



Provincia *di* Biella

Settore Pianificazione Territoriale

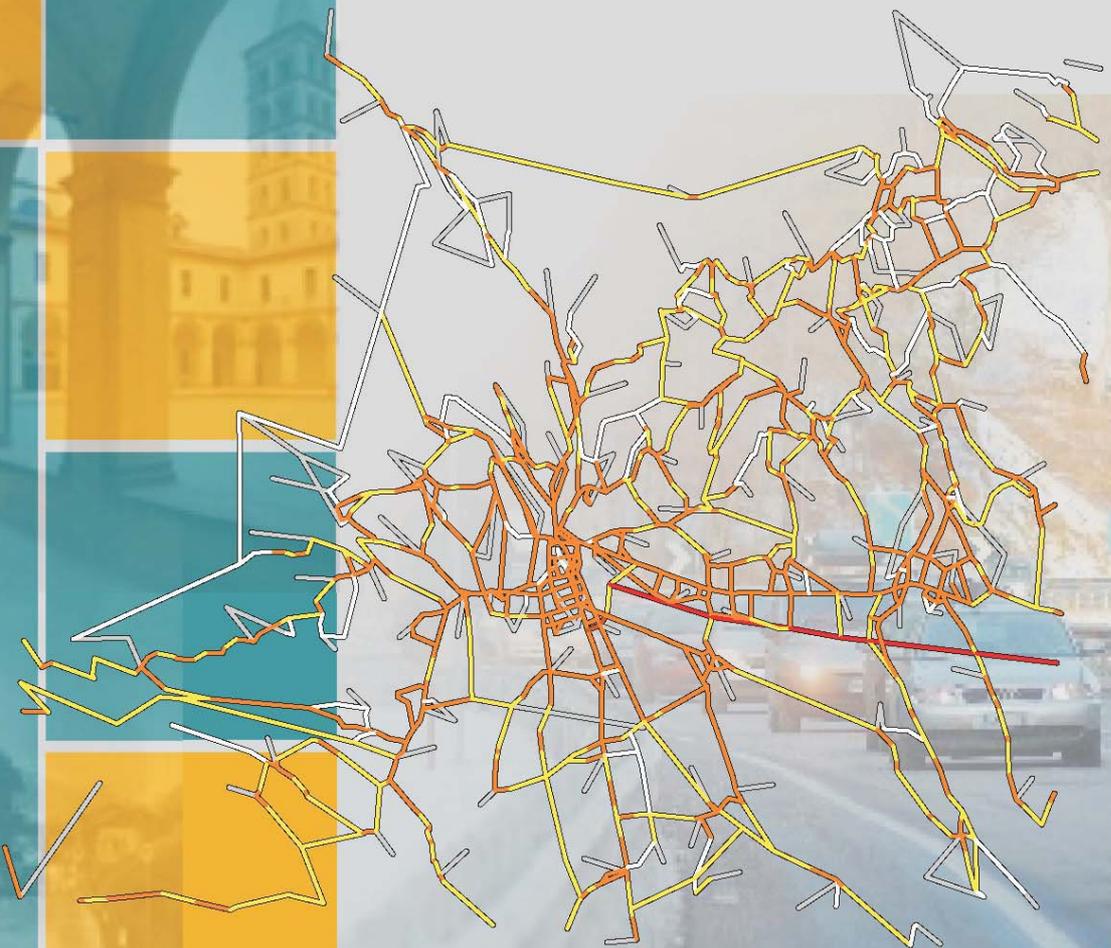
PROVINCIA DI BIELLA

PROVINCIA DI BIELLA

PROVINCIA DI BIELLA

Aggiornamento del quadro della mobilità veicolare
nel territorio della Provincia di Biella

**COSTRUZIONE DI UN MODELLO
DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE**

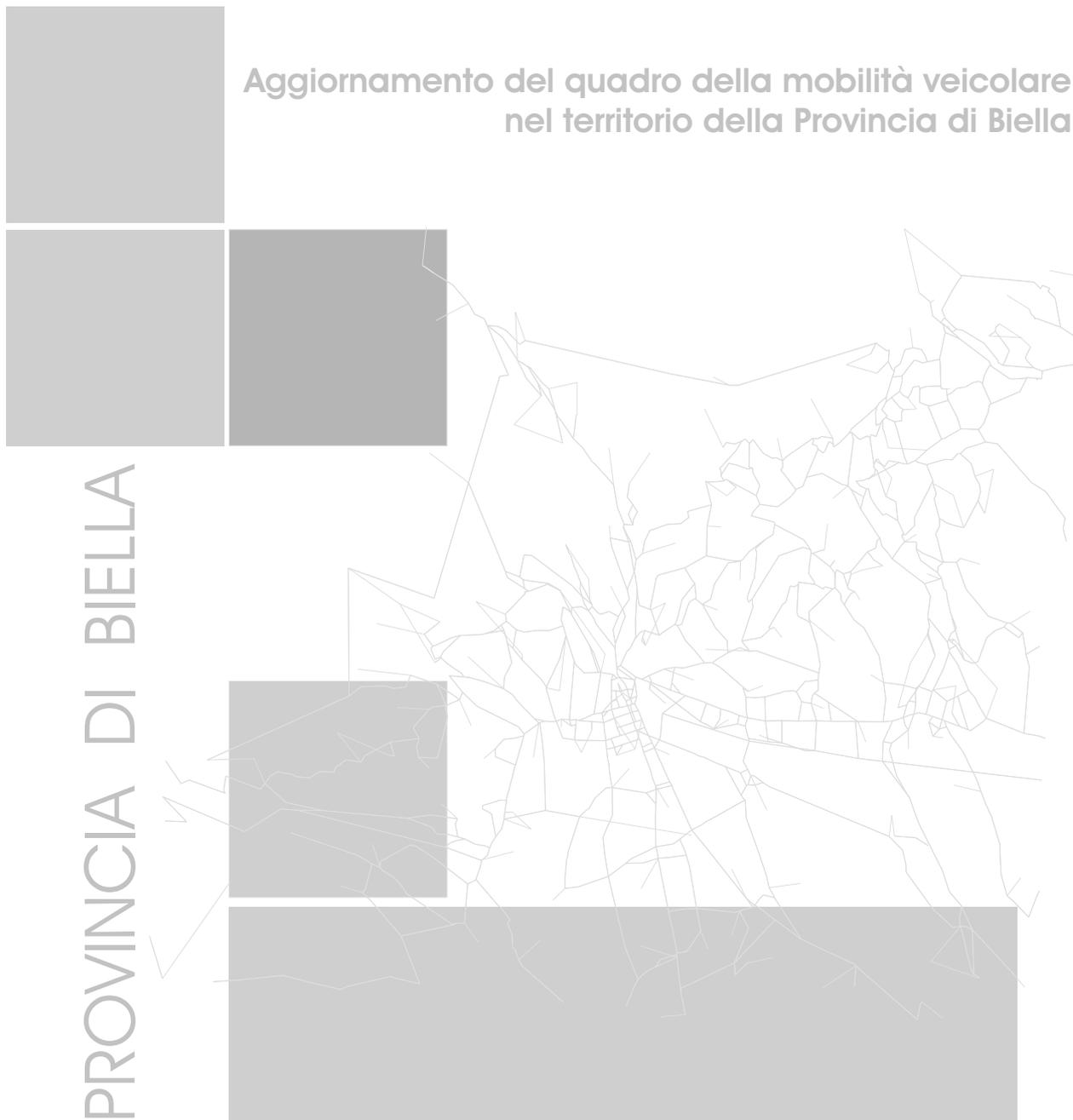


bozza

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Aggiornamento del quadro della mobilità veicolare
nel territorio della Provincia di Biella

PROVINCIA DI BIELLA



Il presente documento è stato redatto da **CAIRE Urbanistica** con il supporto tecnico del **Settore Pianificazione Territoriale della Provincia di Biella**



IL MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO VEICOLARE GLI SCENARI DI SIMULAZIONE

INTRODUZIONE	2
1 LA MODELLISTICA APPLICATA COME STRUMENTO CARDINE DEL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE LOGISTICA	4
1.1 Il sistema informativo traffico - ambiente – territorio	5
1.2 Le applicazioni della simulazione del traffico	6
2 IL PERCORSO DI COSTRUZIONE DEL MODELLO DI TRAFFICO DELLA PROVINCIA DI BIELLA.....	10
2.1 Il quadro delle informazioni disponibili	12
2.2 La zonizzazione dell'area di studio	14
2.3 Le analisi integrative	16
2.3.1 Conteggio automatico dei flussi di traffico.....	18
2.3.2 Le interviste ai conducenti dei veicoli.....	23
2.3.3 La mobilità delle persone	27
2.3.4 La mobilità delle merci	34
2.4 Costruzione delle matrici origine / destinazione (O/D) degli spostamenti veicolari	38
2.5 L'applicazione della procedura di stima delle matrici (Matrix Estimation).....	41
2.6 L'offerta di infrastrutture viarie	48
2.6.1 Struttura del modello: la qualificazione dei nodi	52
2.7 L'assegnazione della domanda di traffico al grafo della rete.....	55
2.8 La configurazione "finale" del modello: caratteristiche, affidabilità, sensibilità	60
3 VALUTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON L'APPLICAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE	63
3.1 Valutazione dello stato attuale (scenario 0)	63



INTRODUZIONE

I problemi della circolazione e della mobilità rappresentano ai giorni nostri uno dei temi più sentiti dalla collettività. I tempi impiegati per gli spostamenti e le distanze di percorrenza tendono sempre più a dilatarsi, come conseguenza della sempre maggiore dispersione dei luoghi di lavoro, di residenza e di svago: è ragionevole pensare che ciascuna persona impieghi mediamente il 10% del proprio tempo per gli spostamenti quotidiani.

Le conseguenze dell'incremento della mobilità sono misurabili direttamente sulle strade: aumentano gli incidenti, peggiorano costantemente le condizioni dell'ambiente in cui viviamo. Questo perché alla crescita delle esigenze della mobilità non ha risposto un equilibrato aumento del sistema di offerta, cioè delle infrastrutture, dei servizi e delle regolazioni per il trasporto pubblico e privato. Questo squilibrio si è riversato in misura invasiva nelle nostre strade e nella nostra vita, creando situazioni di congestione del traffico e di enorme dilatazione del tempo impiegato negli spostamenti.

Da queste brevi considerazioni è facile intuire che qualsiasi intervento di pianificazione e trasformazione del territorio non può prescindere da un'accurata analisi del fenomeno della mobilità; ogni previsione deve essere valutata attentamente, in termini di nuovi carichi indotti sulle reti di comunicazione in funzione degli obiettivi più generali di sostenibilità.

L'efficienza del sistema della mobilità deve quindi essere garantita da un'adeguata pianificazione e gerarchizzazione delle infrastrutture, che assicurino standard prestazionali coerenti al ruolo che le strade ricoprono all'interno dell'armatura funzionale territoriale sia nello stato attuale, sia in vista delle trasformazioni future, senza per questo rinunciare a minimizzare l'impatto sui punti sensibili e sui valori del sistema locale. Questo studio nasce dall'esigenza di valutare le criticità del sistema di mobilità locale, sia in termini di scenari attuali, sia nella prospettiva della crescita della mobilità prevista negli anni futuri. La realizzazione dei nuovi interventi infrastrutturali previsti dovrà essere in grado di assorbire tale crescita e anche di eliminare gli elementi di criticità già oggi presenti, verificando e indirizzando gli strumenti di pianificazione territoriale, primo fra tutti il Piano Territoriale Provinciale (PTP).



La disponibilità delle attuali tecnologie informatiche in tema di assegnazione e pianificazione del traffico consente di realizzare modelli informatizzati della rete di trasporto in grado di stimare gli effetti conseguenti a interventi previsti e pertanto di valutarne l'efficacia o l'impatto. Attraverso l'utilizzo dei modelli di simulazione, infatti, è possibile stimare sia l'efficacia sistemica degli interventi proposti, sia la prestazione localizzata fornita da ogni singolo elemento della rete viaria (archi e nodi).

All'interno di una prospettiva di sostenibilità, la modellistica applicata ai trasporti consente di valutare i carichi di emissioni inquinanti sonore e gassose connesse al traffico veicolare, la variazione dei comportamenti in termini di costo di trasporto tra due o più sistemi insediativi o infrastrutturali alternativi, le probabilità di saturazione della capacità di carico di un determinato ambito territoriale. L'utilizzo di un modello informativo appare inoltre di fondamentale importanza per il monitoraggio del sistema della mobilità e per la sua gestione ed il suo aggiornamento periodico nel tempo, come banca dati di riferimento, e per definire priorità ed integrazioni o varianti alle previsioni di regimazione e riorganizzazione della mobilità.

L'Amministrazione Provinciale di Biella, pertanto, ha inteso predisporre un aggiornamento del quadro della mobilità veicolare. In particolare l'approfondimento riguarda la predisposizione di un sistema di simulazione in grado di valutare la fattibilità e la convenienza sugli interventi infrastrutturali che vengono prospettati. I dati necessari al funzionamento del sistema sono stati assunti a partire dal perfezionamento delle basi dati già disponibili presso la Provincia ed opportunamente integrati attraverso analisi specifiche sviluppate in collaborazione con i Servizi Tecnici provinciali.

Ciò premesso, nel presente rapporto sono esposte le proprietà del modello di simulazione implementato e i suoi possibili impieghi, le caratteristiche delle basi dati specificamente create per la Provincia di Biella, i criteri modellistici ed i parametri trasportistici adottati nella formazione e nella calibrazione del modello informatizzato di simulazione del sistema della mobilità.

Con l'impiego del modello è stata effettuata una prima diagnosi di funzionalità della rete stradale nello stato di fatto, denominato "Scenario 0" della rete infrastrutturale e collocabile temporalmente al mese di maggio 2005, a cui seguiranno le ulteriori fasi dello studio che valuteranno gli effetti di differenti configurazioni future della domanda di mobilità (crescita e distribuzione territoriale) e di diverse conformazioni di sviluppo della rete stradale (nessuna nuova opera, nuove opere previste nel breve periodo e nuove opere previste nel medio - lungo periodo dal PTP).



1 LA MODELLISTICA APPLICATA COME STRUMENTO CARDINE DEL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE LOGISTICA

I modelli di assegnazione e simulazione del traffico e dei trasporti giocano oggi un ruolo centrale e insostituibile nella pianificazione dei trasporti e rappresentano un elemento fondamentale nell'indirizzo delle scelte logistiche ed insediative, oltre a fornire un valido supporto nel terreno della comunicazione.

La profonda evoluzione delle applicazioni modellistiche, unitamente alle potenzialità di calcolo ormai raggiunte dai sistemi informatici, consentono oggi di affinare notevolmente il numero delle variabili considerate e la qualità dei risultati ottenibili. I modelli di simulazione del traffico sono gli unici strumenti in grado di rappresentare gli stati della circolazione (e delle condizioni ambientali indotte) in forma processuale continua¹, e dunque in grado di consentire un grado di sorveglianza sulla evoluzione dei sistemi mentre questa evoluzione si compie.

Oggi i modelli informatizzati della rete stradale si sono affinati nel livello tecnico e nelle strategie di utilizzo, consentendo di valutare gli effetti conseguenti ad interventi previsti, non solo in termini trasportistici, ma anche ambientali ed urbanistici.

All'interno di una prospettiva di *sostenibilità*, la modellistica applicata ai trasporti consente per esempio di valutare i carichi di emissioni inquinanti sonore e gassose connesse al traffico veicolare, la variazione dei comportamenti in termini di costo di trasporto *tra due o più sistemi insediativi o infrastrutturali alternativi*, e a seconda delle trasformazioni prefigurate nella rete e nei nodi, le probabilità di saturazione della capacità di carico di un determinato ambito territoriale.

La redazione di un modello integrato traffico – ambiente – territorio e la sua implementazione presso gli uffici tecnici della Provincia di Biella può consentire all'amministrazione una *azione costante di verifica e controllo*, possibilità di ritorno sulle soluzioni e sui problemi, capacità di fare emergere le opportunità latenti. Il carattere iterativo e costante di questa attività di controllo e verifica rende opportuno ed indispensabile l'utilizzo della modellistica applicata per indirizzare e stimare le

¹ Pianificazione e monitoraggio delle opzioni localizzative e dei regimi di circolazione.



conseguenze delle scelte infrastrutturali che nei prossimi anni interesseranno il territorio della Provincia di Biella.

1.1 Il sistema informativo traffico - ambiente – territorio

La redazione di un sistema informativo della mobilità a corredo delle grandi scelte insediative e delle piattaforme logistiche appare oggi indispensabile per la definizione di schemi di circolazione e la sua sperimentazione: prima con azioni di simulazione e poi sul campo. Attraverso l'utilizzo dei modelli di simulazione, infatti, può essere stimata sia l'efficacia sistemica degli interventi proposti (cioè le prestazioni fornite a livello di intero contesto territoriale in termini di tempo di viaggio e km percorsi), sia la prestazione localizzata fornita da ogni singolo elemento della rete viaria (archi e nodi).

La prima considerazione consentita dall'impiego dei modelli di simulazione è quella di estendere a tutta la rete, anche per le porzioni sulle quali sono state effettuate misure dirette, una stima dei flussi veicolari e quindi di disporre di indicatori prestazionali relativi agli attuali livelli di servizio che le infrastrutture viabilistiche assicurano alla domanda di mobilità che ad esse si rivolge (individuazione delle criticità nella fluidità della circolazione).

La disponibilità di questi elementi di base assume primaria importanza in chiave di *sostenibilità*: l'applicazione di appositi algoritmi ai risultati della modellizzazione consente di misurare gli effetti di *risparmio energetico*, *di costo di trasporto in termini di tempo e distanza* e di nuovi carichi *ambientali* connessi ai differenti scenari analizzati.

L'utilizzo di un modello informativo appare inoltre di fondamentale importanza per il *monitoraggio del sistema della mobilità* e per la sua gestione ed il suo aggiornamento periodico nel tempo, come banca dati di riferimento, e per definire priorità ed integrazioni o varianti alle previsioni di regimazione e riorganizzazione della mobilità.

La predisposizione degli strumenti di simulazione e del sistema informativo correlato proposto prevede:

- formazione di una base dati rappresentativa in forma schematica del grafo delle reti infrastrutturali e di trasporto attraverso la raccolta e la sistematizzazione di banche dati esistenti;



- scelta appropriata di modelli di simulazione (generazione e attrazione di spostamenti, formazione e stima di matrici O/D di traffico privato e di movimenti di merci, assegnazione dinamica alle reti, progettazione, etc.);
- calibrazione dei modelli di simulazione,
- scelta degli scenari progettuali su cui applicare i modelli previsionali, anche in termini di opzioni logistiche alternative;
- valutazione degli effetti.

Una completa costruzione dell'Ufficio Tecnico Provinciale della Mobilità deve prevedere la gestione diretta di questi strumenti, da attuare attraverso: la formazione di personale tecnico per la gestione negli anni futuri del sistema modellistico, l'acquisizione da parte della Provincia di software di gestione e la formazione per il suo utilizzo, il costante aggiornamento degli archivi e del modello.

1.2 Le applicazioni della simulazione del traffico

La comprensione del campo di impiego della modellistica richiede di precisare alcuni elementi di base per meglio comprenderne la flessibilità d'uso e la potenzialità. In primo luogo occorre richiamare i tre livelli di pianificazione con cui confrontarsi.

Il *livello strategico* è quello della definizione di interventi di grande respiro. L'uso di tecniche avanzate di simulazione è qui imposto sia dalla complessità degli interventi, sia dagli effetti sui vari aspetti ambientali e trasportistici. I tempi di elaborazione ed attuazione sono, a questo livello, abbastanza lunghi.

A *livello tattico* i tempi si restringono molto, occorre pertanto possedere le competenze e gli strumenti di base per restringere il campo di analisi e per rendere più veloce l'utilizzazione; occorre poi sottolineare le alternative di intervento da prendere in considerazione, che sono qui certamente meno "pesanti" rispetto al livello strategico, ma anche molto più numerose.

A *livello operativo* i tempi di elaborazione e di attuazione che garantiscono l'efficacia di eventuali interventi sono talmente stretti da richiedere, da parte dell'amministrazione competente, o autonome capacità di progettazione o l'assistenza da parte di tecnici esperti. Il livello operativo è più tipico delle aree urbane e



metropolitane, ma può essere anche efficacemente impiegato anche a scala provinciale. E' facile esemplificare alcuni problemi che richiedono da parte dell'Amministrazione decisioni ed interventi operativi in "tempo reale":

- modifiche alla circolazione per cause esterne (incidenti, manifestazioni, sicurezza, etc.) o per problemi specifici di alcuni poli;
- monitoraggio e previsione di flussi in settori critici;
- controllo e adattamento della semaforizzazione;
- analisi e localizzazione degli incidenti con memorizzazione di serie storiche per la costruzione di indicatori di rischio.

Livelli di pianificazione dei trasporti

LIVELLI	TIPOLOGIA	TEMPO DI ELABORAZ.	TEMPO DI RISPOSTA	ELABORAZIONE	ATTUAZIONE E GESTIONE
Strategico	Piano dei trasporti	1-2 anni	2-10 anni	Amministrazione + esperti	Amministrazione + aziende
Tattico	Studio viabilità primaria; studio dell'offerta di trasporto pubblico; piani di circolazione	6-12 mesi	1-6 mesi	Amministrazione + esperti + aziende	Amministrazione + aziende
Operativo	Osservazione e controllo dei flussi	Reale	Reale	Amministrazione	Amministrazione

L'utilità di uno strumento di modellizzazione del traffico si estende ovviamente a tutti i livelli di pianificazione, per la sua capacità di gestire banche dati, di analizzare scenari diversi, di tener conto della coesistenza sulla rete di diversi modi di trasporto, di fornire risposte in tempo reale.

Rispetto ad ogni livello, quindi, il modello presenta una o più caratteristiche in grado di migliorare la qualità della pianificazione, riducendo al contempo tempi ed oneri necessari per la valutazione delle possibili alternative di intervento.

Il modello informatizzato è in grado di memorizzare, elaborare e rappresentare tutti gli elementi che concorrono a determinare le condizioni del traffico, ovvero che da queste sono, in qualche modo, influenzati. In estrema sintesi, questi possono essere così riassunti:

- domanda di mobilità;
- offerta di trasporto;



- flussi, tempi, prestazioni;
- meccanismi di incontro tra domanda e offerta.

Per quanto riguarda la domanda, è necessario incorporare nel sistema anche la capacità di ricostruirne la struttura con il massimo dettaglio possibile a partire da informazioni incomplete sulla matrice origine – destinazione delle persone e delle merci, dalle caratteristiche socio-economiche delle varie zone, dai flussi rilevati sugli archi; occorre inoltre essere in grado di proiettare la domanda di mobilità nel tempo in relazione agli scenari ipotizzati di assetto del territorio e dei trasporti.

Flussi, tempi e prestazioni costituiscono in parte dati di ingresso, relativamente all'assetto attuale dei trasporti, che deve essere noto con sufficiente precisione per poter calibrare su di esso i vari modelli utilizzati, ed in parte risultati della simulazione relativamente agli scenari che vengono di volta in volta analizzati e valutati. La struttura della base dati permette un rapido confronto tra i parametri che si riferiscono a scenari diversi.

La rappresentazione dei meccanismi di incontro tra domanda e offerta rappresenta, evidentemente, la parte più delicata dal punto di vista metodologico. Essa richiede l'inclusione nel sistema di adeguati modelli matematici in grado di rappresentare il comportamento di massa degli utenti rispetto sia alla scelta modale, sia all'itinerario tra le varie origini e destinazioni degli spostamenti.

I risultati sono forniti non solo in termini di carichi sulla rete stradale e sul sistema pubblico, ma anche in termini di prestazioni, di variazioni nel sistema delle accessibilità relative delle varie zone (determinante essenziale dei processi di localizzazione) e di impatto sull'ambiente (rumore, inquinamento, etc.).

Il modello è composto da più moduli integrati. Il "cuore" del sistema è, evidentemente, il blocco "modelli e algoritmi" che, a seconda delle richieste dell'utente, preleva automaticamente dalle altre componenti del sistema le informazioni necessarie, effettuando poi le opportune elaborazioni. Queste ultime, in particolare, possono essere di tre tipi:

- stima e/o previsione della domanda di trasporto;
- calcolo di funzioni specificate dell'utente;
- assegnazione del traffico.



Si può affermare che le linee di proposta derivanti dall'utilizzo del modello consentono di effettuare proiezioni a diversi orizzonti temporali:

- a) *scenari di fatto*, che consistono nella ottimizzazione dello stato di fatto mantenendo cioè le caratteristiche di rete esistenti sulle quali verranno adottati i miglioramenti possibili con il cambiamento di funzionalità di archi e nodi (rimozione sosta a lato strada, cambiamento regolazioni semaforiche, ecc.).
- b) *scenari di breve periodo*, che consistono nella introduzione di modificazioni anche significative di funzionalità di rete e tuttavia con assegnazione di tratte di rete a modalità di trasporto esclusive o quasi esclusive, (si pensi a pedonalizzazioni o vie riservate per il trasporto pubblico).
- c) *scenari di medio periodo*, che consistono nella introduzione di parti nuove di rete (tronchi stradali, parcheggi, o altro), comunque da avviare entro due/tre anni e quindi da prevedere nei programmi finanziari in corso.
- d) *scenari di medio-lungo periodo*, che si collocano su orizzonti temporali più lunghi, ma che è utile e ragionevole sondare con simulazioni per stabilirne l'utilità e predisporre la futura attuazione. Si tratta in generale di interventi previsti dai Piani dei Trasporti e da altri strumenti di pianificazione (tipicamente piani urbanistici o territoriali che contemplano scelte logistiche o nuove previsioni insediative) di cui occorre stabilire la compatibilità con il sistema dei trasporti.



2 IL PERCORSO DI COSTRUZIONE DEL MODELLO DI TRAFFICO DELLA PROVINCIA DI BIELLA

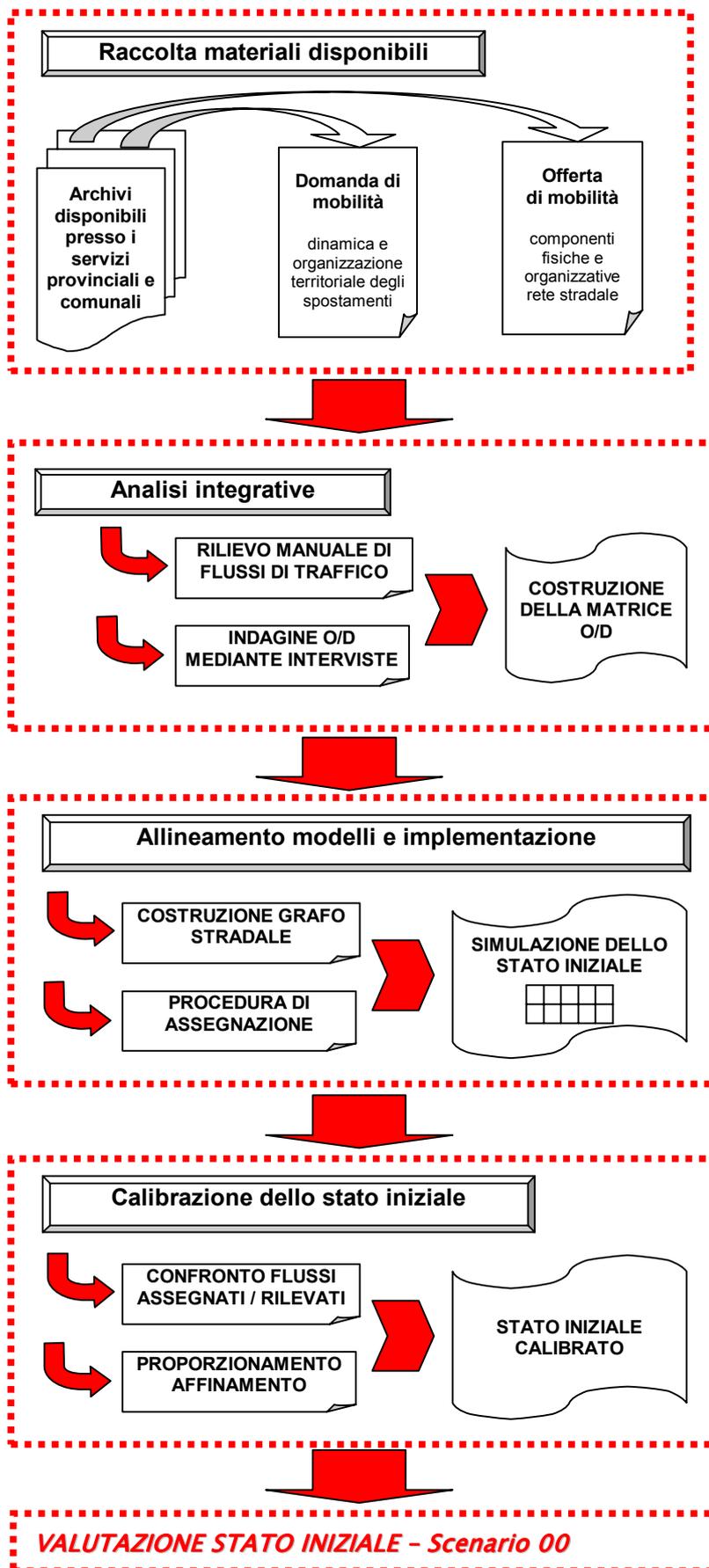
Un elemento fondante della qualità di un modello di simulazione del traffico è costituito, in linea generale, dall'affidabilità del supporto informativo di base con cui si rappresenta lo stato attuale della domanda e dell'offerta di mobilità. Quanto più queste basi dati, da cui derivano tutte le successive analisi ed elaborazioni, sono disponibili e di buona qualità (cioè corrispondenti alla realtà osservata), tanto più precisi saranno i risultati e le stime fornite dal modello di simulazione del traffico.

Nell'ambito dell'approfondimento ed aggiornamento del quadro della mobilità relativa al territorio corrispondente alla Provincia di Biella, si è quindi partiti da un'accurata indagine e raccolta delle fonti informative esistenti ed alla progettazione di una zonizzazione del territorio provinciale coerente con gli obiettivi dello studio. Si è quindi provveduto all'integrazione ed aggiornamento del materiale raccolto attraverso la predisposizione di apposite campagne di rilevazione. Parallelamente, si è provveduto alla sistematizzazione dei dati raccolti con la costruzione delle matrici di origine e destinazione rappresentative della domanda di traffico ed alla realizzazione del grafo stradale.

Si è successivamente predisposto l'allineamento dei dati di domanda (matrici O/D) ed offerta (grafo stradale) con il sistema di simulazione software adottato. A partire dalla simulazione dello stato attuale si è provveduto all'affinamento del modello con un processo di stima delle matrici e di calibrazione dei parametri funzionali in grado di ridurre lo scostamento tra stato reale e stato simulato ad un differenziale accettabile.

Si è infine provveduto all'impiego del modello per valutare le condizioni di funzionamento attuale della rete, attraverso una verifica delle condizioni di deflusso degli archi e della fluidità delle manovre di svolta nelle principali intersezioni.

Lo schema seguente sintetizza le fasi di costruzione del modello di simulazione.





2.1 Il quadro delle informazioni disponibili

Il primo passo dello studio, come detto, è stato la raccolta di tutte le fonti informative sulla mobilità e sulle nuove previsioni infrastrutturali e logistiche disponibili sia presso la Provincia, sia esternamente ad essa (Piani Urbani del Traffico, analisi sulla mobilità predisposte dai comuni,...). Attraverso un'attenta analisi critica è stato possibile valutare un possibile impiego di dette fonti al fine dell'aggiornamento del quadro della mobilità.

Le uniche fonti informative utilizzabili ai fini dello studio, per quanto datate, erano già interne all'amministrazione e provengono dal Piano Provinciale della Mobilità (PPM) redatto nel 1997. Il quadro delle indagini predisposte nell'ambito del PPM riguardavano principalmente la mobilità veicolare e risalgono al novembre 1996.

Rilievi del traffico in transito erano stati effettuati su 13 sezioni stradali, a cui si aggiungevano i conteggi dei flussi di svolta su 5 intersezioni. Interviste di ricostruzione dell'origine destinazione dei veicoli erano state effettuate presso 8 postazioni posizionate sulle principali arterie stradali e in corrispondenza dei 6 caselli più prossimi alla Provincia (circa 1200 interviste complessive).

Il grafo stradale ed il modello utilizzato per la redazione del PPM era costituito da circa 320 archi bidirezionali che rappresentavano la rete stradale del territorio provinciale, senza definizione delle reti urbane provinciali. Le zone O/D in cui era partizionato il territorio erano 71: la base era comunale (con alcune aggregazioni) a cui si aggiungevano 20 direttrici esterne. Una specifica indagine era stata rivolta alla rilevazione delle caratteristiche geometriche e funzionali delle principali intersezioni stradali.

Non avevano avuto buon fine le indagini rivolte alla mobilità delle merci: era stato predisposto un questionario da somministrare e raccogliere a cura delle associazioni di categoria che non aveva avuto esito. Specifiche indagini erano state sviluppate sulle linee del trasporto pubblico extraurbano, sull'incidentalità stradale e sulle condizioni di inquinamento acustico ed atmosferico collegate al traffico veicolare.

Negli anni successivi l'Amministrazione ha approfondito principalmente il settore del trasporto pubblico, anche a seguito al decentramento alle Province delle competenze in materia: le indagini iniziali predisposte dal piano della mobilità sono state approfondite dall'Amministrazione e consolidate in un modello di simulazione del TPL (su gomma) oggi disponibile presso gli uffici.



Più recentemente è stato predisposto un aggiornamento grafo stradale, su richiesta della Regione Piemonte che lo ha implementato nel proprio "3° Piano Regionale dei Trasporti" del giugno 2004. Il grafo comprende una classificazione della viabilità ma è privo di elementi associati necessari a definire le caratteristiche prestazionali di ciascuna asta viaria.

La disponibilità di un nuovo grafo stradale e la insufficiente definizione ed estensione di quello esistente rispetto alle nuove esigenze dell'Amministrazione hanno fatto propendere per un rifacimento della rete su cui appoggiare il modello di simulazione del traffico. È parso anche opportuno un riallineamento dei dati di domanda di mobilità di trasporto privato con la zonizzazione del modello provinciale di trasporto pubblico già in uso presso l'amministrazione, definendo una nuova zonizzazione dell'area di studio compatibile tra i due sistemi. Questa attività, infatti, si integra in una più sistematica azione di messa a punto ed aggiornamento degli strumenti tecnici disponibili per servire le esigenze di pianificazione della Amministrazione sui diversi fronti del sistema della mobilità provinciale.

I dati relativi alla domanda di mobilità veicolare privata ed ai flussi di traffico, ormai alquanto datati, sono stati aggiornati con una nuova campagna di rilevazione O/D su strada, descritta in seguito. Per quanto riguarda gli spostamenti interni alla provincia e non già intercettati ai cordoni, potranno essere implementati anche i dati ISTAT 2001, quando disponibili, con una successiva integrazione al modello.

La completa assenza di basi dati per quanto riguarda la mobilità delle merci, ha richiesto la predisposizione una campagna di rilevazione su strada al cordone che ha ricostruito la mobilità veicolare delle merci in ingresso - uscita dal territorio provinciale, mentre in una seconda fase potrà essere predisposta una indagine (integrativa) effettuata con somministrazione di questionari presso le aziende, che miri a ricomporre la mobilità interna e gli scambi con l'esterno effettuati con altre modalità di trasporto.

Per quanto riguarda la domanda di mobilità che si rivolge al trasporto pubblico, sempre in una seconda fase dello studio, le informazioni già disponibili sul TPL potranno essere integrate con una rilevazione ad hoc dei flussi (e delle rispettive O/D) servite dal trasporto ferroviario.



2.2 La zonizzazione dell'area di studio

La suddivisione in zone dell'area di cui si intende modellare il sistema della mobilità è operazione di primaria importanza: l'adeguata perimetrazione permette di identificare nel "polo" del territorio tutta la domanda di mobilità generata in origine e in destinazione dall'intera zona. Si tratta di un'operazione di lettura semplificata del territorio, necessaria per riuscire a schematizzare la struttura della mobilità e la rete di trasporti e infrastrutture viarie. Di conseguenza la dimensione delle zone è condizionata dalla possibilità di rappresentare in tal modo le funzioni territoriali che generano domanda di mobilità e dal grado di dettaglio a cui tendere con l'analisi e le successive elaborazioni di "costruzione" delle matrici Origini/Destinazione (O/D).

L'area geografica nella quale si trova il sistema di mobilità oggetto del presente studio, è definita come l'ambito territoriale nel quale si ritiene che si esauriscano la maggior parte degli interventi previsti. Tutto quanto è esterno al cordone ideale che delimita l'area di studio è considerato come ambiente esterno: di questo interessano solo le interconnessioni che esso ha con il sistema viabile locale, siano esse anche di semplice attraversamento.

Nel modello utilizzato l'area di studio è estesa al confine del territorio provinciale. Gli spostamenti che si effettuano all'interno dell'area possono, in generale, iniziare e terminare in qualunque punto del territorio. Al fine di rendere possibile la rappresentazione matematica del sistema viabile, è necessario semplificare il modello interpretativo territoriale.

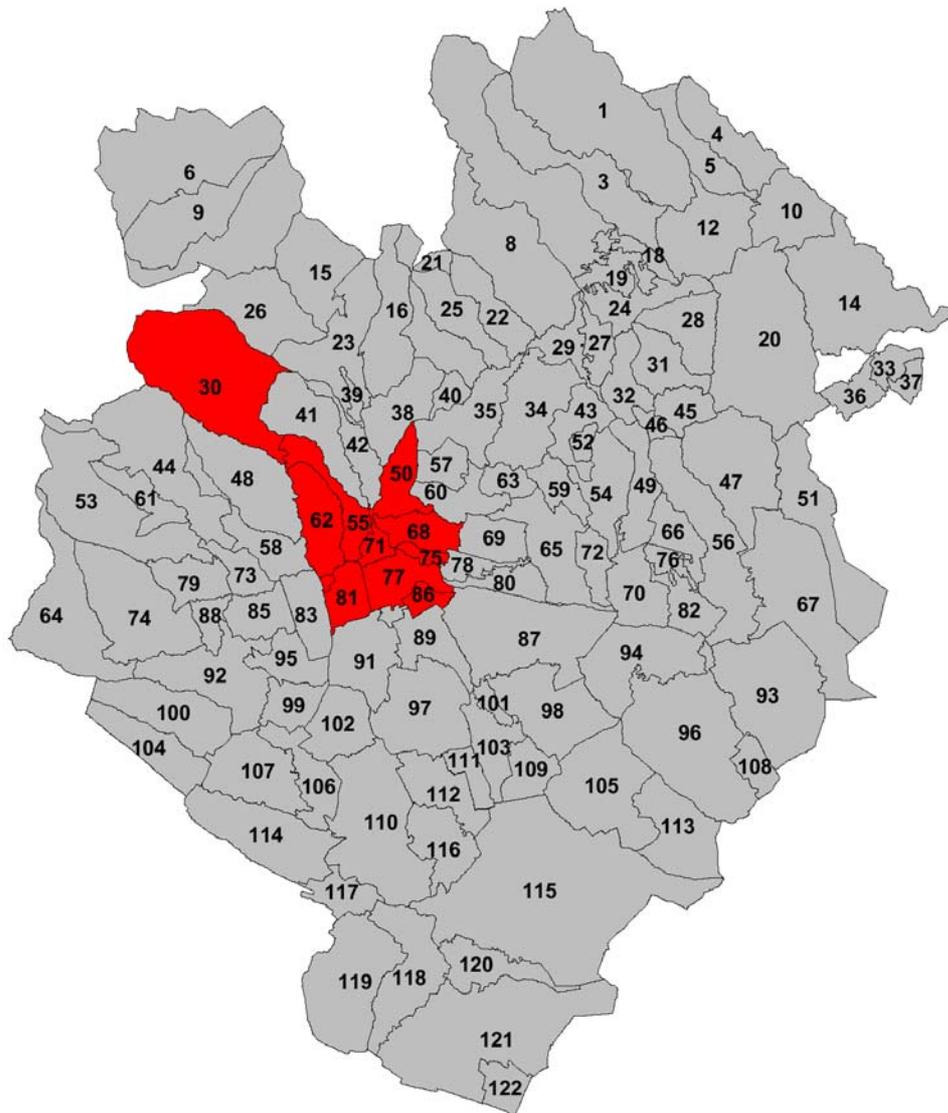
La domanda di mobilità si colloca a due livelli:

- a) un livello *interzonale*, riguardante gli spostamenti che hanno origine in una zona e termine in una zona diversa da quella d'origine;
- b) un livello *intrazonale*, spostamenti che hanno origine e destinazione all'interno della medesima zona (spostamenti intrazonali): questi ultimi non hanno interesse ai fini degli obiettivi dello studio e non sono rappresentabili con il modello.

In occasione della revisione del quadro conoscitivo della mobilità provinciale si è provveduto a predisporre una nuova zonizzazione del territorio, più dettagliata rispetto alla precedente. La nuova zonizzazione è derivata da quella già in uso nel modello del TPL provinciale, con una maggiore articolazione per l'ambito urbano di Biella e dei comuni policentrici, anche se non serviti dal TPL. Sono state anche considerate nuove zone corrispondenti alle principali trasformazioni in atto o previste.



Le zone di traffico sono ottenute come accorpamenti di sezioni di censimento ISTAT 2001 e perimetri delle località abitate 2001, e costituiscono sottoinsiemi della zonizzazione del TPL Provincia di Biella. Questa scelta consente di utilizzare tutte le fonti informative attualmente disponibili o che si renderanno fruibili in futuro.



Zonizzazione dell'area di studio e codici di zona

Le zone in cui è stato suddiviso il territorio provinciale sono 122 e corrispondono ai confini di tutti gli 82 comuni della Provincia e a suddivisioni in ambiti sub comunali per quanto concerne 18 comuni: Biella (suddiviso in 11 zone); Cavaglià (2); Cerrione (4); Cossato (6); Graglia (3); Masserano (2); Mongrando (3); Muzzano (2);



Piatto (2, una e' Bielmonte); Ponderano (2, una e' il nuovo ospedale); Portula (3); Sostegno (2); Trivero (4); Valle Mosso (2); Verrone (3); Vigliano Biellese (3); Villa del Bosco (2); Zubiena (2).

Sono inoltre state eliminate le isole amministrative di montagna, poco significative per quel che riguarda la mobilità, mentre quelle totalmente interne a un altro comune sono state accorpate a questo.

Oltre a queste zone sono stati aggiunte 33 direttrici esterne che connettono la provincia alle zone di domanda esterne ad essa, per un totale di 155 zone O/D dell'area di studio, per le quali si presuppone che tra esse si svolga l'intera domanda di mobilità generatrice di traffico dell'area.

2.3 Le analisi integrative

A seguito della raccolta dei dati disponibili si è reso necessario, come già anticipato, provvedere ad apposite campagne di indagine per aggiornare le fonti informative relative alla domanda di mobilità ed all'offerta di infrastrutture. Le grandi trasformazioni che hanno interessato il sistema insediativo nell'ultimo decennio, e conseguentemente nelle dinamiche della mobilità, hanno fatto propendere per un completo aggiornamento del quadro della domanda di spostamento veicolare.

Per aggiornare il quadro conoscitivo sono state predisposte le seguenti attività di indagine su strada, organizzate e attuate nel periodo novembre 2004 – luglio 2005, in modo da consentire assieme agli altri dati disponibili presso la provincia la ricostruzione di un quadro completo degli spostamenti che interessano l'area di studio:

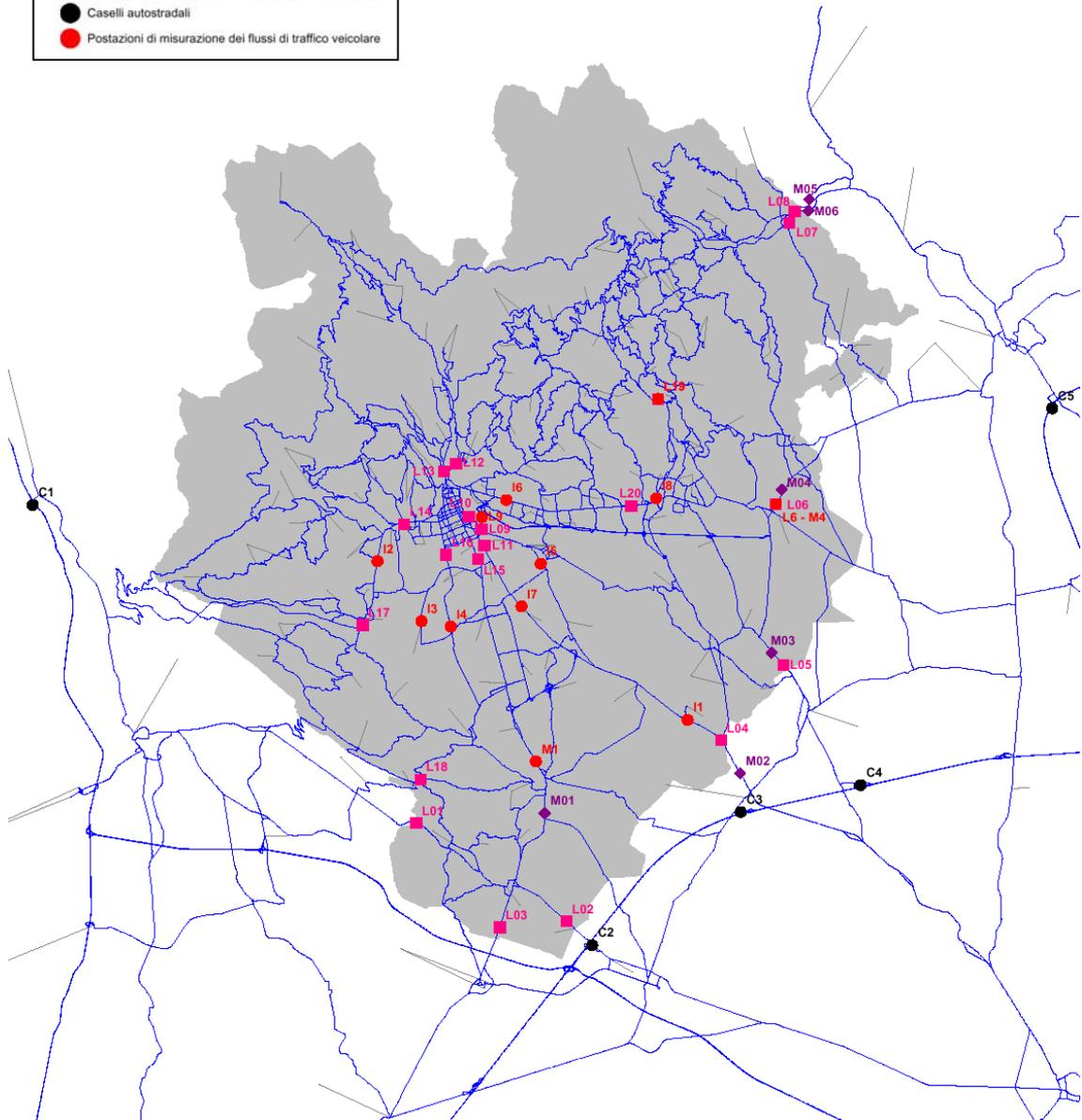
- 1. Conteggio automatico dei flussi di traffico (28 postazioni);*
- 2. Indagine O/D mediante intervista all'utenza del trasporto privato (20 postazioni);*
- 3. Indagine O/D mediante intervista ai conducenti dei veicoli merci (6 postazioni).*

Le indagini hanno quindi interessato 28 sezioni localizzate in provincia di Biella e sono state effettuate in entrambe le direzioni di marcia, nella fascia oraria di punta del mattino 07.30 – 10.30 di un giorno feriale.

La localizzazione sul territorio delle sezioni oggetto d'indagine è riportata nella seguente rappresentazione grafica.



- Postazioni di rilevamento
- Postazioni di intervista ai conducenti dei veicoli leggeri
 - ◆ Postazioni di intervista ai conducenti dei mezzi pesanti
 - Caselli autostradali
 - Postazioni di misurazione dei flussi di traffico veicolare



Sezioni di rilevazione



2.3.1 Conteggio automatico dei flussi di traffico

Il rilevamento dei volumi di traffico rende possibile una prima interpretazione dei fenomeni della mobilità del territorio, consentendo la definizione di parametri significativi (flussi, classi veicolari...) del trasporto privato, nonché dell'universo al quale riportare le interviste effettuate tramite le indagini O/D su strada, consentendo di valutare il livello d'impegno delle infrastrutture viarie.

Il rilevamento dei flussi in transito è stato effettuato in corrispondenza delle sezioni previste, mediante l'utilizzo di apparecchiature contatraffico automatiche a disposizione della provincia.

Per evitare che la rilevazione fosse effettuata in occasione di situazioni contingenti, le indagini sono state condotte in giorni infrasettimanali tipo. Inoltre, le analisi sono state effettuate nel periodo scolastico, per cogliere appieno i complessi fenomeni di mobilità di cui la popolazione studentesca costituisce elemento generatore.

I volumi di traffico sono stati rilevati in corrispondenza di 28 sezioni localizzate su strade ordinarie, mentre per 6 sezioni localizzate in corrispondenza dei caselli autostradali i dati sono stati forniti dalle società autostradali competenti.

Venti postazioni sono state disposte in modo da individuare due fasce cordonali: una al confine della provincia e una attorno ai due principali poli urbani (Biella e Cossato). Il cordone provinciale è formato da 10 postazioni ubicate sulle principali arterie stradali di scambio tra la provincia ed il territorio esterno. Analogamente le 10 postazioni al cordone interno delimitano gli scambi tra Biella e Cossato ed il resto della provincia. Le ulteriori 8 postazioni sono state scelte in corrispondenza degli analoghi rilievi effettuati nel 1996, al fine di avere una valutazione diacronica dei volumi di traffico in transito.

I conteggi sono stati effettuati su periodi minimi di 24 ore con cadenza oraria e classificati in 5 categorie veicolari (motocicli, auto, mezzi < 35 q., mezzi > 35 q. e autobus).

Un quadro riassuntivo dei flussi rilevati è offerto dalla tabella seguente, che sintetizza i dati, raggruppati nelle 2 macro-categorie leggeri e pesanti espressi in termini di autovetture equivalenti, rilevati su ciascuna sezione nell'ora di punta del mattino tra le 8.00 e le 9.00, la fascia oraria statisticamente più significativa per gli spostamenti sistematici.



RILEVAMENTO VEICOLI TUBI

Sez.	data	Comune	Strada	Direzione	DIR	Veicoli rilevati	Leggeri EQ.	Pesanti EQ.	TOTALE EQ.
L1	03-05-2005	Viverone	ex SS 228	Ivrea	U	224	182	83	265
L1	03-05-2005	Viverone	ex SS 228	Santhià	E	160	139	56	195
L2	07-04-2005	Cavaglià	ex SS 143	Santhià	U	513	400	275	675
L2	07-04-2005	Cavaglià	ex SS 143	Biella	E	454	394.5	132	526.5
L4-M2	04-05-2005	Villanova B.se	ex SS 230	Vercelli	U	627	522.5	267	789.5
L4-M2	04-05-2005	Villanova B.se	ex SS 230	Biella	E	553	429.5	276	705.5
L5-M3	07-04-2005	Castelletto Cervo	SP 315	Vercelli	U	158	147	32	179
L5-M3	07-04-2005	Castelletto Cervo	SP 315	Biella	E	120	110	24	134
L7-M6	13-04-2005	Crevacuore	SP 235	Borgosesia	U	533	496	75	571
L7-M6	13-04-2005	Crevacuore	SP 235	Biella	E	530	494.5	75	569.5
L8-M5	13-04-2005	Crevacuore	SP 200	Borgosesia	U	201	189	28	217
L8-M5	13-04-2005	Crevacuore	SP 200	Biella	E	110	98.5	25	123.5
L9	13-04-2005	Biella	ex SS 142	Cossato	U	1698	1539.5	279	1818.5
L9	13-04-2005	Biella	ex SS 142	Biella	E	1362	1243	243	1486
L11	20-04-2005	Biella	ex SS 230	Vercelli	U	1121	1010	249	1259
L11	20-04-2005	Biella	ex SS 230	Biella	E	830	732.5	210	942.5
L12	13-04-2005	Biella	comunale	Piedicavallo	U	510	446	140	586
L12	13-04-2005	Biella	comunale	Biella	E	1007	944.5	129	1073.5
L13	13-04-2005	Biella	comunale	Tollegno	U	319	282.5	72	354.5
L13	13-04-2005	Biella	comunale	Biella	E	653	623.5	44	667.5
L14	20-04-2005	Occhieppo Inferiore	ex SS 338	Ivrea	U	767	671	206	877
L14	20-04-2005	Occhieppo Inferiore	ex SS 338	Biella	E	1270	1089	339	1428
L15	19-04-2005	Ponderano	ex SS 143	Santhià	U	531	406.5	273	679.5
L15	19-04-2005	Ponderano	ex SS 143	Biella	E	747	685	136	821
L16	20-04-2005	Ponderano	SP 400	Cerrione	U	481	436.5	92	528.5
L16	20-04-2005	Ponderano	SP 400	Biella	E	705	664	99	763
L17	21-04-2005	Mongrando	ex SS 338	Ivrea	U	292	199.5	190	389.5
L17	21-04-2005	Mongrando	ex SS 338	Biella	E	388	363.5	62	425.5
L18	04-05-2005	Zimone	SP 400	Ivrea	U	101	94	17	111
L18	04-05-2005	Zimone	SP 400	Biella	E	99	89.5	24	113.5
L19	14-04-2005	Cossato	ex SS 232	Vallemosso	U	407	235.5	53	288.5
L19	14-04-2005	Cossato	ex SS 232	Biella	E	468	258	43	301
L20	20-04-2005	Cerreto Castello	SP 300	Cossato	U	497	460	97	557
L20	20-04-2005	Cerreto Castello	SP 300	Biella	E	495	464.5	73	537.5
I3	20-10-2004	Borriana	SP302	Borriana	U	150	138	29	167
I3	20-10-2004	Borriana	SP302	Biella	E	106	94	31	125
I4	20-10-2004	Ponderano	SP322	Ponderano	U	266	244	48	292
I4	20/10/2004	Ponderano	SP322	Cerione	E	220	204	35	239
I5	20-10-2004	Candelo	SP340	Biella	U	332	317	32	349
I5	20-10-2004	Candelo	SP340	Benna	E	310	277	67	344
I6	13-10-2004	Biella	SP300	Biella	U	589	553	76	629
I6	13-10-2004	Biella	SP300	Cossato	E	674	648	55	703

RILEVAMENTO VEICOLI SPIRE

Sez.	data	Comune	Strada	Direzione	DIR	Veicoli rilevati	Leggeri EQ.	Pesanti EQ.	TOTALE EQ.
L3	07-04-2005	Cavaglià	ex SS 593	Cigliano	U	213	150	150	300
L3	07-04-2005	Cavaglià	ex SS 593	Biella	E	220	187	79	266
L6-M4	18-05-2005	Masserano	ex SS 142	Gattinara	U	440	363	186	549
L6-M4	18-05-2005	Masserano	ex SS 142	Biella	E	606	534	168	702
L19	14-04-2005	Cossato	ex SS 232	Vallemosso	U	461	407	130	537
L19	14-04-2005	Cossato	ex SS 232	Biella	E	510	468	102	570
M1	04-05-2005	Salussola	ex SS 143	Dorzano	U	419	328	219	547
M1	04-05-2005	Salussola	ex SS 143	Biella	E	547	452	230	682
I1	24-11-2004	Villanova biellese	ex SS 230	Vercelli	U	329	271	140	411
I1	24-11-2004	Villanova biellese	ex SS 230	Biella	E	348	217	332	549
I2	21-11-2004	Camburzano	SP419	Mongrando	U	340	295	103	398
I2	21-11-2004	Camburzano	SP419	Biella	E	450	404	101	505
I7	12-10-2004	Verrone	SS230	Vercelli	U	725	658	145	803
I7	12-10-2004	Verrone	SS230	Biella	E	531	457	164	621
I8	17-10-2005	Cossato	SP232	Vallemosso	U	675	597	179	776
I8	17-10-2005	Cossato	SP232	Biella	E	521	454	165	619



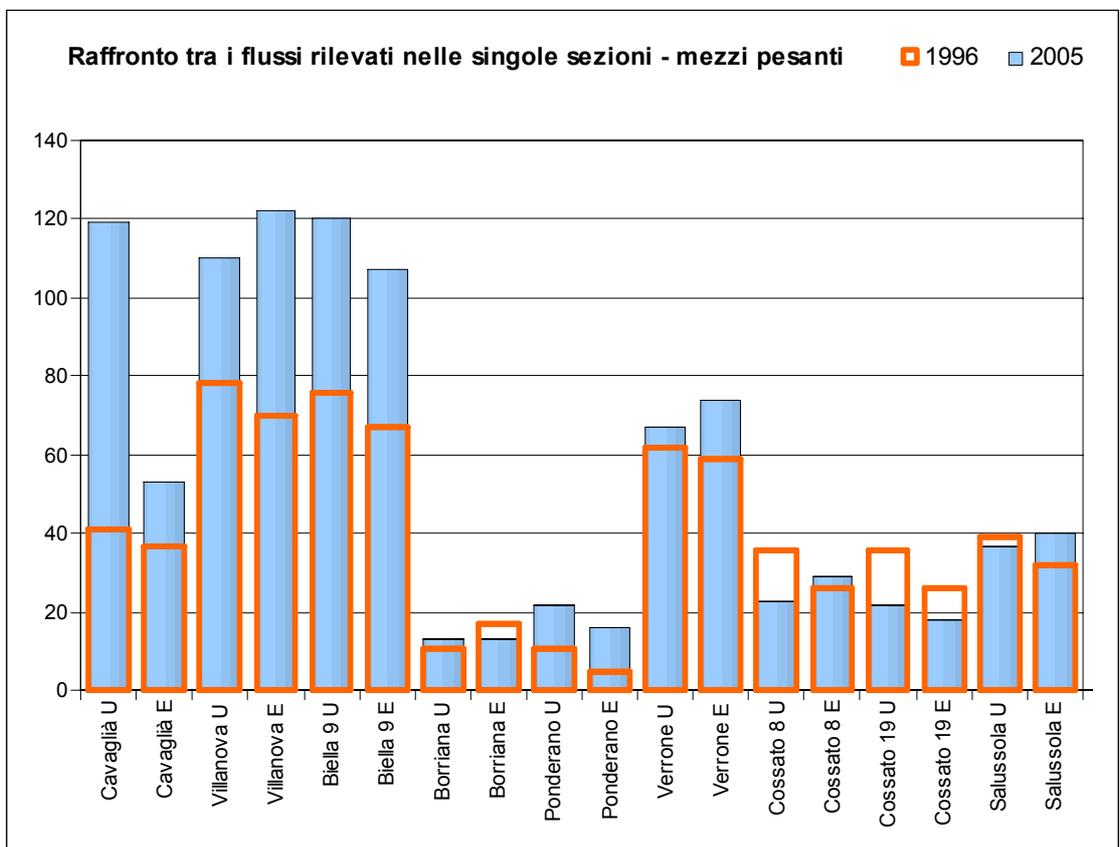
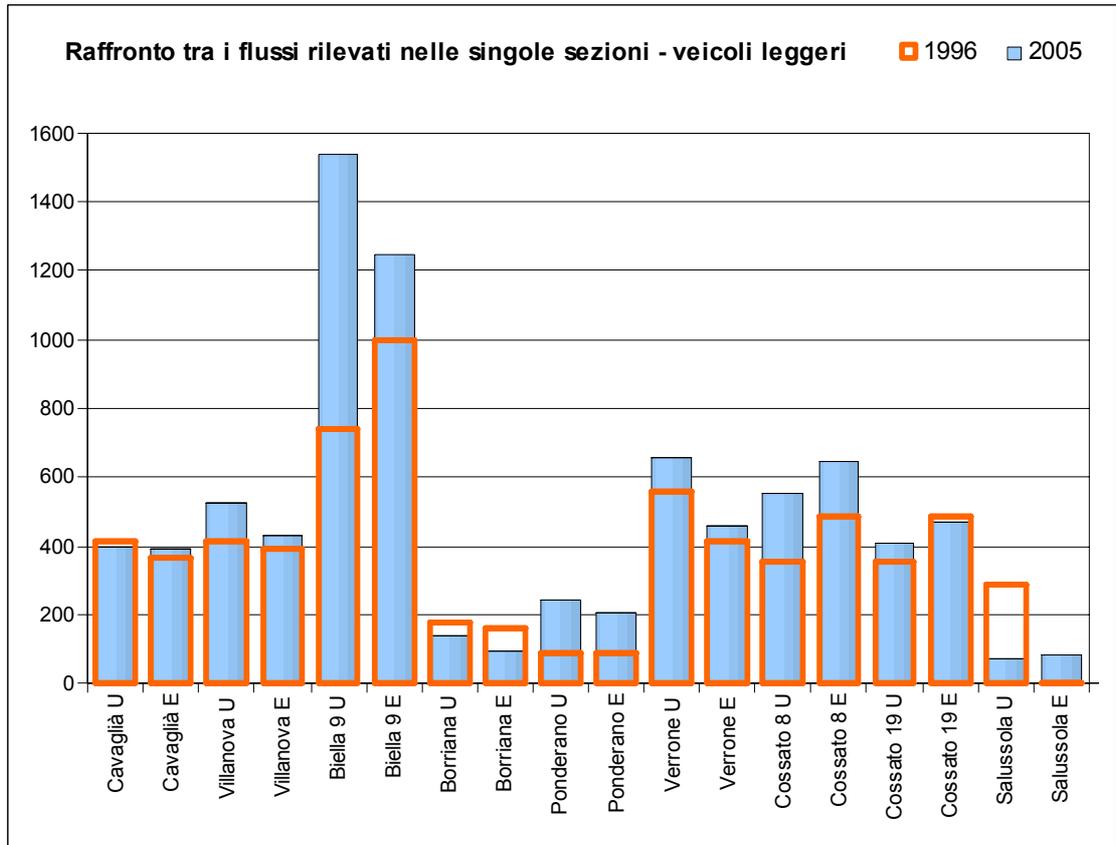
RILEVAMENTO VEICOLI CASELLI

Sez.	data	Comune	Strada	Direzione	DIR	Veicoli rilevati	Leggeri EQ.	Pesanti EQ.	TOTALE EQ.
C1	15-10-2003	Quincinetto	A5	autostrada	U	145	103	96	199
C1	15-10-2003	Quincinetto	A5	Biella	E	103	85	43	128
C2		Santhià	A4	autostrada	U	319	252	167	419
C2		Santhià	A4	Biella	E	377	278	237	515
C3		Carisio	A4	autostrada	U	418	326	251	577
C3		Carisio	A4	Biella	E	400	256	344	600
C4		Balocco	A4	autostrada	U	91	75	40	115
C4		Balocco	A4	Biella	E	107	86	53	139
C5	merc	Ghemme	A26	autostrada	U	261	191	169	360
C5	merc	Ghemme	A26	Biella	E	272	200	175	375
C6		Greggio	A4	autostrada	U	203	141	163	304
C6		Greggio	A4	Biella	E	239	144	253	397

Le differenze tra i flussi intercettati durante i rilievi condotti nel 1996 e durante la successiva campagna di indagine condotta tra il 2004 ed il 2005, sono riportati di seguito.

Sez.	Comune	Strada	Direzione	DIR	Rilievo	Auto 1996	Auto 2005	diff. %	Pes. 1996	Pes. 2005	diff. %
L2	Cavaglià	ex SS 143	Santhià	U	2005	417	400	-4.1%	41	119	190.2%
L2	Cavaglià	ex SS 143	Biella	E	2005	365	394.5	8.1%	37	53	43.2%
L4-M2	Villanova B.se	ex SS 230	Vercelli	U	2005	415	522.5	25.9%	78	110	41.0%
L4-M2	Villanova B.se	ex SS 230	Biella	E	2005	392	429.5	9.6%	70	122	74.3%
L9	Biella	ex SS 142	Cossato	U	2005	737	1539.5	108.9%	76	120	57.9%
L9	Biella	ex SS 142	Biella	E	2005	999	1243	24.4%	67	107	59.7%
I3	Borriana	SP302	Borriana	U	2004	176	138	-21.6%	11	13	18.2%
I3	Borriana	SP302	Biella	E	2004	160	94	-41.3%	17	13	-23.5%
I4	Ponderano	SP322	Ponderano	U	2004	89	244	174.2%	11	22	100.0%
I4	Ponderano	SP322	Cerione	E	2004	92	204	121.7%	5	16	220.0%
I7	Verrone	SS230	Vercelli	U	2004	557	658	18.1%	62	67	8.1%
I7	Verrone	SS230	Biella	E	2004	414	457	10.4%	59	74	25.4%
I8	Cossato	ex SS 232	Vallemosso	U	2005	352	553	57,1%	36	23	-36,1%
I8	Cossato	ex SS 232	Biella	E	2005	486	648	33,3%	26	29	11,5%
L19	Cossato	ex SS 232	Vallemosso	U	2005	352	407	15.6%	36	22	-38.9%
L19	Cossato	ex SS 232	Biella	E	2005	486	468	-3.7%	26	18	-30.8%
M1	Salussola	ex SS 143	Dorzano	U	2005	287	75	-73.9%	39	37	-5.1%
M1	Salussola	ex SS 143	Biella	E	2005	2 (*)	86	4200.0%	32	40	25.0%
Totale sezioni di rilievo						6778	8561	26,5%	729	1005	37,9%

Note: l'ora di punta a cui si riferiscono i rilievi è 8,30-9,30 per il 1996 e 8,00-9,00 per i rilievi 2004 e 2005; (*) nella sezione M1 il conteggio del volume di autovetture entranti in Biella del 1996 appare inattendibile (nell'ora precedente i passaggi sono stati 89).





Il confronto tra i rilievi effettuati nel 1996 e quelli misurati nel 2005 consentono di stimare un possibile trend di crescita della domanda per i prossimi anni, così da poter effettuare una proiezione della domanda di traffico al periodo di entrata in funzione delle nuove infrastrutture ipotizzate negli scenari futuri.

Il calcolo del trend di crescita della domanda di mobilità sulla rete infrastrutturale presente sul territorio provinciale di Biella prende spunto da quanto previsto nel III PRT&C (Terzo Piano Regionale dei Trasporti e delle Comunicazioni) redatto nel 2004 dalla Regione Piemonte, nel quale vengono ipotizzate crescite, in accordo con lo scenario europeo, rispettivamente attestata sul 24% per i viaggiatori e sul 38% per le merci dal 2001 al 2010 (III PRT&C, 2004, pag. 8).

A conferma della attendibilità delle ipotesi assunte, questi coefficienti combaciano con quelli che scaturiscono alla scala locale dai confronti tra i rilievi condotti nel 1996 e nel 2004-2005, di cui è stato reso conto nelle pagine precedenti.

Le due rilevazioni portano a trend di crescita su di un decennio del tutto simili numericamente: 26% per le persone e 38% per le merci.

A questi trend di crescita decennale corrispondono ai seguenti tassi annuali:

- per il traffico viaggiatori 2,42%;
- per il traffico merci 3,64%.

Tutto ciò porta a considerare questi tassi di crescita della mobilità come affidabili anche per le considerazioni riguardanti la crescita della domanda in Provincia di Biella nei prossimi anni e, conseguentemente, per la simulazione degli scenari futuri, sia per quelli costruiti sulla rete infrastrutturale esistente (scenari a offerta invariata) che per quelli che valutano le conseguenze dell'introduzione sulla rete di nuove infrastrutture (scenari con offerta di mobilità modificata).



2.3.2 Le interviste ai conducenti dei veicoli

La manifestazione più immediata della domanda di trasporto è rappresentata dai flussi veicolari su strada, ma questi non esprimono attributi spaziali, motivazionali o di natura qualitativa sullo spostamento in atto.

Queste informazioni, altrettanto importanti quanto quelle di natura quantitativa provenienti dal conteggio dei flussi, sono state raccolte mediante l'effettuazione di interviste ai conducenti dei veicoli in transito, somministrate da personale opportunamente preparato e mediante la collaborazione delle Forze dell'Ordine. Per ciascuna postazione è stato eseguito un sopralluogo preventivo, al fine di individuare piazzole o aree nelle quali posizionare gli operatori senza creare intralcio alla circolazione stradale. Le interviste al campione di conducenti, di mezzi leggeri e pesanti, sono state effettuate contemporaneamente all'attività di conteggio veicolare, in tutte le postazioni individuate e in entrambe le direzioni di marcia.

Agenti di Pubblica Sicurezza hanno provveduto a fermare motocicli, autovetture, veicoli commerciali (veicoli leggeri), nonché furgoni, autocarri e autoarticolati (veicoli pesanti) ed il personale ha sottoposto agli intervistati il questionario di indagine relativo. Per la natura delle informazioni oggetto di ricerca, infatti, sono stati predisposti due questionari distinti: uno dedicato al traffico che scaturisce dalla mobilità sul territorio delle persone (denominato rilievo veicoli leggeri), l'altro riguardante la mobilità delle merci (denominato rilievo veicoli pesanti).

Il numero di operatori da impiegare in ciascuna sezione, è stato stabilito in funzione dell'ampiezza dell'area individuata per l'arresto dei veicoli e del volume di traffico in transito.

Il campionamento raggiunto, dopo l'operazione di selezione delle interviste ritenute non valide, risulta in media del 20% (17% per i veicoli leggeri e ben 57% per quelli pesanti). Le interviste valide, globalmente in numero di 3.258, sono state successivamente elaborate attraverso l'immissione di un coefficiente di espansione che valuta il campione rilevato (interviste) in relazione al flusso totale di traffico equivalente dell'ora di punta (8.00-9.00).

I pesi delle interviste per singola postazione del campione di rilevamento, calcolati nel modo sopra descritto, sono riportati nelle tabelle seguenti.



Postazione di rilevamento veicoli leggeri		Direzione veicoli	N° interviste effettuate	Flussi di traffico ore 8-9 (auto eq.)	Coefficienti espansione
1	Viverone	Entrante	46	139	3,02
		Uscente	42	182	3,64
2	Cavaglià	Entrante	121	395	3,26
		Uscente	105	400	3,03
3	Cavaglià	Entrante	64	187	2,92
		Uscente	55	150	2,27
4	Villanova Biellese	Entrante	137	430	3,14
		Uscente	141	523	3,60
5	Castelletto Cervo	Entrante	53	110	2,08
		Uscente	48	147	2,58
6	Masserano	Entrante	49	534	10,90
		Uscente	69	363	5,19
7	Crevacuore	Entrante	65	495	7,61
		Uscente	55	496	8,86
8	Crevacuore	Entrante	45	99	2,19
		Uscente	62	189	3,05
9	Biella	Entrante	103	1243	5,48
		Uscente	63	1540	6,47
11	Biella	Entrante	48	733	11,81
		Uscente	25	1010	19,06
12	Biella	Entrante	53	945	17,17
		Uscente	40	446	8,92
13	Biella	Entrante	58	624	10,39
		Uscente	49	283	4,71
14	Occhieppo Inferiore	Entrante	112	1089	8,38
		Uscente	69	671	5,83
15	Ponderano	Entrante	69	685	9,13
		Uscente	40	407	7,01
16	Ponderano	Entrante	51	664	10,89
		Uscente	68	437	5,53
17	Mongrando	Entrante	50	364	7,27
		Uscente	50	200	3,91
18	Zimone	Entrante	42	90	2,13
		Uscente	33	94	2,69
19	Cossato	Entrante	28	468	10,64
		Uscente	29	407	8,66
20	Cerreto Castello	Entrante	59	465	7,61
		Uscente	69	460	6,22

TOTALE**2.365****18.936**

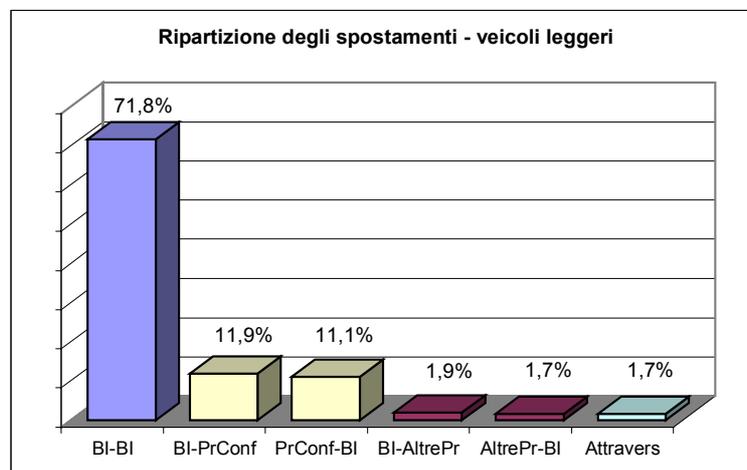


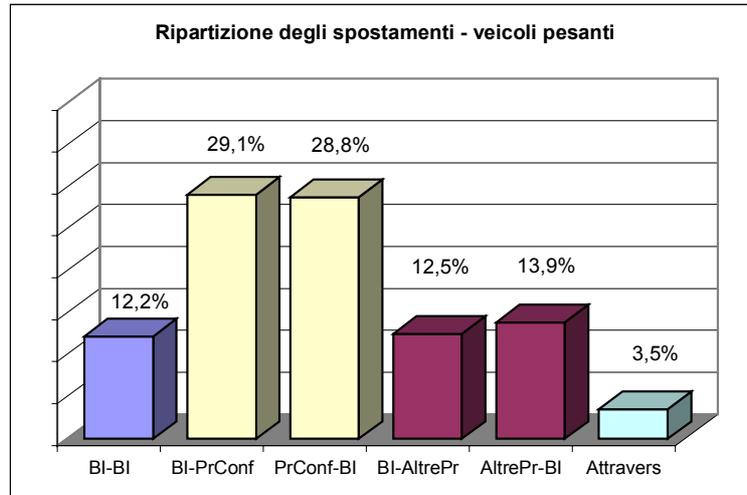
Postazione di rilevamento veicoli pesanti		Direzione veicoli	N° interviste effettuate	Flussi di traffico ore 8-9 (auto eq.)	Coefficienti espansione
1	Salussola	Entrante	85	230	2,71
		Uscente	104	219	2,05
2	Villanova Biellese	Entrante	120	267	2,30
		Uscente	101	276	2,64
3	Castelletto Cervo	Entrante	79	24	0,30
		Uscente	59	32	0,43
4	Masserano	Entrante	84	168	2,00
		Uscente	96	186	1,60
5	Crevacuore	Entrante	26	25	0,96
		Uscente	37	28	0,76
6	Crevacuore	Entrante	58	75	1,29
		Uscente	44	75	1,67

TOTALE 893 1.605

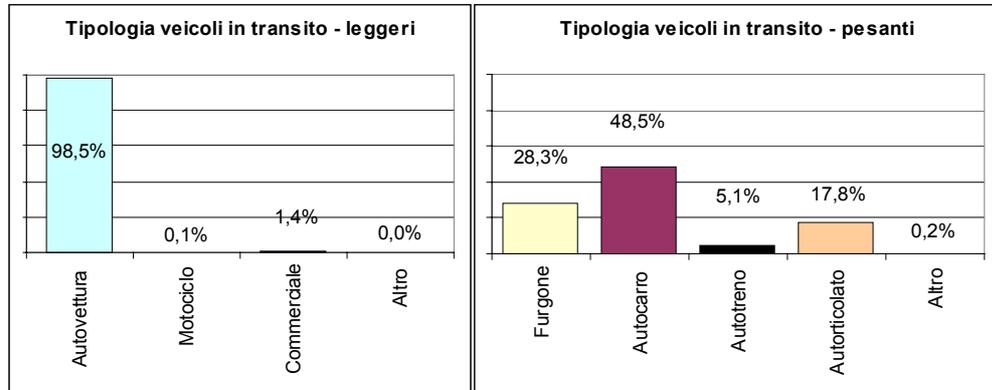
Dalla elaborazione delle due basi dati costruite, rappresentate rispettivamente dalle risposte fornite dai conducenti dei veicoli leggeri e pesanti, è stato pertanto possibile ottenere alcune informazioni in merito alle caratteristiche qualitative del traffico in transito sulla rete stradale provinciale, ovvero sulle proprietà della domanda di mobilità locale.

Accorpendo le zone presenti nella matrice Origine/Destinazione degli spostamenti, si ricava una ripartizione del traffico in ragione degli scambi tra la provincia di Biella ed il resto del territorio. I due grafici seguenti mostrano come lo spostamento delle persone sia per massima parte (72%) all'interno dei confini provinciali, ai quali si aggiungono quasi esclusivamente viaggi che interessano unicamente province confinanti (23%, includendovi anche la provincia di Novara). Al contrario, per quanto riguarda il traffico delle merci, sale al 26% lo scambio con province più lontane e raddoppia (al 3,55) quello di puro attraversamento del territorio provinciale biellese.

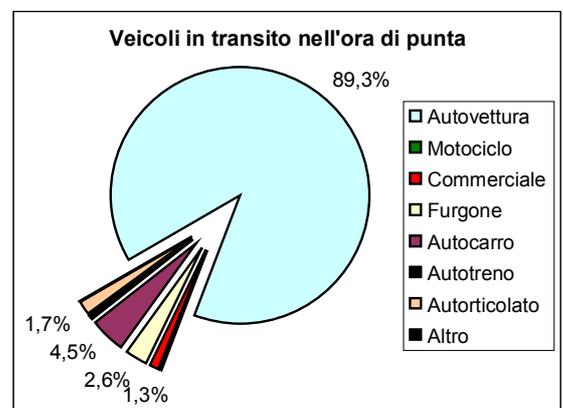




I due successivi istogrammi mostrano la ripartizione dei veicoli in transito in ragione delle loro caratteristiche. Il traffico è rappresentato per quasi il 90% da autovetture, che all'interno del gruppo di veicoli leggeri raggiungono quasi la totalità (98,5%). Più articolata la ripartizione dei veicoli per il trasporto delle merci, per quasi la metà rappresentati da autocarri (48,5%) ed una significativa percentuale di autoarticolati (quasi il 18%).



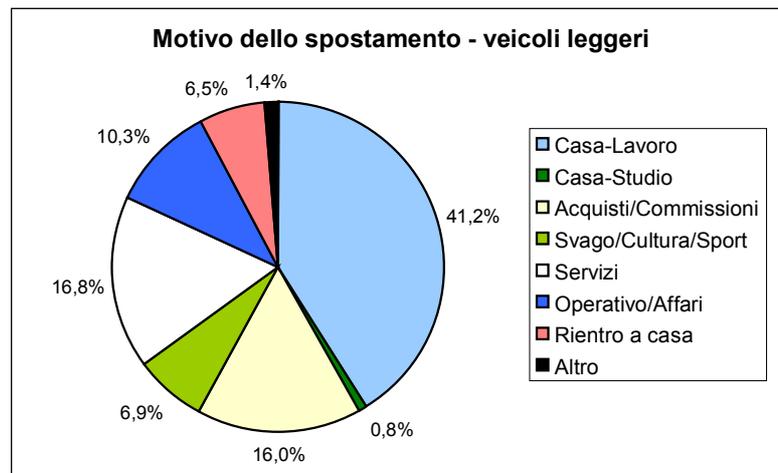
Operando una pura e semplice somma sulle due basi dati a disposizione (veicoli leggeri e pesanti), anche se le rilevazioni presentano caratteristiche un poco differenti, si perviene alla ripartizione della mobilità complessiva sulla rete provinciale durante l'ora di punta, rappresentata nel grafico a torta successivo, nel quale sono messe in evidenza le diverse nicchie.



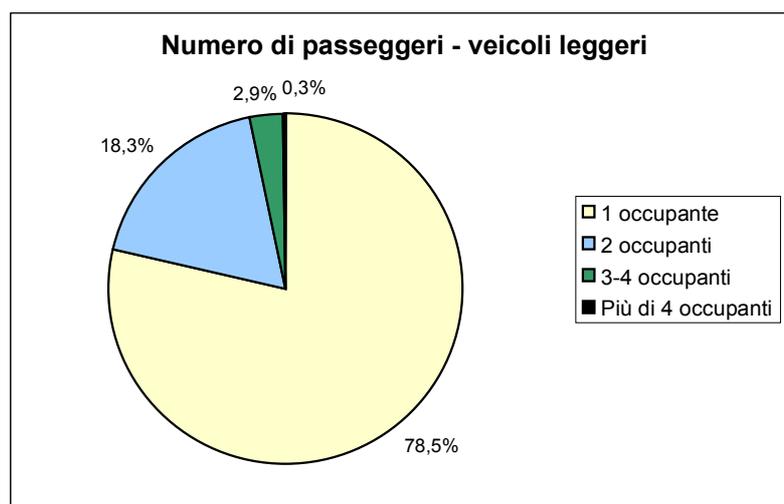


2.3.3 La mobilità delle persone

I viaggi delle persone nell'ora di punta del mattino avviene in percentuale maggiore per spostarsi dalla propria abitazione al luogo di lavoro (41% del totale degli spostamenti dei veicoli leggeri), motivo seguito molto a distanza dai viaggi destinati all'effettuazione di un qualche servizio, quale la visita medica (17%) e per operare acquisti o svolgere commissioni (16%), a quali possono essere assimilati anche quelli per rientrare alla propria abitazione (6,5%).

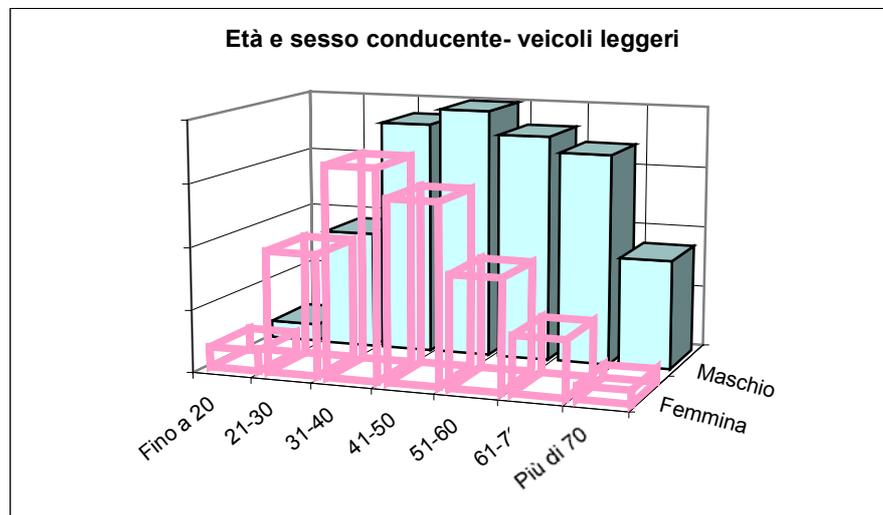
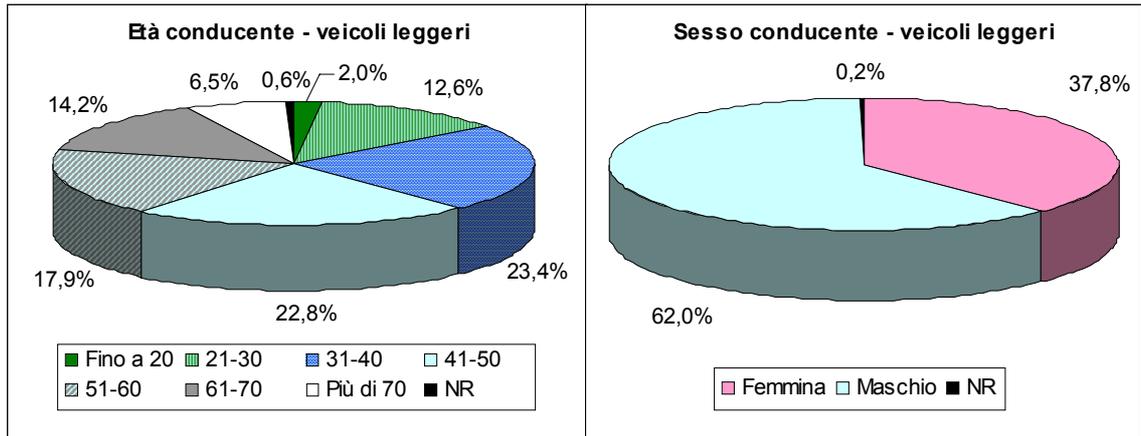


Nell'effettuazione degli spostamenti suddetti, i veicoli sono nei tre quarti dei casi (78,5%) occupati dal solo conducente, mentre sono solamente il 3% del totale i viaggi con più di 2 occupanti, per una media di 1,26 persone a veicolo.

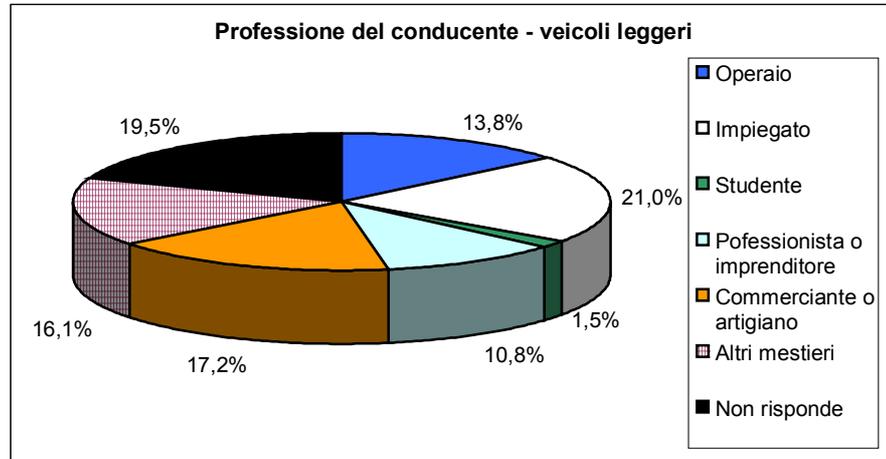




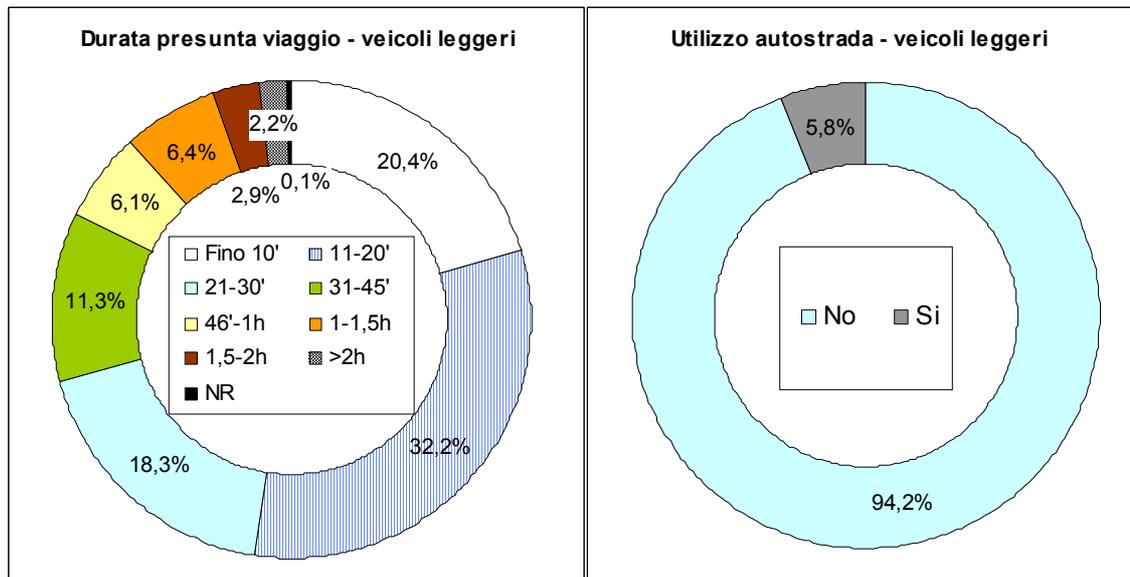
Il conducente ha, nella metà dei casi, tra i 30 ed i 50 anni (46%, equamente suddiviso tra i due decenni), ma la percentuale è notevole anche per gli automobilisti sopra i 60 anni (21%). La ripartizione per età è leggermente diversa tra i conducenti maschi, nel complesso il 62% di quelli in viaggio nell'ora di punta, e le guidatrici, che risultano mediamente più giovani dei colleghi uomini.



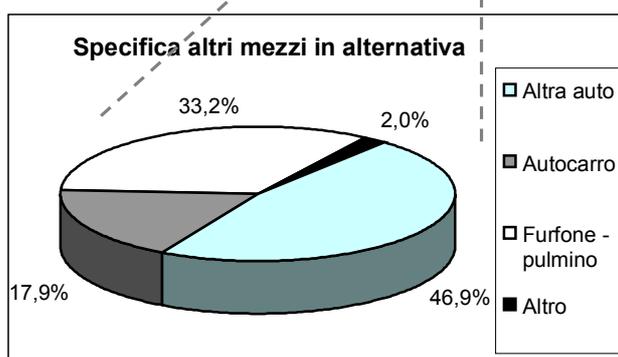
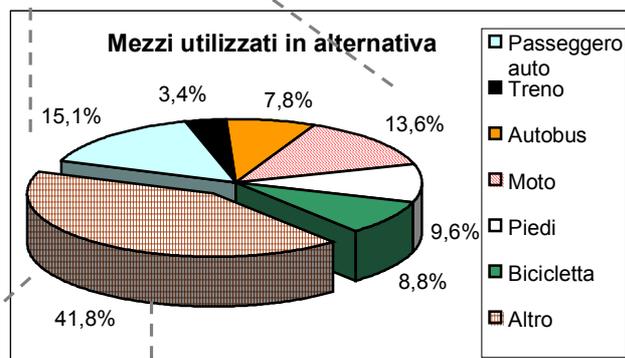
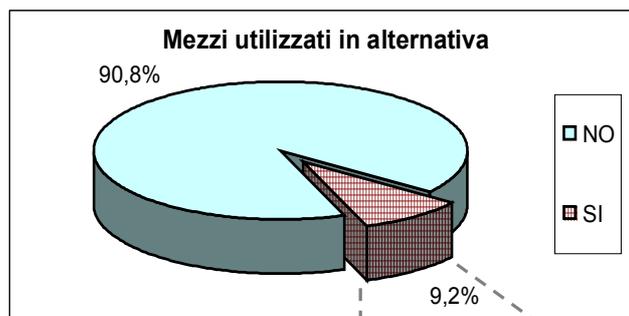
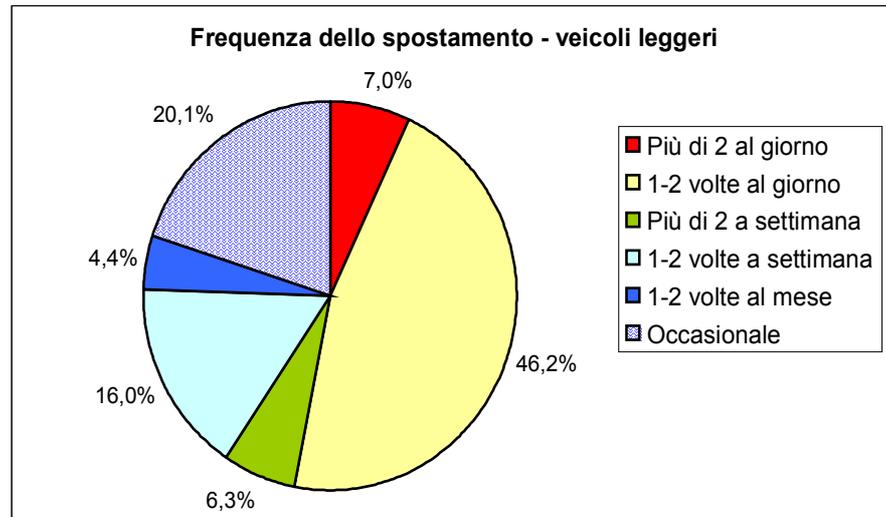
L'articolazione delle professioni esercitate dai conducenti dei mezzi intercettati è piuttosto omogenea, con una leggera prevalenza degli impiegati (21%) su commercianti e artigiani (17%).



La durata del viaggio intrapreso sette volte su dieci non supera la mezz'ora, ma si riscontra anche più dell'11% di spostamenti con estensione temporale superiore ad un'ora. Per contro, solamente il 5,8% dei viaggi che interessano il territorio provinciale avviene tramite l'utilizzo dell'autostrada.



I medesimi spostamenti presentano perlopiù una frequenza corrispondente a 1 o 2 volte al giorno, raccogliendo presumibilmente la totalità dei viaggi casa-lavoro e una parte dei ritorni a casa intercettati (alcuni sono rientri da commissioni). Piuttosto incidente anche la percentuale di spostamenti occasionali (20%), che raccolgono la totalità di quelli per svago, nonché una parte degli spostamenti per usufruire di servizi.

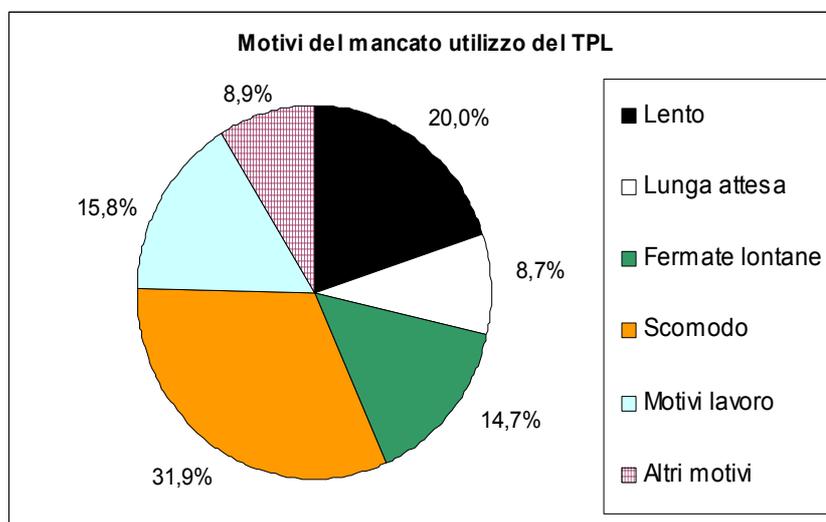




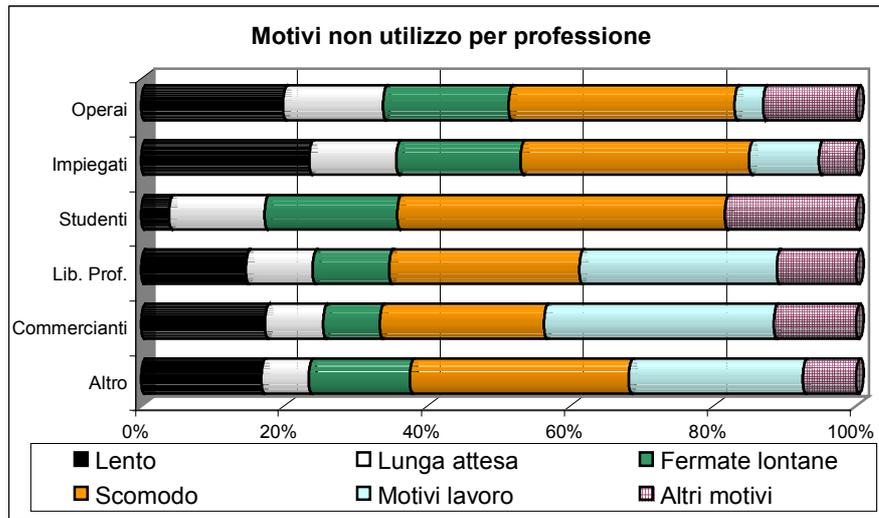
Le ultime domande del questionario sottoposto ai conducenti dei veicoli leggeri intercettati, hanno indagato più approfonditamente sulle loro abitudini in ragione di mobilità e sulle possibilità di mutamento delle stesse. La prima di tali domande ha verificato l'utilizzo di un altro mezzo per lo spostamento intercettato, in alternativa a quello privato normalmente adoperato.

Nei 3 grafici a torta correlati si vede come solamente il 9% dei conducenti ha dichiarato di utilizzare anche un altro veicolo; di questi il 15% come passeggero a bordo di un'auto di un collega. Del 42% che ha dichiarato di utilizzare un mezzo non compreso nell'elenco, quasi la metà (47%) ha detto di poter usufruire di un'altra auto (del coniuge). Nei medesimi grafici si nota come la percentuale di chi, in alternativa, ricorre al mezzo pubblico, rappresenti circa l'8% di quelli che usano un qualche altro mezzo.

Le ragioni del mancato utilizzo del mezzo pubblico derivano, per quasi un terzo delle persone (32%), dal giudicare poco confortevole (in genere dichiarato "scomodo") il servizio, ai quali sono assimilabili anche le risposte in merito alla lontananza delle fermate (15%) e alla lunga attesa alle stesse (9%). Va sottolineato che una consistente percentuale degli intervistati (16%) dichiara l'impossibilità ad usufruirne "per motivi di lavoro" (spostamenti tra più clienti, merce o attrezzi in auto, ecc.).

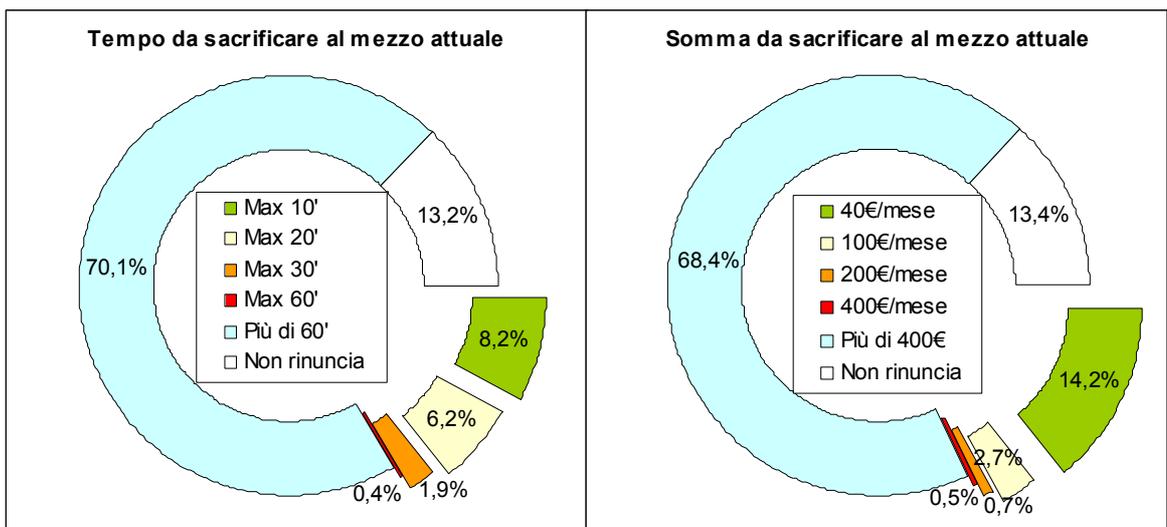


Incrociando la risposta sul mancato ricorso al mezzo pubblico con la professione esercitata, non si evidenziano particolari differenze, se non nella categoria degli studenti, ai quali la lentezza del servizio interessa molto meno (molto di più agli impiegati), a differenza della limitata comodità.



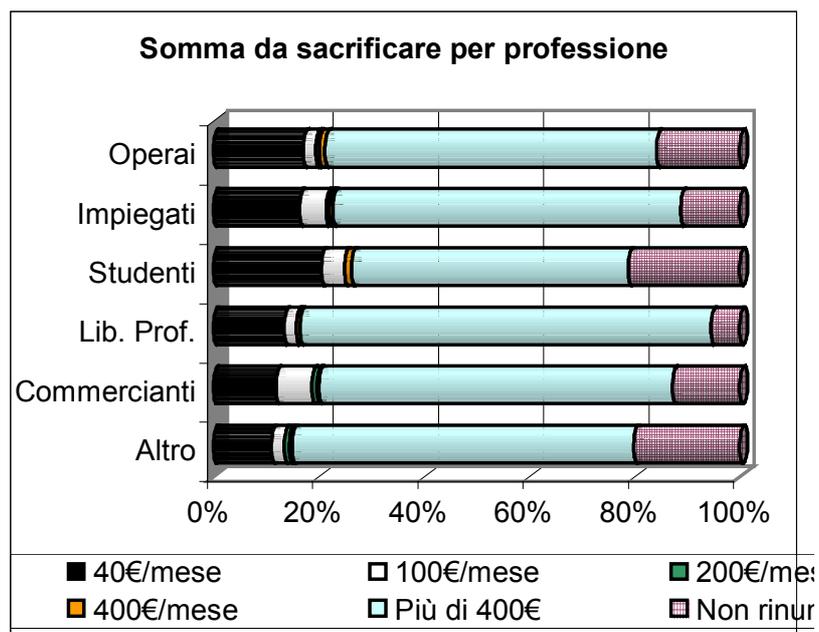
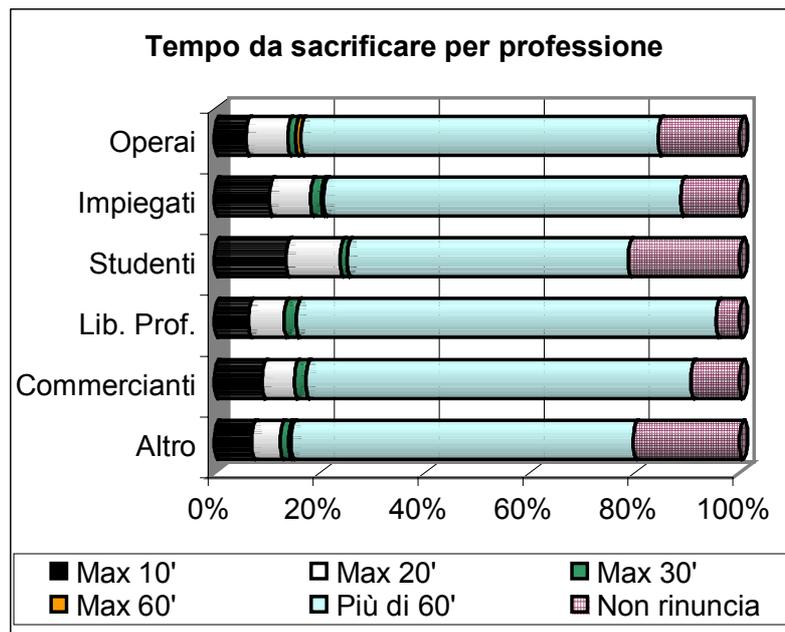
Le ultime due domande ai conducenti dei veicoli leggeri sono state dedicate, rispettivamente, al tempo ed alla somma che essi sarebbero disposti a "sacrificare" pur di non passare all'utilizzo del trasporto pubblico.

Per quanto riguarda il tempo, il 70% dei conducenti si dichiara disposto ad allungare il proprio percorso, a bordo del mezzo privato, fino ad un'ora prima di scegliere di passare all'uso del TPL, dato che corrisponde esattamente a chi attualmente non ci impiega più di mezz'ora e che quindi appare disposto a raddoppiare il tempo di spostamento a bordo del mezzo privato. In ragione della professione non si riscontrano, anche su questa domanda, significative differenze, con tutte o quasi le categorie che rispondono allo stesso modo.





Sugli aumenti di costo (benzina, assicurazione, parcheggi, ecc.) che sarebbero disposti a tollerare prima di passare all'utilizzo del TPL, le persone mostrano più o meno le medesime convinzioni, con il 68% degli intervistati sarebbe disposto a sopportare aumenti fino a 400 euro mensili pur di non abbandonare il mezzo privato per l'effettuazione del proprio spostamento. Compare però una fetta (14%) che giudica di tollerare al massimo un aumento di 40 euro mensili per continuare ad utilizzare il mezzo privato. Poche differenze, anche in questo caso, in ragione della professione.

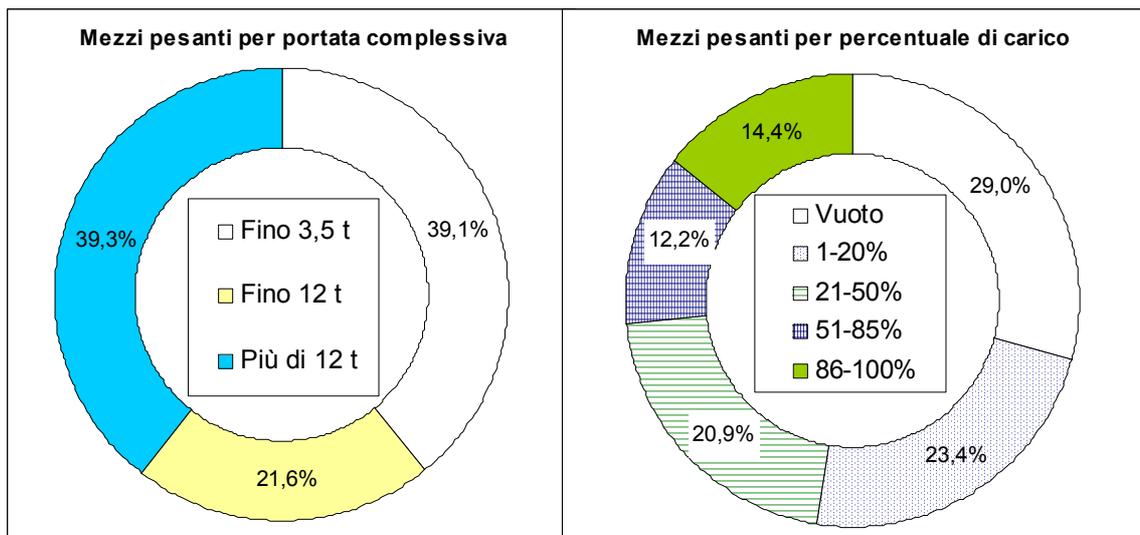




2.3.4 La mobilità delle merci

I mezzi per il trasporto delle merci (veicoli pesanti) che si muovono sulla rete stradale del territorio provinciale sono abbastanza equamente suddivisi in ragione della portata: quasi quattro mezzi su dieci (39%) corrispondono al traffico rappresentato da furgoni e autocarri con peso non superiore alle 3,5 tonnellate, o 35 quintali che dir si voglia; la medesima percentuale rappresenta il traffico dei mezzi maggiormente pesanti (autotreni e autoarticolati con peso superiore a 12 tonnellate), con una portata media complessiva su tutti i mezzi di 13 tonnellate.

Non tutti i viaggi avvengono però a pieno carico anzi, la percentuale di spostamenti di mezzi pieni o quasi pieni raggiunge solamente il 14% del totale, contro una percentuale doppia (29%) di viaggi compiuti con mezzo completamente scarico. In ogni caso, la gran maggioranza (73%) degli spostamenti avviene con carico non superiore alla portata complessiva del mezzo, per una percentuale media di carico che si attesta sul 33%.

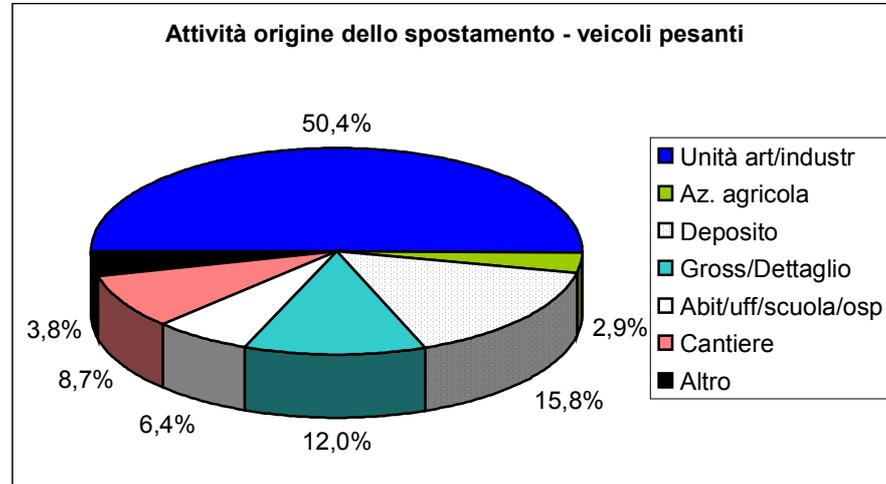


La metà degli spostamenti del traffico merci avviene partendo da unità industriali o artigianali (50%); discrete le percentuali di origini dei viaggi rappresentate da depositi (di materiale o di merci, per il 16%) e di strutture per il commercio all'ingrosso od al dettaglio (12%).

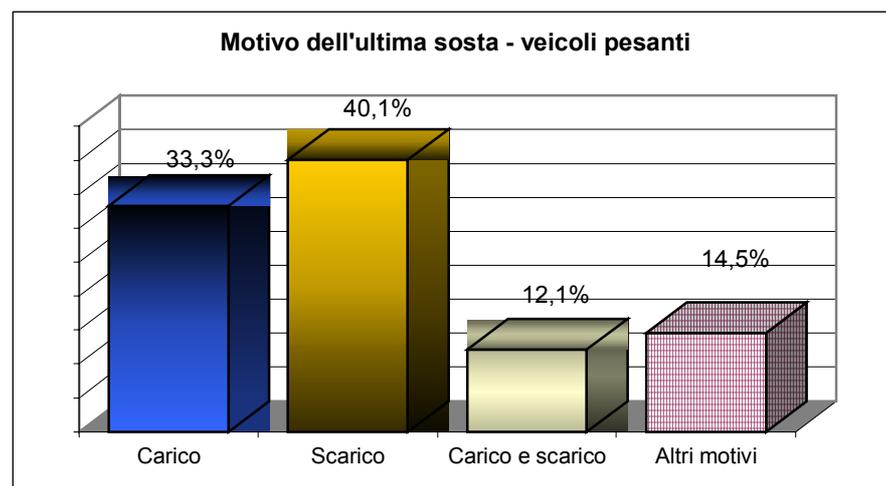
Per quanto riguarda la meta dello spostamento, sono ancora una volta le unità industriali artigianali, ovviamente diverse da quelle di partenza, a rappresentare la percentuale nettamente maggiore (41%); aumentano il peso percentuale, rispetto alle



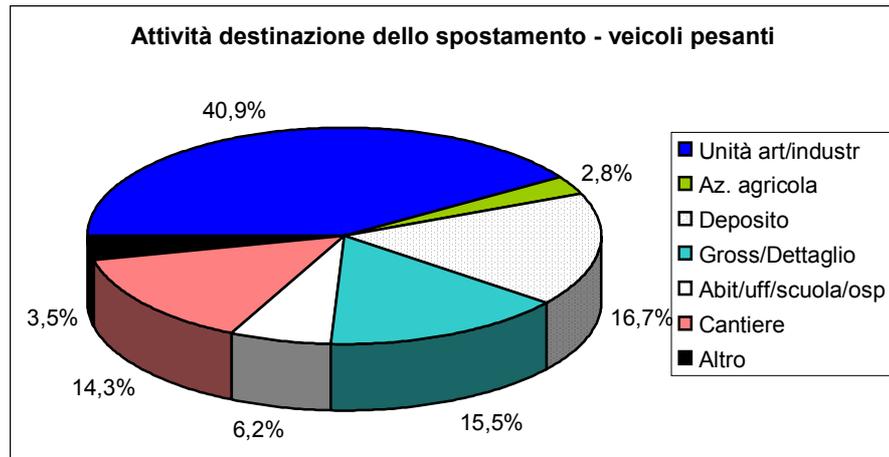
origini, le destinazioni rappresentate da cantieri (14%) strutture per la vendita (15,5%) e anche i depositi (17%), in questo caso rappresentati anche da discariche e simili.



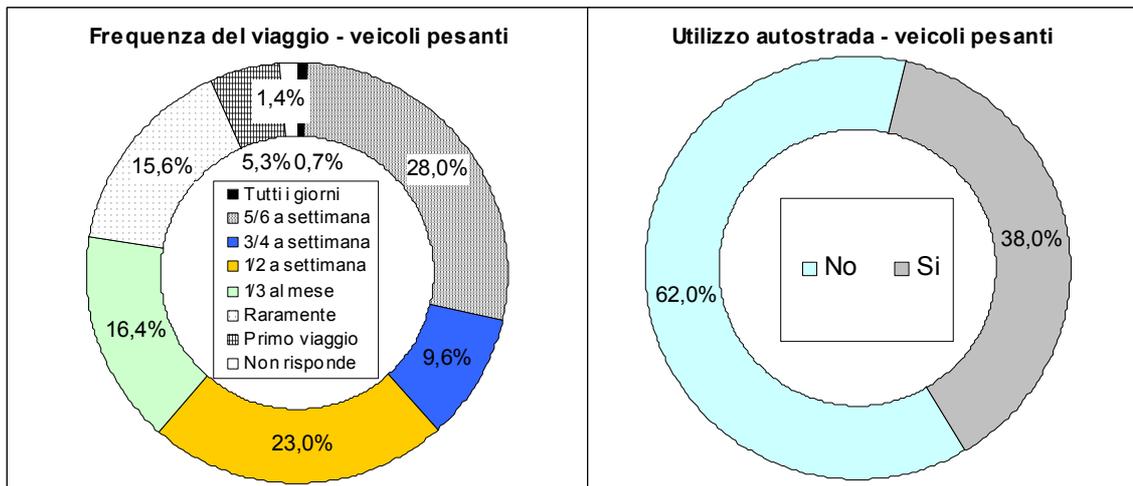
Durante gli spostamenti vengono effettuate alcune soste, la cui natura è stata anch'essa indagata dal questionario somministrato ai conducenti dei mezzi. In particolare è stato chiesto il motivo dell'ultima sosta effettuata, che è risultato in massima parte per scaricare il mezzo (40%), compatibilmente con la bassa percentuale di carico mediamente riscontrata; seguono le soste per caricare (33%) o per altri motivi (ristoro, rifornimento, riposo, al 14,5%). Il resto (12%) è rappresentato da soste in cui allo scarico segue un nuovo carico.



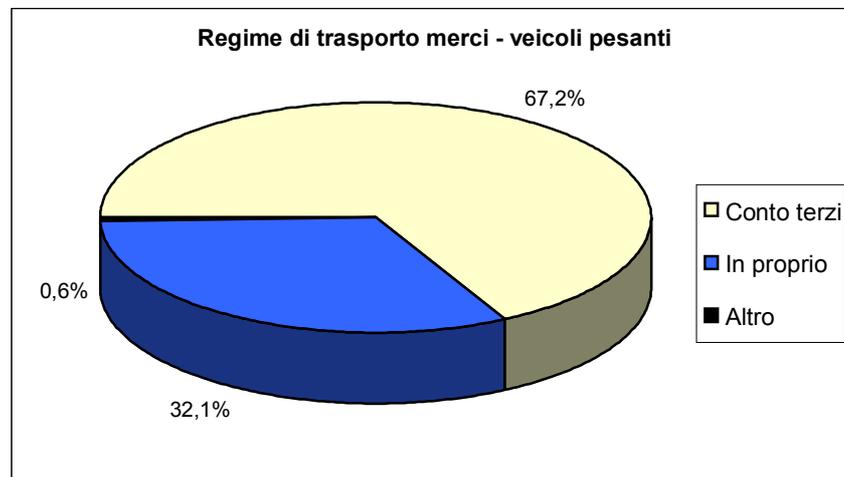
I viaggi vengono effettuati, nella maggior parte dei casi, tutti i giorni lavorativi (28%); se si aggiungono quelli effettuati dall'una alle quattro volte a settimana si raggiunge una percentuale di quasi il 61%.



Per l'effettuazione di tali spostamenti, la rete autostradale è utilizzata nel 38% dei casi, per la maggior parte (62%) si ricorre alla viabilità ordinaria.



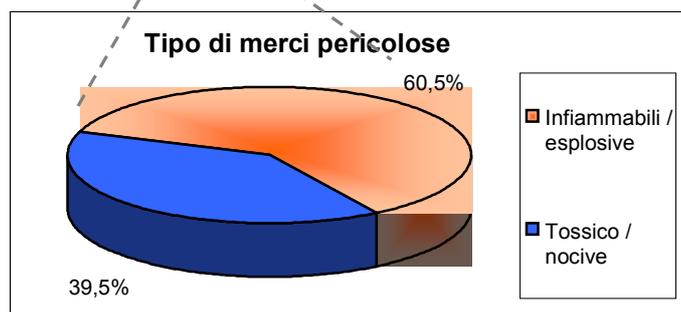
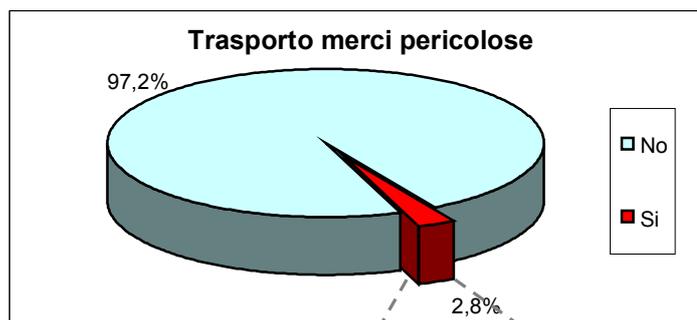
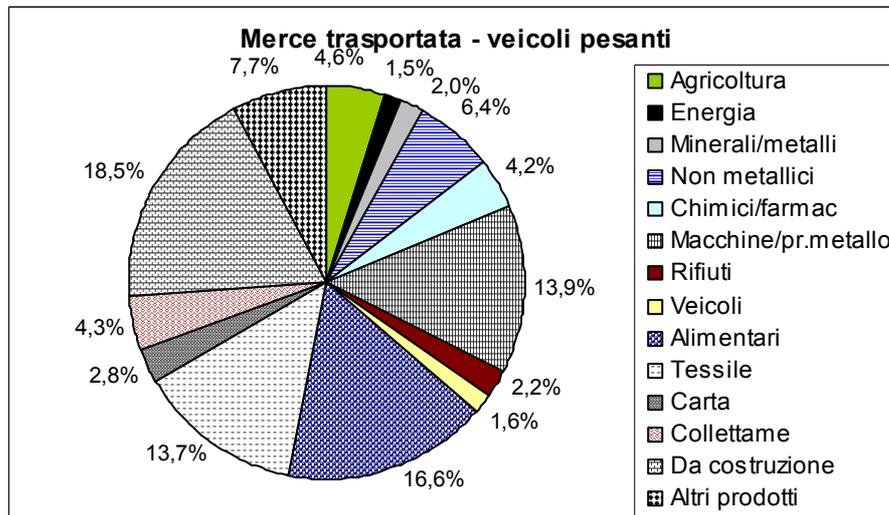
Circa i due terzi degli spostamenti (67%) i conducenti dei mezzi li effettuano per conto di altre ditte, mentre è di un terzo (32%) la percentuale di viaggi effettuati in proprio.





La tipologia di merce trasportata è molto articolata, con una leggera prevalenza dei materiali da costruzione (inerti, calcestruzzo, laterizi, impermeabilizzanti, ecc.), che raggiungono il 18,5%, ma una distribuzione che tocca un po' tutti i settori merceologici in maniera non trascurabile. Si tenga anche presente che molti conducenti dichiarano di trasportare più tipi di merce e non sempre è stato possibile individuarne una prevalente. È alta la percentuale di autisti che dichiara di non sapere quale carico sta trasportando o che non risponde alla domanda, classi non inserite nel grafico.

La percentuale di spostamenti per il trasporto di merci pericolose risulta, dalle dichiarazioni, inferiore al 3%, ma è probabile che la percentuale possa in parte risentire della mancata risposta alla domanda precedente. Tra le merci pericolose trasportate, la percentuale maggiore (60,5%) è rappresentata da sostanze infiammabili e/o esplosive, il resto da materiali tossici o nocivi.





2.4 Costruzione delle matrici origine / destinazione (O/D) degli spostamenti veicolari

La rappresentazione modellistica della mobilità avviene attraverso l'interazione tra la domanda di spostamento (espressa dalle persone che si devono muovere) e il sistema di offerta (costituito dalle infrastrutture viarie destinate a soddisfare tale domanda).

Per rendere possibile l'indipendenza degli spostamenti dai tragitti effettuati dai mezzi, l'area di studio viene rappresentata da un numero finito di zone, come descritto al paragrafo 2.2, e gli spostamenti vengono individuati per zona di origine e zona di destinazione del viaggio: questo affinché al variare delle opzioni di percorso (offerta di tragitti alternativi) sia possibile da parte del conducente l'impiego di diversi cammini alternativi per effettuare lo spostamento dal luogo di partenza al luogo di destinazione.

Tali rappresentazioni delle esigenze di mobilità sono denominate Matrici di origine e destinazione (O/D) e sono riferite ad un determinato periodo temporale di riferimento, nella fattispecie, è rappresentativa della domanda di mobilità con l'autovettura nell'ora di punta del mattino (tra le 8.00 e le 9.00), del giorno feriale medio, espressa in autovetture equivalenti.

Le matrici O/D consentono, in pratica, di conoscere l'intensità delle singole relazioni interzonali, dette anche "linee di desiderio", fornendo un'informazione più completa, strutturata e totalmente indipendente dagli attuali flussi di traffico sulla rete e adatta, quindi, allo studio di sistemi di offerta infrastrutturale alternativi all'attuale, da cui operare la scelta ritenuta migliore.

Occorre segnalare, infine, che a prescindere dal periodo temporale di riferimento, l'informazione relativa ai rilievi dei flussi di traffico risulta definita attraverso l'indicazione della sola sezione di rilevamento mentre le linee di desiderio rimangono descritte dalle coppie origine/destinazione dello spostamento.

I dati impiegati per la costruzione della matrice dei veicoli leggeri fanno sostanzialmente riferimento a tre fonti, opportunamente combinate tra loro al fine di ottenere una base dati omogenea:

1. spostamenti di scambio tra la provincia e l'universo esterno (cordone provinciale)
2. interviste effettuate sulle principali direttrici di scambio interne alla provincia (cordone ai Comuni di Biella e Cossato)



3. dati ISTAT desunti dal censimento della popolazione e abitazioni 2001 (dati integrativi alla mobilità infraprovinciale).

Gli spostamenti di scambio tra la provincia e l'universo esterno (cordone provinciale) sono stati ricavati dalle interviste ai conducenti dei veicoli appositamente predisposte e già viste al paragrafo 2.3.2. Per ciascuna scheda di intervista sono stati applicati i coefficienti di espansione (pesi) relativi al tasso di campionamento della sezione a cui l'intervista si riferisce. Sono state considerate unicamente le schede non suscettibili del fenomeno delle doppie intercettazioni: è possibile, infatti, che nel corso della stessa indagine alcuni spostamenti vengano conteggiati più volte, qualora il percorso effettuato dai veicoli attraversi in più punti l'ipotetico cordone delimitato dalle sezioni di rilevamento che circonda l'area di studio. Per evitare questo fenomeno sono state quindi escluse dal monte interviste gli spostamenti intercettati in uscita dal cordone provinciale che presentassero zona d'origine esterna ad esso, assumendo che tali viaggi fossero già stati conteggiati all'ingresso del territorio provinciale.

Per quanto riguarda gli spostamenti interni al territorio provinciale si è inizialmente provveduto ad utilizzare le interviste ai cordoni di Biella e Cossato: anche in questo caso le interviste effettuate sono state confrontate con i rilievi dei flussi di traffico misurati nelle medesime postazioni, per ottenere i corrispondenti coefficienti di espansione all'universo dei transiti. Per ovviare al problema rappresentato dalle doppie intercettazioni, così com'è stato fatto per il cordone esterno, sono stati considerati unicamente gli spostamenti intercettati con origine oppure destinazione nelle 122 zone interne alla Provincia.

Una volta effettuata questa serie di correzioni statistiche, il peso complessivo delle interviste ai due cordoni ammonta a poco più di 15.000 spostamenti veicolari.

Gli spostamenti rilevati nelle postazioni di intervista sono stati successivamente integrati con la matrice dei pendolarismi `matrix_pendo2001.txt` contenente le informazioni relative agli spostamenti per motivi di lavoro o di studio della popolazione residente in famiglia, rilevata con il modello CP.1 al 14° Censimento generale della popolazione (21 ottobre 2001).

Il file è relativo agli spostamenti effettuati dalla popolazione residente, su base comunale: è costituito da 3.870.728 records e contiene i dati relativi a 26.764.361 individui. Da questa matrice sono stati selezionati gli spostamenti effettuati con il mezzo motorizzato privato (autovettura e motociclo) e aventi origine e destinazione interna al territorio della provincia di Biella.



Sono stati successivamente eliminati tutti gli spostamenti che attraversavano nel loro percorso una o più delle postazioni su cui era già stata effettuata l'indagine su strada dell'origine e destinazione dei veicoli in transito (eliminazione delle doppie intercettazioni).

Il campione utilizzato è solo quello che dichiara partenza dello spostamento effettuata tra le ore 7,15 e 9,15 (codici istat 2 e 3 del campo "orario di uscita"). Sono stati successivamente omogeneizzati gli spostamenti in termini di veicoli equivalenti, attribuendo peso 1,00 agli spostamenti effettuati con autovettura e peso 0,50 a quelli effettuati con motocicli.

Il numero di spostamenti pendolari è stato successivamente riproporzionato alla percentuale di transiti nel periodo di punta 8,00 – 9,00 effettuati per qualsiasi motivo (anche per motivi diversi da casa -scuola casa -lavoro). Dalle interviste somministrate ai conducenti in tutte le postazioni è emerso che mediamente la percentuale di spostamenti pendolari sul totale dei transiti nell'ora di punta assomma al 42%. Ogni coppia di spostamento della matrice degli spostamenti pendolari iniziale (rappresentativa, come detto, di due ore dalle 7,15 alle 9,15) è stata pertanto moltiplicata per $K = 1,19$ per considerarla rappresentativa di tutta la mobilità veicolare privata dell'ora di punta del mattino non già intercettata nelle postazioni al cordone provinciale ed al cordone del capoluogo.

$$K = 1 / (0,42 \times 2) = 1,19$$

Gli spostamenti così stimati sono 22.714 riferiti all'ora di punta del mattino.

Per giungere ad una descrizione completa della domanda di trasporto privato, i risultati delle elaborazioni descritte ai 3 punti precedenti, sono stati in seguito accorpati in un'unica matrice OD complessiva.

A questi spostamenti sono stati aggiunti i precarichi autostradali in attraversamento al territorio provinciale, desunti dalla matrice autostradale annuale da casello a casello e proporzionati all'ora di punta (4.436 spostamenti) ed i movimenti di stazione ai caselli più prossimi alla Provincia di Biella. Per questi ultimi sono stati utilizzati i dati delle interviste sviluppati in occasione del PUM '96, opportunamente riproporzionati con i movimenti di stazione 2004 di cui al paragrafo 2.3.1 (1.435 spostamenti di auto equivalenti).



La matrice dei mezzi pesanti, anch'essa riferita all'ora di punta del mattino, è stata ricavata in maniera analoga, utilizzando però unicamente la base di rilevazione di cui al paragrafo 2.3.4, opportunamente proporzionata al numero di mezzi pesanti in transito. La matrice, conformemente a quella dei mezzi leggeri, è espressa in autovetture equivalenti.

2.5 L'applicazione della procedura di stima delle matrici (Matrix Estimation)

La stima delle matrici è un procedura che permette di correggere, modificare, o al limite anche ricostruire, per mezzo di diversi possibili input, una matrice origine-destinazione (O/D) che risulta essere incompleta o non particolarmente attendibile per il modello di traffico che si sta implementando.

Il software CUBE ha un modulo di calcolo che implementa detta procedura che prende, per l'appunto, il nome di Matrix Estimation (ME); questo è noto anche come "Stima delle matrici da conteggi di traffico (veicolare o passeggeri)" in quanto proprio i conteggi di traffico sono la principale informazione che viene utilizzata per il processo. Così come nel processo generale, anche il software permette di utilizzare una grande varietà di informazioni differenti, quali:

- matrici datate
- matrici osservate (anche parziali)
- potenziali di generazione ed attrazione zonali
- percorsi veicolari
- matrici dei costi di viaggio

Queste informazioni possono essere utilizzate tutte insieme o anche parzialmente. Ognuna di queste categorie è in grado di dare delle indicazioni su quale potranno essere i valori corretti della matrice O/D da stimare.

Tuttavia, dal momento che le informazioni a disposizione non hanno tutte lo stesso grado di attendibilità, esse possono condurre a dei risultati di stima contrastanti. Per tale motivo a ciascuna informazione inserita nel processo di stima, viene associato un valore che ne indica la effettiva attendibilità; tale valore viene chiamato confidenza



del dato. Il valore di confidenza verrà utilizzato nel processo di stima per valutare, in caso di informazioni contrastanti, a quale dato occorrerà dare maggior peso.

Il risultato finale del processo di stima dipenderà quindi strettamente sia dalla quantità che dalla qualità dei dati che vengono immessi nel modulo Matrix Estimation di CUBE.

La scelta dell'impiego del Matrix Estimation è apparsa indispensabile per la stima della matrice dei mezzi pesanti, a causa della scarsa disponibilità di dati nel trasporto merci, limitati alla sola campagna di indagine predisposta nell'ambito del presente studio.

Per quanto riguarda il trasporto veicolare privato di persone si è potuto notare che l'assegnazione della matrice O/D rilevata al modello della rete infrastrutturale esistente della Provincia di Biella comportava una differenza dell'ordine del 10% complessivo tra il flusso di traffico veicolare leggero simulato dal programma e quello invece misurato sulle sezioni di rilevamento poste sul cordone al territorio provinciale. Si è pertanto scelto di applicare la procedura di stima anche alla matrice O/D della mobilità privata per riequilibrare questa differenza e per diminuire gli scostamenti sulle singole postazioni.

Si sono considerati come input del modulo Matrix Estimation le matrici O/D dei viaggi iniziali (che indicheremo come "matrici precedenti/datate), i conteggi di traffico sia del cordone esterno che del cordone interno, i percorsi veicolari di viaggio e i potenziali di generazione ed attrazione zonali. Questi ultimi corrispondono unicamente alla somma dei veicoli rilevati generati ed attratti da ciascuna zona nel caso dei veicoli leggeri, mentre sono stati stimati attraverso l'applicazione di coefficienti di emissione ed attrazione di traffico applicati ai parametri socioeconomici di ciascuna zona (sostanzialmente al numero di addetti di fonte ISTAT censimento 2001 differenziati per sezione di attività economica) nel caso dei mezzi pesanti.

Nell'impiego del processo di stima della matrice, la matrice precedente è la matrice dei viaggi che si ha a disposizione prima del processo di stima. I valori di tale matrice sono i migliori valori che si hanno a disposizione e che occorre aggiornare o perché sono datati o perché errati o incompleti. Il nome "precedente" è da leggersi in relazione alla matrice "attuale" che rappresenta il risultato "corretto" al quale si vuole arrivare con il processo di stima.



L'utilizzo di una matrice precedente è di fondamentale importanza per la buona riuscita del processo perché esplica puntualmente la ripartizione degli spostamenti. Per quanto riguarda la matrice dei mezzi pesanti si è ipotizzata l'esistenza di relazioni di spostamento tra le zone interne alla provincia caratterizzate da un potenziale di generazione e attrazione superiore a 50 veicoli equivalenti generati nell'ora di punta del mattino, per consentire di stimare la quota di mobilità interna, non rilevata dalla postazioni al cordone provinciale ma che figura nella rilevazione delle 28 postazioni di traffico merci impiegate.

Nel caso in studio, ad ogni valore delle matrici, ovvero ad ogni coppia di origine e destinazione ricavate dalle interviste effettuate, si è associato un diverso valore di confidenza a seconda se l'origine o la destinazione del viaggio fosse interna o meno al cordone esterno definito dalle sezioni di rilievo del traffico.

Si sono considerati molto affidabili i dati entranti nel territorio provinciale e con destinazione interna allo stesso perché sono gli unici non interessati da doppie intercettazioni; viceversa gli spostamenti interni sono i più incerti in quanto le doppie intercettazioni sono molto più frequenti e a questi è stato attribuito un peso minore.

Unitamente alla matrice precedente, i conteggi di traffico sono l'altro dato di fondamentale importanza per la buona riuscita del processo di stima. Mentre la matrice costituisce la base di partenza della stima, i conteggi di traffico costituiscono la principale fonte di informazione per guidare il processo di stima verso la soluzione corretta. L'utilizzo dei conteggi di traffico per la stima delle matrici dei viaggi costituisce, in sostanza, il processo inverso che si fa nell'assegnazione della matrice. Con l'assegnazione infatti si ottengono i flussi sulla rete a partire dall'interazione fra la matrice dei viaggi e la rete di trasporto; in questo caso, invece, si ottiene la matrice a partire dall'interazione tra i conteggi di traffico e la rete.

Ovviamente la stima sarà tanto migliore quanto più numerose saranno le sezioni di conteggio, ma è altrettanto importante la posizione in cui detti conteggi sono effettuati. È importante infatti che le postazioni "chiudano" un gruppo di zone rispetto ad un altro, così che tutti gli spostamenti siano intercettati.

Nel caso del modello predisposto per la Provincia di Biella sono state individuate 34 postazioni di conteggio del traffico; le prime 8 chiudono il territorio provinciale dall'esterno, 20 intercettano lo scambio tra i principali poli urbani della Provincia e le restanti 6 rappresentano il flusso di stazione ai principali caselli di servizio alla provincia di Biella. Tutte queste "screen line" sono particolarmente



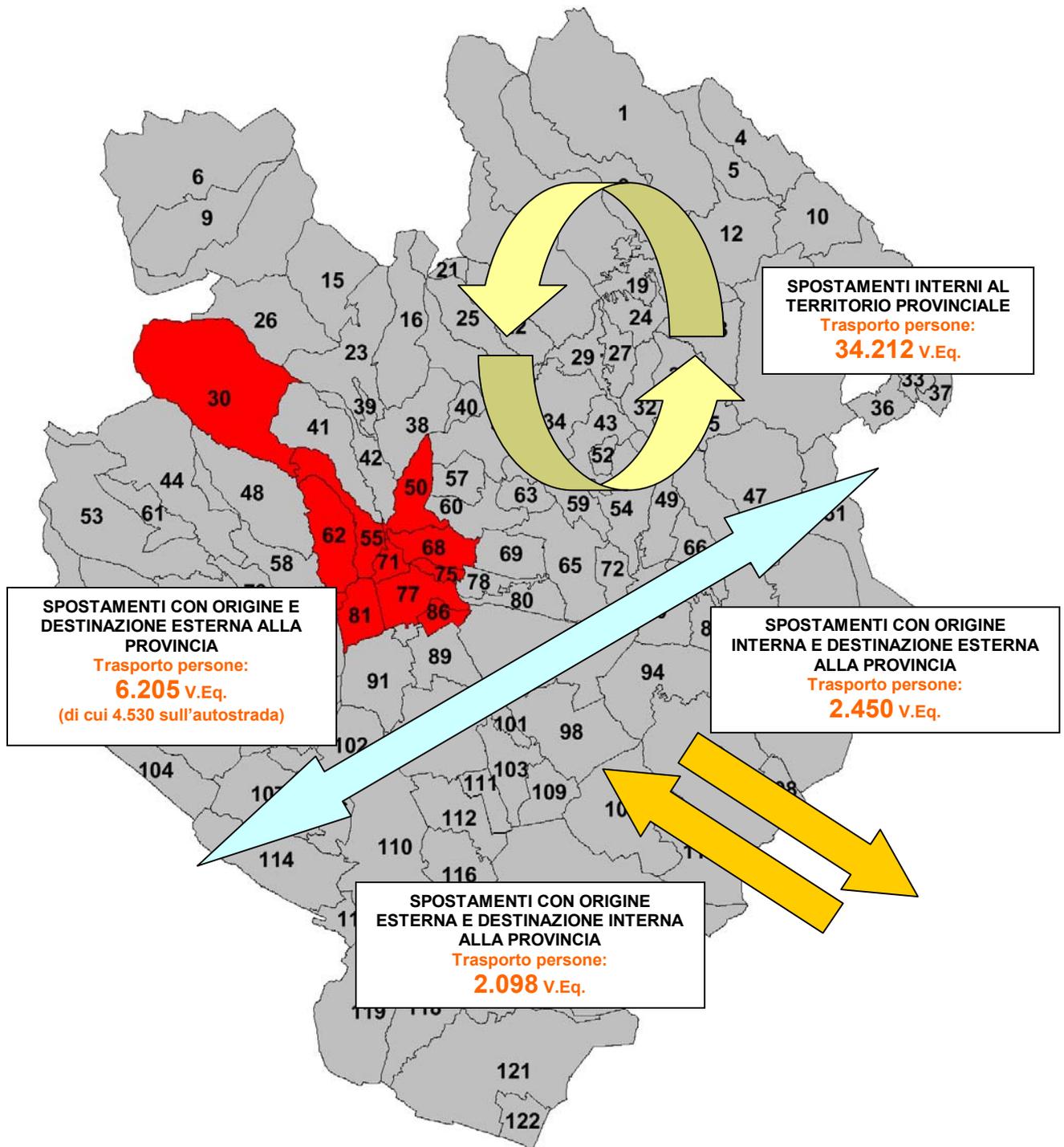
importanti, e devono perciò assumere importante rilievo statistico nel processo di stima: è quindi stato assegnato un valore di confidenza pari a 100, con la sola eccezione dei conteggi delle sezioni ai caselli. Queste ultime non sono state impiegate nel processo di stima della matrice dei mezzi pesanti, poiché in tali sezioni non era disponibile nessun rilievo di domanda diretto fuori della provincia, ed il loro eventuale impiego avrebbe completamente falsato la comanda di traffico in ingresso e uscita dall'autostrada, attribuendola unicamente alla Provincia di Biella.

L'ultima informazione data in input per il processo di stima della matrice riguarda i percorsi di viaggio. Questi sono strettamente correlati ai conteggi di traffico, perché, dato un conteggio, affinché si possa conoscere a quali coppie O/D appartengano quei flussi, occorre fornirgli l'informazione dei percorsi che collegano le diverse coppie O/D. Per la produzione di questi percorsi si è usato lo stesso metodo che si intende usare durante l'assegnazione della matrice finale, ovvero il metodo di Burrell. Questo si caratterizza per il fatto che sceglie un set (nel nostro caso 5) di possibili percorsi che collegano una coppia O/D, e su questi si ripartiscono gli spostamenti, esattamente come l'utente ha a disposizione diverse alternative di percorso per raggiungere la propria destinazione.

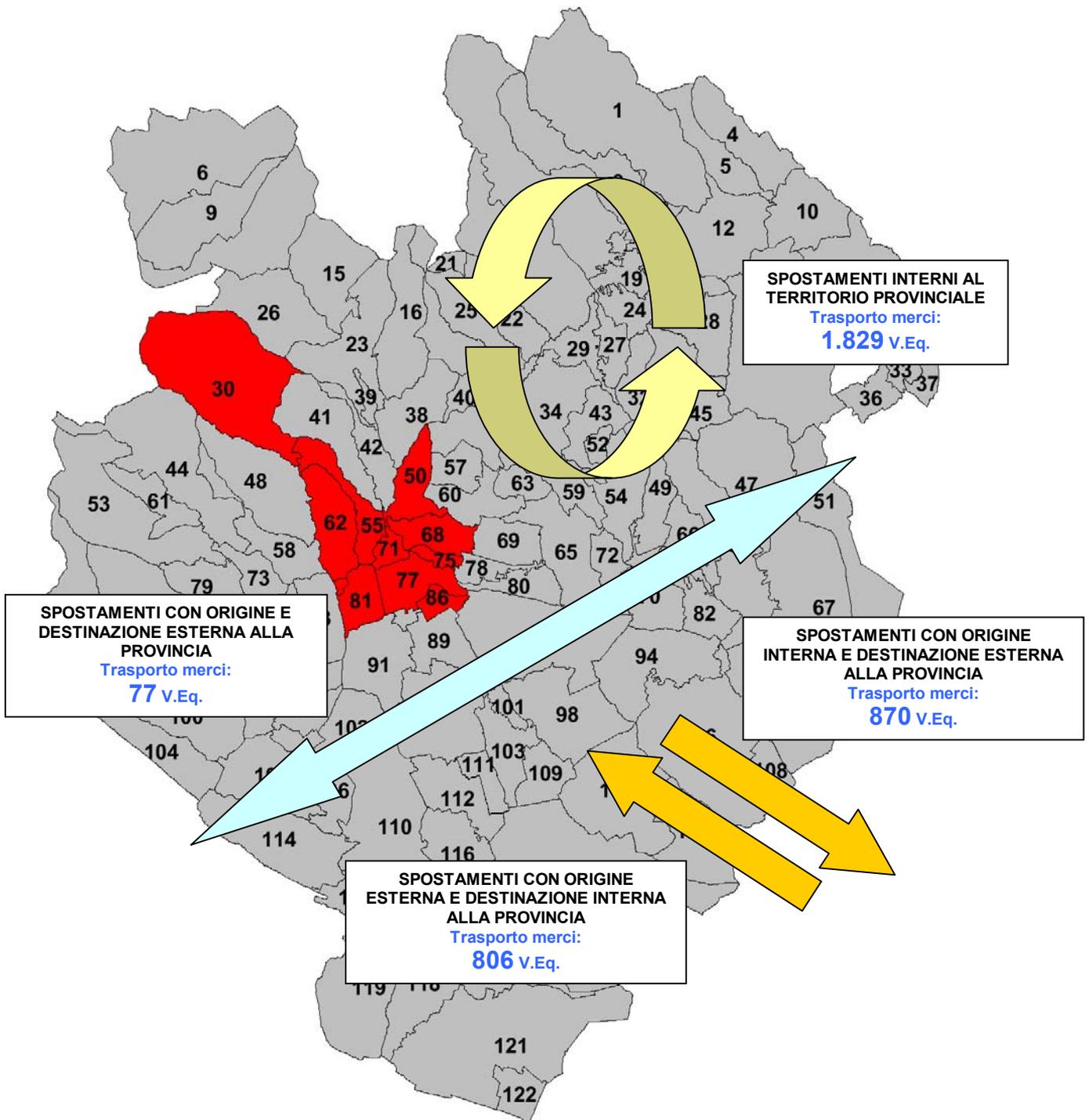
La procedura di stima delle matrici così effettuata, ha portato ad ottenere un totale di 3.582 spostamenti di veicoli pesanti equivalenti e di 44.965 veicoli leggeri equivalenti, con un incremento rispettivamente del 76% e del 3% rispetto ai totali delle precedenti matrici O/D (2.038 e 43.756 spostamenti).

Con la successiva assegnazione delle matrici stimate alla rete del modello si è verificato anche un notevole miglioramento per quanto riguarda la differenza tra i flussi rilevati sulle postazioni e i flussi assegnati dal modello stesso: questa scende infatti allo -0,6% come valore complessivo su tutte le postazioni di rilevamento sul totale dei veicoli equivalenti in transito (leggeri + pesanti), con scostamenti leggermente superiori (-3,0%) per le postazioni cordonali esterne e di poco inferiori per le postazioni cordonali interne (+0,2%).

Le matrici stimate vengono quindi da ora considerate come le effettive matrici attuali degli spostamenti veicolari leggeri e pesanti della Provincia di Biella.



La domanda di mobilità di veicoli privati per il trasporto di persone

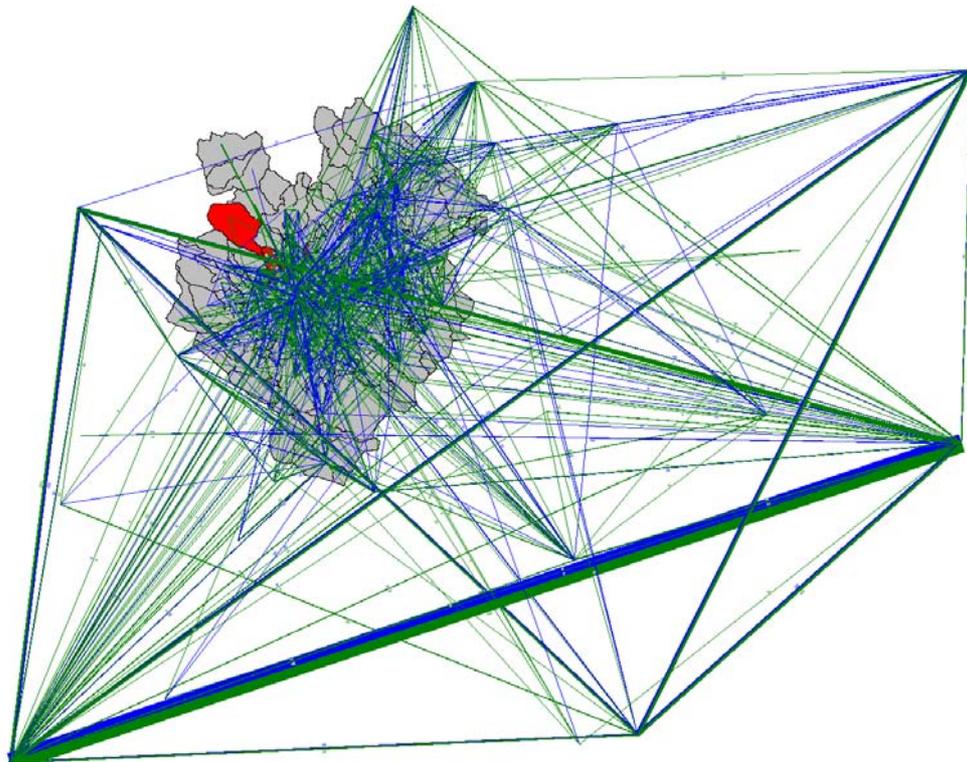


La domanda di mobilità di veicoli merci su gomma



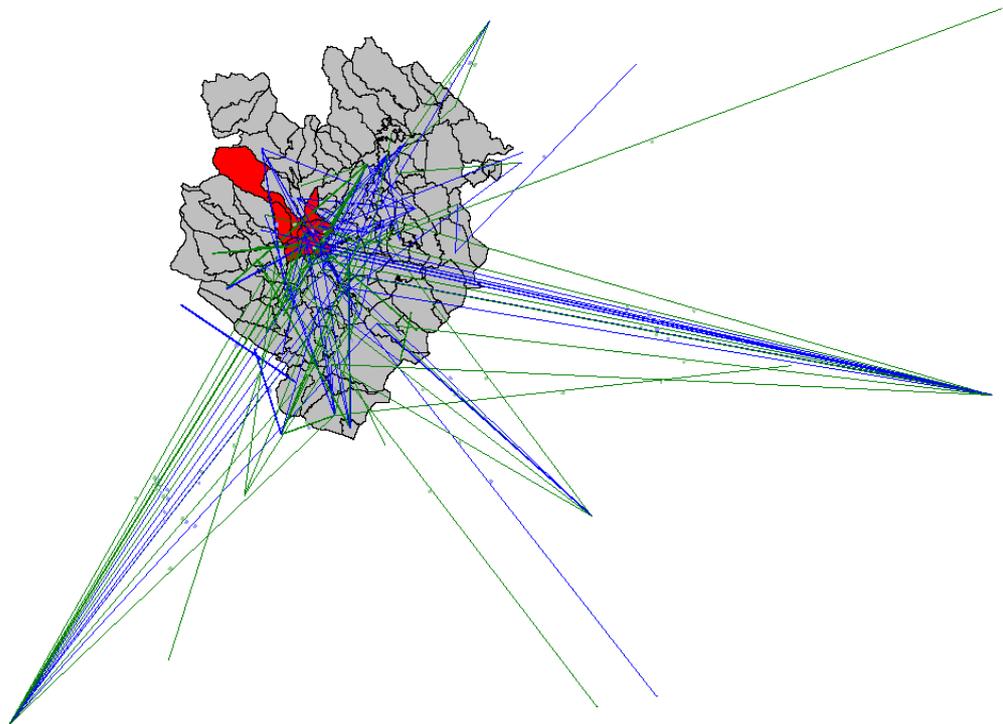
Dopo tutte le operazioni descritte si è arrivati a costruire due matrici O/D veicolari che rappresentano la domanda di mobilità veicolare che interessa l'area di studio nell'ora di punta del mattino.

La matrice così ottenuta costituisce la base da utilizzare per le successive elaborazioni concernenti l'assegnazione degli spostamenti alla rete viaria di veicoli leggeri.



Linee di desiderio della domanda di trasporto persone su mezzo privato

Al mezzo privato di trasporto persone corrisponde una domanda di spostamento di 55.656 passeggeri, considerando un coefficiente medio di carico rappresentato da 1,26 passeggeri per veicolo. Al trasporto merci su gomma corrisponde una domanda di traffico di 3.582 autovetture equivalenti per il trasporto merci.



Linee di desiderio della domanda di trasporto merci su gomma

2.6 L'offerta di infrastrutture viarie

L'offerta delle infrastrutture viarie è definita dalle caratteristiche della rete esistente. La conoscenza del sistema di offerta ha come scopo primario la costruzione del grafo della rete viaria dell'area, ovvero schematizzare la rete in un insieme di archi e nodi.

Queste operazioni vanno eseguite usando opportuni codici, omogenei con quelli usati nella zonizzazione e nell'analisi della domanda, di modo che il grafo sia riproducibile al calcolatore e quindi utilizzabile nell'ambito dei modelli di simulazione. Nel caso della rete viaria, gli archi rappresentano tratti di strada non interessati da intersezioni di particolare rilievo; tutti gli archi sono delimitati da due nodi, che, in generale, rappresentano il punto in cui due o più archi si incrociano.

Il problema della schematizzazione di un sistema viabile, mediante un grafo, consiste nell'individuazione dei nodi e dei collegamenti da nodo a nodo, ritenuti



significativi ai fini dell'analisi del sistema viabile attuale e per il quale si vogliono conoscere i flussi veicolari.

I nodi e gli archi rappresentano realtà fisiche ben distinte. I primi individuano punti del territorio aventi coordinate spaziali e temporali definite, per spostarsi tra i quali esiste però un costo di trasferimento. I secondi rappresentano i legami fisici che legano due diversi punti (nodi) del territorio in esame e agli archi è associato un costo di trasferimento.

Al fine di ottenere una corretta modellizzazione del sistema viabile, ogni arco è stato caratterizzato con il proprio costo generalizzato di trasporto. Operativamente, ad ogni arco è stato descritto attraverso la lunghezza, la velocità di percorrenza, la capacità a vuoto, la tipologia dell'arco ed una particolare curva di deflusso (calcolati dalle caratteristiche geometriche e morfologiche della strada).

Il grafo rappresenta la rete veicolare della Provincia di Biella. Il grafo della rete veicolare è stato ottenuto da una semplificazione della rete viaria esistente. Sono state introdotte nel modello le autostrade, le strade statali, le provinciali e le principali strade comunali. Sono state anche considerate le reti viarie urbane dei principali centri abitati.

Per effettuare un'adeguata modellizzazione della rete viaria, tale da consentire di conoscerne nel dettaglio le caratteristiche capacitive dei singoli archi stradali, è stato effettuato nel periodo giugno – luglio 2005 un rilievo di massima delle caratteristiche fisiche e geometriche della rete stradale (archi e nodi). Le capacità degli archi sono state successivamente stimate attraverso l'applicazione della metodologia prevista dall'HCM.

Ciascun arco del grafo, impiegato per rappresentare il sistema viabile, è caratterizzato da un tempo di percorrenza e/o da altri oneri sopportati dall'utente del sistema stesso per spostarsi da un nodo iniziale ad uno finale. Il costo di trasporto è una grandezza che sintetizza le diverse voci di costo sopportate dagli utenti nella misura in cui questi le percepiscono. Il costo si riferisce al costo generalizzato, che rappresenta il peso relativo attribuito dal guidatore al tempo, alla distanza o ad entrambi su differenti percorsi.

La funzione del costo generalizzato può essere assunta secondo la seguente formulazione:

$$a_{\text{totale}} = a_t + a_d + a_{\text{svolte}}$$

Con a_t = coefficiente di peso del tempo



a_d = coefficiente di peso della distanza

a_{svolte} = coefficiente di peso delle svolte

Questi pesi variano, in linea di principio, in accordo con fattori quali: lo scopo del viaggio (i viaggiatori tendono ad attribuire più peso al tempo che non alla distanza); la lunghezza del viaggio (i guidatori stimano la distanza in maniera più diretta e sono da essa influenzati maggiormente su viaggi a lunga percorrenza). I costi associati a ciascun arco della rete sono riferiti ad un utente medio, perciò il costo su ciascun arco del grafo può essere ritenuto costante per tutti gli utenti che lo interessano.

Nel corso delle nostre simulazioni sono stati assunti per tali parametri i seguenti valori:

$$a_t = 1,7; a_d = 1,2; a_{svolte} = 1,0.$$

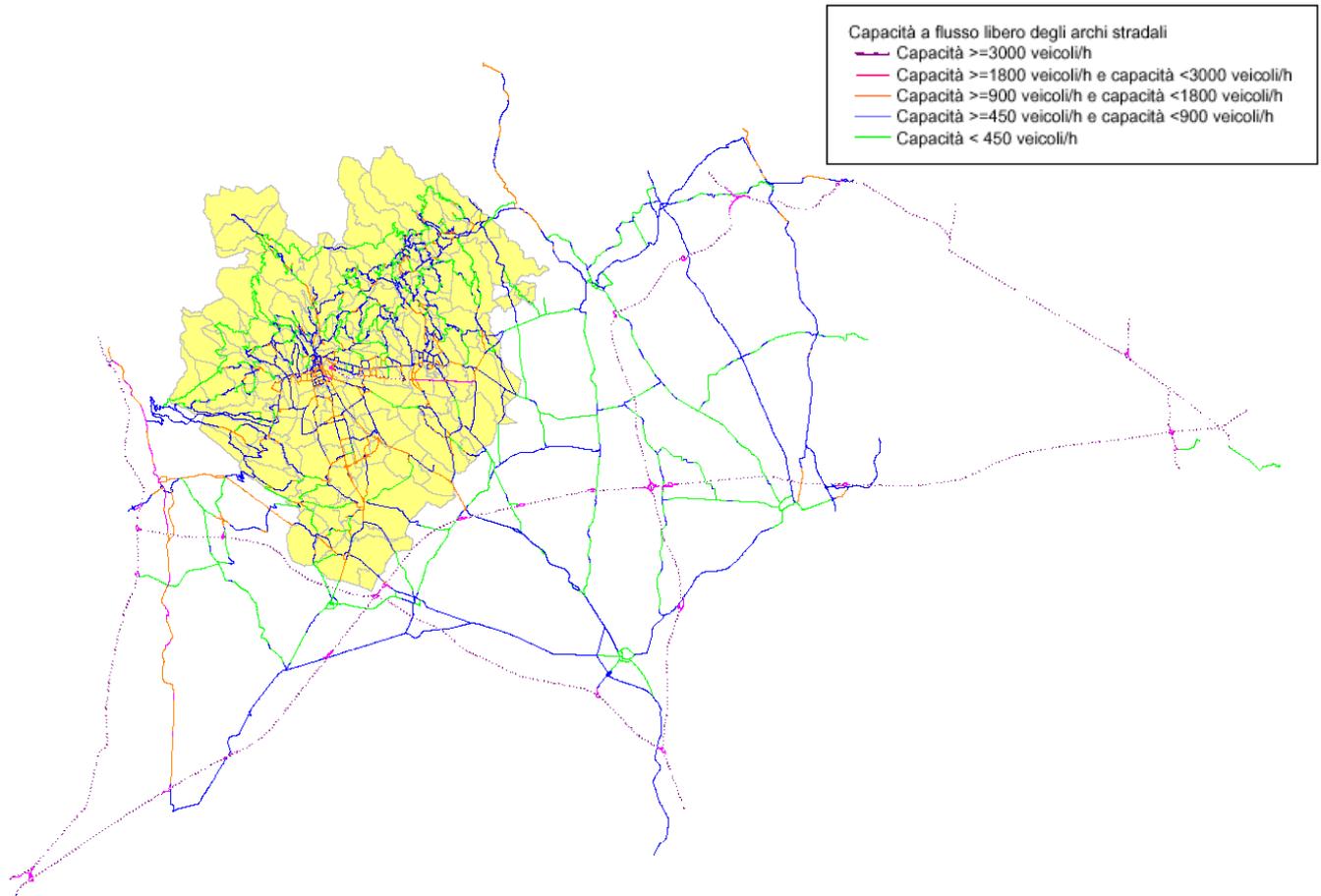
Nel caso degli archi relativi al sistema autostradale a_d è stato assunto pari a 1,5 per tenere conto del pedaggio.

Un importante sotto insieme di nodi è rappresentato dai cosiddetti nodi "centroidi"², i quali individuano i soli punti del territorio da cui si origina e verso cui è destinata la domanda di mobilità, ovvero rappresentano le zone di Origine e/o di Destinazione dei viaggi. Questi nodi centroidi possono essere connessi sia direttamente ad un nodo (intersezione) reale oppure ad un nodo fittizio.

Nelle simulazioni dei flussi di traffico per il Quadro della Mobilità Veicolare nel territorio provinciale di Biella i centroidi sono rappresentati dalle 155 zone derivanti dalla zonizzazione del territorio descritta precedentemente. I nodi regolari sono, invece, rappresentati dalle intersezioni tra due o più strade della rete.

Per consentire la connessione fisica tra le zone, materializzate nel centroide di zona, e la viabilità ordinaria, è stato necessario inserire nel grafo originale degli archi connettori "fittizi", ai quali corrisponde lo spostamento fra il centroide di zona ed un nodo reale o fittizio della rete; agli archi connettori è stato associato un costo di percorrenza nullo, ovvero gli archi sono di lunghezza nulla e di conseguenza presentano un tempo di percorrenza nullo.

² In generale, un nodo "centroide" non corrisponde ad alcun luogo fisico reale del territorio ma rappresenta l'insieme dei punti interni ad una data zona, dai quali può avere origine e/o destinazione un viaggio, e viene, pertanto, posizionato in modo baricentrico rispetto ai punti fisici reali che rappresenta.



Rappresentazione del grafo stradale della Provincia di Biella

Il grafo del trasporto privato così predisposto risulta formato da 5.201 archi e 2.212 nodi, per una estensione complessiva di estensione della rete di circa 4.317 km.

Operativamente, il grafo è stato implementato attribuendo alla viabilità di progetto una serie di codici (*link type*) tali da distinguere gli archi appartenenti alla rete esistente da quelli relativi alle varie infrastrutture di progetto, e tali altresì da consentire una serie di simulazioni modellistiche che prendano in considerazione separatamente gli effetti connessi alla realizzazione di diversi scenari che potranno essere ipotizzati, apportando alla rete di base le minime variazioni necessarie.

La tabella seguente riporta l'elenco dei *link type* utilizzati per classificare gli archi durante l'implementazione del grafo del trasporto privato.



Linktype	Classificazione degli archi	Classi di strada
1	Autostrade	Autostrada A
2	Svincoli autostradali	
3	Strade di grande comunicazione a 4 corsie	Extraurbana B1
4	Strade di interesse regionale a 4 corsie	Extraurbana B1
5	Strade di grande comunicazione larga o media	Extraurbana B2
6	Strade di interesse regionale larga o media	Extraurbana B2
7	Strade di grande comunicazione stretta	Extraurbana B2
5	Strade di interesse regionale stretta (montagna)	Extraurbana B2
8	Altre strade importanti larghe	Extraurbana C1
10	Altre strade importanti strette	Extraurbana C2
11	Altre strade locali	Extraurbana F
12	Svincoli tangenziale	
13	Strada a 4 corsie	Urbana D1
14	Strada di grande comunicazione (passaggio centro abitato delle strade 6)	Urbana D2
15	Altre strade importanti (passaggio centro abitato delle strade 9)	Urbana E1
16	Altre strade di quartiere (passaggio centro abitato delle strade 10)	Urbana E2
17	Altre strade locali	Urbana F
18	Strada locale urbana zona 30	Urbana F
19	Strada locale urbana zona 30 con traffic calming	Urbana F
20	Infrastrutture previste nel breve termine	
21	Infrastrutture previste nel lungo termine	
23	Connessioni pedonali	
24	Strade parcheggio - ZTL	
29	Strade sterrate	Extraurbane F
30	Corsie riservate	
31	Tratti dismessi	
32	Archi connettori centroidi	

A seguito della rappresentazione dello stato di fatto, il grafo dovrà essere integrato con gli interventi in progetto costituenti gli scenari da simulare (a tale scopo sono già stati previsti gli opportuni codici. L'impiego di un'unica rete per sviluppare le simulazioni, oltre a ridurre il tempo necessario per la sua implementazione, riduce considerevolmente il rischio di errori nell'implementazione degli interventi di progetto, spesso combinati in vario modo in scenari alternativi.

2.6.1 Struttura del modello: la qualificazione dei nodi

In ambito urbano, specie in presenza di sistemi di circolazione congestionati, sono le intersezioni stradali che dominano il comportamento di traffico, poiché la capacità degli archi è solitamente superiore a quella dell'intersezione. È cioè maggiore il tempo necessario ad attraversare i nodi (incroci) rispetto a quello per percorrere gli



archi stradali. Un modello efficace richiede di tenerne conto attraverso un'accurata rappresentazione modellistica delle caratteristiche delle intersezioni

La modellizzazione del nodo stradale viene impiegata nel processo di assegnazione per calcolare il tempo necessario ad attraversarlo e per scegliere di conseguenza il percorso di minimo costo generalizzato per effettuare lo spostamento tra l'origine e la destinazione del viaggio.

Al fine di migliorare la rappresentatività del modello, sono stati quindi implementati nella rete stradale biellese i dati relativi alla regolazione delle principali intersezioni stradali.

I dati introdotti nel modello sono relativi a 272 intersezioni (semaforizzate, rotatorie e precedenza), le cui caratteristiche funzionali sono state fornite dagli uffici tecnici provinciali che le hanno rilevate attraverso appositi sopralluoghi.

La modellizzazione dei nodi introdotti nel modello tiene conto dei seguenti parametri:

- a) Numero del tipo d'intersezione
- b) Numero di braccia dell'intersezione
- c) Flusso di saturazione per corsia
- d) Numero del braccio origine della manovra
- e) Numero di corsie disponibili per quella manovra
- f) Numero del braccio destinazione per quella manovra
- g) Tipo d'intersezione (penalità di svolta, semaforizzazioni a ciclo fisso, precedenza, rotatorie, semaforizzazioni da veicoli, manovre a capacità fissa, divieti di svolta)
- h) Codice descrizione manovra (tipo di manovra e ripartizione corsie)
- i) Tempo di manovra osservato (in minuti).
- j) Accodamento iniziale (in veicoli)
- k) Reale Costante di casualità, 1 per arrivi all'intersezione casuali, più basso per arrivi non casuali (es. a plotoni in una serie di semafori sincronizzati), tanto più basso quanto l'arrivo è meno casuale.



Per quanto riguarda le intersezioni semaforizzate, gli elementi del nodo introdotti nel modello e desunti dai tabulati cartacei sono, oltre a quelli comuni già descritti sopra:

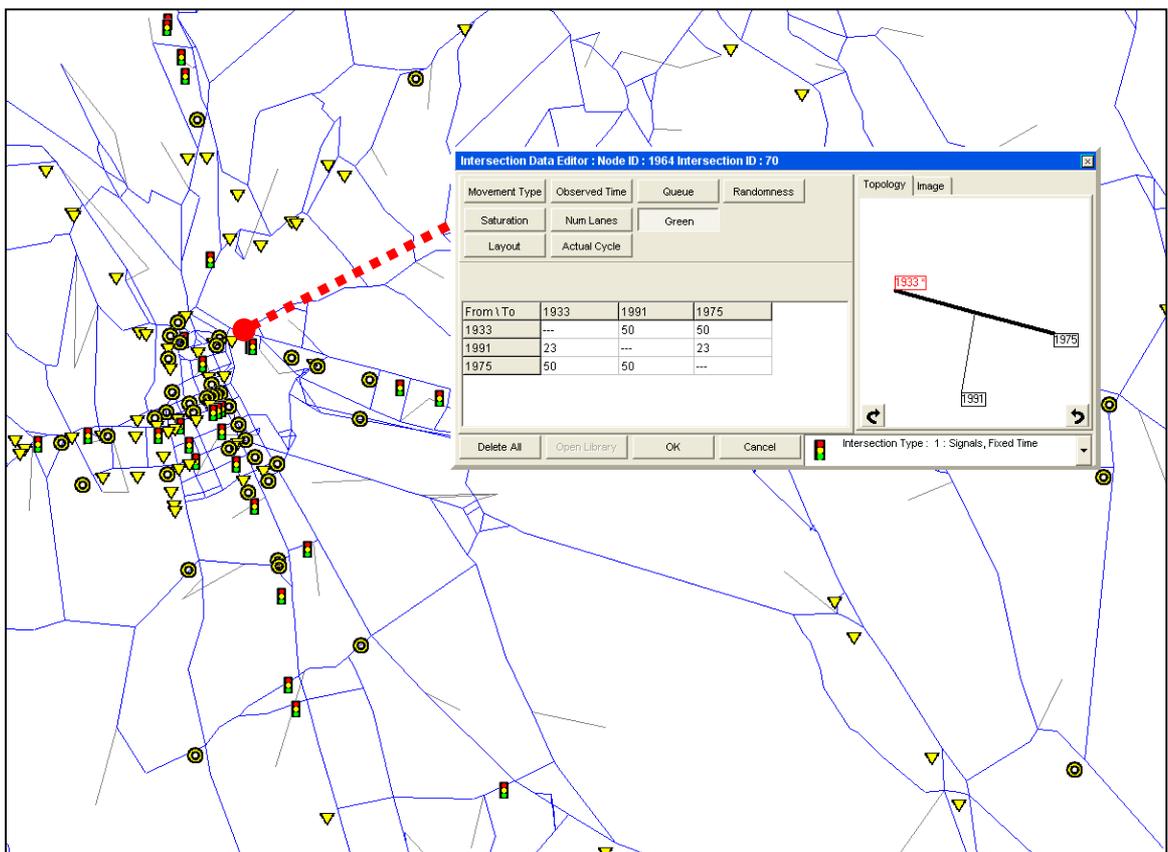
Per i semafori a ciclo fisso:

- a) Tempo di verde effettivo
- b) Ciclo di verde (in secondi) complessivo

Per i semafori attuati dai veicoli:

- a) Fase in cui avviene il movimento, o divieto di svolta.
- b) Massimo ciclo calcolato in secondi
- c) Tempo perso per fase, in secondi.
- d) Numero di fasi

Nel seguito è riportata riportate alcune immagini che mostrano la posizione e le caratteristiche delle intersezioni adottate nel corso delle elaborazioni effettuate.





coppie di zone O/D e, quindi, nella successiva assegnazione dei viaggi per ogni coppia O/D, desunti dalla matrice O/D fornita, ai percorsi calcolati nel passo precedente.

Il criterio utilizzato per l'assegnazione dei viaggi ai percorsi tra una singola coppia O/D è il metodo di Burrel. Questo metodo ha la caratteristica di poter ripartire i viaggi su più percorsi tra una generica coppia di zone O/D, in modo da tener in considerazione l'effetto dell'incertezza del guidatore nella scelta del percorso da compiere (scelta derivata dall'incertezza relativa all'individuazione preventiva del percorso di costo minimo da percorrere).); si è tenuto altresì conto delle condizioni di congestione della circolazione stradale attraverso l'impiego del "Vincolo di Capacità Ristretta" (*Capacity Restraints Method*) applicato secondo il metodo del volume medio.

Nella metodologia di assegnazione di Burrel, l'incertezza è modellata inserendo un intervallo di variazione del costo di percorrenza sull'arco, che viene utilizzato nella costruzione del percorso.

L'ammontare di quanto il costo viene alterato, ovvero il grado di incertezza, è impostato nel modello ricorrendo al parametro SPREAD utilizzato nel programma MHWAY. La perturbazione viene scelta casualmente da una distribuzione rettangolare di probabilità, che ha come valore medio il costo sull'arco fornito dal progettista ed una larghezza $D(C)$ determinata come segue:

$$D(C) = W \cdot \sqrt{C} \quad \text{per } C > W^2$$
$$D(C) = C \quad \text{altrimenti}$$

dove:

C = costo medio sull'arco fornito dal progettista;

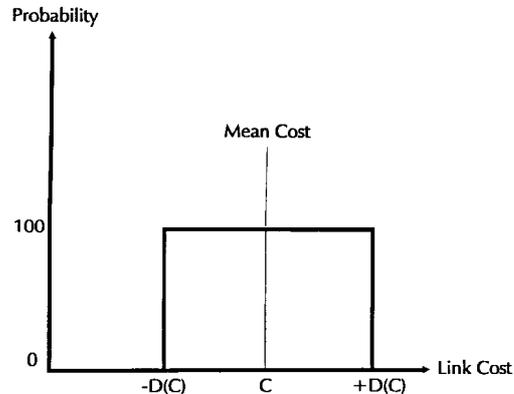
$$W = \frac{SPREAD}{100};$$

SPREAD = grado di incertezza del guidatore (valori tipici sono compresi tra 20.00 e 70.00).

Questa formulazione assicura la stessa varianza media per collegamento, indipendentemente dal fatto che un percorso possa essere costituito sia da pochi ma lunghi archi (con costi elevati), che da molti ma corti archi (con costi modesti). I costi di collegamento sono perturbati casualmente per ogni zona di origine, dando luogo ad un insieme semplice di percorsi per ogni zona di origine della mobilità.



Nel modello della Provincia di Biella, il parametro SPREAD è stato impostato pari 5.



Distribuzione rettangolare usata dal metodo di Burrel

Altresì, viene utilizzata dal programma una funzione in grado di distribuire i viaggi su un insieme di percorsi, al fine di creare un insieme medio statisticamente più stabile. Nel programma MHWAY, il numero di questi insiemi di percorsi è fissato dal parametro NPATH, che è stato impostato pari a 5.

I viaggi O/D sono quindi caricati equamente su ogni percorso, quanto a dire che se vengono costruiti cinque percorsi congiungenti una generica coppia di zone O/D, i viaggi vengono distribuiti sui cinque percorsi in maniera uguale, cioè 20% per ogni percorso. Valori tipici del parametro NPATH sono compresi tra 3 e 6, così un valore di NPATH pari a 5 implica che il 20% dei viaggi, da ogni zona di origine verso ogni zona di destinazione, è assegnato ad ognuno dei 5 insiemi di percorsi individuati.

Il campionamento casuale effettuato nel processo di assegnazione ricorre ad un numero generatore pseudo-casuale (random seed number), il quale assicura che ripetendo l'assegnazione con la stessa rete e sotto le stesse condizioni, si otterranno gli stessi percorsi dell'assegnazione eseguita precedentemente.

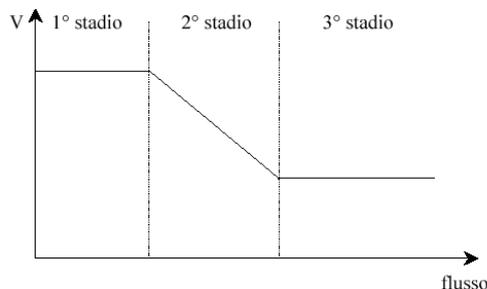
Applicando invece alla procedura il vincolo della capacità ristretta, si interviene a valle dell'assegnazione per rendere conto degli effetti conseguenti alla presenza dei carichi appena introdotti sulla fluidità della circolazione nella rete.

Questa tecnica è stata scelta poiché particolarmente indicata nello studio delle reti congestionate, in cui le limitazioni imposte dalla capacità degli archi influenzano notevolmente la velocità di percorrenza degli stessi. In un'assegnazione successiva alla prima, su una rete con archi già caricati, per una medesima coppia O/D l'utenza



avverte infatti l'esistenza di un "nuovo" percorso di minimo costo, diverso da quello individuato in precedenza

Il programma CUBE - TRIPS associa ad ogni arco una serie di parametri che ne descrivono caratteristiche e prestazioni, i più importanti dei quali sono: lunghezza, tipologia (link type), capacità, velocità di percorrenza, tipo di curva di deflusso. In particolare la curva di deflusso esprime la relazione tra flusso presente sull'arco e velocità dei veicoli in transito secondo una relazione trilineare del tipo rappresentato in figura:



Le curve di deflusso hanno quindi un andamento spezzato, con tre tratti lineari a cui corrispondono diverse condizioni di traffico sull'arco:

- 1° stadio: condizioni di flusso libero, in cui l'entità del flusso non condiziona la velocità di percorrenza dell'arco
- 2° stadio: condizioni congestionate, in cui la velocità diminuisce all'aumentare del flusso
- 3° stadio: condizioni sovracongestionate, con una velocità bassa e generalmente costante

Nel corso dell'elaborazione sono stati utilizzati 17 tipi di curva di deflusso.

Il vincolo di capacità ristretta introduce quindi nella modellizzazione questa circostanza, consentendo una rappresentazione più fedele del fenomeno della mobilità veicolare privata. Questo è un metodo iterativo che interagisce nel processo di assegnazione secondo i due passi seguenti:

1. assegnazione degli spostamenti ai percorsi di minimo costo;
2. modifica dei costi degli archi (velocità di percorrenza degli archi) in funzione dei flussi caricati sulla rete al passo precedente.



La seconda iterazione del procedimento ripete l'assegnazione degli spostamenti, tenendo conto dell'insorgenza dei nuovi percorsi di minimo costo. Il procedimento viene ripetuto più volte fino ad arrestarsi alla convergenza delle velocità di percorrenza degli archi tra due iterazioni successive, ossia quando le velocità della rete modificate da una successiva iterazione (esprese da un coefficiente mediato su tutta la rete) non manifestano significative variazioni.

Nelle nostre elaborazioni la convergenza è stata ottenuta applicando il metodo del Volume Medio, con cui ad ogni iterazione vengono aggiornati i costi degli archi caricando la rete con un flusso corrispondente alla media dei flussi assegnati nelle iterazioni precedenti.

L'algoritmo di assegnazione utilizzato procede nel modo seguente:

1. alla prima iterazione calcola il percorso di minimo costo e ad esso assegna il 100% degli spostamenti; entra quindi nella curva di deflusso di ogni arco col volume di traffico ad esso assegnato, ricavando in tal modo la velocità di percorrenza dell'arco stesso;
2. alla seconda iterazione calcola nuovamente il percorso di minimo costo sulla base dei nuovi costi degli archi ed assegna il 50% degli spostamenti a questo nuovo itinerario, mentre continua ad assegnare il restante 50% del flusso al percorso individuato in precedenza;
3. in generale, all' n -esima iterazione ogni percorso di minimo costo individuato fino a quel momento assorbirà una quota del flusso pari ad $1/n$, con una progressiva diminuzione del peso della singola operazione di assegnazione.

Il pregio della ripartizione dei flussi con la tecnica del Volume Medio risiede nel fatto che esso riduce l'influenza delle variazioni inconsuete dei flussi che possono presentarsi a una data iterazione del procedimento di assegnazione. Nelle nostre elaborazioni, per le elevate dimensioni della rete, si è assunto un numero massimo di iterazioni pari a 30 che hanno portato in generale ad una differenza tra le velocità convergenti, esprese dal parametro delta, inferiore allo 0,1%.



2.8 La configurazione “finale” del modello: caratteristiche, affidabilità, sensibilità

Lo scopo primario dell'impiego di un modello di simulazione del traffico è quello di valutare i cambiamenti che i flussi veicolari della rete attuale potranno avere in seguito alla realizzazione di nuove scelte di percorso e le differenti condizioni d'esercizio che interesseranno le singole aste viarie (espresse dal livello di saturazione).

La simulazione degli scenari di infrastrutturazione si basa su tre presupposti:

- Il primo è che la rappresentazione schematica delle relazioni tra poli di generazione e d'attrazione della mobilità, e quindi dei flussi di spostamento sulle infrastrutture e sui mezzi di trasporto, dia una buona rappresentazione della realtà.
- Il secondo è quello della corrispondenza tra funzionalità della rete reale e quella calcolata. Ciò si è ottenuto, progressivamente, affinando la qualità descrittiva del modo di operare dei singoli archi e dei nodi della rete rispetto allo stato attuale.
- Il terzo consiste nella sensibilità del modello, che deve essere sufficiente ad evidenziare gli effetti che le variazioni di scenario (su domanda di mobilità o offerta di trasporto), producono sulla distribuzione simulata degli spostamenti e dei flussi veicolari.

Quest'ultima condizione, si riscontra solitamente dalle variazioni numeriche che si ottengono con le applicazioni sugli scenari.

Di conseguenza, i principali elementi utili alla valutazione dei diversi scenari predisposti sono costituiti dai valori relativi delle variazioni di quantità prodotte con le simulazioni effettuate. In altre parole dai cambiamenti riscontrabili fra gli scenari che di volta in volta assumono configurazioni diverse e alternative tra loro, e che evidenziano, anche quantitativamente, orientamenti e possibili convenienze correlate alla realizzazione di determinati interventi.

Deve essere tuttavia esplicito che la valutazione, ancorché comparativa, resta affidata alla stima dei flussi sulle strade ed è quindi efficace per gli effetti diretti ed indiretti conseguenti.



Gli scenari si distingueranno per le caratteristiche operative e funzionali degli interventi di volta in volta proposti, cui corrispondono diverse distribuzioni dei flussi veicolari sugli archi della rete che, a loro volta corrisponderanno alle scelte degli utenti "virtuali" sulla base delle convenienze comparate e conseguibili sui percorsi possibili a disposizione. Il parametro oggetto della valutazione è il tempo di viaggio. L'output grafico che consente di percepire le variazioni è rappresentato dai flussogrammi, che mostrano la distribuzione dei flussi sulla rete.

I rilievi di traffico, assumono un ruolo fondamentale nel processo simulativo, essendo elemento comparativo principale tra i flussi assegnati dal processo di simulazione e la realtà; il modello viabile costruito servirà agli scopi quando il differenziale esistente tra i flussi assegnati e rilevati, sul totale delle sezioni stradali, tenderà a zero. Logicamente, in nessun sistema simulativo si raggiunge mai una perfetta corrispondenza tra reale e simulato, proprio perché il modello è solo una schematizzazione della realtà. Lo scopo è, pertanto, quello di giungere ad una rappresentazione che si discosti il meno possibile dalla realtà, ovvero che il differenziale di cui sopra sia ridotto a valori accettabili, situazione che si può considerare raggiunta nel modello predisposto per la Provincia di Biella.

Applicando la procedura di assegnazione descritta, si è potuto procedere al caricamento dei dati di domanda sulla rete attuale, ottenendo il cosiddetto "scenario 0", da confrontare con le condizioni operative esistenti. L'affinamento del modello è stato effettuato alternando iterativamente il processo di assegnazione ed il raffronto tra flussi assegnati e rilevati nello scenario di riferimento, interagendo di volta in volta attraverso variazioni dei parametri di costo dei percorsi, delle curve flusso/velocità, e apportando correzioni secondo una procedura di stima alla matrice O/D, finché il risultato dell'assegnazione non presentava scostamenti sufficientemente contenuti rispetto ai dati di flusso rilevati.

Nel seguito si riporta riepilogo del confronto tra flussi assegnati e flussi rilevati nelle l'insieme delle 28 postazioni di rilevazione dei flussi impiegate per la calibrazione del modello.

Riepilogo confronto fra flussi totali (somma di leggeri e pesanti) rilevati e assegnati	Rilevati	Assegnati	Diff. %
Postazioni di rilievo sul cordone esterno	7.807	7.575	-3,0%
Postazioni di rilievo interne al territorio provinciale	24.245	24.292	+0,2%
Totale postazioni utilizzate	32.052	31.866	-0,6%



Le differenze percentuali tra flussi rilevati e flussi assegnati mostrano scostamenti medi complessivi nell'ordine dell'0,7% (1,4% nel caso delle sole postazioni situate sul cordone esterno del territorio provinciale), differenze che consentono di ritenere affidabili le iterazioni compiute e di conseguenza anche l'affidabilità del modello impiegato, senza dover pertanto ricorrere a nessuna ulteriore operazione di riproporzionamento.

Per quanto riguarda la sensibilità del modello, la scala di rappresentazione scelta consente di simulare tutti gli interventi infrastrutturali relativi alla rete viaria principale (autostrade, strade di scorrimento, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie, strade principali urbane, strade interquartiere, strade di quartiere ai sensi del codice della strada), mentre perde di rappresentatività per valutare gli effetti di interventi riguardanti la viabilità locale extraurbana ed urbana (spesso non considerata nel processo di costruzione del grafo poiché interamente ricompresa all'interno delle Zone O/D).

Tra i limiti di impiego del modello occorre anche segnalare che i valori dei flussi autostradali sono da considerare come indicativi, poiché gli spostamenti tra le singole origini e destinazioni (forniti dalle società autostradali), utilizzati per stimare i transiti in attraversamento al territorio provinciale, sono relativi al giorno medio 2003. Seppure siano opportunamente riproporzionati rispetto l'ora di punta; non tengono però conto dello squilibrio direzionale dei flussi tra l'ora di punta del mattino e quella della sera, ma rappresentano un andamento medio.

Valutata l'affidabilità del modello adottato, l'output finale delle assegnazioni è rappresentato dalle tavole dei flussogrammi allegate fuori testo, che consentono di valutare le attuali condizioni di traffico sulla rete attuale e le condizioni di esercizio delle singole aste viarie (espresse dal livello di saturazione).



3 VALUTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON L'APPLICAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

3.1 Valutazione dello stato attuale (scenario 0)

Una prima funzionalità di un modello di traffico consiste nell'estendere a tutta la rete la stima dei flussi veicolari presenti, effettuata attraverso una rappresentazione simulata dello scenario di riferimento che si discosta dai valori rilevati a campione per scarti poco significativi.

Lo Scenario 0 di riferimento, riportato nella rappresentazione grafica allegata, fotografa la situazione dei flussi di traffico all'anno 2005 (domanda attuale) sulla rete viaria esistente (offerta attuale). Questo scenario rappresenta lo stato della circolazione sulla rete stradale del territorio provinciale di Biella e, oltre a mettere in evidenza le situazioni di criticità già presenti ad oggi nella rete viaria provinciale, costituisce un primo riferimento di confronto per gli scenari futuri.

La distribuzione attuale dei flussi di traffico, nell'ora di punta del mattino dalle 8,00 alle 9,00 è prevalentemente concentrata lungo gli assi radiali entranti nel capoluogo. Tra questi, i flussi più consistenti sono presenti:

- verso le zone industriali di Vigliano Biellese e Cossato (nuova variante alla ex. S.S. 142), direttrice sulla quale si registrano quasi 1.800 veicoli in transito nell'ora di punta del mattino in uscita dal capoluogo e poco di più di 1.200 sulla corsia in ingresso a Biella;
- su un breve tratto, quello più prossimo all'area urbana di Biella, della strada che collega Candelo al capoluogo (S.P. 340), sulla quale si superano i 1.100 veicoli in direzione di Biella a fronte di 500 sull'altra corsia;
- sulla direttrice che collega Biella a Verrone (ex S.S. 230), sulla quale transitano circa 1.200 veicoli in direzione sud (Verrone) e circa 1.000 in direzione nord;



- sulla limitrofa strada che collega Sandigliano al capoluogo (ex S.S. 143) il flusso superiore (800 veicoli circa) si registra sulla direzione entrante a Biella, contro i 700 circa in direzione contraria;
- i mille veicoli vengono raggiunti anche in direzione del centro sulla strada che proviene dalla zona di Vernato, contro meno di 700 in direzione opposta;
- viene superata tale soglia anche in alcuni tratti della direttrice (ex S.S. 338) che da ovest (Muzzano, Occhieppo) entra nel capoluogo, mentre anche in questo caso il flusso in uscita risulta sostanzialmente minore (600 veicoli circa);
- infine, anche sulla direttrice da nord, in corrispondenza di Pavignano, si registra il superamento di quota 1.100 veicoli in transito con direzione centro di Biella, ai quali si aggiungono circa 600 in uscita.

A seguito della presenza dei suddetti flussi di veicoli sulle strade facenti parte della rete stradale oggetto di studio, si riscontrano alcuni casi di congestione della circolazione, nei quali sono cioè raggiunte o addirittura superate le capacità di deflusso di diversi tratti stradali.

Il grado di saturazione, inteso come il rapporto tra il flusso di traffico in transito sul tronco stradale e la capacità del medesimo, è il parametro che contraddistingue la rappresentazione grafica successiva, nella quale più il colore è intenso maggiore è la congestione del tronco stradale.

In corrispondenza del capoluogo sono numerosi i casi in cui l'arco stradale si presenta congestionato, con grado di saturazione compreso tra 0,75 e 1, nelle direzioni sud (da Verrone e da Sandigliano), est (raccordo tra la ex S.S. 142 e la nuova variante, ma anche la ex S.S. 142 in corrispondenza di Vigliano Biellese), nord (Chiavazza e Biella centro) e ovest (ex S.S. 338).

In alcuni casi viene superato il grado di saturazione corrispondente a 1, cioè l'arco stradale si presenta sovrassaturo:

- è il caso della corsia nord (verso Biella) della strada da Candelo (S.P. 340), sulla quale la situazione si presenta fino all'area urbana di Biella, mentre l'altra corsia della stessa strada mostra circolazione fluida;
- a nord del capoluogo, sulla comunale da Pavignano, si riscontra una situazione analoga, con grado di saturazione superiore a 1 fino in corrispondenza dell'area



urbana di Biella per la direzione in ingresso al centro, mentre in direzione opposta il tronco stradale si presenta vicino alla congestione;

- la stessa cosa avviene sulla strada comunale parallela, con un tratto in direzione sud (verso Biella) in cui il grado di saturazione supera l'unità, mentre sull'altra corsia di marcia si rimane al di sotto dello 0,75;
- ultima situazione di tronco stradale sovrassaturo, nei pressi di Biella, si registra sulla strada (ex S.S. 338) che raccoglie le vallate ad est del capoluogo (Mongrando, Camburzano, Muzzano, Occhieppo) in direzione di Biella, strada che presenta traffico congestionato anche in direzione opposta.

Sul resto del territorio provinciale sono presenti altre situazioni di congestione, nonché alcuni casi in cui l'arco stradale presenta grado di saturazione superiore a 1:

- in corrispondenza di Mongrando, ancora sulla ex S.S. 338, la situazione di forte congestione è presente sia a sud che a nord del centro abitato, in entrambe le direzioni di marcia;
- in uscita da Vallemosso, sulla strada in direzione di Crevacuore (S.P. 235), in particolare sulla parte prossima al tornante a nord del centro abitato per le ridotte capacità della strada, che si presenta congestionata anche nella direzione opposta;
- in corrispondenza di Crevacuore, su tutto il tratto di S.P. 235 prossimo al confine provinciale, verso Borgosesia, ambito stradale sul quale si registra un grado di saturazione superiore all'unità su entrambe i sensi di marcia;
- infine, si registra il superamento dell'unità nel grado di saturazione, anche su due brevi tratti della strada da Biella a Sandigliano (ex S.S. 143), in corrispondenza dell'abitato di Gaglianico.

Per quanto riguarda le intersezioni, i maggior problemi di fluidità della circolazione si presentano attorno al capoluogo, all'interno dell'area urbana di Cossato e in corrispondenza di Vallemosso.

- per quanto riguarda Biella, le intersezioni con maggiori problemi appaiono quelle poste ad ovest del centro, dove è presente una successione di ben 3 incroci congestionati sulla ex S.S. 338;



- anche l'accesso a Biella da nord presenta un discreto numero di intersezioni congestionate, anche se non tutte sulla medesima direttrice;
- da sud la situazione delle intersezioni appare sostanzialmente minore, anche se si registra la presenza di 2 intersezioni congestionate;
- anche per quanto riguarda Cossato esiste una successione di 3 incroci congestionati, posizionati sulla S.P. 232, ai quali se ne aggiungono altri 3 non molto distanti, 2 dei quali posizionati sulla ex. S.S. 142;
- l'ultimo ambito in cui si evidenzia la presenza di più intersezioni congestionate ravvicinate è rappresentato da Vallemosso, nel quale però la distanza tra le stesse è considerevole.

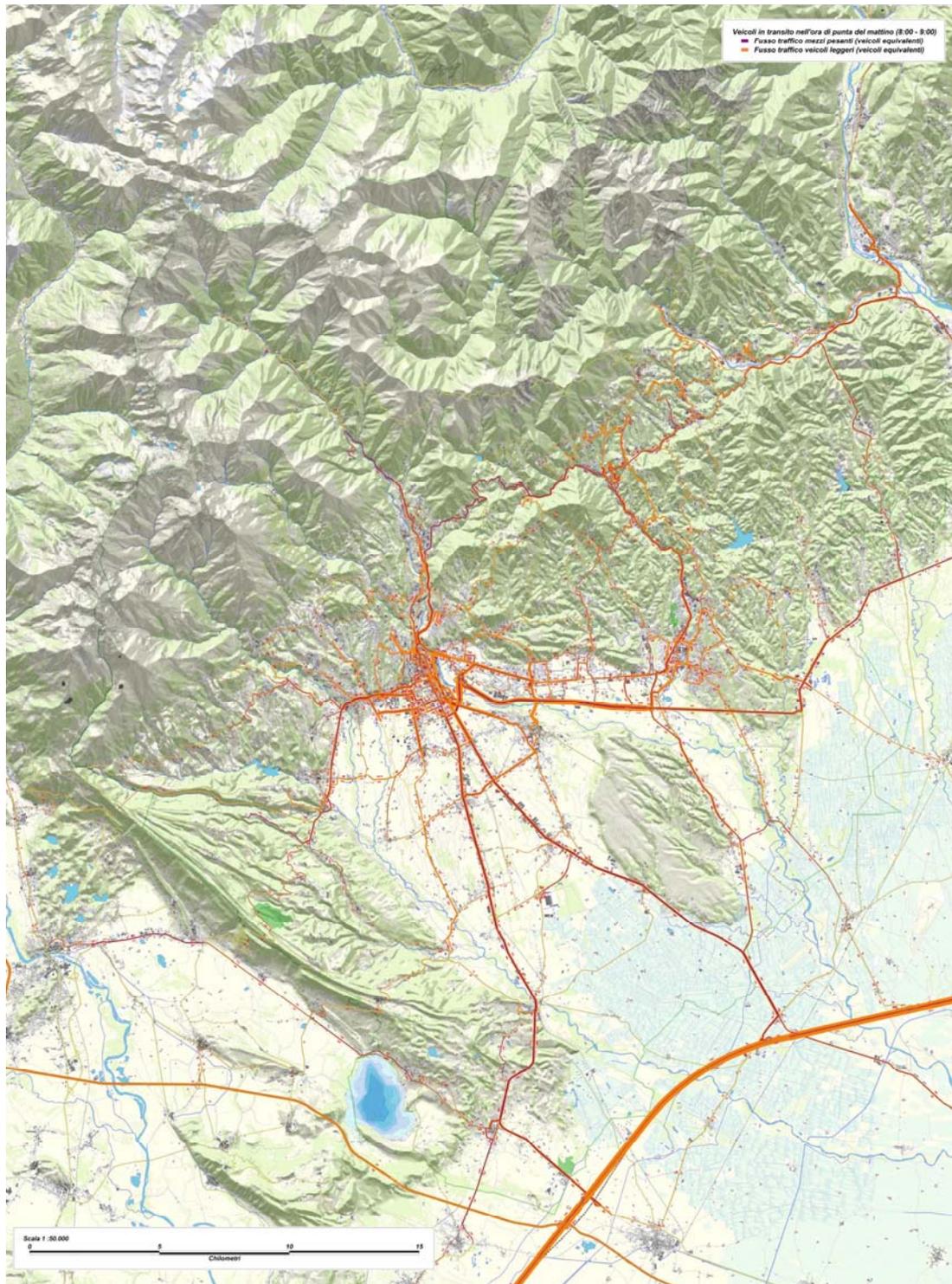
La congestione dei tronchi e delle intersezioni stradali, riportate rispettivamente nelle due tavole grafiche dedicate, individua ambiti unitari ad elevata criticità, delle quali è stata ricavato un quadro d'unione e schede unitarie dedicate.

Gli ambiti critici individuati risultano in tutto 8, di diverse caratteristiche ed estensione; 3 di questi sono posizionati a ridosso del centro di Biella, altri 2 nelle immediate vicinanze e ulteriori 3 in altri comuni della provincia, su vie di comunicazione che la collegano con i territori confinanti.

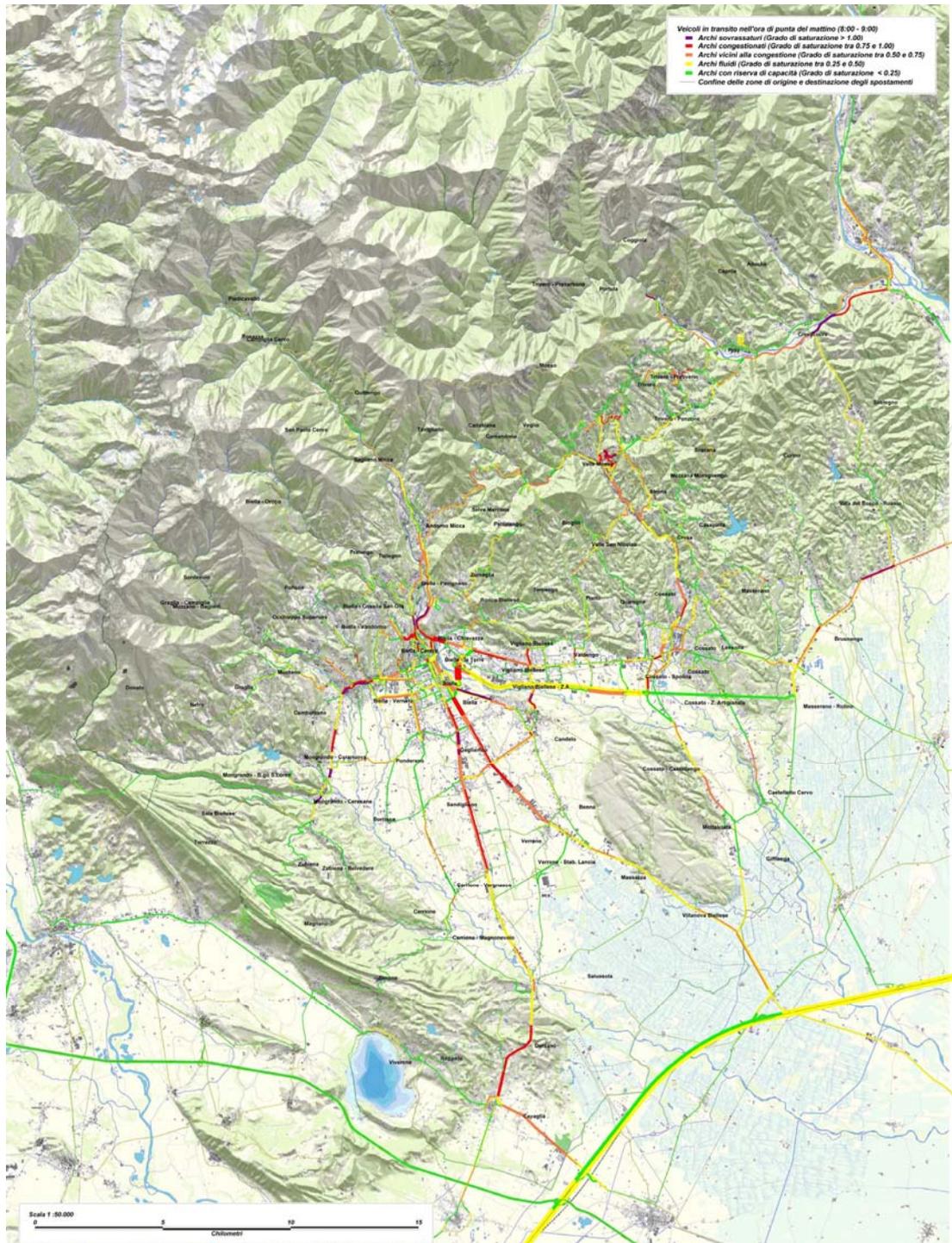
- l'ambito dell'accesso a Biella da ovest presenta la somma di tratti e intersezioni congestionate sulla medesima direttrice (ex S.S. 338), che ne limita fortemente il raggiungimento del capoluogo da parte dei veicoli provenienti dalle valli, nonché di quelli che provengono da Mongrando;
- l'accesso a Biella da nord, precisamente dalla Valle Cervo, presenta più di un tratto stradale congestionato ed il più altro numero di intersezioni con manovre congestionate, situazione che allunga i tempi al traffico proveniente dalle valli poste a nord ma che va ad interessare anche quello proveniente da est;
- l'ambito critico dell'accesso a Biella da sud è quello che presenta la maggiore estensione territoriale, quello cioè sul quale le criticità raccolgono le maggiori lunghezze complessive di tratti congestionati; per contro non sono molte le intersezioni con problemi di svolta all'interno del medesimo ambito;



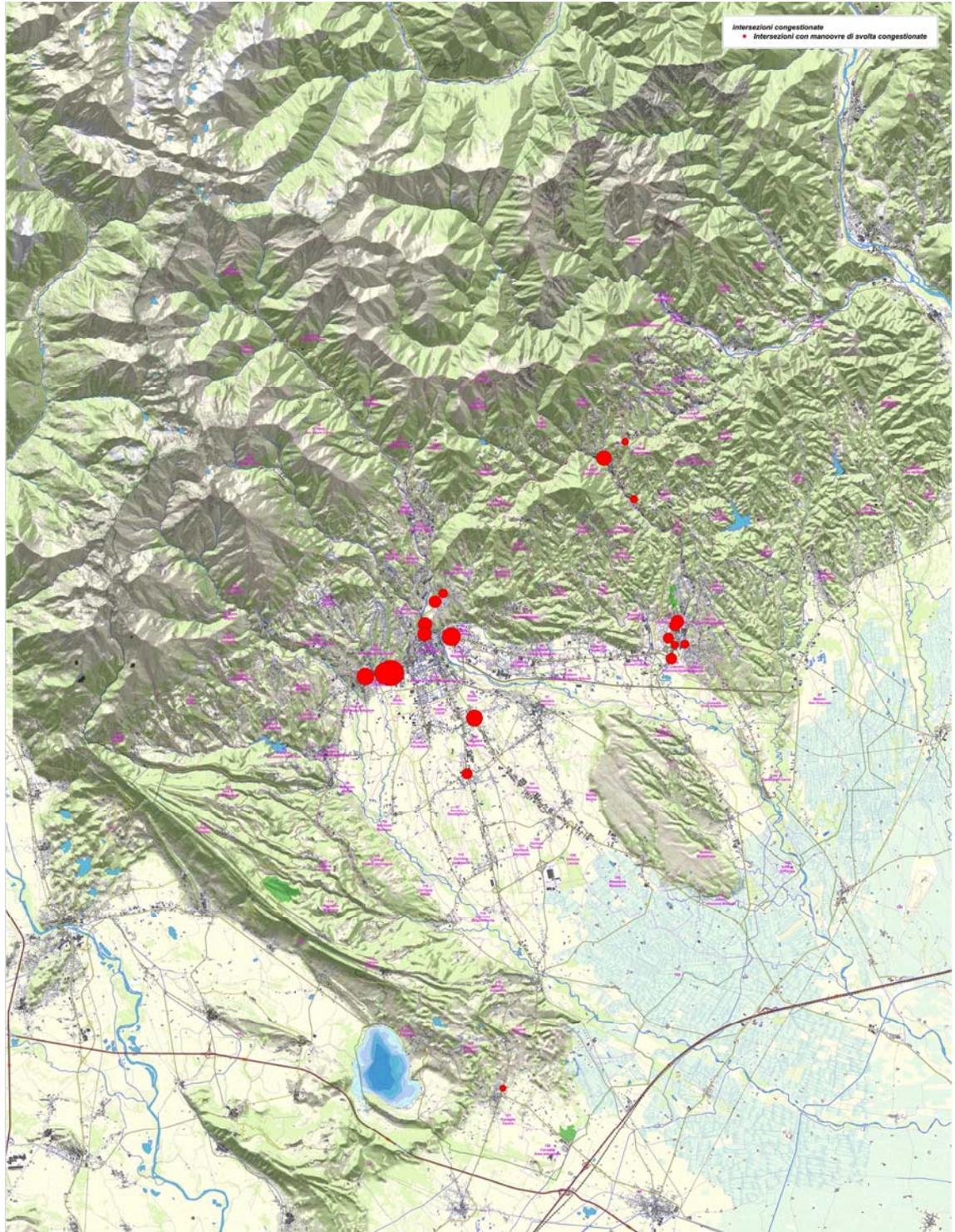
- nelle immediate vicinanze del capoluogo, si presenta critico l'attraversamento del centro urbano di Candelo, soprattutto in corrispondenza dell'avvicinamento alla variante alla ex S.S. 142;
- quasi in continuità con il primo ambito individuato (ingresso ovest a Biella), è l'ambito dell'attraversamento della zona di Mongrando, nel quale gli elementi critici si estendono su un significativo tratto di ex S.S. 338;
- l'ambito di Cossato presenta il maggior numero di criticità puntuali, distribuite un po' su tutte le arterie stradali a ridosso del centro; meno significative ma ugualmente presenti le criticità su tronchi stradali;
- l'ambito di Vallemosso racchiude un discreto numero di intersezioni critiche e alcuni tratti particolarmente congestionati, definendo criticità abbastanza diffuse;
- infine, sul limitare sud del territorio provinciale, si evidenzia l'ambito critico di Cavaglià, nel quale un esteso tratto di strada (S.S. 143) risulta congestionato in entrambi i sensi di marcia, come pure l'intersezione a nord del centro abitato.



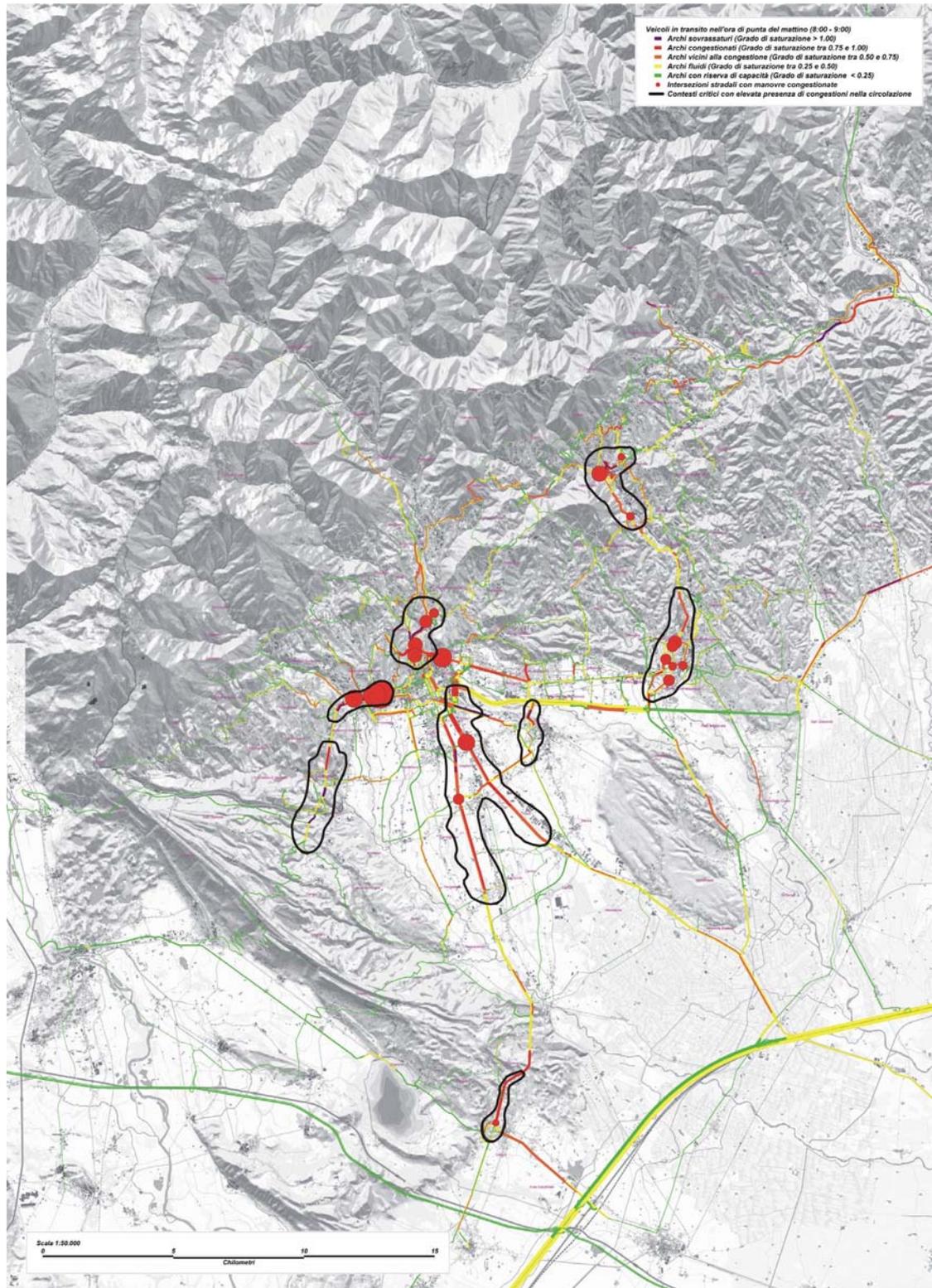
Scenario 0: flussi di traffico nella rete



Scenario 0: grado di saturazione della circolazione



Scenario 0: grado di congestione delle intersezioni



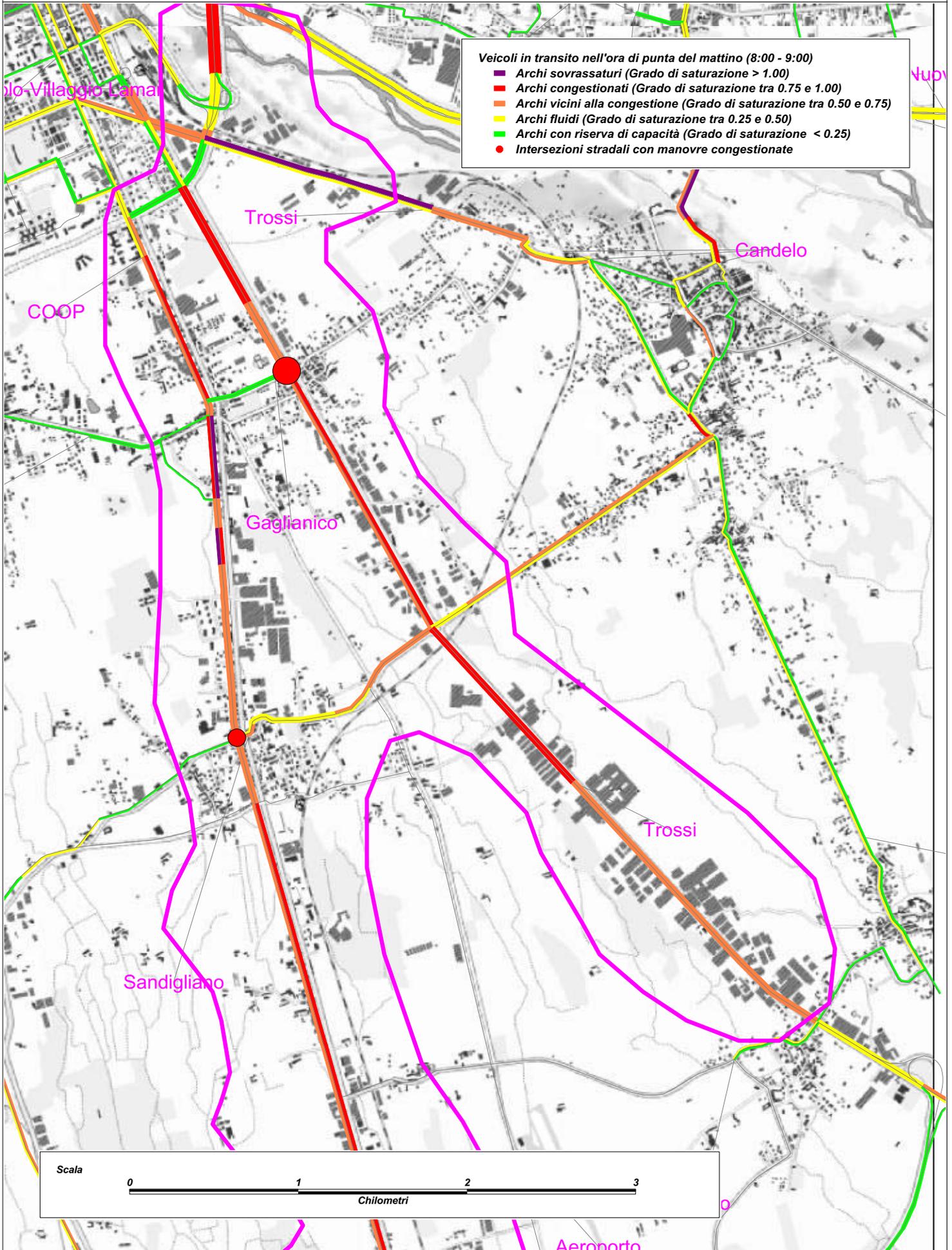
Scenario 0: quadro d'insieme delle criticità nella circolazione stradale



PROVINCIA DI BIELLA

QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE

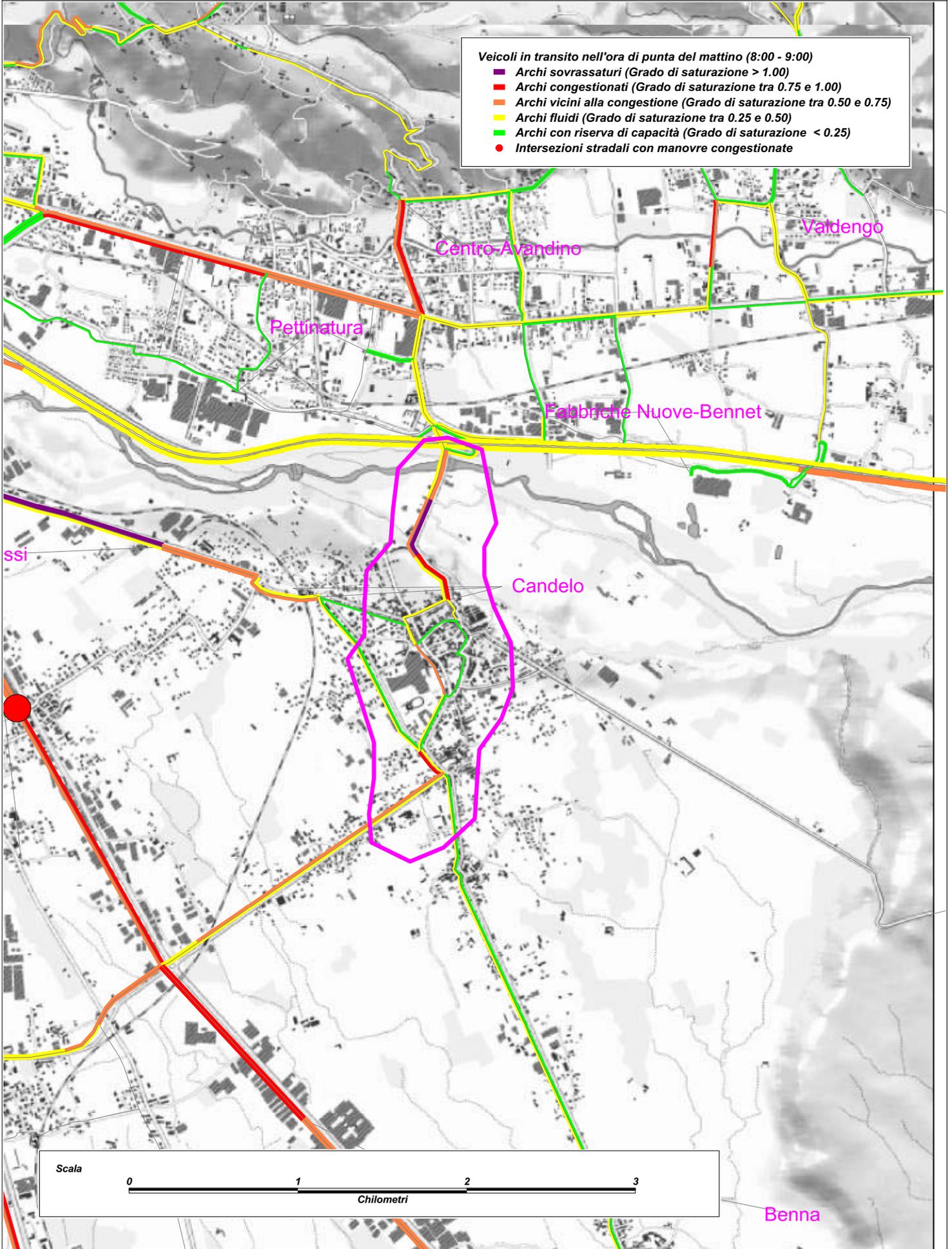
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - L'accesso a Biella dalle SS 143 e SS 230



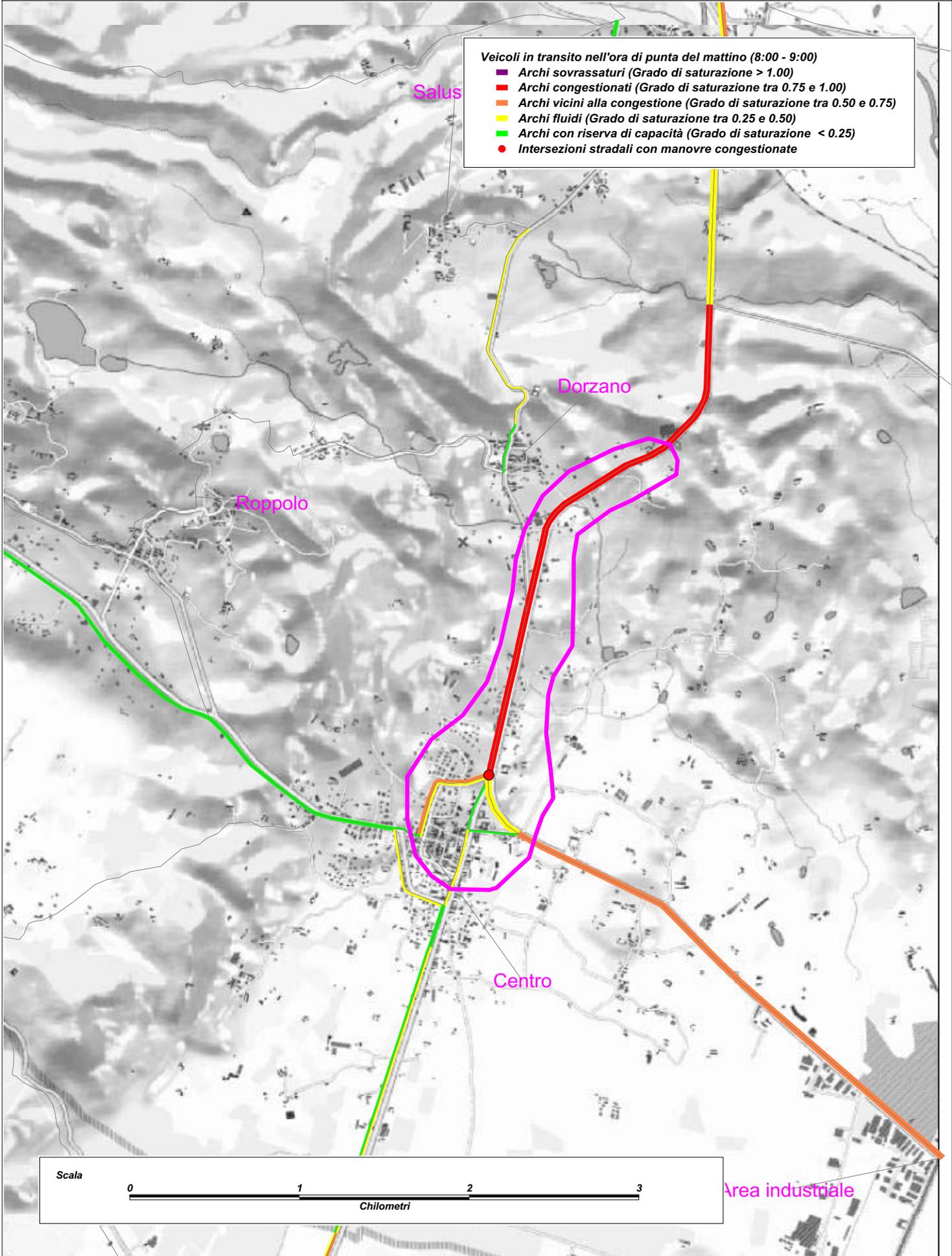
PROVINCIA DI BIELLA

QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE

Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - Attraversamento nord - sud di Candelo



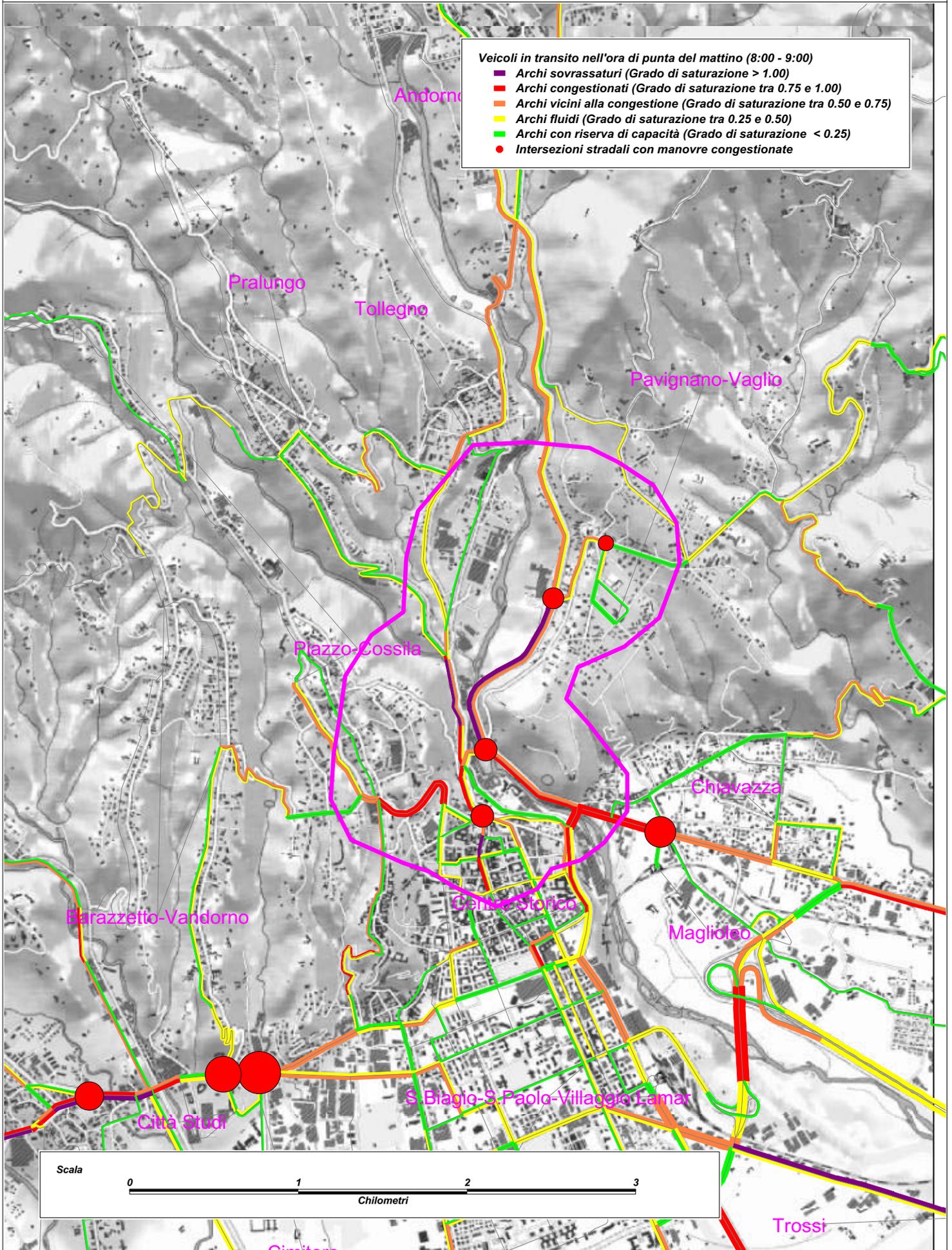
PROVINCIA DI BIELLA
QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - La SS 143 a Cavaglià



PROVINCIA DI BIELLA

QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE

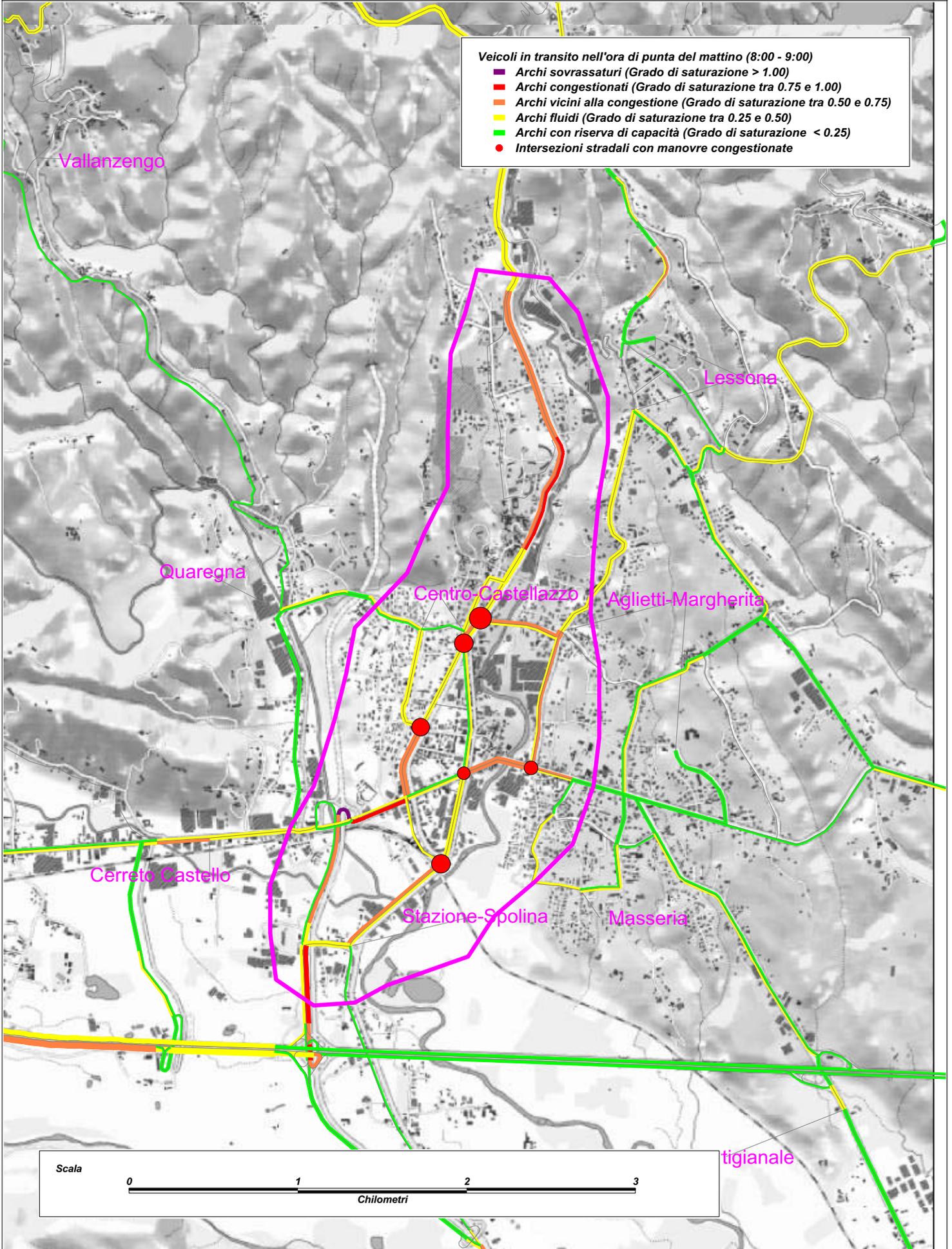
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - L'accesso a Biella dalla Valle Cervo



PROVINCIA DI BIELLA
QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - Cossato

Veicoli in transito nell'ora di punta del mattino (8:00 - 9:00)

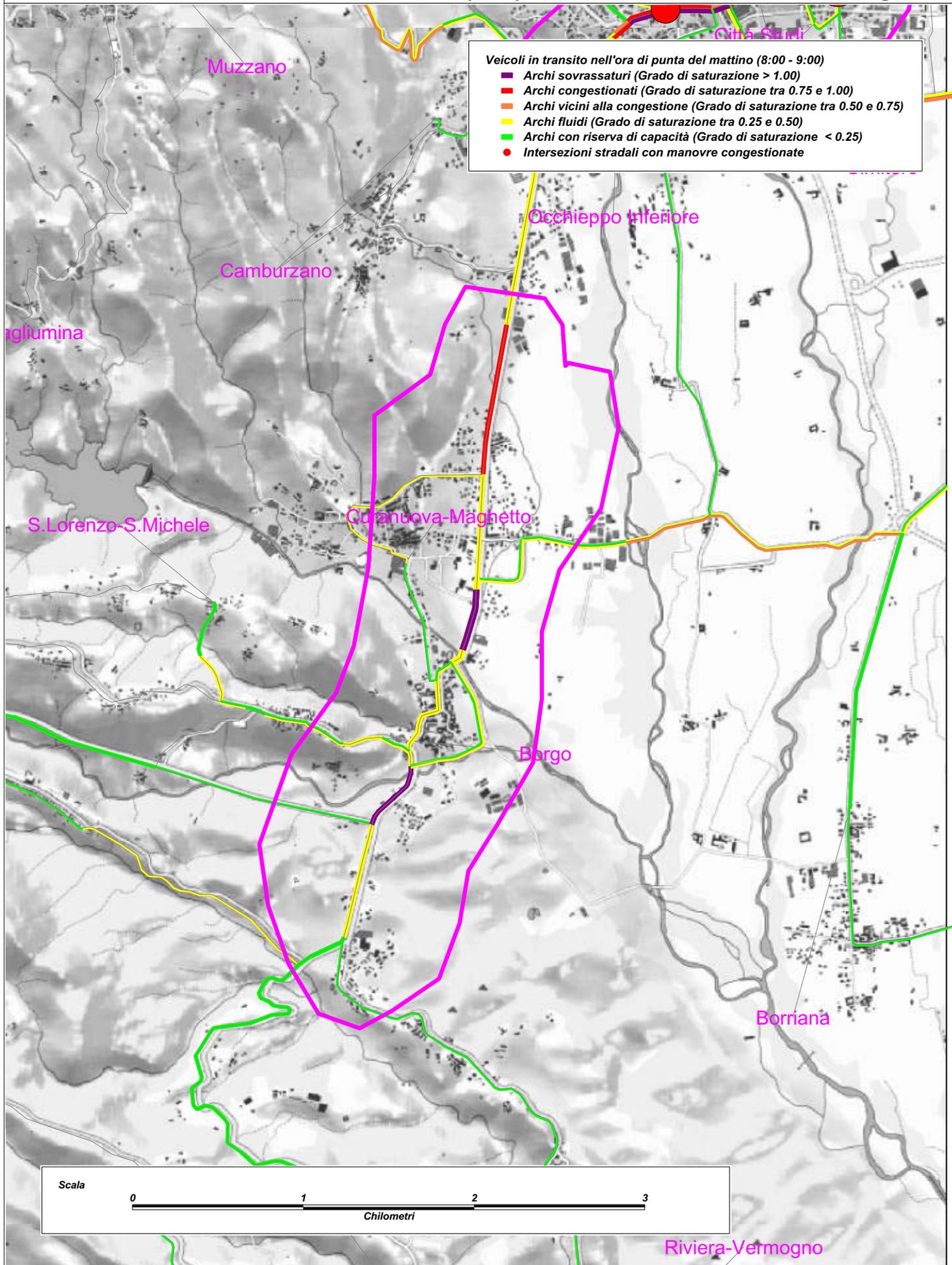
- Archi sovrassaturi (Grado di saturazione > 1.00)
- Archi congestionati (Grado di saturazione tra 0.75 e 1.00)
- Archi vicini alla congestione (Grado di saturazione tra 0.50 e 0.75)
- Archi fluidi (Grado di saturazione tra 0.25 e 0.50)
- Archi con riserva di capacità (Grado di saturazione < 0.25)
- Intersezioni stradali con manovre congestionate



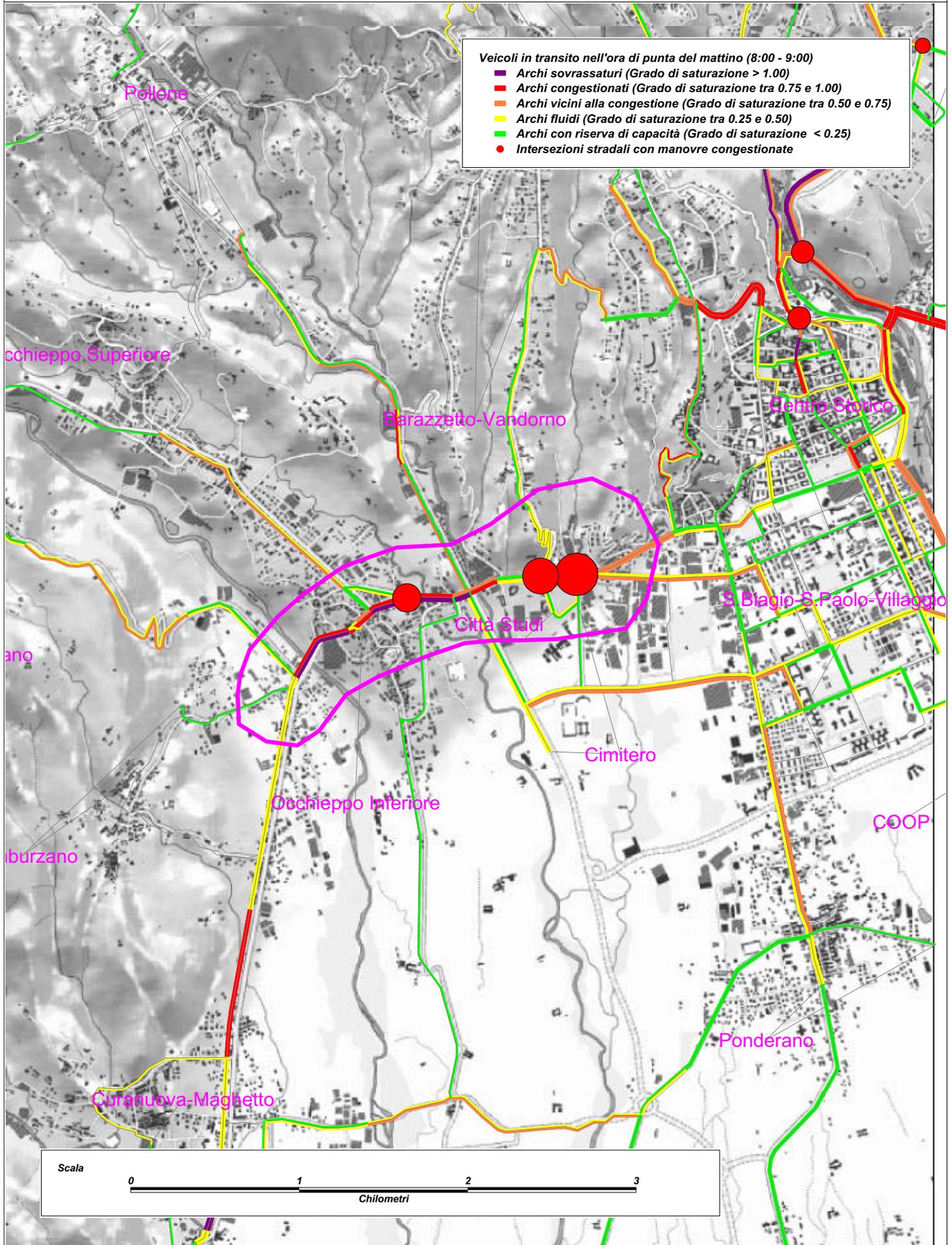
PROVINCIA DI BIELLA

QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE

Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - L'attraversamento della zona di Mongrando

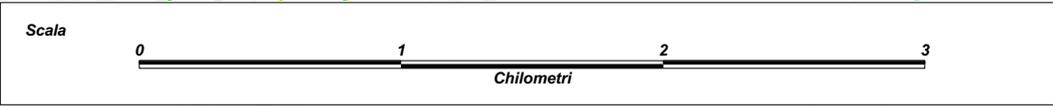


PROVINCIA DI BIELLA
QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - L'accesso a Biella da Ovest



Veicoli in transito nell'ora di punta del mattino (8:00 - 9:00)

- Archi sovrassaturati (Grado di saturazione > 1.00)
- Archi congestionati (Grado di saturazione tra 0.75 e 1.00)
- Archi vicini alla congestione (Grado di saturazione tra 0.50 e 0.75)
- Archi fluidi (Grado di saturazione tra 0.25 e 0.50)
- Archi con riserva di capacità (Grado di saturazione < 0.25)
- Intersezioni stradali con manovre congestionate



PROVINCIA DI BIELLA
QUADRO DELLA MOBILITA' VEICOLARE NEL TERRITORIO PROVINCIALE
Criticità nello scenario attuale della circolazione (2005) - Vallemosso

- Veicoli in transito nell'ora di punta del mattino (8:00 - 9:00)
- Archi sovrassaturati (Grado di saturazione > 1.00)
 - Archi congestionati (Grado di saturazione tra 0.75 e 1.00)
 - Archi vicini alla congestione (Grado di saturazione tra 0.50 e 0.75)
 - Archi fluidi (Grado di saturazione tra 0.25 e 0.50)
 - Archi con riserva di capacità (Grado di saturazione < 0.25)
 - Intersezioni stradali con manovre congestionate

