno 2004:

	DESCRIZIONE	QUANTITA' PARZIALI	QUANTITA' TOTALI	QUANTITA' TOTALE RIFIUTI URBANI 2004	RD %
RSU (Rifiuti Solidi Urbani)	Una parte di rifiuti ingombranti pari a è andata in recupero	tn. 15,80	RSU tn. 24.100,09	tn. 37.957,93	39,65 %
	DISCARICA	tn. 2.616,,42			
	TERMOVALORIZZAZIONE	tn. 9,35			
	SELEZIONE E COMPOSTAGGIO	tn 21.458,52			
RD (Raccolta Differenziata)	SELEZIONE E COMPOSTAGGIO	tn. 1.7080,44 (organico)	RD tn. 13.857,84		
	TERMOVALORIZZAZIONE	tn. 6.020 (farmaci)			

Gli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti sono così articolati:

TIPOLOGIA	LOCALITA'
Selezione e Compostaggio	Loc. Pian delle Cortine - Comune di Asciano
Valorizzazione dei prodotti della raccolta differenziata	Loc. Pian delle Cortine - Comune di Asciano
Termoutilizzazione	Loc. Fosci - Comune di Poggibonsi
Smaltimento definitivo	Loc Le Macchiaie – Comune di Sinalunga
	Loc. Poggio alla Billa Comune di Abbadia San Salvatore
	Loc. Cavernano - Comune di Chianciano Terme
	Loc. Torre a Castello - Comune di Asciano

10.5 Impianti di telecomunicazione

La situazione degli impianti di telecomunicazione nel comune di Siena presenta due realtà distinte: le linee *Telecom* e la cablatrice a fibre ottiche della società *Terre Cablate*.

Le dorsali *Telecom* servono le zone urbanizzate e non sono previste, da parte dall'azienda stessa, né modifiche né ampliamenti tali da comportare impatti strutturali. Il centro storico e le zone urbane limitrofe sono serviti da una cablatrice a fibre ottiche realizzata dalla *Telecom*.

Il Consorzio *Terrecablate* (costituito nell'aprile 2002 tra la Provincia di Siena e tutti i Comuni della provincia stessa, che ne detengono quote di partecipazione differenti) ha come obiettivo la progettazione, realizzazione e gestione di infrastrutture di rete di telecomunicazioni (TLC) a larga banda a livello locale e geografico, dove per larga banda si intende l'ambiente tecnologico che consente l'utilizzo delle tecnologie digitali ai massimi livelli di interattività.

Gli interventi realizzati e in programma che interessano il comune di Siena sono :

- progettazione esecutiva rete in F.O. (fibra ottica) Anello di Siena (A0) e Anello Valdelsa (A1);
- ultimazione dell'allestimento delle sedi operative/centri di rete a Siena e a Chianciano Terme;
- cablatrice in FTTB e fornitura dei servizi per gli abitanti di tutti i comuni "cablati".

L'obiettivo finale è completare e rendere operativa entro il 2007 la rete a larga banda nella provincia di Siena - di intera proprietà pubblica - che collegherà i 36 comuni in tecnologia SDH-GigaBitEthernet.

10.6 Impianti di distribuzione metano

La rete di distribuzione del gas metano cittadina, gestita dalla società *Intesa*, serve senza particolari problemi tutto il territorio comunale. Dai contatti avuti con l'azienda stessa, fa seguito un elenco di interventi in programma per il potenziamento, l'estensione e in parte per la sostituzione della rete per servire nuove zone:

- Strada di Montalbucco e dintorni;
- San Miniato - Le Tolfe;
- Due ponti – Le Ropole;
- Anellatura Coroncina – Cerchiaia;
- Rinforzo viale Toselli – Ravacciano;
- Rinforzo condotta Cerchiaia – Rosia (ex stabilimento Chiron);
- Varie sostituzioni all'interno dell'insediamento urbano.

10.7 Linee elettriche

La situazione relativa alla copertura delle linee elettriche in territorio senese coinvolge più gestori: la società *Terna*, la società *RFI* (Rete Ferroviaria Italiana) e la società *Enel*.

Le linee ad Alta Tensione sono così gestite:

- gestione *Terna*: linea n.329 Pian della Speranza–Roma Nord (380 kv);
 - linea n. 016 Gaiole–Siena A (132 kv);
 - linea n. 064 Calp–Pian della Speranza (132 kv);
 - linea n.435 Pian della Speranza–Siena A (132 kv);
 - linea n. 437 Siena B–Serre di Rapolano (132 kv);

- linea n. 813 Pian della Speranza–Siena B (132 kv);
- gestione *RFI*: linea Centrale Lardarello–SSE Posticino (132 kv)
- gestione *Terna* – *RFI*: Variante Siena Nord (132 kv).

Le linee interessate da questa variante sono: n. 435 Pian della Speranza–Siena A, n. 042 Siena A–Siena C, n. 811 Siena B–Val d’Ambra. Tale progetto prevede il posizionamento della nuova linea in appositi “corridoi” di territori inedificati e inedificabili, di larghezza sufficiente a garantire, per gli insediamenti abitativi circostanti, valori di intensità di campo non superiori a 0,2 microtesla.

- gestione *Enel*: linea n. 410c Casole–Sovicille–Siena
 - linea n. 040323A Casole–Sovicille–Siena
 - linea n. 402 Sovicille.

La gestione delle linee a Media Tensione, invece, è di competenza solo dell’ *Enel* e le linee presenti sono la n. 36-000, 36-001, 36-002, 36-004, in tronchi aerei o interrati.

Nel corso della redazione del quadro conoscitivo del Piano Strutturale, le suddette società sono state interpellate riguardo ai loro piani di sviluppo, e nessuna delle tre aziende prevede né nuove costruzioni, né modifiche o dismissioni.