

LE CONURBAZIONI DI GENOVA E DELLA COSTA AZZURRA: UN'ANALISI
COMPARATIVA DELL'INTERAZIONE TRASPORTI-TERRITORIO.

Giovanni FUSCO

UMR 6012 ESPACE - Université de Nice-Sophia Antipolis
98 Bd Herriot, BP 3209, 06204 Nice – France

SOMMARIO

Geograficamente molto vicine, le conurbazioni di Nizza-Costa Azzurra e di Genova hanno subito delle evoluzioni economiche ed urbanistiche profondamente diverse nel corso degli ultimi decenni. Le mediocri prestazioni dei sistemi della mobilità quotidiana sembrano comunque accomunare le due realtà urbane.

In questo articolo proponiamo due modelli bayesiani, a base di indicatori urbani, dell'interazione trasporti-territorio a Genova e sulla Costa Azzurra. Capaci di rappresentare delle relazioni causali in dominio incerto, le reti bayesiane costituiscono uno strumento particolarmente appropriato nelle applicazioni degli indicatori urbani. L'analisi delle due reti bayesiane prodotte permette di individuare analogie e differenze nel funzionamento dei due sistemi di mobilità, così come i problemi specifici legati alle dinamiche che operano nelle due conurbazioni, analizzate alla scala infraurbana. *Sprawl* urbano, dipendenza dall'automobile, congestione, relazione centro-periferia, caratterizzano diversamente la Costa Azzurra e il capoluogo ligure, creando ugualmente delle fratture interne ai due sistemi urbani.

Il presente articolo propone degli elementi di analisi tratti dalla tesi di dottorato "Un modello sistemico di indicatori per la sostenibilità della mobilità urbana: i casi di Nizza e Genova in un confronto internazionale" (Fusco 2003a), svolta in co-tutela tra l'Università di Nizza-Sophia Antipolis e il Politecnico di Milano e vincitrice del Premio Giorgio Leonardi 2004 conferito dall'Associazione Italiana di Scienze Regionali.

1 INTRODUZIONE

Benché la nozione di città mediterranea ponga qualche insidia di definizione (Moriconi-Ebrard 2000), la relazione città-trasporti-ambiente si presenta con un certo numero di specificità sulle rive del Mediterraneo. Alla luce delle più recenti riflessioni di C. Chaline (2001), R. Escallier (2001), F. Fratini (2000), F. Moriconi-Ebrard (2000) e C. Vallat (2000), i principali aspetti comuni a molte città mediterranee sono un'eredità urbanistica e culturale antica, dei forti vincoli topografici e ambientali, dei fenomeni di espansione periferica particolarmente violenti in un quadro normativo e pianificatorio molto debole e un adattamento problematico all'automobile. I sistemi di mobilità urbana sembrano soffrire particolarmente dei vincoli e dei disfunzionamenti della città mediterranea.

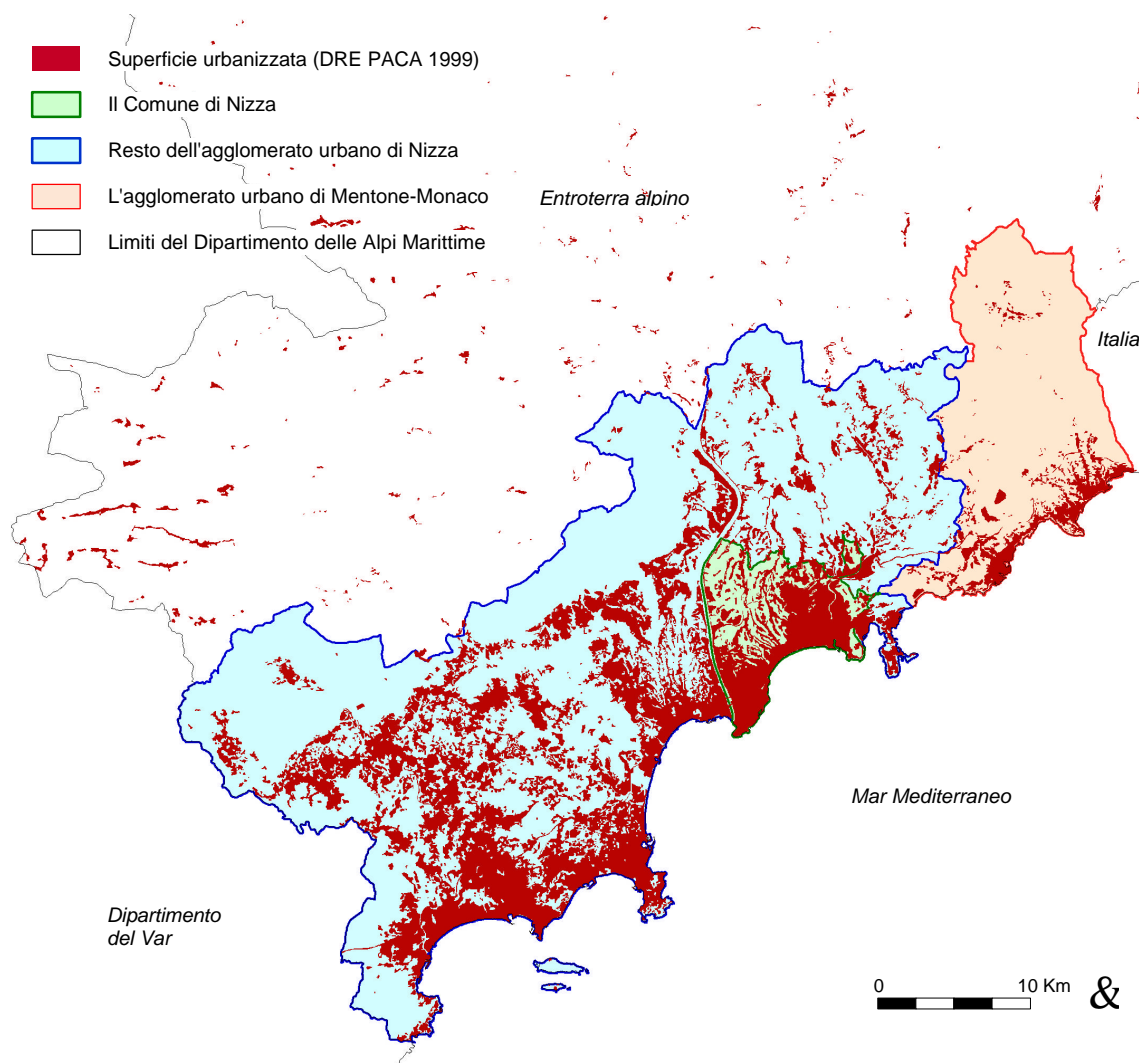
In questo articolo considereremo il caso di due realtà urbane della costa mediterranea: gli agglomerati urbani di Nizza, in Francia, e di Genova, in Italia. Da un punto di vista della definizione geografica, l'agglomerato urbano di Nizza si estende ormai senza soluzione di continuità sull'insieme della fascia litoranea del Dipartimento delle Alpi Marittime (la conurbazione Costa Azzurra, figura 1) e supera il milione di abitanti, di cui solo 340 000 sono concentrati nel territorio comunale di Nizza¹.

L'agglomerato urbano genovese (figura 2) si estende anch'esso al di là del solo territorio comunale ma, in seguito agli accorpamenti storici di comuni del 1874 e del 1926, il Comune di Genova concentra più del 90% dei quasi 700 000 abitanti dell'agglomerato. In mancanza di dati omogenei sui comuni limitrofi, il territorio comunale del capoluogo ligure costituirà l'area di studio della ricerca.

Città geograficamente molto vicine, Nizza-Costa Azzurra e Genova hanno subito delle evoluzioni economiche ed urbanistiche profondamente diverse nel corso degli ultimi decenni. Sulla Costa Azzurra, il successo dell'economia turistica e della sua diversificazione nelle alte tecnologie ha permesso un boom edilizio e demografico che ha assunto la forma di una notevole espansione periurbana, soprattutto nella parte occidentale della conurbazione (Dauphiné 1990, Dagorne 1998, 2000, Boyer 2002, Castéla 2002, Jourdan 2003). Le nuove zone periferiche, a bassa densità edilizia, sono quasi totalmente dipendenti dall'automobile, mentre le zone centrali sono assediate da un traffico automobilistico in continua crescita.

¹ Più precisamente, il censimento 1999 dell'INSEE, secondo la regola della continuità della superficie urbanizzata a meno di 200 metri, riconosce ancora due agglomerati urbani all'interno della Costa Azzurra: l'agglomerato urbano di Nizza (comprendente oltre il 90% della popolazione totale) e il più piccolo agglomerato urbano di Mentone-Monaco.

Figura 1. La delimitazione della conurbazione Costa Azzurra.

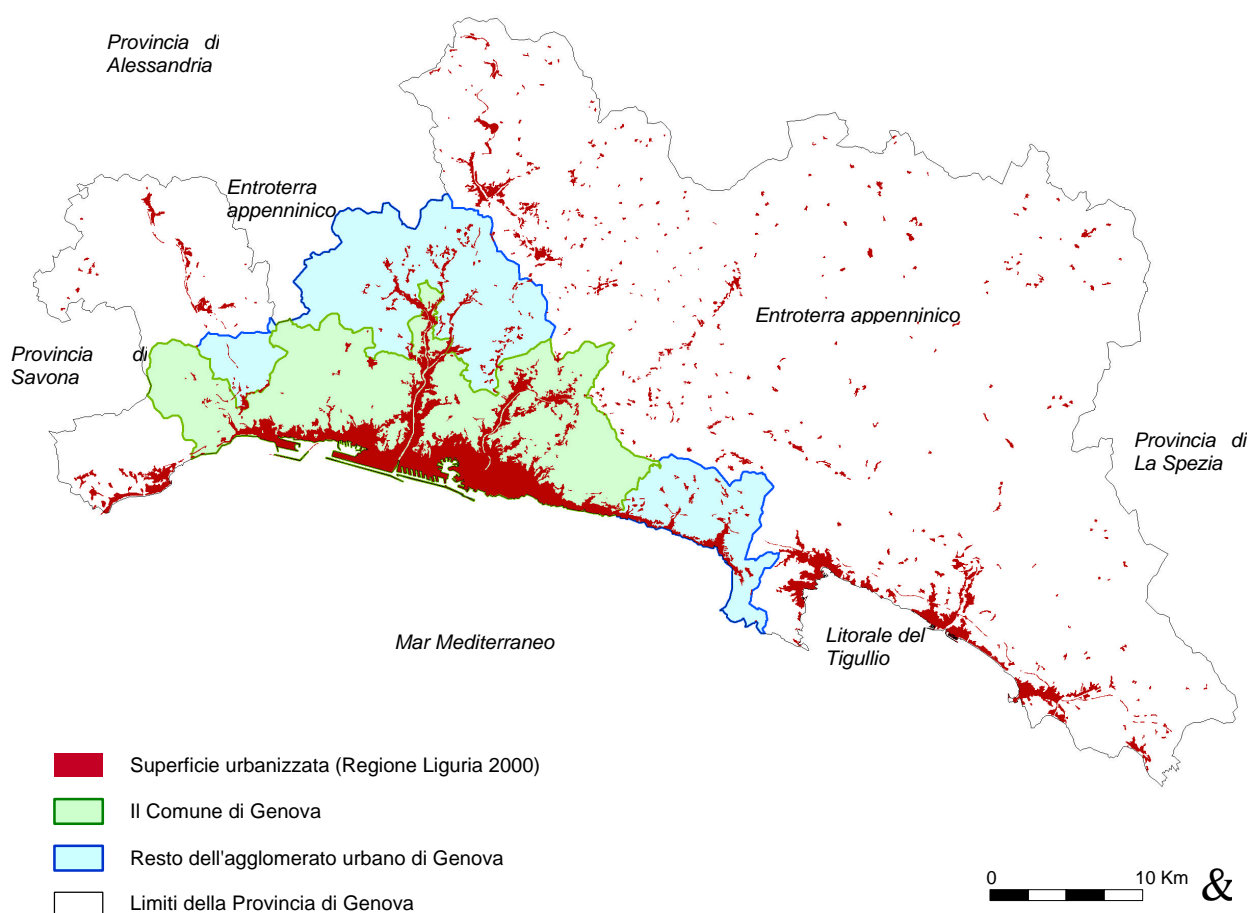


Genova è stata invece caratterizzata dalla crisi strutturale delle sue attività industriali tradizionali (siderurgia, cantieristica, meccanica pesante, petrolchimica), da una forte contrazione demografica e dal sostanziale arresto dell'espansione urbana (Besio e Balletti 1994). L'espansione caotica sulle pendici collinari degli anni '50, '60 e '70 aveva comunque già creato zone urbane dipendenti dall'automobile e prive degli spazi necessari per un parco automobilistico successivamente cresciuto a dismisura (Barozzi 1988, 1993, Besio e Balletti 1994). La mancanza di infrastrutture adeguate, la congestione, il degrado della qualità ambientale, la crisi delle zone centrali, emergono come i punti cruciali dei dibattiti locali tanto a Nizza quanto a Genova (Mairie de Nice 1998, Dagorne 1998, Jourdan 2003, Comune di Genova 1995, 1996, Arelig 2001, Gastaldi 2003).

I due casi di studio di questo articolo presentano ugualmente delle forti specificità all'interno dello spazio mediterraneo. Nizza-Costa Azzurra costituisce attualmente la città mediterranea che ha subito i cambiamenti urbanistici più profondi nel corso degli ultimi trent'anni. Il

modello californiano ha ispirato in maniera esplicita la sua espansione urbana più recente (un esempio per tutti, la tecnopoli di Sophia Antipolis nella parte occidentale della conurbazione). La particolarità di Genova invece è di essere una città mediterranea in forte contrazione demografica. La crisi dell'industria di Stato che ha interessato il tessuto produttivo genovese può essere comparata a quella che ha colpito le grandi città dell'Europa Orientale. Se la dipendenza dall'automobile e le nuove forme di espansione urbana (Newman e Kenworthy 1998, Bussi re e Bonnafous 1993, Camagni et al. 2002) costituiscono fenomeni emergenti in tutte le grandi citt  del Mediterraneo, la transizione urbana (Wiel 1999) ha seguito percorsi specifici, forse emblematici di casi estremi, a Genova e sulla Costa Azzurra. Emergono, infine, delle forti differenziazioni all'interno dei due spazi urbani studiati: fratture Est/Ovest (che assumono significati diversi a Genova e sulla Costa Azzurra), centro/periferia, litorale/zone interne, colline/vallate, zone di recente urbanizzazione/centri urbani antichi. Sar  molto interessante poter analizzare il ruolo di queste differenziazioni strutturali sul sistema della mobilit  dei due casi di studio.

Figura 2. La delimitazione dell'agglomerato urbano di Genova.



2 DUE MODELLI BAYESIANI A BASE DI INDICATORI

Gli agglomerati urbani di Nizza-Costa Azzurra e di Genova sono caratterizzati da differenziazioni interne particolarmente marcate. L'analisi delle variazioni interne a questi due spazi urbani assume di conseguenza particolare interesse. Le due aree di studio sono state quindi divise in un certo numero di zone urbane: le settantasei zone dell'inchiesta sulla mobilità del 1998 per la Costa Azzurra e le settantuno unità urbanistiche per la città di Genova. Per ogni zona, abbiamo calcolato circa 30 indicatori urbani di tipo quantitativo (eccezionalmente anche di tipo qualitativo). Le principali fonti utilizzate sono precisamente le due inchieste sulla mobilità effettuate nel 1998 in Costa Azzurra (CERTU et al. 1998, CETE Méditerranée 1999) e nel 2001 a Genova (Tau 2002, Tau et al. 2002). Alcuni indicatori sono il risultato di nostre elaborazioni sui dati delle due inchieste o della cartografia numerica delle aree di studio (DRE PACA 1999, Regione Liguria 2000). L'epoca principale di urbanizzazione e la caratterizzazione del sito sono degli indicatori di tipo qualitativo, valutati a partire dalla rappresentazione cartografica delle aree di studio e della nostra conoscenza sul terreno.

In generale, gli indicatori sono dei parametri numerici particolarmente significativi, in grado di rappresentare la situazione media di ogni zona rispetto ad uno specifico elemento dell'interazione città-trasporti-ambiente. Più nel dettaglio, gli indicatori si riferiscono a sei aspetti di questa complessa interazione: la struttura urbana, i fattori socio-economici, l'offerta di trasporto, la domanda di mobilità, i flussi di traffico e gli elementi relativi alle pressioni socio-economiche ed alla qualità della vita. Gli indicatori selezionati sono riportati nelle tabelle 1 e 2. La maggior parte degli indicatori è comune ai due casi di studio. Notiamo però che l'inchiesta sulla mobilità a Genova copre solo le due fasce orarie 6:30/9:00 e 17:00/20:00, laddove l'inchiesta francese fornisce dati sul giorno feriale medio. Ciò ha una ripercussione sugli indicatori della domanda di mobilità e di flussi di traffico, sui consumi energetici e sui tempi dei viaggi.

Alcuni indicatori utilizzati per la Costa Azzurra non sono stati calcolati per Genova: l'epoca di urbanizzazione (poco significativa nel caso genovese), il peso delle tipologie edilizie di tipo individuale, i redditi medi delle famiglie, il budget di tempo giornaliero pro capite per la mobilità urbana. Non potendo disporre dei redditi medi delle famiglie, le caratteristiche sociologiche delle diverse zone urbane sono state descritte dal peso delle classi superiori (dirigenti e liberi professionisti) nella popolazione residente. L'indicatore della dinamica demografica della zona nel corso degli ultimi trent'anni sostituisce il periodo di urbanizzazione prevalente nel rendere conto delle dinamiche residenziali nella città.

Tabella 1. I 31 indicatori utilizzati per la rete bayesiana del sistema della mobilità in Costa Azzurra.

Nome	Indicatore	Unità di misura
Struttura urbana		
site	caratteristiche topografiche del sito dell'urbanizzazione	litorale - vallata – collina
distance_centre	distanza in linea d'aria dal centro città (Place Massena)	Km
époque_urb	epoca principale dell'urbanizzazione (a: anteguerra; b: fino agli anni 70; c: dopo gli anni 70)	a - b - c
habitat_ind	percentuale di famiglie che vivono in tipologie edilizie di tipo individuale	%
densité	densità netta di popolazione (rispetto alla superficie urbanizzata)	abitanti / ha
taux_emploi	tasso di attività (rapporto posti di lavoro / popolazione residente)	posti di lavoro / abitanti
Fattori socioeconomici		
revenus_men	reddito familiare medio	migliaia € / anno
ménages	dimensione media delle famiglie	componenti / famiglia
vieillesse	tasso di vecchiaia (residenti 65 anni e più / residenti 0-14 anni)	adimensionale
actifs_étude	peso degli attivi e degli studenti nella popolazione residente	%
Offerta di trasporto		
voirie_rapide	distanza del baricentro della superficie urbanizzata dal nodo autostradale più vicino	Km
réseau_ferré	distanza del baricentro della superficie urbanizzata dalla stazione ferroviaria (o metropolitana) più vicina	Km
motorisation_m	tasso di motorizzazione: automobili per famiglia	veicoli / famiglia
park_privé	percentuale dei veicoli delle famiglie aventi un posto di parcheggio privato durante la notte	%
Domanda di mobilità		
mobilité	domanda totale di mobilità per abitante in un giorno feriale	viaggi / abitante / giorno
part_Doux	parte della pedonalità e della bicicletta nella mobilità totale	%
part_MP	parte dei modi motorizzati privati nella mobilità totale	%
part_TC	parte dei trasporti collettivi nella mobilità totale	%
part_syst	parte dei viaggi sistematici (motivo studio o lavoro) nell'insieme dei viaggi (salvo rientri a casa)	%
autonomie	Indice di autonomia: parte dei viaggi dei residenti con destinazione all'interno della zona (salvo rientri a casa)	%
fermeture	Indice di chiusura: parte dei residenti nei viaggi verso la zona	%
longueur	lunghezza media dei viaggi (interni alla conurbazione)	Km
Flussi di traffico		
passKm_motor	distanza pro capite percorsa quotidianamente nei modi motorizzati	passengeri Km / ab./giorno
part_TC_passKm	parte dei trasporti collettivi nelle distanze percorse nei modi motorizzati	%
flux_trafic	flussi di traffico di veicoli privati generati quotidianamente pro capite	veicoli Km / ab./giorno
vitesse_route	velocità media della rete stradale in un giorno feriale	Km/h
Pressioni e qualità di vita		
énergie	consumo pro capite giornaliero di energia per veicoli privati	MJ / abitante / giorno
durée_dépl_mot	durata media di un viaggio motorizzato	minuti
budget_temps	budget di tempo giornaliero pro capite per la mobilità urbana	minuti
accessibilité_TC	accessibilità ai posti di lavoro nei trasporti collettivi	migliaia di posti < 30 min
accessibilité_MP	accessibilità ai posti di lavoro sulla rete stradale	migliaia di posti < 30 min

Per i due casi di studio, la descrizione delle pressioni ambientali e socioeconomiche dei trasporti e della qualità di vita che essi producono resta relativamente limitata. In mancanza di dati disaggregati a livello intraurbano, le pressioni si limitano alla considerazione dei consumi di energia (energia dei veicoli privati, responsabili del 90% circa dei consumi energetici totali

dei trasporti urbani) e di tempo (nella Costa Azzurra la durata dei viaggi motorizzati e il budget di tempo giornaliero pro capite; a Genova la durata media dei viaggi effettuati nelle fasce orarie dell'inchiesta). La descrizione della qualità della vita urbana si riduce ai livelli di accessibilità prodotti dalle reti di trasporto e tralascia, in assenza di dati adeguati, gli aspetti di qualità ambientale delle diverse zone urbane (qualità dell'aria, rumore, sicurezza stradale).

Tabella 2. I 29 indicatori utilizzati per la rete bayesiana del sistema della mobilità a Genova.

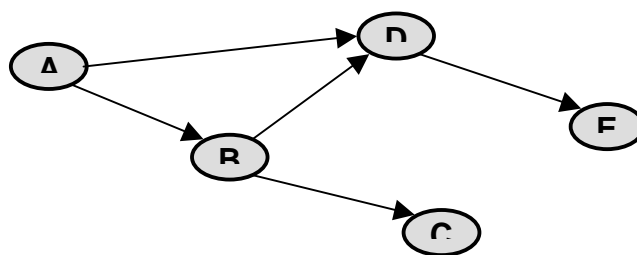
Nome	Indicatore	Unità di misura
Struttura urbana		
site	caratteristiche topografiche del sito dell'urbanizzazione	litorale - vallata – collina
distance_centre	distanza in linea d'aria dal centro città (Piazza De Ferrari)	Km
densité	densità netta di popolazione (rispetto alla superficie urbanizzata)	abitanti / ha
taux_emploi	tasso di attività (rapporto posti di lavoro / popolazione residente)	posti di lavoro / abitanti
var_71_2000	variazione della popolazione residente dal 1971 al 2000	%
Fattori socioeconomici		
classes_sup	peso dei dirigenti e dei professionisti nella popolazione attiva	%
ménages	dimensione media delle famiglie	componenti / famiglia
vieillesse	tasso di vecchiaia (residenti 65 anni e più / residenti 0-14 anni)	adimensionale
actifs_étude	peso degli attivi e degli studenti nella popolazione residente	%
Offerta di trasporto		
voirie_rapide	distanza del baricentro della superficie urbanizzata dal nodo autostradale più vicino	Km
réseau_ferré	distanza del baricentro della superficie urbanizzata dalla stazione ferroviaria (o metropolitana) più vicina	Km
motorisation_m	tasso di motorizzazione: veicoli motorizzati privati per famiglia	veicoli / famiglia
park_privé	percentuale dei veicoli delle famiglie aventi un posto di parcheggio privato durante la notte	%
Domanda di mobilità		
mobilité	domanda totale di mobilità per abitante 6:30/9:00 e 17:00/20:00	viaggi / abitante
part_Doux	parte della pedonalità e della bicicletta nella mobilità totale	%
part_MP	parte dei modi motorizzati privati nella mobilità totale	%
part_TC	parte dei trasporti collettivi nella mobilità totale	%
part_syst	parte dei viaggi sistematici (motivo studio o lavoro) nell'insieme dei viaggi (salvo rientri a casa)	%
autonomie	Indice di autonomia: parte dei viaggi dei residenti con destinazione all'interno della zona (salvo rientri a casa)	%
fermeture	Indice di chiusura: parte dei residenti nei viaggi verso la zona	%
longueur	lunghezza media dei viaggi (interni a Genova)	Km
Flussi di traffico		
passKm_motor	distanza pro capite percorsa nei modi motorizzati nei periodi 6:30/9:00 e 17:00/20:00	passengeri Km / abitante
part_TC_passKm	parte dei trasporti collettivi nelle distanze percorse nei modi motorizzati	%
flux_trafic	flussi di traffico di veicoli privati generati per abitante nei periodi 6:30/9:00 e 17:00/20:00	veicoli Km / abitante
vitesse_route	velocità media della rete stradale nei periodi 6:30/9:00 e 17:00/20:00	Km / h
Pressioni e qualità di vita		
énergie	consumo pro capite di energia per veicoli privati nei periodi 6:30/9:00 e 17:00/20:00	MJ / abitante
durée_dépl	durata media di un viaggio nei periodi 6:30/9:00 e 17:00/20:00	minuti
accessibilité_TC	accessibilità ai posti di lavoro nei trasporti collettivi	migliaia di posti < 30 min
accessibilité_MP	accessibilità ai posti di lavoro sulla rete stradale	migliaia di posti < 30 min

L'offerta di trasporto è descritta unicamente da indicatori dell'irrigamento del territorio da parte delle reti di trasporto rapidi (rete ferroviaria/metropolitana, autostrade urbane) e del livello di equipaggiamento delle famiglie (motorizzazione, parcheggi privati). Le descrizioni delle caratteristiche urbanistiche, dei fattori socioeconomici e della domanda di mobilità sono invece relativamente dettagliate. La struttura spaziale della domanda di mobilità, per esempio, è rappresentata dalla lunghezza media dei viaggi, ma anche dall'indice di chiusura/apertura della zona (definito come il peso dei viaggi dei residenti nel totale dei viaggi verso la zona) e dall'indice di autonomia (definito come la percentuale dei viaggi dei residenti con destinazione interna alla zona).

L'obiettivo di questo lavoro non è quello di effettuare un'analisi comparativa dei due casi di studio sulla base dei singoli indicatori. I valori numerici saranno utilizzati per confrontare il diverso funzionamento dei due sistemi di mobilità e le diverse organizzazioni interne dei due spazi urbani relativamente all'interazione trasporti-territorio. Per far ciò svilupperemo due modelli di funzionamento a base di indicatori che successivamente analizzeremo in maniera comparata.

La tecnica di modellizzazione utilizzata è quella delle reti bayesiane (Pearl 2000, Jensen 2001). Capaci di rappresentare delle relazioni causali in dominio incerto, le reti bayesiane costituiscono uno strumento particolarmente appropriato per l'analisi di indicatori urbani. In lavori precedenti (Fusco 2003b, 2004) le reti bayesiane sono state utilizzate per produrre modelli probabilistici di funzionamento urbano partendo da basi di indicatori misurati per città intere. In questo articolo ci riproponiamo dunque di applicare questa tecnica di modellizzazione alla scala intra-urbana, dove gli individui statistici sono costituiti da zone urbane contigue all'interno di un medesimo ambito territoriale.

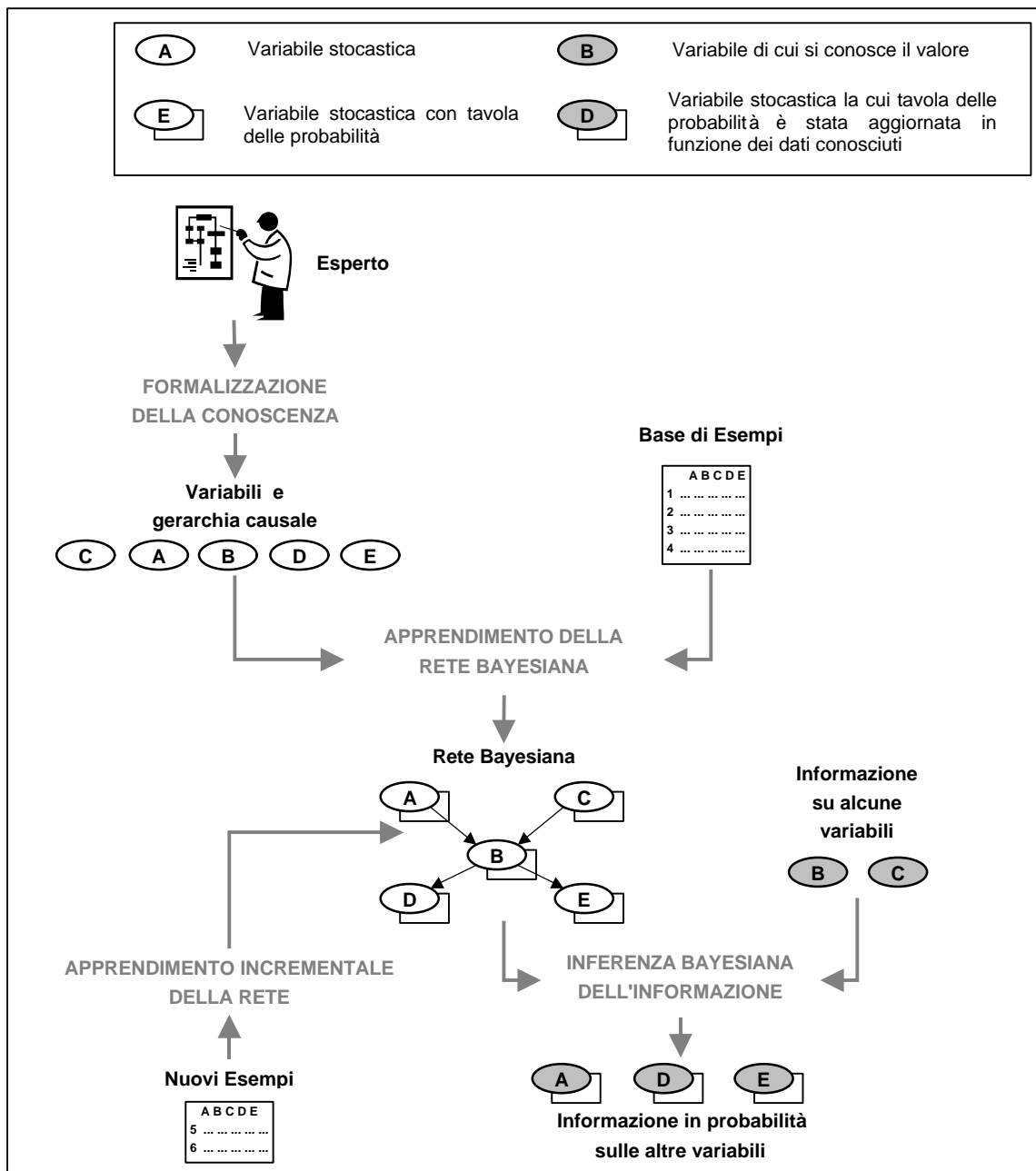
Figura 3. La struttura di una semplice rete bayesiana costituita da 5 variabili.



Una rete bayesiana è un modello grafico (nel senso della teoria dei grafi) di conoscenza in probabilità. Graficamente, è costituita da un'insieme di avvenimenti (o variabili) legati da frecce (figura 3). L'esistenza di una freccia orientata che va dall'avvenimento A all'avvenimento B simboleggia un legame di causa ed effetto tra di essi. Normalmente, non si tratta di dipendenze causali di tipo strettamente deterministico, ma di relazioni più "sfumate"

(A influenza B) che possono essere descritte in probabilità e che ben si prestano a rappresentare le relazioni sistemiche esistenti nel campo delle scienze sociali in generale, e di quelle territoriali in particolare. Il formalismo grafico della rete bayesiana è associato ad un formalismo probabilistico di tipo quantitativo: ogni nodo della rete è una variabile stocastica ed ogni arco orientato corrisponde ad una funzione di probabilità condizionata (o ad una tavola di probabilità nel caso di variabili discrete).

Figura 4. Schema di generazione ed utilizzazione delle reti bayesiane.



Lo schema di applicazione delle reti bayesiane nel corso della ricerca corrisponde al diagramma della figura 4. A partire dalle variabili chiave selezionate per la descrizione del sistema e da ipotesi molto generali sulle relazioni possibili (nella forma di una gerarchia causale tra le variabili), da una parte, e dai dati empirici, dall'altra, potenti algoritmi di generazione permettono di produrre la rete bayesiana più probabile¹. Questo tipo di applicazione è riportata in letteratura con il nome di *causal knowledge discovery* in una banca dati. Successivamente, la rete può essere utilizzata per la simulazione in probabilità del comportamento del sistema. Conoscendo i valori di alcune variabili, possiamo inferire in probabilità i valori di tutti gli altri parametri del modello. Infine è possibile "apprendere" (nel senso della teoria dell'intelligenza artificiale) incrementalmente la rete bayesiana a partire da nuovi dati disponibili. L'applicazione presentata in questo articolo si limita alla prima fase (la generazione della rete bayesiana) ed alla susseguente analisi del modello prodotto.

Le due reti bayesiane prodotte per i sistemi della mobilità urbana di Nizza-Costa Azzurra e di Genova sono mostrate nelle figure 5 e 6, rispettivamente. Globalmente si tratta di reti bayesiane ben connesse (ogni volta, solo due elementi sono rimasti sconnessi dalla rete) in grado di fornire dei modelli causali particolarmente convincenti della relazione città-trasporti-ambiente per i due casi di studio. La particolarità del modello per la Costa Azzurra è quella di decomporsi in due sotto-reti indipendenti, laddove il modello genovese è costituito da un'unica rete bayesiana.

¹ In questo lavoro, abbiamo utilizzato l'algoritmo di ricerca *K2* (Cooper e Hersovitz 1992) secondo una strategia di ricerca di tipo *greedy* a partire da un pre-ordinamento causale delle variabili. Preliminarmente alla generazione delle reti, le variabili quantitative sono state discretizzate in tre intervalli contenenti approssimativamente lo stesso numero di individui. L'esiguità della banca dati ha inoltre imposto di limitare a due il numero massimo di "genitori" possibili per ogni elemento della rete. L'ambiente di lavoro utilizzato per l'implementazione dell'algoritmo di ricerca e il pre-condizionamento delle variabili è *Discoverer* di *Bayesware* (Bayesware 2000).

Figura 5. La rete bayesiana per il sistema della mobilità urbana nella conurbazione Costa Azzurra.

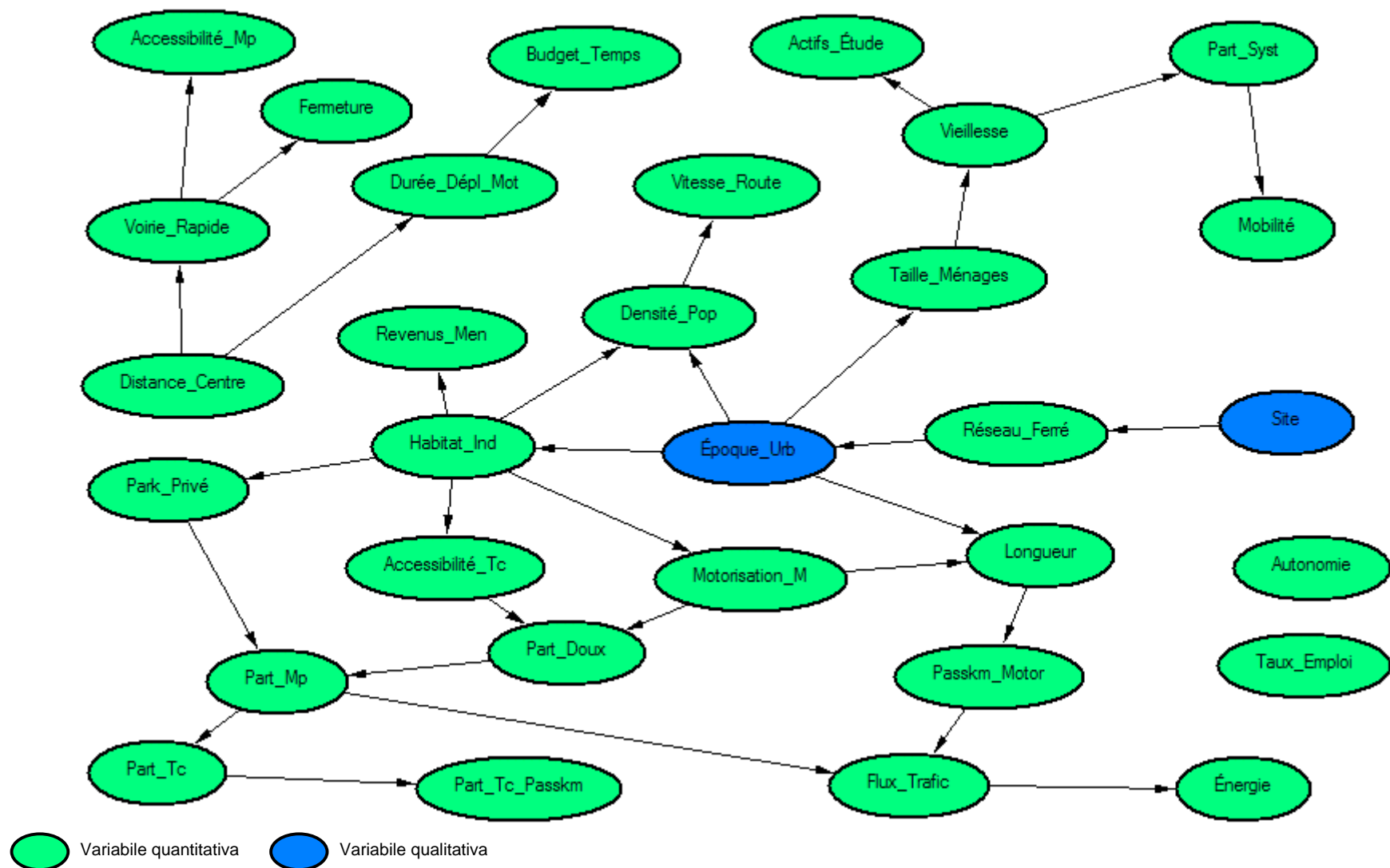
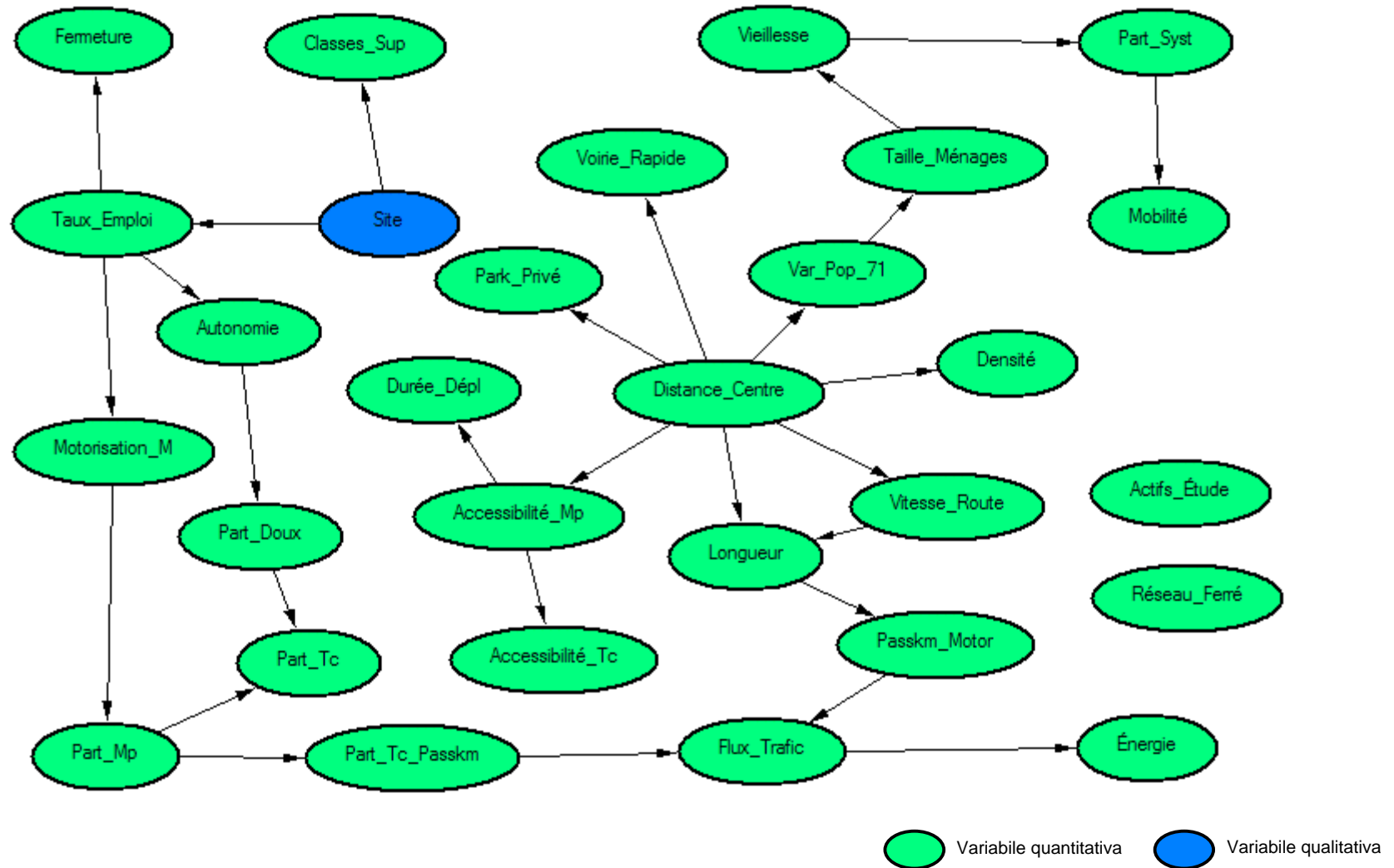


Figura 6. La rete bayesiana del sistema della mobilità urbana a Genova



3 L'ANALISI COMPARATIVA

Pur non avendo sempre utilizzato gli stessi indicatori per la descrizione dei diversi elementi del sistema, il confronto del funzionamento della relazione città-trasporti-ambiente per i due casi di studio è particolarmente istruttivo. Nella misura in cui le due reti bayesiane costituiscono dei buoni modelli causali per Genova e Nizza-Costa Azzurra, possiamo comparare il ruolo che ogni indicatore gioca nelle due reti per evidenziare analogie e differenze nel funzionamento dei due sistemi. Un'analisi dettagliata del funzionamento delle due reti bayesiane e dei limiti entro i quali queste possano essere accettate come modelli causali dei due casi di studio è contenuta nel testo principale della ricerca (Fusco 2003a). In questo articolo, ci limiteremo a sottolineare i tratti caratteristici del funzionamento dei due sistemi studiati.

3.1 Il funzionamento generale dei due casi di studio

Per quanto riguarda le specificità del caso di studio della conurbazione Costa Azzurra, possiamo dire che il sito, l'epoca di urbanizzazione e le caratteristiche del tessuto urbano (tipologie abitative, densità) sono delle variabili chiave che "determinano", direttamente o indirettamente, importanti aspetti del funzionamento della mobilità urbana. Il punto di partenza della rete bayesiana della figura 5 (quanto meno della sotto-rete principale) è, in effetti, la variabile qualitativa del sito urbano. Le caratteristiche fisiche del sito hanno storicamente determinato l'offerta di infrastrutture ferroviarie: la linea principale e più anziana è quella litoranea, le linee secondarie sono state sviluppate successivamente in vallata. Questo primo sistema moderno di trasporto ha permesso, nel corso della seconda metà del secolo XIX, la fase iniziale di sviluppo urbano della Costa Azzurra. L'urbanizzazione delle colline, lontana dalla rete ferroviaria, è successiva alla guerra, ed è stata resa possibile dalla diffusione della motorizzazione di massa.

Altri importanti elementi sono conseguenze dirette dell'epoca di urbanizzazione: la dimensione media delle famiglie (le coppie con bambini si localizzano nelle zone di urbanizzazione più recente), la densità di popolazione e il peso delle tipologie abitative individuali. La dimensione delle famiglie determina, a sua volta, la composizione demografica del quartiere, che influenza alcune importanti caratteristiche della domanda di mobilità (domanda totale, parte dei viaggi sistematici).

I fattori determinanti la ripartizione modale dei viaggi sono la disponibilità di parcheggi privati, il tasso di motorizzazione e l'accessibilità permessa dai trasporti pubblici. Una buona accessibilità da parte dei trasporti collettivi ed una motorizzazione più contenuta inducono la popolazione a utilizzare maggiormente i modi "dolci" (pedonalità, bicicletta), a ridurre i

viaggi in automobile e ad aumentare l'utilizzo del trasporto pubblico. I livelli di accessibilità permessi dal trasporto pubblico, la disponibilità di parcheggi privati e il tasso di motorizzazione della popolazione, dipendono a loro volta crucialmente dalle tipologie edilizie: i quartieri di villette individuali costituiscono un "habitat" più propizio all'automobile e più difficilmente servito dai trasporti pubblici.

Pur essendo una conurbazione comprendente numerosi centri urbani parzialmente autonomi, lo spazio urbano della Costa Azzurra presenta ugualmente un gradiente centro-periferia non trascurabile rispetto al suo ipercentro funzionale (il centro città di Nizza). Nella sotto-rete minore, la distanza dal centro determina infatti l'offerta di autostrade urbane (le zone centrali sono state connesse ai sistemi infrastrutturali in maniera prioritaria) e, attraverso questa, i livelli di accessibilità stradale al mercato del lavoro. D'altra parte, anche il consumo di tempo dipende dalla distanza dal centro: più ci si allontana dal centro, meno gravosi sono gli spostamenti (in questo caso l'algoritmo di generazione della rete bayesiana non è stato in grado di produrre un'ulteriore connessione con la velocità della rete stradale).

Nella rete bayesiana della Costa Azzurra, infine, il tasso di attività della zona resta sconnesso dal resto della rete. In altri termini, in questo spazio urbano la variazione del rapporto addetti/residenti non sembra condizionare il funzionamento del sistema della mobilità. Ciò potrebbe essere messo in relazione con degli stili di vita meno condizionati dalla prossimità; la popolazione della Costa Azzurra sarebbe abituata ad approfittare di tutte le opportunità offerte dalla città e dai suoi molteplici centri di attività, secondo quelle che V. Kaufmann (2000) chiama delle attitudini "metropolitane" e "rurbane" alla mobilità quotidiana.

Nello spazio urbano genovese, la variabile chiave che ha un ruolo centrale nel sistema della mobilità (molto più che sulla Costa Azzurra) è la distanza di ogni zona dal centro funzionale dell'agglomerato (identificato convenzionalmente con la zona intorno alla Piazza De Ferrari). Il modello bayesiano di Genova (figura 6) permette di evidenziare che, per ogni zona urbana, la distanza dal centro "determina", direttamente o indirettamente, una serie notevole di elementi: il dinamismo demografico della zona (particolarmente depresso nelle zone centrali), le caratteristiche socioeconomiche della popolazione, il suo livello di mobilità, l'offerta infrastrutturale, i livelli di accessibilità, la congestione, i flussi di traffico prodotti e la quantità di energia consumata. Legata anch'essa al gradiente centro-periferia, la densità urbana non gioca invece un ruolo fondamentale nella differenziazione dello spazio urbano genovese in materia di mobilità, in quanto rimane generalmente elevata in tutte le zone urbane.

Una specificità dello spazio genovese è che i livelli di accessibilità, tanto per la rete stradale quanto per quella dei trasporti collettivi, sono un prodotto della struttura urbana, indipendente dalla prestazione delle reti di trasporto, e sono intimamente legati tra loro. Si tratta di una conseguenza della forte centralizzazione dei posti di lavoro nel centro genovese (il che non è privo di conseguenze negative per la vitalità degli spazi periferici).

Nel caso genovese, le caratteristiche del sito urbano determinano la composizione sociologica della popolazione e il tasso di attività (rapporto residenti/addetti). Le classi superiori sono più numerose sul litorale e in alcuni quartieri collinari. Le attività si installano invece sul litorale e nelle vallate, evitando i siti collinari. Il rapporto addetti/residenti gioca a sua volta un ruolo determinante sulla motorizzazione delle famiglie, sulla struttura spaziale della domanda di mobilità e sulla sua ripartizione modale. A differenza della Costa Azzurra, lo spazio urbano genovese è ancora profondamente marcato dal quadro di vita locale. I genovesi hanno l'abitudine di approfittare delle destinazioni disponibili nel proprio spazio di prossimità prima di riportarsi, eventualmente, sull'offerta delle zone centrali, secondo quella che V. Kaufmann (2000) chiama un'attitudine "cittadina" alla mobilità urbana. Queste riflessioni permettono anche di valutare in maniera critica la mono-centralità imposta a Genova dalla sua "fase industrialista" (Besio 1994). Esiste, a Genova, l'opportunità di sviluppare un reale policentrismo, in quanto gli abitanti dei centri secondari antichi (le "legazioni" del ponente, del levante e delle vallate) mostrano un attaccamento importante al quadro di vita locale, laddove questo è sufficientemente ricco e diversificato.

La distanza dalla rete ferroviaria è uno degli elementi che restano sconnessi dalla rete bayesiana genovese. Questo indicatore, in effetti, discrimina unicamente i quartieri della Val Bisagno: tutte le altre zone del capoluogo ligure si sono sviluppate in prossimità di nodi del trasporto su ferro, il quale irriga il tessuto urbano in maniera più capillare rispetto alla Costa Azzurra.

3.2 Le dinamiche causali operanti sul territorio

Tanto a Genova quanto nella conurbazione Costa Azzurra, le due reti bayesiane permettono di identificare delle coppie di dinamiche antagoniste (che nei due casi abbiamo chiamato *A-B* e *C-D*) che legano in un concatenamento causale più o meno complesso certe condizioni urbanistiche, trasportistiche, comportamentali, ecc. Ogni coppia di dinamiche antagoniste contiene i due casi "estremi" di questo concatenamento. La figura 7 mostra le quattro dinamiche relative alla conurbazione Costa Azzurra. La figura 8 riporta invece le dinamiche relative al territorio genovese. Le quattro dinamiche individuate in ognuno dei due spazi urbani non sono identiche, ma presentano alcune somiglianze.

In Costa Azzurra, le dinamiche di tipo *A-B* legano il sito alle caratteristiche del tessuto urbano e, passando attraverso l'accessibilità prodotta dai trasporti pubblici, la ripartizione modale dei viaggi e la produzione di flussi di traffico, giungono sino ai consumi energetici. Per fornire un esempio di lettura degli schemi della figura 7, le dinamiche di tipo *A* sono quelle delle zone litorali o di vallata, ben servite dalla rete ferroviaria e dall'urbanizzazione più antica e più densa; la motorizzazione vi è più debole, l'accessibilità con i trasporti pubblici è relativamente buona, gli spostamenti dei loro abitanti sono corti, la mobilità è multimodale e tanto

l'emissione di flussi veicolari quanto i consumi energetici sono relativamente ridotti se rapportati alla popolazione. Ad esse si oppongono le dinamiche di tipo *B*, molto più problematiche dal punto di vista del governo della mobilità: esse concernono le zone collinari, mal servite dal trasporto pubblico, recentemente urbanizzate nella forma di villette monofamiliari a bassa densità; qui i viaggi della popolazione residente sono spazialmente lunghi, la motorizzazione è forte, l'accessibilità nei trasporti pubblici molto scarsa; la domanda di mobilità è di conseguenza quasi esclusivamente evasa dall'automobile e i flussi veicolari prodotti pro capite sono notevoli, così come il consumo energetico.

A Genova, le dinamiche indicate *A-B* legano il sito al tasso di attività della zona e, passando attraverso la ripartizione modale, arrivano fino alla produzione dei flussi di traffico e ai consumi energetici (elementi, comunque, debolmente influenzati da questo concatenamento).

Figura 7. Le dinamiche causali operanti nello spazio urbano della Costa Azzurra.

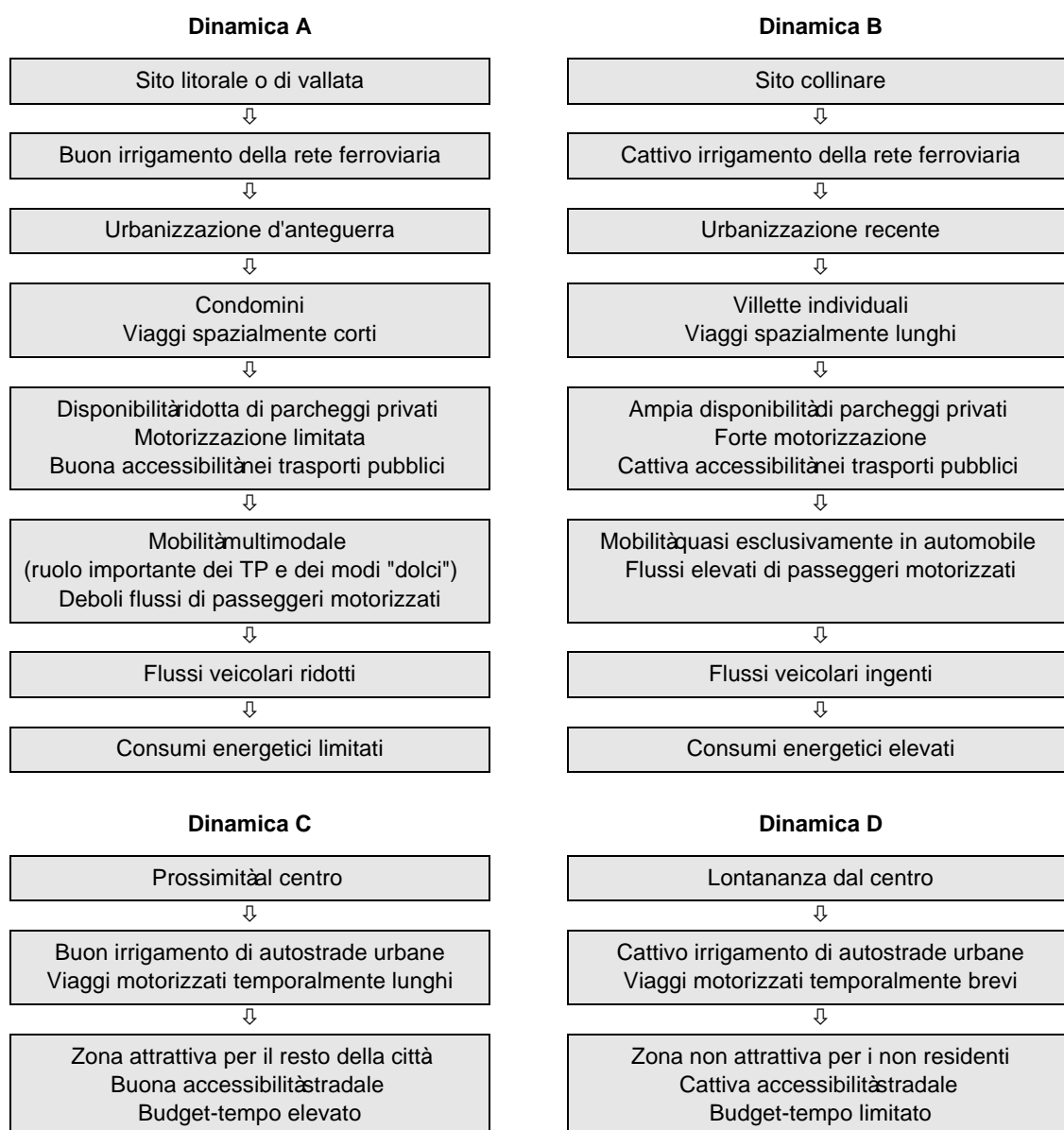
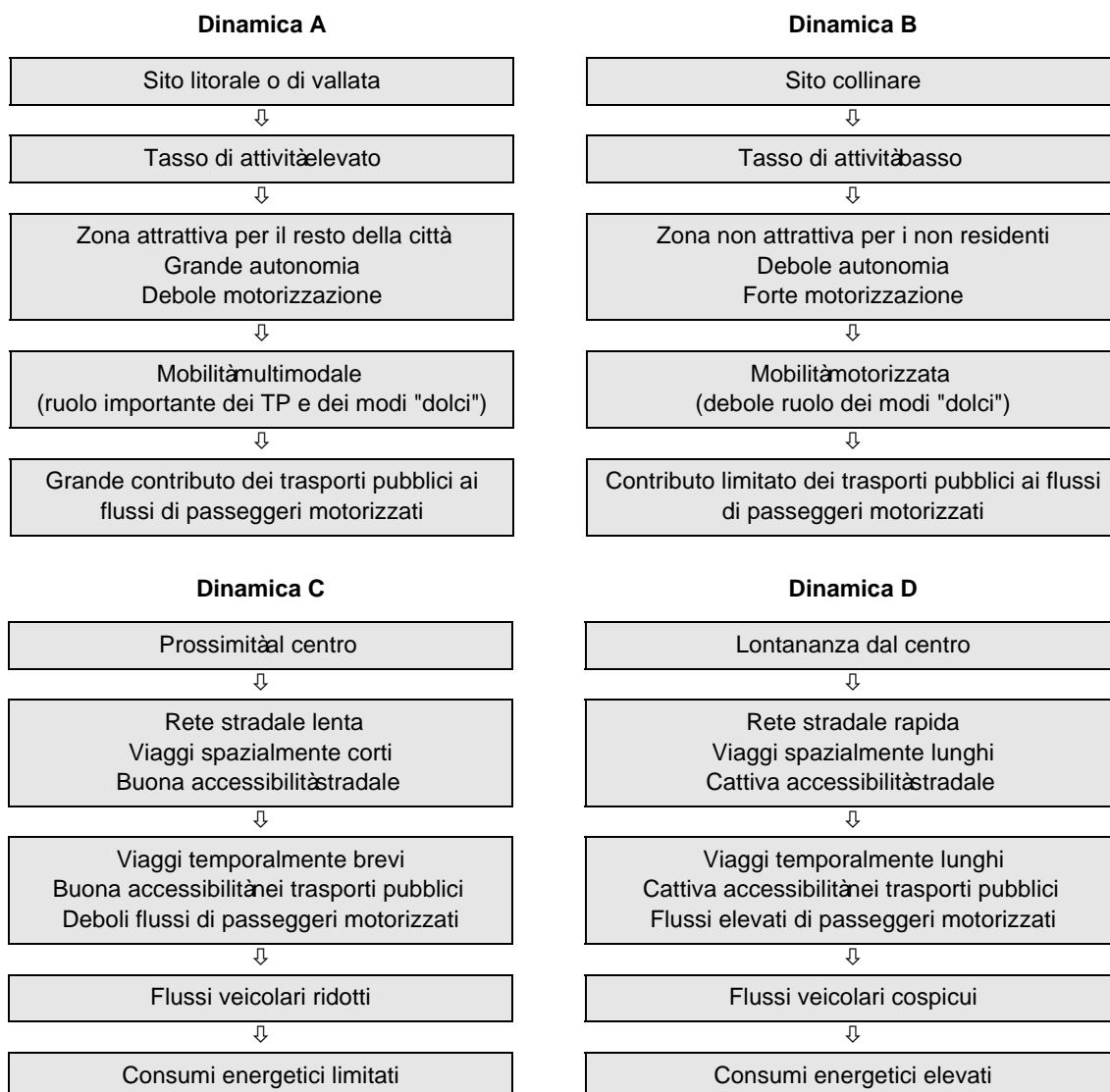


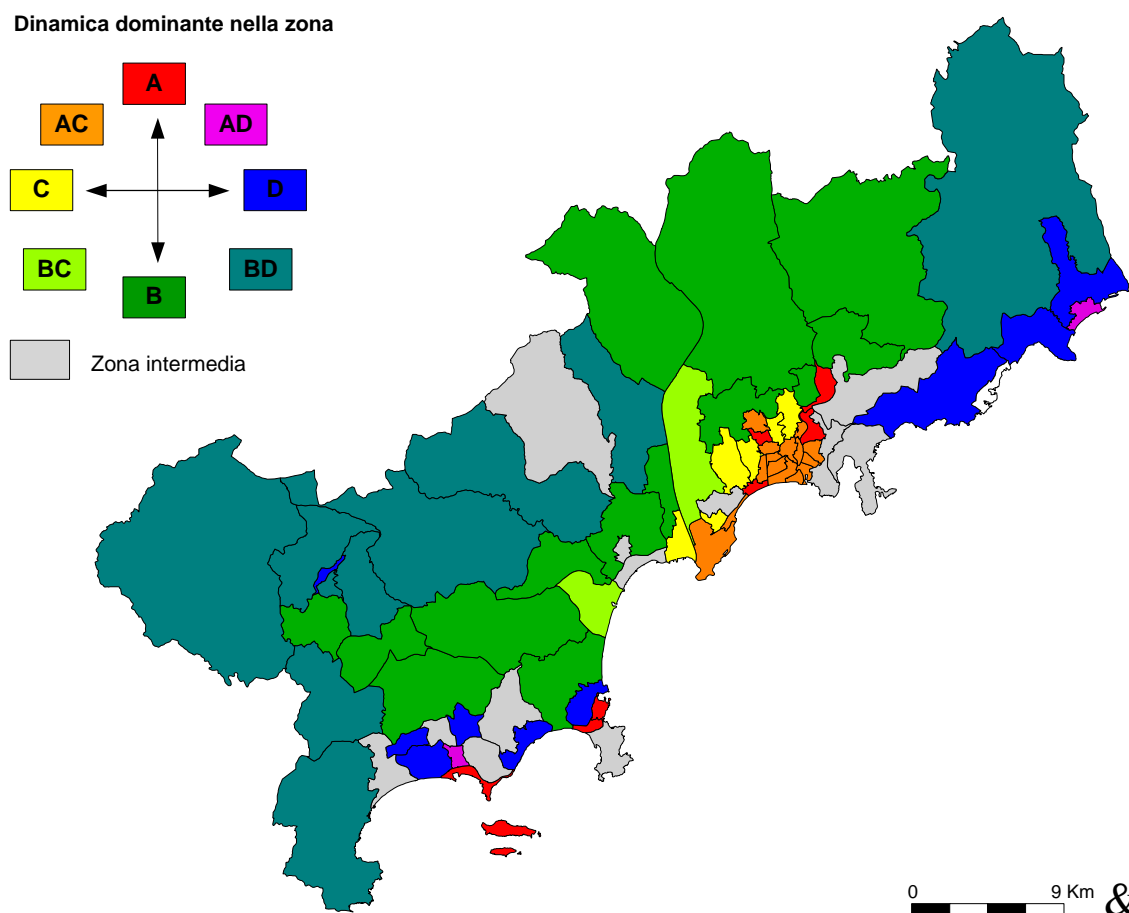
Figura 7. Le dinamiche causali operanti nello spazio urbano genovese.



Le dinamiche di tipo *C-D*, nello spazio urbano della Costa Azzurra, legano in un concatenamento causale piuttosto corto la distanza dal centro all'accessibilità stradale e ai consumi di tempo. A Genova, le dinamiche dello stesso nome connettono in un concatenamento più complesso, la distanza dal centro ai livelli di accessibilità (sia stradale, sia attraverso i trasporti pubblici), ai consumi di tempo, alla produzione di traffico e ai consumi energetici.

Chiaramente questi concatenamenti rappresentano delle semplificazioni dei rapporti di dipendenza causale contenuti nelle due reti bayesiane delle figure 5 e 6. Essi forniscono però una visione sintetica che può essere proiettata sul territorio. Le figure 9 e 10 mostrano, per la Costa Azzurra e Genova, rispettivamente, le zone apparentabili ad una dinamica particolare (*A*, *B*, ecc.) e quelle caratterizzate da due dinamiche contemporaneamente (*AC*, *BC*, ecc.).

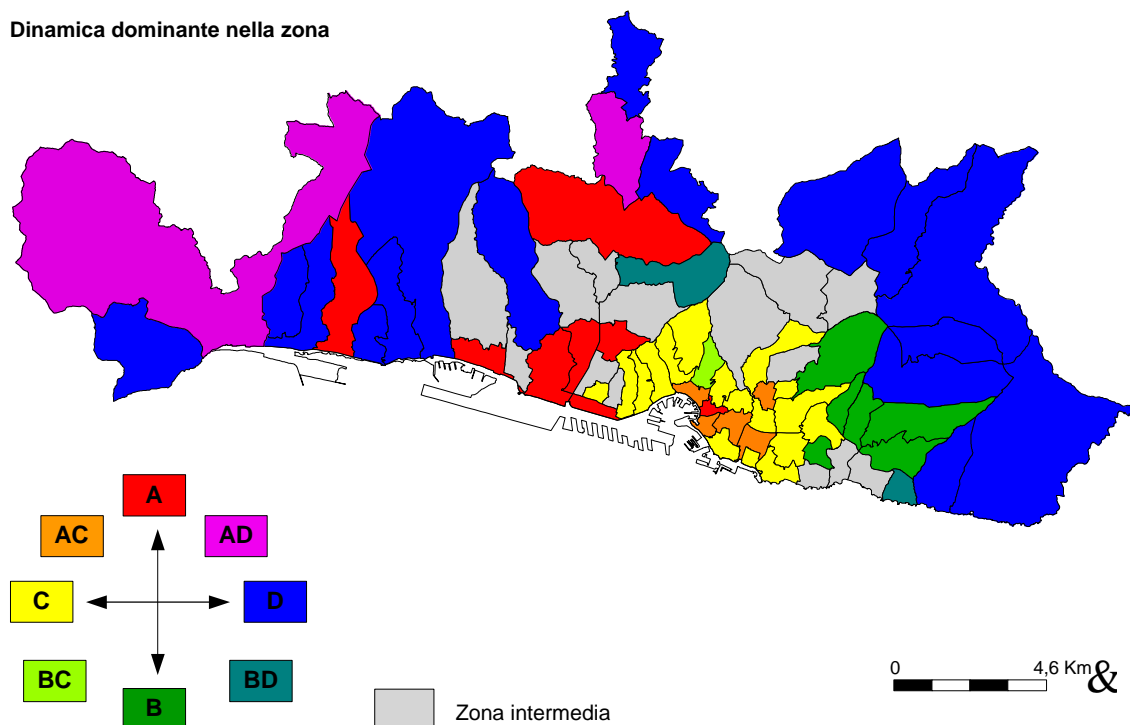
Figura 9. Caratterizzazione delle zone urbane della Costa Azzurra secondo le dinamiche dominanti.



Possiamo allora identificare, nei due spazi urbani studiati, dei sottospazi omogenei rispetto alle dinamiche causali dei modelli bayesiani. Nella conurbazione Costa Azzurra, abbiamo potuto identificare sei sottospazi differenti: lo spazio centrale nizzardo (dinamiche di tipo AC), la nuova urbanizzazione in prossimità del centro nizzardo (C), lo spazio degli antichi centri città secondari e delle zone nizzarde marginali (A), il litorale periferico (D), lo spazio periurbano residenziale in posizione periferica (BD) e lo spazio periurbano a centralità emergente (B e BC).

A Genova, i sottospazi omogenei sono leggermente meno numerosi: lo spazio iper-centrale (dinamiche di tipo AC), lo spazio centrale allargato (C), lo spazio d'attività del ponente (A), lo spazio dormitorio del levante (B) e la periferia lontana (D). Tanto a Genova che in Costa Azzurra esistono infine degli spazi intermedi con caratteristiche di transizione rispetto alle dinamiche evidenziate. Globalmente, le differenziazioni spaziali trovate si rivelano particolarmente pertinenti rispetto alla conoscenza diretta dei due casi di studio.

Figura 10. Caratterizzazione delle unità urbanistiche genovesi secondo le dinamiche dominanti.



Ad eccezione degli spazi intermedi, ogni sottospazio identificato è dunque marcato da dinamiche causali ben determinate che costituiscono delle opportunità o dei problemi per la sostenibilità del rapporto città-trasporti-ambiente.

La problematica emergente per la sostenibilità della mobilità urbana in Costa Azzurra è legata ai vasti spazi periurbani in quanto caratterizzati da dinamiche che portano alla dipendenza dall'automobile e a consumi energetici notevoli. Per poter pervenire ad un sistema della mobilità urbana economicamente, socialmente ed ecologicamente più sostenibile, la conurbazione Costa Azzurra deve compattare e densificare i suoi spazi periurbani, concentrare e connettere alla rete dei trasporti collettivi le zone di attività. La conurbazione francese potrebbe così pervenire ad una mobilità multimodale, ridurre i flussi di traffico e limitare i consumi energetici. Ulteriori problematiche emergono anche per gli spazi centrali di Nizza e degli antichi centri città secondari della conurbazione. Questi ultimi devono preservare le loro centralità, mentre gli spazi centrali di Nizza devono governare la congestione e migliorare le condizioni di mobilità dei loro residenti. Il rischio è di vedere un numero crescente di nizzardi abbandonare gli spazi centrali caratterizzati da mobilità individualmente problematica (ma collettivamente più virtuosa) ed alimentare ulteriormente l'espansione periurbana dipendente dall'automobile.

Per Genova, le problematiche principali sono innanzitutto la rivitalizzazione degli spazi centrali come luoghi di residenza, per arrestare l'emorragia demografica delle zone più

virtuose in materia di mobilità quotidiana e l'attenuazione del gradiente centro-periferia rispetto ai livelli di accessibilità (favorendo soprattutto l'emergenza di centralità secondarie all'est come all'ovest dell'agglomerazione e nelle valli del Polcevera e del Bisagno). Un'altra priorità strategica sarebbe l'eliminazione delle zone a monofunzionalità residenziale (i quartieri dormitorio), generatrici di flussi di traffico veicolare verso il centro ed a rischio di segregazione socio-spaziale.

In generale, quindi, le dinamiche individuate permettono di evidenziare gli ambiti territoriali più problematici e le possibili linee strategiche di intervento. Tanto per la Costa Azzurra quanto per Genova, si tratta di opzioni strategiche per la pianificazione della città, più che del sistema dei trasporti. L'approccio sistemico alla mobilità attraverso i modelli bayesiani ha evidenziato il ruolo fondamentale delle variabili urbanistiche nel funzionamento della mobilità urbana.

4 CONCLUSIONI

Il lavoro presentato ha proposto alcuni elementi di analisi tratti da una più ampia ricerca universitaria (Fusco 2003a). Il suo contributo alle scienze regionali è duplice: un contributo metodologico rispetto alle tecniche utilizzate ed un contributo tematico per quanto riguarda l'analisi dell'interazione trasporti-territorio a Genova e nella conurbazione Costa Azzurra.

4.1 *Il contributo metodologico: i modelli bayesiani a base di indicatori*

Questo lavoro costituisce la prima applicazione della *knowledge discovery* attraverso reti bayesiane a scala intra-urbana, dove gli individui statistici della banca dati usata per l'apprendimento della rete sono unità spaziali di uno stesso sistema territoriale. Rispetto ad altre applicazioni territoriali delle reti bayesiane (Fusco 2003b, 2004) questo tipo di applicazione pone il problema classico della modellizzazione statistica territoriale (Charre 1995): l'interazione spaziale tra gli individui deve essere presa in considerazione da specifiche variabili del modello, in modo da poter considerare le altre variabili, condizionate alla conoscenza delle variabili di interazione, spazialmente indipendenti. Nei nostri modelli, l'interazione spaziale è in primo luogo presa in considerazione dagli indicatori di accessibilità, di chiusura e di autonomia. A queste va aggiunta la distanza dal centro città, che fornisce un'informazione sulla posizione relativa delle zone urbane. L'integrazione dell'interazione spaziale nelle reti bayesiane costituisce un'importante pista di approfondimento della metodologia proposta.

Nonostante i limiti dell'analisi condotta e le semplificazioni introdotte nella descrizione dell'interazione città-trasporti-ambiente, la ricerca di un modello causale del funzionamento

del sistema della mobilità urbana è stata particolarmente fruttuosa. Partendo da indicatori quantitativi molto sintetici, abbiamo potuto identificare le principali regole di funzionamento di sistemi urbani osservati alla scala di quartiere o di zona urbana. Abbiamo potuto dare un significato preciso ad ogni indicatore del sistema ed effettuare una valutazione di casi reali, identificando le dinamiche suscettibili di avvicinarli o allontanarli dagli obiettivi di governo del territorio e di sostenibilità ambientale. Da questo punto di vista, la metodologia proposta ha una valenza generale e può essere utilizzata per altri casi di studio, al di fuori del caso delle città mediterranee.

Più in particolare, il lavoro effettuato costituisce un contributo al più ampio approccio del qualitativo e dell'incerto nella modellizzazione territoriale (Rabino 2003). L'approccio del qualitativo e dell'incerto, può oggi disporre di numerose tecniche: le analisi statistiche dei dati qualitativi, le statistiche testuali, la logica *fuzzy*, le mappe concettuali, ecc. L'obiettivo di questo tipo di lavori è di avvicinarsi il più possibile alla complessità e alla ricchezza della logica umana, laddove la modellistica classica aveva deliberatamente evitato questi aspetti per concentrarsi sugli elementi informativi più facilmente trattabili. Per realizzare questo obiettivo, l'informazione qualitativa deve essere formalizzata ed integrata a dei processi di modellizzazione informatizzata, capaci di assicurarne un'elaborazione rigorosa.

L'applicazione delle reti bayesiane allo spazio urbano permette di aggiungere un nuovo potente strumento di analisi e di modellizzazione. La rete bayesiana integra il qualitativo (la struttura del grafo causale) con il quantitativo (i parametri numerici delle relazioni tra variabili) e permette di introdurre l'incertezza direttamente nel modello: tanto l'esistenza delle relazioni quanto i parametri sono stimati in probabilità, e la forma finale del modello è un sistema di relazioni tra variabili di tipo stocastico. Otteniamo così dei modelli urbani di tipo più "leggero", sicuramente meno precisi ma in grado di offrire una visione di insieme delle complesse interazioni presenti sul territorio e di fornire indicazioni strategiche per l'analista e per il pianificatore.

4.2 Il contributo tematico: trasporti-territorio a Genova e in Costa Azzurra

I modelli bayesiani dei sistemi di mobilità negli spazi infraurbani di Nizza-Costa Azzurra e di Genova hanno prodotto dei risultati particolarmente significativi riguardanti l'individuazione di analogie e differenze nel funzionamento dei due sistemi di mobilità, e l'identificazione di problematiche di sostenibilità urbana legate alle dinamiche che operano nei due spazi infraurbani.

L'analisi delle due reti bayesiane prodotte permette di evidenziare alcune variabili chiave nel funzionamento dei sistemi studiati. Il sito, l'epoca di urbanizzazione e le caratteristiche del tessuto urbano giocano un ruolo fondamentale nel funzionamento della mobilità urbana delle

zone della Costa Azzurra. Il modello genovese è invece marcato in maniera molto più evidente dal fortissimo gradiente centro-periferia, caratteristica già evidenziata in letteratura (Besio 1994), che pone non pochi problemi alla vitalità della periferia genovese.

L'importanza del sito è una caratteristica probabilmente comune alla maggior parte delle città della costa mediterranea: la costa e il rilievo montagnoso hanno inciso profondamente sulla genesi di questi spazi urbani e continuano ad influenzare il funzionamento del sistema urbano in generale (distribuzione della popolazione e delle attività) e di quello della mobilità in particolare (localizzazione delle infrastrutture). L'importanza del centro nel funzionamento urbano (molto più marcata nel caso genovese) è anch'essa una caratteristica forse comune a molte realtà urbane mediterranee, indice di un'urbanizzazione antica e di un'organizzazione dello spazio impostata prima dell'avvento dell'automobile.

I modelli bayesiani degli spazi infraurbani di Nizza-Costa Azzurra e Genova sono stati infine utilizzati per evidenziare le dinamiche causali caratteristiche di sottospazi particolari e costituenti delle opportunità o dei problemi per il governo del territorio e per la sostenibilità del sistema della mobilità. Nel caso della Costa Azzurra emergono chiaramente i nuovi territori dipendenti dall'automobile, frutto dell'impetuosa espansione periurbana a bassa densità degli ultimi 30 anni. Generatori di flussi di traffico e di ingenti consumi energetici, i nuovi quartieri periurbani stanno producendo ugualmente nuove centralità capaci di rivaleggiare con i più antichi centri cittadini. Congelato nella sua espansione edilizia degli anni 60 e 70, il capoluogo ligure presenta invece ancora territori periferici densi, le cui caratteristiche di "dormitorio" rispetto al centro-città costituiscono comunque un problema tanto di mobilità quanto di qualità della vita.

E' importante sottolineare che le analisi condotte sui due casi di studio, non sono analisi complete della relazione città-trasporti-ambiente a Genova e sulla Costa Azzurra. Gli orientamenti strategici suggeriti, inoltre, non costituiscono un'agenda incontestabile di politiche urbanistiche e trasportistiche.

Le analisi che abbiamo condotto partono da un punto di vista ben preciso, quello dell'analista. Utilizzando strumenti specifici (come ad esempio l'analisi a base di indicatori e i modelli bayesiani) queste ultime si posizionano a fianco di studi più classici. In questi limiti, esse forniscono delle nuove indicazioni e costituiscono sicuramente un arricchimento per il processo decisionale strategico in materia di mobilità, urbanistica e ambiente in questi due importanti spazi urbani dell'Arco Latino Mediterraneo. Aver mostrato l'interesse del procedimento metodologico proposto per l'analisi di due casi concreti costituisce già un risultato molto importante. Nella misura in cui i risultati di queste analisi potranno contribuire alle riflessioni sulla sostenibilità della mobilità urbana a Genova e sulla Costa Azzurra, questa ricerca avrà allora raggiunto i propri obiettivi.

5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Arelig (2001) *Piano di miglioramento dell'efficienza energetica del Comune di Genova*, rapporto tecnico, Agenzia Regionale Energetica della Liguria, Genova
- Barozzi P. (1988) *Lineamenti dello sviluppo urbano di Genova*, ECIG, Genova
- Barozzi P. (1993) *Genova, lo sviluppo topografico*, Pubblicazioni dell'Istituto di Scienze Geografiche, XLVII, Facoltà di Magistero, Università di Genova, Genova
- Bayesware (2000) *Bayesware Discoverer – User Manual*, Bayesware Limited, London
- Besio M. (1994) L'area metropolitana genovese: come governare il determinismo ambientale, in Besio M., Balletti F. (eds.) *L'Area metropolitana genovese: l'ambiente, la società, le istituzioni*, De Ferrari, Genova, 12-29
- Besio M., Balletti F. (eds.) (1994) *L'Area metropolitana genovese: l'ambiente, la società, le istituzioni*, De Ferrari, Genova
- Boyer M. (2002) *L'invention de la Côte d'Azur, l'hiver dans le midi*, Éditions de l'Aube, La Tour d'Aigues
- Bussière Y., Bonnafous A. (eds.) (1993) *Transport et étalement urbain : les enjeux*, Les chemins de la Recherche n° 13, Centre Jacques Cartier, Lyon
- Camagni R., Gibelli M.C., Rigamonti P. (2002) *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea, Firenze
- Castéla P. (2002) *Nice, une capitale historique*, Giletta, Nice
- CERTU, CETE Nord-Picardie (1998) *Exploitation "standard" de l'enquête ménages-déplacements de la Métropole Côte d'Azur 1997/1998*, CETE Nord-Picardie, Lille, 7 volumi
- CETE Méditerranée (1999) *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Côte d'Azur 1998 – Analyse des résultats*, CETE Méditerranée, Aix-en-Provence
- Chaline C. (2001) *L'urbanisation et la gestion des villes dans les pays méditerranéens – Evaluation et perspectives d'un développement urbain durable*, Plan Bleu, Sophia-Antipolis
- Charre J. (1995) *Statistique et territoire*, RECLUS, Montpellier
- Comune di Genova (1995) *Piano Urbano del Traffico*, Comune di Genova, Assessorato all'Ambiente e Mobilità Urbana, Genova
- Comune di Genova (1996) *Libro bianco sulla mobilità di Genova*, Comune di Genova, Assessorato all'Ambiente e Mobilità Urbana, Genova
- Cooper G., Hersovits E. (1992) A Bayesian Method for the Induction of Probabilistic Networks from Data, *Machine Learning*, n° 9, 309-347
- Dagorne A. (1998) *Nice 06 et son environnement*, UMR ESPACE, Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice
- Dagorne A. (2000) *La Côte d'Azur, un mur de béton ? Alpes-Maritimes et Monaco*, contribution au dossier bibliographique de l'association Villes et Territoires Méditerranéens, section "regards de géographes", [http:// www.vtm-asso.com/ressources/Ressources_AsoVTM/regards/geograph.htm](http://www.vtm-asso.com/ressources/Ressources_AsoVTM/regards/geograph.htm)
- Dauphiné A. (1990) *Nice – Une eurocité méditerranéenne*, Serre, Nice
- DRE PACA (1999) *Carte d'occupation du sol des Alpes-Maritimes*, Direction Régionale de l'Environnement, Marseille, CD-Rom

- Escallier R. (2001) La ville méditerranéenne, in Lozato-Jotart J.-P. (ed.) *La Méditerranée*, CNED-SEDES, Paris, 47-121
- Fratini F. (2000) *Idee di città – Riflettendo sul futuro*, Franco Angeli, Milano
- Fusco G. (2003a) - *Un modèle systémique d'indicateurs pour la durabilité de la mobilité urbaine : les cas de Nice et Gênes dans une comparaison internationale – Un modello sistemico di indicatori per la sostenibilità della mobilità urbana: i casi di Nizza e Genova in un confronto internazionale*, Tesi di dottorato, Université de Nice-Sophia Antipolis – Politecnico di Milano, Nizza-Milano, 2 volumi
- Fusco G. (2003b) Analizzare l'interazione città-trasporti-ambiente con la teoria delle reti bayesiane, in *Input 2003, Atti della Terza Conferenza Nazionale su Informatica e Pianificazione Urbana e Territoriale*, Alinea Editrice, Firenze, CD-Rom
- Fusco G. (2004) Looking for Sustainable Urban Mobility through Bayesian Networks, *Scienze Regionali / Italian Journal of Regional Sciences*, n° 3/2003, Franco Angeli, 87-106
- Gastaldi F. (2003) Grandi opere stradali e sviluppo economico a Genova: storia e attualità di un problema insoluto, Relazione presentata alla XXIV Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Perugia, 8-10 ottobre 2003
- Jensen F.V. (2001) *Bayesian Networks and Decision Graphs*, Springer, New York
- Jourdan G. (2003) *Transports, planification et gouvernance urbaine, étude comparée de l'aire toulousaine et de la conurbation Nice-Côte d'Azur*, L'Harmattan, Paris
- Kaufmann V. (2000) *Mobilité Quotidienne et Dynamiques Urbaines - La question du report modal*, Science, Technique, Société, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne
- Mairie de Nice (1998) *Plan des Déplacements Urbains – Projet*, Direction Générale des Travaux, Direction des Transports et de la Circulation, Mairie de Nice, Nice
- Moriconi-Ebrard F. (2000) La littoralisation en Méditerranée : données de cadrage, in *Actes du colloque, La ville et l'usage de ses territoires sur la Rive Sud des états de la Communauté*, Université de Paris 13, 5 décembre 2000, 1-42
- Newman P., Kenworthy J. (1998) *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*, Island Press, Washington
- Pearl J. (2000) *Causality – Models, Reasoning and Inference*, Cambridge University Press, Cambridge
- Rabino G. (2003) Emerging Trends in Theoretical and Quantitative Geography: a Miscellany of Reflections, Relazione presentata al 13th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, Lucca, 5-9 settembre 2003
- Regione Liguria (2000) *Carta di uso del suolo scala 1:25 000 Provincia di Genova*, Regione Liguria, Servizi Informativi Territoriali e Ambientali Regionali, Genova, CD-Rom
- Tau (2002) *Studio Origine Destinazione riferito al territorio della Provincia e del Comune di Genova*, Relazione Volume 1, Tau Trasporti e Territorio, Milano
- Tau, Comune di Genova, Provincia di Genova (2002) *Studio Origine Destinazione riferito al territorio della Provincia e del Comune di Genova*, Tau Trasporti e Territorio, Milano, CD-Rom
- Vallat C. (2000) L'urbanisation illégale dans les grandes villes méditerranéennes, in Dorier-Apprill E. (ed.) *Les grandes villes du monde*, Editions du Temps, Paris
- Wiel M. (1999) *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Collection Architecture + recherches, Mardaga, Liège

ABSTRACT

Despite their geographical proximity, the conurbations of Genoa and of the French Riviera underwent very different urban and economic evolutions over the last decades. Nevertheless, mediocre performances of the daily mobility systems appear to be common to both urban realities.

In this article we propose two Bayesian models of the city-transportation interaction for Genoa and for the French Riviera, developed from territorial indicators. Bayesian networks can be used to represent causal relationships among variables in an uncertain context. They constitute a tool that is particularly appropriate in the applications of urban indicators. Through the analysis of the two Bayesian networks, analogies and differences in the operating of the two mobility systems can be identified. At the infra-urban level, particular problems which are linked to the dynamics present in the two conurbations can also be pointed out. Urban sprawl, automobile dependence, congestion and the centre-periphery relationship are elements that characterize the French Riviera and the Liguria capital with different intensity. They also create fractures which are internal to the two urban systems.

This article includes some elements of analysis taken from the PhD thesis "*Un modello sistemico di indicatori per la sostenibilità della mobilità urbana: i casi di Nizza e Genova in un confronto internazionale*" (Fusco 2003a). This thesis was written within a joint PhD programme at the University of Nice-Sophia Antipolis and the Technical University of Milan and was awarded the Giorgio Leonardi Prize by the Italian Association of Regional Sciences.