

MODELLI DI INTERAZIONE TRASPORTI E TERRITORIO. UN'APPLICAZIONE ALLA
REGIONE FRANCESE DEL NORD-PAS-DE-CALAIS.

Fausto LO FEUDO¹, Demetrio Carmine FESTA²

SOMMARIO

L'articolo tratta il tema dell'articolazione tra pianificazione urbana e dei trasporti, con l'interesse di valutare il senso di un piano regionale di Transit Oriented Development nel territorio della regione francese del Nord-Pas-de-Calais. Il TOD è un modello di sviluppo urbano che promuove una densificazione multifunzionale degli spazi situati in prossimità dei principali nodi e corridoi del trasporto collettivo, dando priorità alla mobilità dolce, con l'obiettivo di ridurre il consumo di suolo e la dipendenza dall'automobile. L'area di studio è caratterizzata da un'eccessiva artificializzazione dei suoli e da un fenomeno in costante aumento di dispersione e frammentazione urbana. Ciò si riflette in maniera interdipendente con il generale funzionamento territoriale (situazione socio-economica; localizzazione di residenze e attività; pratiche di mobilità), in cui l'auto privata risulta la modalità di trasporto predominante. L'articolo mostra i risultati ottenuti dal modello di simulazione implementato con il software Tranus. Essi mettono in evidenza l'opportunità, attraverso un intervento di tipo TOD diffuso sul territorio regionale, di ridurre e limitare il fenomeno di artificializzazione e dispersione urbana, nonché di aumentare in maniera generale la frequentazione dei servizi di trasporto collettivo. L'articolo propone inoltre uno sguardo integrato, inclusivo e interattivo verso le principali sfide e complessità che riguardano le politiche regionali di pianificazione e governo dell'uso del suolo e dei trasporti.

¹ Inria Grenoble - Rhône-Alpes, 655 avenue de l'Europe, 38330 Montbonnot-Saint-Martin (Francia)

² Università della Calabria – UNICAL, Via Pietro Bucci, 87036 Arcavacata, Rende CS

1. Strategie e paradigmi per il governo del territorio. La scala regionale e la sua complessità

Una regione è un'entità che comprende un insieme di zone con caratteristiche più o meno differenti, unite principalmente da dei principi di coerenza geografica, storica, sociale e culturale, che ne determinano un'identità comune (OCDE, 2002). Una regione si caratterizza ugualmente per la presenza di forti interazioni e dunque di intense relazioni tra le diverse entità ed unità spaziali che la compongono, oltre che tra le diverse funzioni ed attività presenti al suo interno.

In un sistema economico regionale, possiamo dunque individuare differenti nodi o centri economici (Johansson, 1993), che a loro volta possono essere caratterizzati, secondo dei gradi e livelli diversi, di densità abitativa e occupazionale e di presenza di attività produttive, infrastrutture e servizi. L'interazione tra le diverse componenti di tale sistema diviene generatrice dell'integrazione economica regionale e dunque della necessità di mobilità e di connessione spaziale (Karlsson et al., 2007). Tuttavia nell'ambito delle dinamiche legate ai sistemi economici e produttivi e, in generale, all'interazione tra sistemi di trasporto e di uso del suolo, le frontiere ed i limiti istituzionali di un territorio, non sempre corrispondono al funzionamento reale delle relazioni e degli scambi economici (Calthorpe & Fulton, 2001). L'economia globalizzata ed il conseguente intensificarsi delle relazioni ed interconnessioni tra territori, popolazioni e attività di produzione inducono una maggiore complessità nella definizione e nella messa in opera delle politiche e strategie di pianificazione e governo dei territori regionali.

Un sistema economico regionale può essere in generale caratterizzato da una specializzazione o diversamente da una diversificazione settoriale del proprio sistema di attività produttive e di servizi; e questa differenza di configurazione si riflette necessariamente sulla dinamica di localizzazione delle attività produttive e della popolazione, sulle pratiche di mobilità e sulla gestione e distribuzione dei servizi. Le principali condizioni che influiscono sul livello di specializzazione di un sistema di attività di un territorio regionale sono legate principalmente alla disponibilità di risorse, al patrimonio intellettuale e professionale disponibile, al livello di sviluppo tecnologico e infrastrutturale ed alla capacità d'integrare e di gestire, in maniera sostenibile, le diverse scale spaziali del territorio (Johansson & Karlsson, 2001).

Tuttavia questa interazione ha un costo, che dipende in particolare dai costi legati al trasporto ed alla mobilità, e che diviene un elemento fondamentale per la determinazione dell'estensione, della configurazione (mono o policentrica, mono o multifunzionale) e delle direzioni di sviluppo di una regione (Karlsson et al., 2007), oltre che per la definizione delle strategie di pianificazione e delle procedure di gestione e governo del territorio. La competitività ed il dinamismo di una regione dipendono quindi necessariamente dalla capacità di comprendere e valorizzare i differenti elementi del sistema regionale e le loro interazioni, nell'ambito comunque di una visione strategica di sviluppo il più possibile uniforme e integrata.

In tale contesto, le infrastrutture di trasporto, al servizio dell'interazione di un sistema economico regionale, sono di importanza strategica e formano la struttura di base sulla quale sviluppare ed evolvere la dinamica di funzionamento del territorio. Andando ad analizzare più nel dettaglio le dinamiche relative al processo di interazione ed articolazione tra sviluppo urbano e evoluzione del sistema di trasporto, risulta tuttavia estremamente difficile valutare e misurare l'impatto diretto delle politiche di trasporto e degli investimenti in infrastrutture di trasporto, sul sistema economico e produttivo e dunque sullo sviluppo globale di una regione (Offner, 1993).

2. Le dinamiche di interazione tra i trasporti e l'uso del suolo

Gli individui che scelgono di effettuare uno spostamento, lo fanno generalmente tenendo conto dei costi generalizzati di trasporto (Rayle, 2008) e tra i vari fattori che entrano nella definizione di tali costi, molteplici sono legati alle dinamiche di uso del suolo. Per esempio, i livelli di densità, di mix funzionale e di qualità del design urbano (Wegener & Fürst, 1999), possono contribuire a modificare il numero medio di veicoli posseduti per nucleo familiare, le distanze medie giornaliere percorse, la ripartizione modale tra i diversi modi di trasporto (Litman, 2012) e dunque la quantità di energia consumata (Newman & Kenworthy, 1989).

Di conseguenza, diversi fattori legati all'uso del suolo possono avere degli effetti diretti sulle dinamiche legate alla mobilità ed ai trasporti (Litman, 2012), andando ad influenzare i livelli di congestione, il costo di costruzione e di manutenzione delle infrastrutture di trasporto, i tassi d'incidentalità, d'inquinamento, di equità e di inclusione sociale (Litman, 2012). Tali effetti divengono inoltre maggiormente significativi soprattutto se considerati in termini di effetti cumulativi e sinergici. Ciò significa che non è il singolo fattore che conta, ma è la sua associazione con altri attributi che provoca un impatto più importante sul funzionamento e sull'evoluzione del sistema di mobilità. Allo stesso modo il costo generalizzato di uno spostamento influisce in maniera essenziale sulla scelta di localizzazione nel territorio delle famiglie e delle imprese. L'interesse per il pianificatore non è tuttavia tanto nell'individuazione di quale fattore tra i trasporti e l'urbanistica traini lo sviluppo di un territorio, ma piuttosto nella capacità di leggere e decifrare le direzioni che il ciclo di feedback tra uso del suolo e trasporti (Wegener, 2004) assume ed assumerà in ogni particolare contesto spazio-temporale.

D'altro canto seppure l'esistenza di un'influenza diretta da parte delle politiche di trasporto sullo sviluppo urbano e sulle dinamiche di uso del suolo, (dotazione infrastrutturale, livelli di accessibilità, efficienza e qualità dei servizi di trasporto collettivo), sia un concetto largamente condiviso dal punto di vista teorico, la verifica e la validazione di tale correlazione dal punto di vista empirico resta più difficoltosa (Still, 1995). Tale difficoltà è causata dal fatto che tali influenze ed impatti non risultano essere immediati nel tempo, dipendono fortemente dai contesti territoriali di intervento e soprattutto risultano interdipendenti da altri fattori che influenzano a loro turno l'evoluzione dell'uso del suolo (Still, 1995), come per esempio le disponibilità finanziarie e le condizioni politiche e sociali di un determinato territorio.

In questa ottica risulta oramai largamente condivisa l'idea che le scelte di pianificazione ed organizzazione del territorio, in rapporto ai sistemi di trasporto e di uso del suolo, debbano essere concepite e messe in opera secondo un approccio, il più possibile, integrato e coordinato. Questa esigenza è auspicabile anche in riferimento ai differenti attori, strumenti e scale territoriali implicati nel processo di pianificazione. È vero anche che i tentativi di attuare politiche di pianificazione integrata si rivelano spesso complessi e complicati, in riferimento alla fase di transizione tra l'approccio strategico e quello operativo e dunque di messa in opera degli interventi. Differenti sono i fattori, infatti, che costituiscono un elemento d'ostacolo a questa operazione di integrazione. Le principali barriere riguardano la difficoltà di coordinazione e cooperazione, i conflitti di competenza territoriale e di visione strategica tra attori e strumenti che si verificano tra le varie strutture istituzionali ed amministrative coinvolte, oltre che la difficoltà di gestione e adattamento di tali politiche alle diverse scale territoriali, nonché la limitata capacità d'investimento da parte delle istituzioni pubbliche. Il rischio inoltre è che anche nel caso in cui tali processi di pianificazione integrata vengano attivati, nel passaggio dalla fase strategica a quella operativa molti degli obiettivi previsti non vengano di fatto portati a termine.

Si vuole a questo proposito illustrare un'analisi sintetica di quelli che possono essere i diversi approcci che possono verificarsi nel quadro di un processo di pianificazione integrata tra politiche urbanistiche e dei trasporti. Si possono individuare principalmente tre tipi di approccio: lineare, interattivo e critico. Lo schema classico rivela un approccio di tipo lineare, nel senso di un procedimento essenzialmente statico e gerarchico, dove le diverse fasi del processo di pianificazione si susseguono in maniera iterativa e ripetuta, seguendo un percorso certamente solido dal punto di vista teorico, ma più debole quando si rientra in relazione alle molteplici problematiche di tipo operativo. Tale approccio si può identificare con quella che Hall (1992) definisce la pianificazione spaziale sistematica, caratterizzata da una concezione schematica e sequenziale di diverse azioni distinte (osservazione, definizione del problema, identificazione degli obiettivi, valutazione delle soluzioni, messa in opera, monitoraggio e controllo, osservazione, etc.). L'approccio che si può definire di tipo interattivo, risiede nella necessità di adattarsi ai contesti specifici di intervento e soprattutto di coordinamento e di gestione delle interdipendenze tra i vari elementi che guidano il funzionamento dinamico di un territorio. A tal proposito il passaggio da un concetto di urbanistica areolare a quella di urbanistica reticolare (Dupuy, 1991), aggiunge una visione dello spazio che si sviluppa al di là delle unicità e singolarità locali e induce ad un'analisi d'insieme e d'interdipendenza tra i numerosi elementi di un territorio, sulla base

del concetto di rete, tipico della pianificazione dei trasporti. Si tratta di un'interdipendenza che implica la necessità di attivare delle dinamiche relazionali tra le diverse funzioni, esperienze e interessi locali, in maniera da facilitare la presa di decisione e l'assegnazione delle risorse finanziarie sul territorio. Con la definizione di un approccio di tipo critico si vogliono invece sintetizzare tutte le conclusioni che mettono in discussione la reale pertinenza e efficacia dell'interazione tra uso del suolo e sistemi di trasporto. Difficoltà che si rivelano in particolare quando ci si riferisce alle tempistiche realizzative, ai costi ed alle opportunità di riproducibilità di tale tipo di pianificazione in contesti diversi. In particolare la relazione tra le scelte di localizzazione residenziale e delle attività e le pratiche di mobilità si presta maggiormente a tale controversia, a causa dei molteplici fattori e variabili in gioco e quindi delle incertezze che complicano la valutazione e l'analisi di tale interazione.

Se si considera in particolare il caso specifico in cui si intende articolare lo sviluppo urbano e territoriale in prossimità delle infrastrutture di trasporto collettivo, accanto al lavoro di coordinamento e di cooperazione tra gli attori istituzionali, c'è bisogno ugualmente di acquisire legittimità e consenso politico attraverso la messa in opera di reali pratiche di partecipazione e di concertazione con la cittadinanza, nonché di incoraggiamento al dibattito pubblico. Wulforth, L'Hostis e Puccio (2007), analizzando la fattibilità e sostenibilità della realizzazione di interventi in materia di pianificazione urbana integrata con il sistema ferroviario, osservano che il processo di coordinamento deve essere affrontato tenendo conto di cinque dimensioni di sviluppo:

- una coordinazione trasversale che comprenda settori multidisciplinari, attori pubblici e privati e legata alla diversità di pratiche e di modi di trasporto ;
- una coordinazione spaziale, che permetta di definire i perimetri d'intervento in funzione della loro pertinenza funzionale e coerenza spaziale (Gallez, e al. 2005), al di là dei limiti amministrativi tradizionali;
- una coordinazione temporale accompagnata da una visione strategica a lungo termine, che permetta di integrare le differenti temporalità legate alla dinamica di uso del suolo e dei sistemi di trasporto e capace "di anticipare e valutare l'impatto delle misure in un contesto temporale dinamico";
- una coordinazione organizzativa che possa correlare le differenti competenze e interessi particolari per orientarli verso una visione comune di sviluppo: "a differenza della cooperazione, l'integrazione suppone una riduzione dell'autonomia degli attori presenti";
- una coordinazione metodologica che implichi l'adattamento al contesto di riferimento di ciascun strumento e dei processi decisionali utilizzati, adoperando metodi di monitoraggio e di valutazione dinamica nel tempo, per l'analisi degli effetti sul funzionamento del territorio.

Questa visione può essere ulteriormente completata introducendo il concetto di approccio incrementale (Pinson, 2006) che supera lo schema classico, caratterizzato da una fase d'analisi, che precede le fasi di pianificazione e di azione, offrendo, al suo posto, un approccio dinamico ed integrato, che serva a pianificare e ad agire progressivamente e ripetutamente, senza mai arrestare il processo di analisi e controllo del territorio. Riassumendo, R. Morelli (2012) indica alcune condizioni essenziali per la realizzazione di processi di pianificazione che mettano l'accento sui principi della coordinazione ed integrazione:

- l'adozione della dinamica della negoziazione e della gestione policentrica del territorio;
- la capacità di gestire i flussi di informazioni complessi;
- la presenza di condizioni di collaborazione tra gli attori;
- la capacità di gestione dei conflitti tra i differenti interessi e competenze.

In sostanza la pianificazione dei trasporti e del territorio rispondono al bisogno di organizzazione, regolamentazione e gestione delle dinamiche complesse relative al funzionamento di un territorio. Di conseguenza le diverse scale e singolarità coinvolte domandano, dai pianificatori di "leggere il paesaggio

urbano” (Lynch, 1976) con un approccio adattato, resiliente, flessibile e integrato, che si basi su una visione strategica coerente.

3. Gli elementi regolatori del processo di interazione tra uso del suolo e trasporti

Alcuni concetti e dinamiche influiscono direttamente sul processo di articolazione ed interazione tra il sistema di trasporto e l’uso del suolo. In particolare ci si vuole soffermare in questo articolo su quattro fattori chiave dell’interazione: la mobilità, l’adattabilità, l’accessibilità e la densità, in quanto appaiono essere, a seconda dei casi, degli elementi maggiormente frenanti o acceleratori di tale interazione.

La mobilità è l’attività che presuppone un movimento o uno spostamento di un individuo. Si svolge nel tempo, a partire da un luogo di origine e verso un luogo di destinazione, per un dato motivo, e utilizzando un particolare modo o mezzo di trasporto. La configurazione del sistema di trasporto e della mobilità dipende strettamente dall’organizzazione economica e produttiva di un territorio (Bavoux et al., 2010), a partire dalle dinamiche di scelta di localizzazione delle residenze, dei poli occupazionali ed all’organizzazione del sistema dei servizi e delle risorse. La gestione dei comportamenti di mobilità nelle zone urbane rappresenta dunque un aspetto regolatore del funzionamento di un territorio in quanto presenti in tutte le attività ed azioni dell’individuo, quando egli si rapporta alla società di cui fa parte (Urry, 2002).

Con il concetto di adattabilità, associato alla tematica dello sviluppo urbano e dell’organizzazione dei trasporti e del territorio, si intende la capacità di evoluzione e di mutamento in funzione delle caratteristiche funzionali, (sociale, economico e tecnologico) e delle specificità interne (caratteristiche costruttive e urbanistiche, organizzazione delle funzioni e delle risorse) di un territorio. Tale capacità evolve dunque in funzione delle necessità e delle contingenze degli utenti (abitanti o utilizzatori temporanei) di tale contesto, sempre nell’interesse di rispettare, preservare e favorire lo sviluppo sostenibile del sistema territoriale nel suo insieme. L’adattabilità consiste dunque nella capacità di modificarsi, senza divenire causa di disequilibrio, di perturbazione e di instabilità rispetto al funzionamento generale di un sistema territoriale (Moine, 2005). Sarà piuttosto l’azione e l’evento stesso di mutazione che, se concepito correttamente, permetterà di acquisire un significato di evoluzione positiva e di miglioramento generale.

L’accessibilità si può invece considerare come l’indicatore fondamentale per valutare il livello di adattabilità e di integrazione di un sistema di trasporto con lo spazio circostante. L’accessibilità rappresenta la possibilità di raggiungere un luogo o un’attività (L’Hostis & Conesa, 2008), senza però equivalere alla nozione di distanza, che rappresenta soltanto uno dei fattori che contribuiscono a definire l’accessibilità (Chiaradia et al., 2013). Nella sua concezione più generale, la nozione di accessibilità può servire a definire le dinamiche di accesso allo spazio pubblico ed alle risorse del territorio (alloggio, salute, educazione, etc.) per individui con particolari difficoltà di tipo sociale o fisico. In un approccio più operativo ed orientato all’analisi delle dinamiche di funzionamento della coppia reti-servizi di trasporto, con accessibilità si definiscono le condizioni di accesso e di attraversamento dello spazio e dei luoghi, oltre che le condizioni di utilizzo di tutte le funzioni del territorio connesse da tali reti.

La densità infine è un concetto che serve a misurare ed a valutare le caratteristiche e le specificità di ciascun territorio (densità abitativa, occupazionale, produttiva, etc.) nelle sue differenti scale spaziali (Litman, 2012) (locale, urbana, regionale o nazionale). Densificare in ambito urbano è attualmente un obiettivo largamente condiviso nell’ambito della pianificazione territoriale, per rispondere alla sempre minore disponibilità di suolo, al fine di proporre modelli di sviluppo che favoriscano una razionalizzazione delle pratiche di mobilità, limitino la dispersione urbana e il consumo di suolo e favoriscano l’inclusione sociale. A tale tendenza si oppone tuttavia una preferenza generale di parte della popolazione a installare la propria residenza nelle zone rurali e peri-urbane, privilegiando generalmente la tipologia immobiliare unifamiliare e le pratiche di mobilità esclusivamente legate all’utilizzo dell’autovettura privata. Gli interventi di densificazione inoltre registrano generalmente scarsi livelli di accettazione da parte della popolazione e un impatto sociale problematico, a causa della concezione negativa ad essi attribuita (giustificata dal fatto che

spesso interventi di densificazione urbana si concretizzano in fenomeni di semplice cementificazione e speculazione immobiliare, per nulla migliorativi dei livelli di qualità della vita delle aree interessate).

Eppure è possibile densificare in ambito urbano seguendo principi di qualità, sostenibilità, sicurezza e comfort, anche e soprattutto grazie alle opportunità fornite dal costante sviluppo e consolidamento di nuove pratiche di bioedilizia e di bioarchitettura. Ne sono un esempio reale e oramai consolidato le variegate e numerose esperienze presenti in Europa e non solo, come quella degli eco-quartieri (Souami, 2012), dei quartieri o delle città car-free del nord Europa (Scheurer, 2001; Melia, 2010) e come gli esempi di Transit Oriented Development presenti in tutto il mondo (Cervero, 2011).

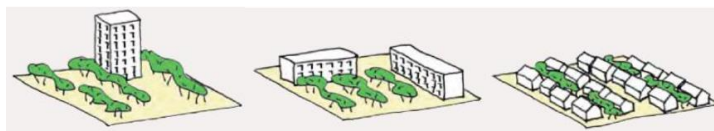


Figura 1- Diverse configurazioni per medesimi valori di densità abitativa (Guet, 2011)

4. Il Transit Oriented Development come alternativa alla società dell'automobile

L'arrivo dell'autovettura all'inizio del secolo scorso, ha rappresentato una vera rivoluzione nelle pratiche di mobilità e nell'evoluzione della configurazione urbanistica e funzionale del territorio, soprattutto nelle aree urbane. Il passaggio dalla città pre-industriale, percorsa principalmente a piedi, alla città dell'automobile, è stato tanto rapido quanto straordinariamente esteso. Grazie anche ad una specifica strategia politica che, soprattutto in Occidente, ha considerevolmente favorito lo sviluppo dell'industria automobilistica e la diffusione dell'auto come mezzo di trasporto di massa. L'utilizzo e la diffusione dell'automobile sono infatti in costante crescita ormai da decenni, accompagnati da politiche di pianificazione che hanno essenzialmente favorito gli interventi di urbanizzazione a bassa densità e di tipo frammentato, delle periferie e dei centri rurali. Si cercò infatti di facilitare il più possibile la circolazione stradale sia in ambito urbano che suburbano, dando vita a quello che nella letteratura scientifica viene definito come il modello della società dell'automobile ed al fenomeno della dipendenza dall'automobile (Newman & Kenworthy, 1989).

Tuttavia lo sviluppo urbano centrato sull'uso dell'automobile dimostra diversi limiti e difetti (Paul-Dubois-Taine, 2010; Hérin, 2001). Considerando infatti un bilancio tra costi e benefici causati dall'avvento dell'*automobilità* (Urry, 2003), si può osservare che, mentre i benefici di una tale situazione riguardano principalmente gli utenti (conducenti e passeggeri) delle automobili, i costi vengono invece sostenuti dall'intera comunità. Bisogna considerare infatti che oltre ai costi monetari diretti, che ricadono sull'utenza (carburante, manutenzione, assicurazioni, parcheggi, etc.), la società dell'automobile produce una serie di costi indiretti o di esternalità che seppure facilmente identificabili, risultano difficilmente quantificabili e monetizzabili (Litman, 2002) (inquinamento, congestione, costi sanitari dovuti agli incidenti, costi per la costruzione e manutenzione delle infrastrutture stradali, costi energetici, etc.).

Il modello auto-centrico o auto-dipendente è inoltre direttamente connesso al fenomeno di eccessivo consumo di suolo e di sprawl urbano, comportando come conseguenza indiretta a livello sociale anche un aumento del rischio di fenomeni di disuguaglianza e di esclusione, oltre che di deterioramento dei livelli di qualità della vita in ambito urbano e suburbano. L'alternativa a tale contesto presuppone un cambio di paradigma nell'ambito del processo di pianificazione e dunque l'introduzione di un approccio che consideri come priorità i concetti di accessibilità, connettività e multimodalità (Litman, 2013), di sicurezza ed efficienza energetica piuttosto che di velocità. Che privilegi dunque un modello di tipo integrato, rivolto a ridurre la dipendenza dall'automobile e promuovere la diffusione del diritto alla mobilità. Il concetto di *effetto tunnel* (Bonnafeux A. 1993) spiega molto efficacemente il limite di un approccio alla mobilità che pone attenzione solo alla rapidità con cui si effettua uno spostamento, senza appropriarsi e senza valorizzare in alcun modo lo spazio attraversato. L'attuazione di tale nuovo paradigma si concretizza attraverso la promozione di politiche che, almeno in ambito urbano, diano priorità al trasporto collettivo ed alla mobilità non motorizzata e che consentano di moltiplicare le possibilità di scelta e le pratiche di mobilità, favorendo

al tempo stesso conformazioni urbane più dense, multifunzionali, compatte e meno consumatrici di suolo e di energia. In particolare questo nuovo paradigma si fonda su una diversa concezione del mezzo di trasporto dell'automobile, da bene di consumo sovrautilizzato a servizio, caratterizzato dunque da una maggiore diversificazione e ottimizzazione degli usi (auto elettriche, ibride, a basso costo, self-service, a noleggio breve, car sharing o car-pooling) (Mathieux e Heddebaut, 2012), oltre che da un rinnovamento tecnologico dei veicoli, in un'ottica di efficienza energetica, sicurezza e sostenibilità (Massot e Orfeuil, 2007). Un modello di tipo multi-modale si completa inoltre con l'attivazione di un'economia dei servizi applicata alla mobilità. Da integrare con politiche di sviluppo urbano innovative e rivolte al miglioramento generale dei livelli di qualità della vita e non più influenzato esclusivamente dalla cosiddetta *paura della congestione* (Mangin, 2004), che induce il pianificatore a intervenire soltanto sull'aumento delle capacità stradali per desaturare la rete, andando paradossalmente a favorire ulteriore congestione e deterioramento dei livelli di servizio a lungo termine.

In questo contesto risultano di particolare interesse i principi alla base del modello di Transit Oriented Development (TOD) (Bartolini et al., 2009; Calthorpe, 1993; Cervero, 1998; Dittmar & Ohland, 2004; Nuzzolo, 2012). Si tratta di un modello urbano che si pone come alternativa al paradigma auto-centrico ed auto-dipendente e in contrasto ai fenomeni di frammentazione urbana, in una prospettiva di sostenibilità e di qualità. Il TOD prevede di concentrare il più possibile lo sviluppo urbano lungo le reti del trasporto collettivo, soprattutto di tipo ferroviario, promuovendo l'uso del trasporto pubblico e la mobilità dolce e in generale un mobilità delle corte distanze (Massot et al., 2013). I principi del TOD si possono adattare alle diverse scale territoriali: dalla parcella (quartiere adiacente alla stazione ferroviaria), al nodo o polo di scambio, al corridoio o asse di trasporto, fino all'intera rete di trasporto di una regione. Si tratta dunque di concetti non del tutto innovativi dal punto di vista urbanistico³, che però il modello del TOD tenta di adattare alla complessità ed alla dinamicità dei sistemi territoriali moderni.

Tuttavia nel passaggio dalla teoria alla pratica e dunque alla messa in opera di interventi di TOD le difficoltà e le criticità non mancano. A cominciare dall'interpretazione e traduzione dei concetti e principi teorici alla base del TOD in interventi e progetti reali, che spesso risulta molto variabile e dipendente dalle singole sensibilità degli attori coinvolti e del contesto geografico di applicazione (Irvine, 2013). Altre difficoltà risiedono nella dimensione temporale medio-lunga di effettiva realizzazione degli effetti del TOD (soprattutto rispetto all'uso del suolo). Il successo del TOD richiede inoltre un forte coordinamento tra gli attori pubblici e privati coinvolti, così come una grande attenzione all'impatto sociale ed al concetto di equità nel caso di interventi di densificazione in ambito urbano (per evitare il rischio di fenomeni di gentrificazione, speculazione e esclusione sociale) (Rojas, 2012 ; Irvine, 2013). I principi del TOD devono dunque saper essere adattati alle sensibilità e caratteristiche di ciascun contesto di intervento e il successo del TOD dipende in maniera particolare dal dinamismo del mercato fondiario e immobiliare presente. Rendendo di fatto tali interventi probabilmente meno adatti o più difficoltosi da realizzare nelle aree urbane economicamente svantaggiate. Tali criticità non hanno comunque impedito la realizzazione di numerosi esempi di successo di TOD in tutto il mondo, principalmente in Europa (ad esempio il *Finger Plan* di Copenhagen; il *Planetary cluster plan* di Stoccolma; il progetto *StedenbaanPlus* in Olanda) e negli Stati Uniti (Cervero, 2011).

Lo studio e l'analisi delle dinamiche correlate ai fattori d'interazione descritti, propri anche del modello del TOD, necessita a sua volta di strumenti innovativi. La modellizzazione integrata di uso del suolo e dei trasporti risulta a tal proposito uno strumento che si adatta particolarmente a tale esigenza.

³ L'idea di concentrare lo sviluppo urbano lungo le infrastrutture di trasporto collettivo fu già sviluppata e trattata alla fine del XIX secolo nell'ambito delle teorie della *Cité Jardin* (Città Giardino) di Howard (1898) e della *Cité Linéaire* (Città Lineare) di Soria y Mata (1894).

5. La modellizzazione integrata di uso del suolo e dei trasporti come supporto di analisi e decisionale

La modellizzazione integrata di uso del suolo dei trasporti è uno strumento potente e complesso che permette di modellare e quindi rappresentare e simulare le relazioni e le interazioni connesse alla mobilità e allo sviluppo urbano. Con questa tecnica di modellizzazione si possono infatti combinare le funzioni di analisi e previsione della domanda di trasporto a quelle di stima delle dinamiche di evoluzione di localizzazione sul territorio di residenze e attività, per in seguito simularne le influenze reciproche (Leurent F., 2012).

Questo tipo di modelli (Land Use and Transport Integrated models - LUTI) richiedono una notevole quantità di dati in ingresso, la definizione uno scenario temporale di riferimento, di intervalli temporali discreti di simulazione e la suddivisione dell'area di studio in zone discrete. Per ogni zona del modello vengono definite delle categorie di popolazione, delle categorie di domanda di trasporto e l'insieme dei settori di attività produttiva presenti sul territorio (per i quali si inserisce nel modello il numero degli occupati). E' necessario inoltre definire le caratteristiche fisiche (infrastrutture) e operative (servizi) del sistema di trasporto e le tipologie immobiliari e di uso del suolo presenti, associando a ciascuna di esse le superfici disponibili ed i prezzi dei suoli o immobiliari corrispondenti. Per un'analisi esaustiva dei differenti approcci relativi alla modellizzazione integrata di uso del suolo e dei trasporti e delle caratteristiche dei principali modelli disponibili, si rimanda alla vasta e accurata letteratura scientifica presente in merito (Clement et al., 1996; Hunt et al., 2005; Timmermans, 2003; Wegener & Fürst, 1999)

A livello generale se nell'approccio di modellizzazione di tipo classico i dati sull'uso del suolo vengono inseriti in maniera esogena, per ogni orizzonte temporale, nei caso dei modelli LUTI, una volta inseriti i dati relativi allo scenario base, i dati sull'evoluzione dell'uso del suolo vengono direttamente generati dal modello, andando ad influenzare nella simulazione successiva i livelli di accessibilità e dunque la distribuzione della domanda di trasporto. Tale processo integrato e iterativo riesce a riprodurre dunque quello che a livello teorico è considerato il processo di feedback tra uso del suolo e trasporti (Wegener, 2004).

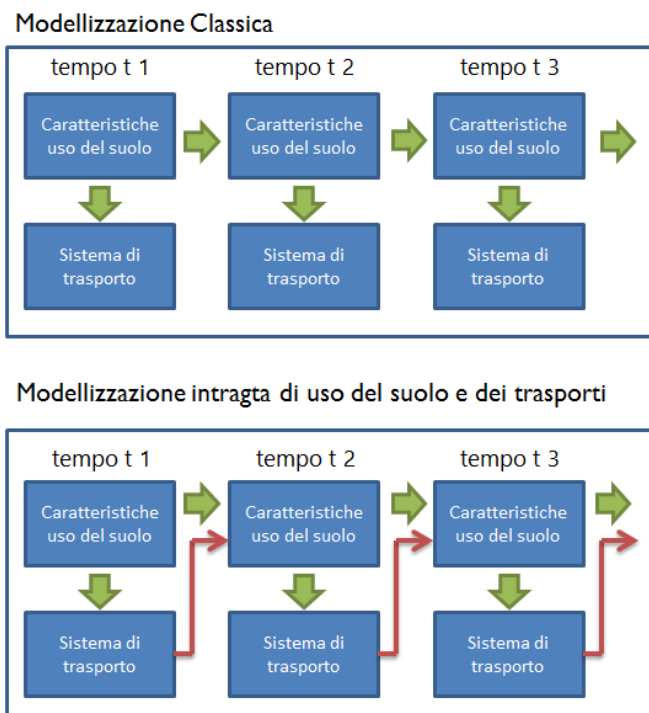


Figura 2 - Riproduzione del processo di feedback tra uso del suolo e trasporti nei modelli LUTI. (Lo Feudo, 2014)

A.G. Wilson (1997) riguardo a tale tecnica di modellizzazione osserva che la capacità di riproduzione dei dati di riferimento (reproductive capacity) è una delle caratteristiche più importanti di un modello LUTI. Inoltre la necessità di un approccio e di una conoscenza di tipo multidisciplinare pone di conseguenza un problema di ingegneria oltre che una questione pedagogica, relativa alla capacità di comprensione e di condivisione tra mondo della ricerca e la sfera decisionale, riguardo le metodologie e gli obiettivi alla base di tali modelli. Tali problematiche si ripercuotono nella difficoltà di creare dei partenariati tra ricercatori e specialisti della pianificazione, destinati all'implementazione ed utilizzo effettivo dei modelli LUTI. La dimostrazione pratica di questa criticità è il limitato numero di esperienze di applicazione di questo tipo di modelli a supporto del processo decisionale e della pianificazione strategica. In particolare tra i pochi esempi presenti in tal senso, uno dei software di simulazione maggiormente utilizzati è Tranus. Limitandosi infatti ai casi europei, qualche anno fa lo studio di ingegneria belga Stratec ha implementato un modello Tranus, per conto del Consiglio Regionale della regione di Bruxelles Capitale, con l'obiettivo di studiare gli effetti dell'introduzione di una nuova linea ferroviaria suburbana (RER) e di nuove politiche tariffarie per i servizi di trasporto collettivi nella regione (Duchateau & Lobe, 2000; Gayda, 2011). Lo sviluppo di metodi di calibrazione del software Tranus e di altri modelli LUTI e l'implementazione di un modello Tranus, effettuata in collaborazione con l'Agenzia per dell'urbanistica di Grenoble⁴, sono inoltre l'oggetto del progetto di ricerca CITiES⁵, promosso dall'Agenzia Nazionale della Ricerca francese (ANR) e effettuato in partenariato con diversi centri e laboratori di ricerca (Iddri; Ifsttar-Lvmt; Inria-Steep).

6. Caratteristiche del software di simulazione integrata Tranus

Il software di modellizzazione integrata di uso del suolo e dei trasporti Tranus è stato considerato nell'ambito di tale ricerca come lo strumento più adatto e coerente nell'ottica di testare l'applicabilità e la potenzialità del modello di sviluppo urbano del Transit Oriented Development in ambito regionale. Tranus è un software *open-source* che integra diversi approcci teorici in un'unica struttura. Tra i fondamenti teorici di Tranus troviamo la teoria della base economica di Lowry (1964), che considera l'idea che un sistema territoriale si sviluppa generalmente intorno ad un motore economico, che rappresenta il centro attrattivo e generatore di sviluppo occupazionale. Tranus riproduce il funzionamento di un sistema economico regionale seguendo i principi dei modelli input-output (Leontief, 1936), i quali permettono di definire le relazioni tra consumo e produzione, per i settori di attività considerati, in base a delle funzioni di domanda (che definiscono le modalità di evoluzione della consumazione in funzione dei costi di localizzazione e di produzione). Un'altra teoria alla base del software Tranus è la teoria micro-economica dell'utilità aleatoria (*random utility*) di McFadden (1973), per la quale la scelta tra diverse opzioni (scelta del percorso, scelta modale, scelte di localizzazione, etc.), avviene in funzione dell'utilità attribuita a ciascuna delle opzioni disponibili (Gayda, 2011). In sostanza Tranus è un modello spaziale d'input-output, di tipo aggregato, con un approccio basato sull'equilibrio generale, ottenuto attraverso l'interazione tra la domanda e l'offerta (di trasporto, dei suoli e immobiliare) e basato su un modello nested logit multinomiale (de la Barra, 1989).

Per ogni zona del modello e per ogni settore di attività, devono essere definiti valori di produzione e di domanda, di tipo esogeno e indotto. Il meccanismo di localizzazione e distribuzione delle residenze e delle attività nello spazio, segue il principio della minimizzazione del costo generalizzato d'implantazione e dunque di massimizzazione della funzione di utilità, la quale include dunque sia i costi generalizzati di trasporto che i costi di localizzazione. Le funzioni di domanda invece definiscono la quantità di input che un'unità di produzione di un particolare settore (indotto) esige da un altro settore (esogeno o indotto).

⁴ L'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise (AURG) è un organismo francese costituito in associazione e che riunisce le collettività locali, lo stato, gli attori della pianificazione e dello sviluppo locale attorno alle missioni legate alla realizzazione dei documenti urbanistici, al supporto dello sviluppo locale ed all'osservazione dell'evoluzione del territorio.

⁵ Calibrage et validation de modèles Transport – usage des Sols (Calibrazione e validazione dei modelli trasporto-uso del suolo).

In particolare il modello Tranus include una domanda fissa e inelastica, che equivale ai coefficienti tecnici del modello di input-output, e una domanda variabile o elastica, con la possibilità di definire una funzione di sostituzione. In sostanza le funzioni di domanda inelastiche regolano la consumazione dei settori "trasportabili" e cioè che possono essere consumati anche al di fuori della loro zona di produzione. Le funzioni di domanda elastiche regolano invece la consumazione dei settori "non-trasportabili" (tipicamente le tipologie di offerta immobiliare o di uso del suolo), i quali sono consumati esclusivamente nella loro zona di produzione ed in funzione della disutilità di consumazione. Il sotto-modello di trasporto ha sostanzialmente una struttura del tipo a quattro stadi ma con alcune differenze, dovute al fatto che i flussi di trasporto sono direttamente creati dal sotto-modello delle attività e che riguardo alla ripartizione modale il modello fornisce la possibilità di effettuare direttamente un'affettazione multimodale della domanda di trasporto (Modelistica, 2013). Una volta implementato il modello e inseriti i dati di ingresso relativi allo scenario base, per poter passare alla fase di definizione ed esecuzione delle ipotesi di simulazione degli scenari futuri, bisogna che il modello venga calibrato.

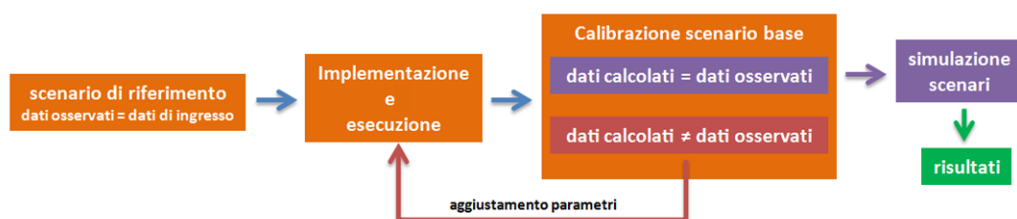


Figura 3 - Schematizzazione delle fasi di modellizzazione. (Lo Feudo, 2015)

La fase di calibrazione in generale consiste nella correzione (attraverso un processo iterativo di *trial and error*) di alcuni parametri ed indicatori del modello, non definibili in modo empirico, con l'obiettivo di indurre il modello a riprodurre, con un margine di errore accettabile, i dati di ingresso. Tranus permette di calibrare separatamente gli indicatori relativi al sotto-modello di trasporto e quelli relativi al sotto-modello delle attività e di uso del suolo. L'obiettivo è quello di raggiungere la convergenza nel processo di calcolo iterativo dei prezzi, dei flussi e delle variabili relative alla produzione, cercando di riprodurre una corrispondenza tra le variabili osservate e quelle calcolate. In particolare il processo di calibrazione di Tranus si basa sull'utilizzo di alcuni fattori correttivi. In sostanza una volta introdotti nel modello i dati di ingresso, relativi ai valori di produzione, ai prezzi dei suoli ed ai flussi di trasporto, l'output del processo di calibrazione prende la forma di una serie di fattori correttivi, che devono rispettare dei limiti di convergenza precedentemente fissati (Dutta et al., 2012). Tali variabili sono definite in Tranus come prezzi ombra (*shadow prices*) e sono in pratica dei fattori correttivi che vengono aggiunti o sottratti ai prezzi calcolati dal modello per farli corrispondere ai dati di ingresso. Essi vengono calcolati dal modello attraverso un processo iterativo che si arresta quando viene raggiunto un livello soddisfacente di convergenza tra dati simulati e dati reali di ingresso. L'obiettivo in fase di calibrazione è dunque quello di minimizzare i prezzi ombra e in particolare di minimizzarne la varianza, in quanto per valori elevati di varianza, si rischia di attribuire troppa importanza ai fattori correttivi rispetto ai risultati finali del modello.

Il modello procede dunque attraverso un calcolo iterativo per risolvere la catena di consumo-produzione del modello input-output. La prima iterazione consiste nel calcolo della produzione indotta a partire dalla produzione esogena iniziale (i prezzi ombra sono uguali a zero nella prima iterazione). Nelle iterazioni successive, a partire dalla produzione esogena e indotta dell'iterazione precedente, viene calcolato un nuovo valore di produzione indotta e se necessario il modello genera dei prezzi ombra, che possono essere dunque positivi o negativi. Questo processo iterativo si arresta una volta che tutta la produzione è calcolata e localizzata nelle zone del modello. Tranus permette dunque di riprodurre i flussi economici tra le attività presenti nella zona di studio e trasformarli in flussi di trasporto attraverso il calcolo dei costi e delle disutilità di trasporto. Il software prevede inoltre una modalità particolare di rappresentazione della rete di trasporto, basato sulla tecnica del grafo-duale (Anez et al., 1996), per la quale i nodi del grafo duale rappresentano gli archi del grafo diretto (Figura 4) e le intersezioni, le connessioni ed i trasferimenti interni a ciascun nodo sono automaticamente trasformati dal modello in archi interni (Modelistica, 2013). Tale metodo permette di

rappresentare con più facilità le reti complesse, caratterizzate da restrizioni di circolazione nelle intersezioni e da trasferimenti multipli tra modi di trasporto.

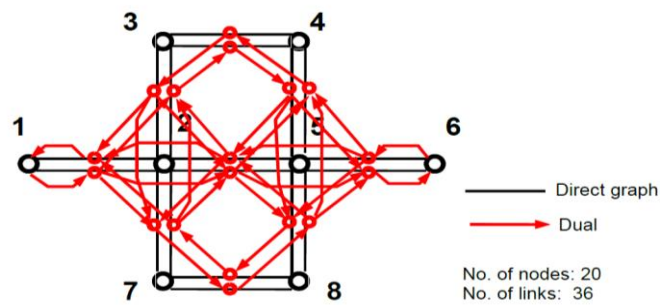


Figura 4 - Rappresentazione del grafico diretto e del grafico duale. (Modelistica, 2013)

7. Struttura del modello, ipotesi di modellizzazione e principali risultati

Il modello di uso del suolo e dei trasporti implementato utilizzando il software di simulazione Tranus, sul terreno della regione francese del Nord-pas-de-Calais, prevede tre scenari di simulazione differenti. Gli scenari si sviluppano su un orizzonte temporale di 16 anni e considerano come periodo di partenza e di riferimento l'anno 2009, arrivando al 2025 attraverso quattro simulazioni, relative ai periodi 2013, 2017, 2021 ed infine 2025 (Lo Feudo, 2014). La scelta del 2009 come periodo di riferimento è dovuta essenzialmente alla disponibilità di dati, che per tale anno sono forniti dall'Insee (Istituto nazionale di statistica francese) e si riferiscono all'ultimo censimento nazionale. L'area di studio è stata suddivisa in quattro differenti categorie di zone, corrispondenti a quattro diverse scale spaziali. Sono state considerate infatti 16 zone corrispondenti ai principali centri urbani della regione (tenendo conto delle effettive estensioni delle varie agglomerazioni urbane), 21 zone corrispondenti ai principali comuni situati intorno alla principale area metropolitana regionale (Lille), 14 zone con potenziale di TOD⁶ e 21 zone corrispondenti al resto del territorio regionale, suddivise secondo i limiti dei principali bacini occupazionali regionali⁷.

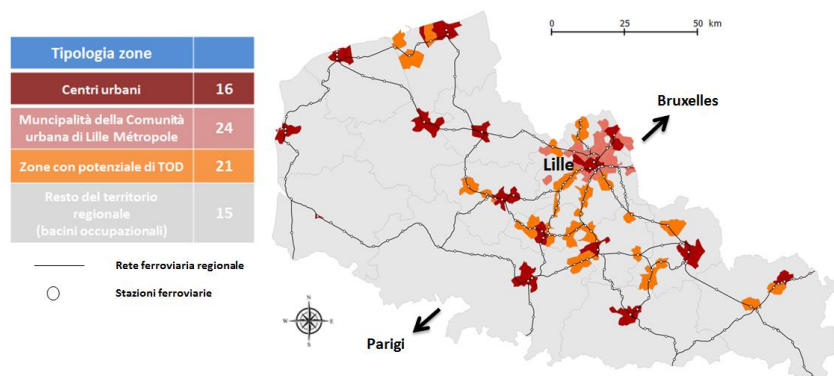


Figura 5 – Rappresentazione delle tipologie di zone considerate nel modello (Lo Feudo, 2014)

Il primo scenario di simulazione (scenario A) è uno scenario *trend*, che non prevede alcun cambiamento nel tempo rispetto alle caratteristiche strutturali e funzionali del sistema di trasporto e di uso del suolo presenti nel periodo di riferimento iniziale. L'unica variazione presente in tutti gli orizzonti temporali è relativa all'evoluzione del costo del carburante e al tasso di crescita demografica, definito in conformità con le previsioni fornite dall'Insee (ipotesi tra l'altro presenti in tutti e tre gli scenari di simulazione). Negli altri scenari (scenario B: *Piano regionale di TOD* e scenario C: *TOD plus*), sono state fatte ipotesi più specifiche in riferimento alle direzioni possibili di sviluppo regionale. L'intenzione è di studiare la risposta di diversi

⁶ È stata effettuata un'analisi della totalità delle stazioni ferroviarie regionali, classificandole secondo il tipo di configurazione e inserzione spaziale nell'ambiente urbano (Nedellec, 2010). I corridoi ferroviari contenenti due o più stazioni consecutive, corrispondenti a particolari categorie di integrazione con l'ambiente urbano circostante, sono stati identificati come potenzialmente adatti ad accogliere interventi di TOD (Lo Feudo, 2014).

⁷ Le cosiddette *Zones d'Emplois* secondo la definizione proposta dall'Insee (l'Istituto nazionale di statistica francese).

indicatori relativi alle dinamiche legate alla mobilità ed all'uso del suolo, rispetto alla prospettiva di strutturare l'evoluzione urbana futura lungo la rete ferroviaria regionale.

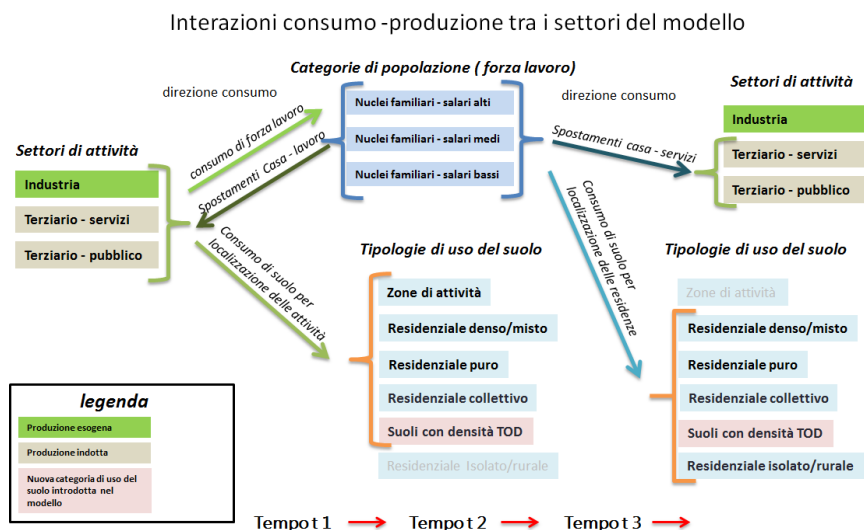


Figura 6 – Schema riassuntivo della struttura del modello e delle dinamiche di interazione consumo – produzione tra attività, popolazione e tipi di uso del suolo (Lo Feudo, 2014).

Lo scenario B considera l'ipotesi di implementazione di un Piano Regionale di TOD e cioè l'attivazione di interventi di densificazione progressiva di tipo misto e multifunzionale, e concentrati nelle zone selezionate per il loro potenziale di TOD. Tali ipotesi prevedono dei cambiamenti di uso del suolo che consistono essenzialmente nella trasformazione di una percentuale dei suoli urbani dismessi ed in disuso e delle aree esclusivamente residenziali, in aree residenziali di tipo misto ed in suoli di tipo TOD. E' stata infatti appositamente creata una nuova tipologia di uso del suolo (definita "suolo TOD"), caratterizzata da valori di densità dell'ordine del 10-15% superiori a quelle delle aree residenziali urbane dense (corrispondenti ai centri urbani) e da alti livelli di qualità del design urbano (accessibilità pedonale e ciclabile, verde pubblico, spazi di condivisione per il tempo libero, percorsi per l'accesso alle fermate di trasporto collettivo, etc.⁸). Riguardo ai cambiamenti relativi al sistema di trasporto presenti nello scenario B (Piano regionale di TOD), è stato ipotizzato un aumento progressivo dell'offerta dei servizi di trasporto collettivo. In particolare per le linee di bus urbane e suburbane e per le linee del servizio ferroviario regionale che servono le zone individuate per il loro potenziale di TOD, lo scenario B prevede un aumento delle frequenze del 10% nel periodo di simulazione del 2013, che resta stabile nel periodo 2021 e aumenta di un ulteriore 10% nel 2025.

Tali ipotesi sono state riproposte ugualmente nello scenario C (TOD plus), con un ulteriore aumento delle frequenze dei servizi di trasporto collettivo, dell'ordine del 20% nel 2017, stabile nel 2021 e del 30% nel 2025. Lo scenario C è stato infatti concepito con l'intenzione di testare gli effetti delle politiche di TOD, introdotte nello scenario B, integrandovi delle ipotesi ancora più orientate verso la riduzione dell'uso dell'auto privata e verso la promozione dell'uso dei trasporti collettivi. L'introduzione del pedaggio autostradale e di un sistema di bigliettazione integrata tra il servizio ferroviario regionale e le linee di bus urbane e suburbane, sono le principali misure adottate in questo senso. Il software Tranus permette infatti di rappresentare i costi di trasbordo tra i diversi operatori di trasporto, attraverso la definizione di un'apposita matrice, modificabile nei differenti scenari di simulazione.

I risultati del modello mettono in evidenza la capacità di un intervento di tipo TOD, diffuso in tutto il territorio regionale, di ridurre e limitare il fenomeno della dispersione urbana (*sprawl*) e di favorire la concentrazione dello sviluppo urbano lungo la rete ferroviaria regionale, nonché di aumentare l'utilizzo dei trasporti collettivi. Il modello fornisce in particolare dei risultati relativi all'evoluzione della distribuzione sul territorio della popolazione e delle attività produttive (quindi degli occupati), nonché alla variazione dei

⁸ Aspetti che nel modello Tranus vengono rappresentati attraverso dei parametri di attrazione definiti per ciascuna zona.

prezzi e del consumo di suolo per le tipologie di uso del suolo definite. Sono forniti inoltre dati relativi all'evoluzione della domanda di trasporto e dunque dei livelli di ripartizione modale e di saturazione della rete. Nei grafici che rappresentano l'evoluzione della distribuzione della popolazione e degli occupati nell'area di studio, si osserva come l'attivazione delle ipotesi di TOD provochi un fenomeno di ripopolamento delle aree urbane e delle zone con potenziale di TOD, a discapito delle aree rurali, le quali nello scenario A (trend) risultano invece molto più attrattive. In sostanza il modello mostra che una volta che vengono applicate le ipotesi di TOD, vi é una sostanziale riduzione del fenomeno di dispersione urbana e di migrazione dai centri urbani verso le aree rurali.

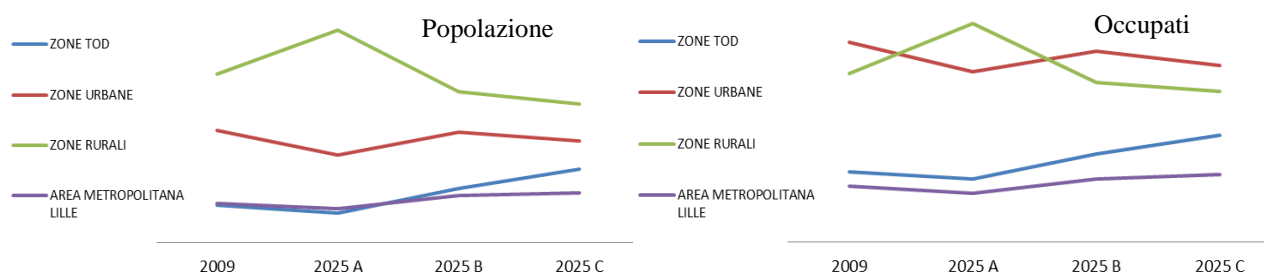


Figura 7 – Evoluzione al 2025 della distribuzione della popolazione e degli occupati in funzione della categoria di zona considerata nel modello, nei tre scenari di riferimento.

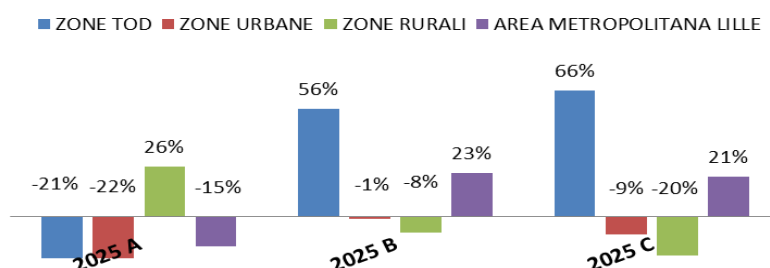


Figura 8 – Variazione percentuale al 2025 della distribuzione di popolazione, in funzione della categoria di zona considerata nel modello, nei tre scenari di riferimento.

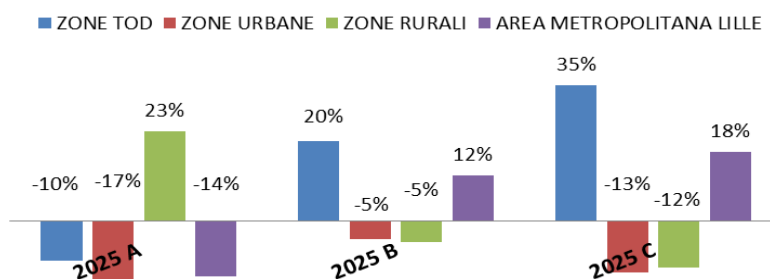


Figura 9 - Variazione percentuale al 2025 della distribuzione di occupati, in funzione della categoria di zona considerata nel modello, nei tre scenari di riferimento.

Dal punto di vista delle dinamiche di uso del suolo i risultati relativi allo scenario A (scenario *trend*) indicano un costante aumento del fenomeno di dispersione urbana verso le aree rurali e periferiche (soprattutto in prossimità dell'area urbana centrale della regione), con un aumento generale della pressione fondiaria nelle zone suburbane ed una svalutazione del valore dei suoli nei centri urbani regionali. Per lo scenario B i risultati mostrano invece una tendenza inversa con un progressivo aumento del numero di famiglie ed attività che scelgono di localizzare la loro residenza nei centri urbani e nelle zone individuate per il loro potenziale di TOD (Figura 12; Figura 13), provocando di conseguenza una rivalorizzazione dei suoli in tali aree. I risultati dello scenario C riproducono la stessa tendenza dello scenario B ma in maniera

ancora più evidente e marcata, soprattutto per quanto riguarda le zone TOD situate lungo i corridoi ferroviari che collegano l'area urbana di Lille all'area urbana situata al centro della regione (Lens, Douai, Bethune).

I grafici e le tabelle seguenti mostrano infatti come grazie alle ipotesi di TOD applicate negli scenari B e C, i suoli urbani misti vedono un notevole aumento di consumazione al 2025, a differenza delle altre tipologie di uso del suolo il cui consumo diminuisce o rimane costante, in controtendenza rispetto ai risultati dello scenario A (soprattutto per i suoli di tipo residenziale). Ciò conferma le ipotesi di partenza per le quali senza l'attivazione di interventi di densificazione urbana di tipo TOD si andrebbe a verificare un aumento del fenomeno di dispersione urbana e dei livelli di artificializzazione dei suoli rurali e periferici.

Se si considera tuttavia l'indicatore relativo al rapporto tra occupati e residenti (*Figura 14*), si osserva come esso diminuisca particolarmente proprio nelle zone con potenziale di TOD (con una differenza di circa mezzo punto tra lo scenario A e gli scenari B e C) e nelle zone corrispondenti ai centri urbani. Tale risultato è dovuto al fatto che in tali zone, negli scenari B e C, la popolazione cresce più velocemente del numero degli occupati, a causa delle migliori condizioni di accessibilità ai servizi di trasporto collettivo e di qualità della vita offerte, che rendono maggiormente attrattive tali aree.

Tabella 1 – Evoluzione percentuale al 2025 del consumo totale di suolo.

<i>Periodo di simulazione</i>	<i>Urban Mixed</i>	<i>Residential</i>	<i>Detached</i>	<i>Activity</i>
2009	2%	73%	10%	15%
2025A	2%	70%	10%	18%
2025B	4%	71%	10%	15%
2025C	4%	71%	10%	15%

Fonte: risultati modello di simulazione Tranus per la regione Nord-Pas-de-Calais (Lo Feudo, 2014).

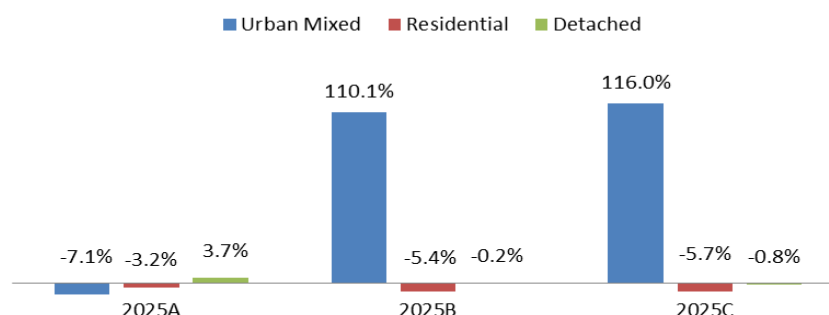


Figura 10 – Evoluzione percentuale al 2025 del consumo di suolo da parte delle categorie di popolazione del modello, in funzione delle tipologie di uso del suolo consumate, nei tre scenari di riferimento.

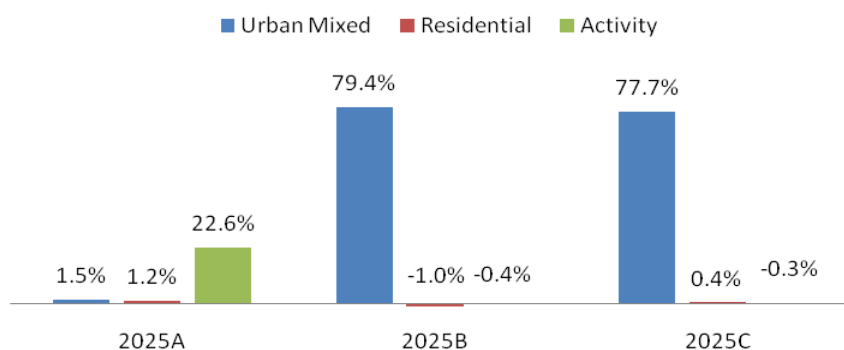


Figura 11 – Evoluzione percentuale al 2025 del consumo di suolo da parte dei settori di attività del modello, in funzione delle tipologie di uso del suolo consumate, nei tre scenari di riferimento.

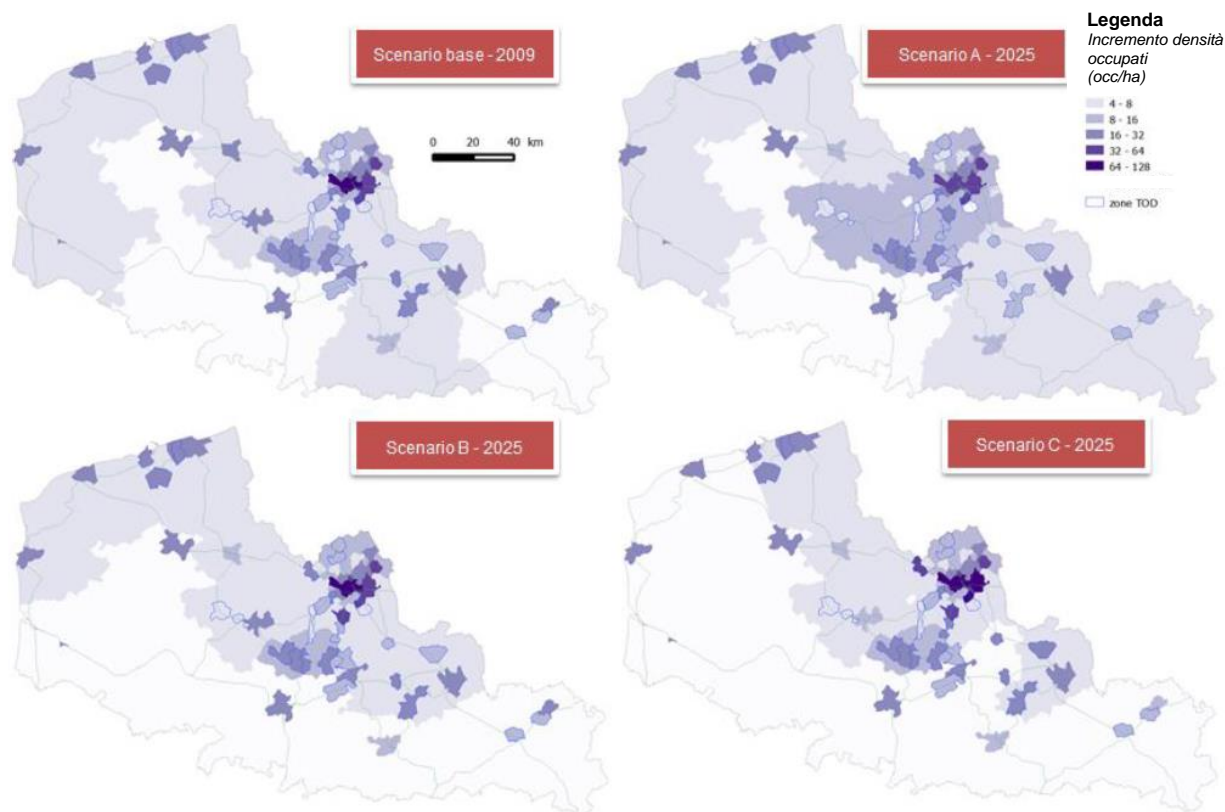


Figura 12– Incremento della densità di occupati per unità di superficie, al 2025 e nei tre scenari di simulazione (Lo Feudo, 2014).

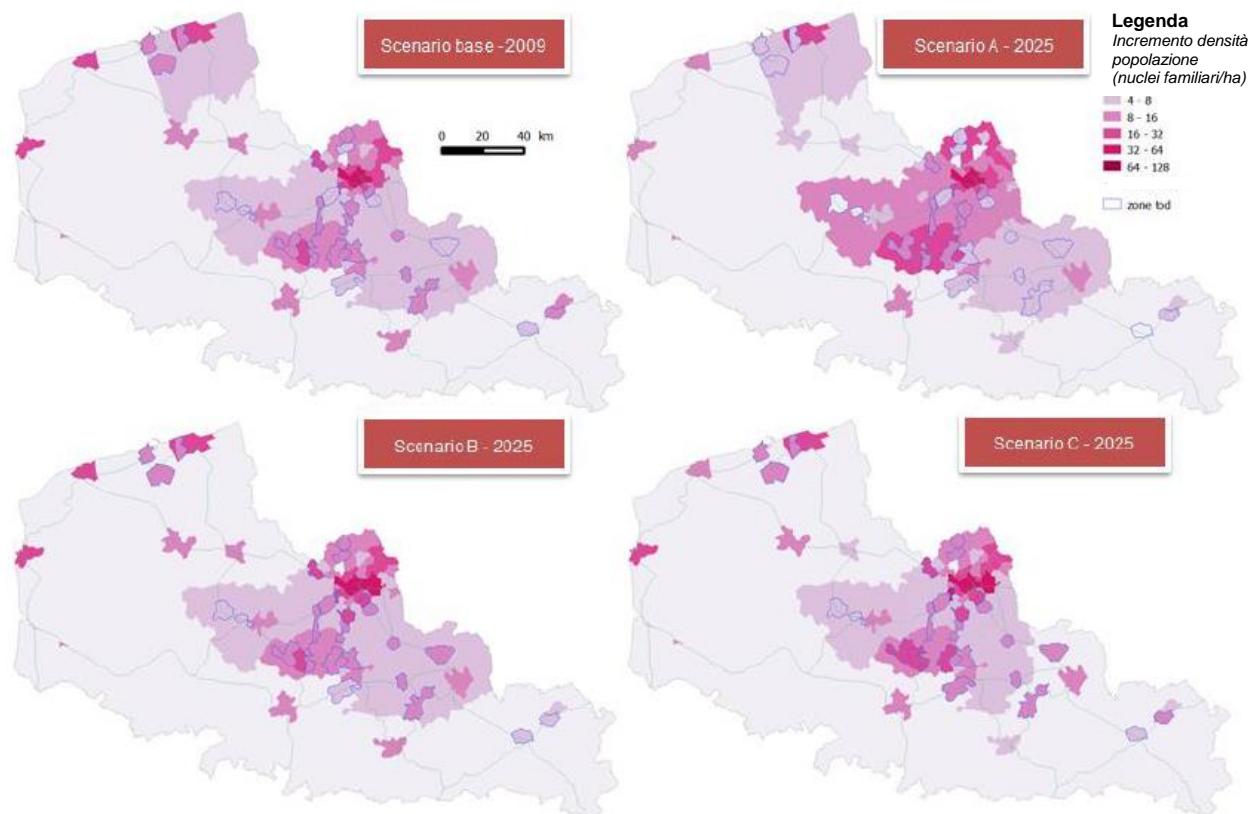


Figura 13 - Incremento della densità di nuclei familiari per unità di superficie, al 2025 e nei tre scenari di simulazione (Lo Feudo, 2014).

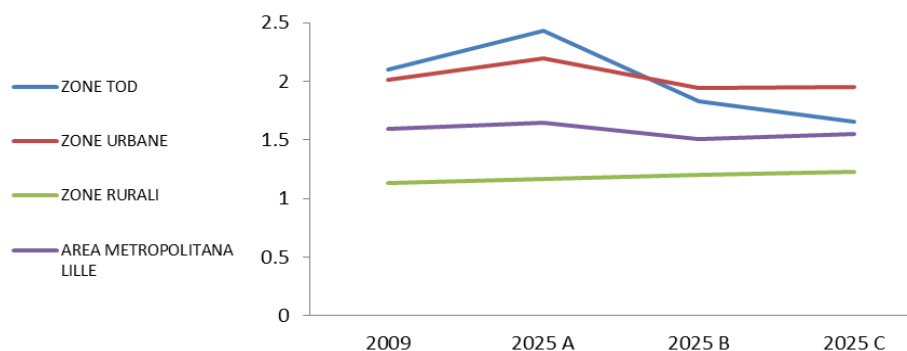


Figura 14 – Evoluzione al 2025 del rapporto tra numero di occupati e popolazione in funzione della categoria di zona considerata nel modello, nei tre scenari di simulazione.

I risultati relativi al sistema trasporto indicano per gli scenari con ipotesi di TOD (scenario B e C) un progressivo incremento nel tempo della parte modale relativa ai modi di trasporto collettivo, che arriva a raddoppiare rispetto allo scenario base (2009) nell'ultimo orizzonte temporale di simulazione (2025) dello scenario C (Figura 15; Figura 16); andando di conseguenza ridurre i fenomeni di congestione e dunque a migliorare notevolmente i livelli di servizio della rete stradale. Per comprendere tali risultati bisogna comunque tenere conto del fatto che il modello considera esclusivamente la mobilità di tipo motorizzata (il modello non tiene conto della mobilità non-motorizzata: pedonale e ciclabile) e relativa agli spostamenti di tipo inter-zonale (da una zona all'altra del modello), senza considerare gli spostamenti intra-zonali (effettuati all'interno di ciascuna zona). Tale condizione risulta tra l'altro sfavorevole alle ipotesi di TOD presenti nel modello, in quanto normalmente gli effetti maggiori dovuti a tale tipo di interventi si verificano proprio in relazione agli spostamenti di prossimità (intra-zonali) e dunque in larga parte non motorizzati. L'aumento del tasso di frequentazione dei trasporti collettivi si manifesta inoltre in maniera più marcata proprio nelle zone individuate per il loro potenziale di TOD e nei maggiori centri ed agglomerazioni urbane (Figura 17). Dai risultati sull'evoluzione della ripartizione modale, in funzione delle diverse categorie di zone considerate, si osserva inoltre il verificarsi di quello che in letteratura viene definito come il paradosso dell'intensificazione urbana (Melia et al. 2011). Ad interventi di densificazione, che in questo caso corrispondono con le ipotesi di TOD applicate al modello, corrispondono maggiori flussi di trasporto, e quindi inevitabilmente anche un aumento proporzionale dell'uso dell'automobile.

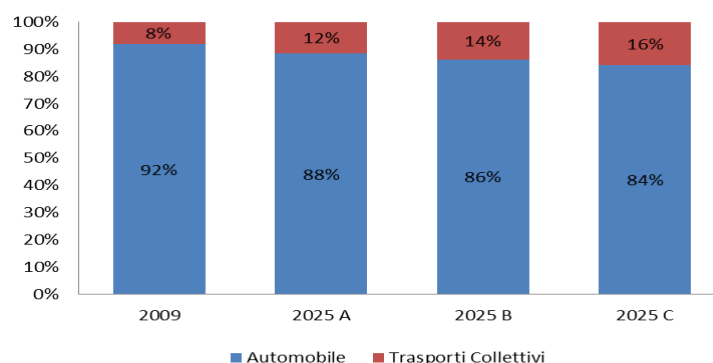


Figura 15 – Evoluzione al 2025 della ripartizione modale della domanda di trasporto tra l'autovettura privata ed i trasporti collettivi, nei tre scenari di simulazione (sono esclusi gli spostamenti non motorizzati).

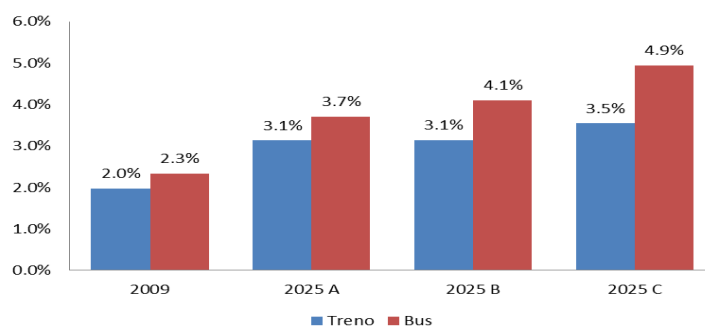


Figura 16 – Evoluzione della percentuale di parte modale riferita a treni e bus.

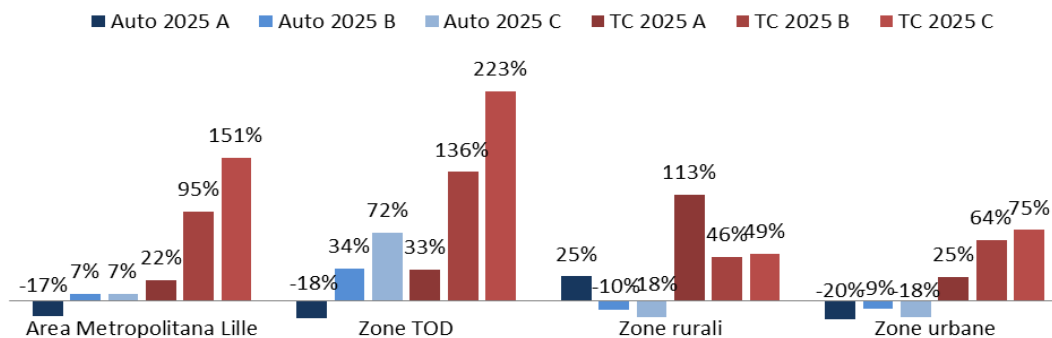


Figura 17 – Evoluzione in percentuale della ripartizione modale in funzione delle diverse categorie di zone del modello. (Lo Feudo, 2014).

Tuttavia la risposta delle zone TOD alle ipotesi di modellizzazione non risulta omogenea e uniforme se si osservano nell'insieme sia i risultati relativi all'uso del suolo che ai trasporti. Si osserva infatti un impatto maggiormente significativo delle ipotesi di TOD nelle aree più dinamiche dal punto di vista economico e con maggiori livelli di domanda di trasporto e immobiliare. E' il caso infatti dei corridoi ferroviari regionali che sono situati sull'asse Bruxells-Lille-Parigi e che legano i principali centri urbani situati al centro della regione con l'area metropolitana di Lille. Tali risultati dimostrano la necessità di diversificare le ipotesi di TOD in funzione dei differenti contesti territoriali, anche all'interno di una stessa regione, oltre che la maggiore difficoltà per le aree economicamente più svantaggiate di beneficiare degli interventi di TOD.

Osserviamo inoltre dei risultati e degli effetti inattesi, in particolare in relazione al ritorno di attrattività dell'auto privata in conseguenza al decongestionamento dell'autostrada, in due zone TOD (area TOD Armentières e area TOD a sud di Valenciennes) nell'ultimo orizzonte temporale di simulazione dello scenario C (il più favorevole al trasporto collettivo) (Figura 18). Un fenomeno che spieghiamo attraverso l'attivazione di un sistema dei vasi comunicanti conseguente ad una dinamica di sostituzione della domanda di trasporto tra l'automobile privata e servizi di trasporto collettivo, provocata dall'aumento della qualità dell'offerta di questi ultimi. Tale fenomeno dimostra che seppure l'attivazione di politiche e di interventi per il miglioramento dell'offerta di trasporto collettivo provochi effettivamente un aumento dei tassi di frequentazione per tali modi di trasporto e a discapito dell'auto privata, la domanda tenda comunque a lungo termine a distribuirsi secondo una tendenza all'equilibrio tra i costi generalizzati relativi alle due diverse alternative (auto privata e trasporto collettivo). Inoltre, il fatto che questa dinamica non appaia in altre zone del modello altrettanto ben collegate alla rete stradale, ci indica che il fenomeno dei vasi comunicanti si verifica secondo tempistiche diverse: in funzione del contesto, del livello di domanda di trasporto e, soprattutto, dei livelli di congestione presenti nel periodo iniziale della modellizzazione.

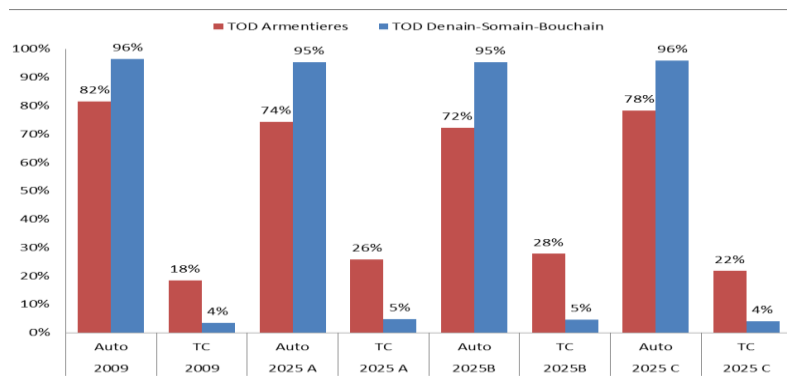


Figura 18 - Risultati sulla ripartizione modale della domanda di trasporto da due particolari zone con potenziale di TOD. La frequentazione dei trasporti collettivi tende a diminuire nell'ultimo scenario, a causa del ritorno di attrattività dell'auto privata causato dall'ariduzione dei livelli di congestione stradale in corrispondenza di tali zone.

8. Conclusioni

Concepire e implementare un modello di uso del suolo e dei trasporti per la regione Nord-Pas-de-Calais, utilizzando il software di simulazione Tranus, ci ha permesso di testare e valutare l'attitudine di questo tipo di strumento a modellizzare il TOD, a scala regionale. Molti esempi di interventi effettuati secondo i principi del TOD possono essere infatti trovati a scala urbana e metropolitana, con caratteristiche diverse a seconda dei contesti applicativi, mentre molti meno sono gli interventi a scala regionale (l'esempio più significativo in Europa è probabilmente il progetto olandese *StedenbaanPlus*). Allo stesso modo sono limitate le esperienze di modellizzazione integrata di uso del suolo e dei trasporti a scala regionale (sia con il software Tranus che con altri modelli LUTI), ed in particolare quelle che si occupano di valutare le ipotesi di TOD.

Nell'ambito di tale lavoro di modellizzazione l'accesso ai dati ha rappresentato una difficoltà determinante nell'ambito della definizione della zonizzazione e della struttura generale del modello (modalità di classificazione della popolazione, della domanda di trasporto, dei settori di attività e dei tipi di uso del suolo). In particolare la complessità maggiore risiede nel reperire dati e nel definire con precisione le dinamiche relative al mercato fondiario ed immobiliare di un territorio, in quanto estremamente fluide e variabili. La disponibilità di dati risulta inoltre fondamentale anche nella fase di analisi e di validazione del modello (comparazione dei risultati calcolati con i dati reali).

I risultati ottenuti mettono in evidenza la capacità di un intervento di tipo TOD, diffuso in tutto il territorio regionale, di ridurre e limitare il fenomeno di dispersione urbana e di favorire la concentrazione dello sviluppo urbano lungo la rete ferroviaria regionale, nonché di aumentare il tasso di frequentazione dei servizi di trasporto collettivo. In particolare si evince che senza l'adozione di azioni e politiche specifiche (scenario A: *trend*), si andrebbe incontro ad un'intensificazione del fenomeno di *sprawl* urbano, in particolare nella zona situata a sud della metropoli di Lille e nella zona urbana centrale della regione, oltre ad un rafforzamento del ruolo preponderante dell'auto privata nelle abitudini di mobilità. Gli scenari B e C, nei quali vengono applicate le ipotesi di TOD, mostrano invece una tendenza inversa, con un notevole movimento di famiglie e di attività (dunque di occupati) verso i centri urbani e le zone con potenziale di TOD, con un effetto generale di valorizzazione dei suoli in tali aree e di riduzione dell'uso dell'automobile.

Tali risultati mostrano inoltre una risposta differente in funzione delle varie zone e contesti territoriali: i risultati più interessanti sono ottenuti in prossimità dei corridoi ferroviari che collegano l'area metropolitana di Lille alle città del cosiddetto Arco sud (Lens, Douai, Béthune), nell'area TOD a sud di Valenciennes (Denain, Somain,) e nel corridoio ferroviario trasversale tra Douai e Bethune. Tali zone grazie alla loro posizione strategica (collegamento diretto con l'area metropolitana di Lille e posizionamento sull'asse Bruxelles-Lille-Parigi), registrano un rapido guadagno di attrattività e dunque un aumento significativo degli

insediamenti di famiglie e di attività oltre che del tasso di utilizzo dei trasporti collettivi e dei servizi ferroviari, a seguito dell'applicazione delle ipotesi di TOD.

Tale conformazione dei risultati ci porta a concludere che gli interventi di TOD funzionano in particolare quando si verificano simultaneamente tre principali fattori chiave. La presenza di un territorio relativamente dinamico, dal punto di vista socio-economico, produttivo e della domanda di trasporto e immobiliare; la messa in opera di un'urbanizzazione attrattiva e di qualità, concepita ed implementata in integrazione con dei servizi di trasporto collettivo performanti ed efficienti; l'attivazione di un processo d'azione congiunta tra gli attori della pianificazione urbana e dei trasporti.

Inoltre la risposta differenziata che si può osservare nelle diverse zone selezionate per il loro potenziale di TOD, conferma la necessità di adattare il più possibile le ipotesi di TOD a ciascun contesto, in funzione delle proprie specificità; sebbene gli effetti positivi osservati sui corridoi ferroviari elencati in precedenza, dipendono anche dall'*effetto rete* provocato dall'applicazione diffusa su tutto il territorio regionale delle ipotesi di modellizzazione. I risultati del modello rivelano anche degli effetti inaspettati rispetto alle dinamiche relative alla mobilità. Si osserva infatti in alcune zone del modello, che l'aumento della frequentazione dei trasporti collettivi provoca, seguendo il principio di sostituzione, una diminuzione dell'uso dell'automobile e dunque una desaturazione della rete stradale in alcuni punti particolarmente affetti nello scenario base da fenomeni di congestione. Tale dinamica si traduce di conseguenza in un effetto di vasi comunicanti, per il quale l'aumento del livello di servizio della rete stradale provoca un ritorno di attrattività dell'automobile privata in alcuni tratti specifici. A livello intuitivo tale dinamica non risulta molto sorprendente se si considera che in alcune zone, molto ben connesse alla rete stradale, il livello di congestione e i tempi di spostamento risultano i fattori più rilevanti nella definizione del processo di scelta modale e del percorso.

A seguito della ricerca effettuata e dei risultati ottenuti si possono inoltre auspicare molteplici prospettive di ricerca futura. Grazie alla capacità del software Tranus di definire per esempio le entità amministrative e di gestione dei territori considerati (Regioni, Province, Comuni, operatori di trasporto, etc.), il modello potrebbe essere sviluppato permettendo di valutare l'evoluzione delle spese di gestione e di manutenzione dei servizi e delle infrastrutture di trasporto, in funzione dell'applicazione di differenti politiche di uso del suolo e dei trasporti. Rispetto inoltre alle ipotesi di densificazione secondo i principi di TOD proposte nel modello, un'analisi puntuale e dettagliata su ogni zona contenente delle stazioni o dei quartieri di stazione, permetterebbe di diversificare le ipotesi di densificazione. Un tale perfezionamento del modello potrebbe permettere di adattare ancora meglio le politiche di TOD all'insieme del territorio regionale, consentendo probabilmente di ottenere una risposta più omogenea alle ipotesi di TOD. Per quanto riguarda il processo di individuazione e definizione delle zone con un potenziale di TOD, un'azione di osservazione puntuale e di dettaglio del territorio, permetterebbe di adattare i criteri di analisi in funzione dei contesti specifici (tipologia di abitato e segmenti di domanda di trasporto prevalenti; categorie di popolazione e tipi di attività maggiormente presenti, etc.), per poter in seguito definire le ipotesi di sviluppo in maniera differenziata per ogni zona del modello.

9. Bibliografia

- Anez, J., de la Barra, T. & Pérez, B., (1996), Dual Graph Representation of Transport Networks, *Transportation Research Part B*, Volume 30, 3: 209-216.
- Bartolini, L., Curtis, C. & Renne, J. (2009) *Transit Oriented Development. Making It Happen*. England: Ashgate.
- Bavoux, J., Beaucire, F., Chapelon, L., Zembri, P. (2010) *Géographie des transports*. Paris: Armand Colin.
- Bonnafous, A., Plassard, F., Vulin, B. (1993) *Circuler demain*. La Tour d'Aiguës : DATAR / Éd. de l'Aube.
- Calthorpe, P. (1993) *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*. Princeton: Princeton Architectural Press.

- Calthorpe, P., Fulton, W. (2001) *The Regional City*. Washington: Island Press.
- Cervero, R. (1998) *Transit Metropolis, a global inquiry*. Washington: Island Press.
- Cervero, R. (2011), A Panorama of TOD Principles & Experiences. Paper presented at the *International Seminar on Urbanism Oriented to Rail & Intermodality*, held in Paris, Ecole Nationales des Ponts et Chaussées: December.
- Chiaradia, A., Schwander, C., Hiller, B. & Barnes, Y., (2013), Compositional and urban form effects on residential property value patterns in Greater London, *Urban Design and Planning*, 166, 3: 176-199.
- Clement, L., Peytron, D., Frenois, M. (1996) *Review of existing land-use transport models*. Lyon: CERTU-Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques.
- de la Barra, T. (1989) *Integrated land use and transport modelling*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dittmar, H., Ohland, G. (2004) *The New Transit Town: Best Practices in Transit Oriented Development*. Washington: Island Press.
- Duchateau, H., Lobe, P. (2000), Impacts of Various Transport Pricing Schemes in the Brussels-Capital Region on Mobility and Land-use Patterns. Paper presented at the *European transport conference*, held in Cambridge: September.
- Dupuy, G. (2011) *Towards Sustainable Transport: The Challenge of Car Dependence*. Paris: John Libbey Eurotext.
- Dutta, P. et al. (2012), Uncertainty Propagation and Sensitivity Analysis During Calibration of TRANUS, an Integrated Land Use and Transport Model. Paper presented at the *International Conference on Urban, Regional Planning and Transportation*, held in Amsterdam: May.
- Gallez, C. et al. (2005) *Intercommunalité et transports publics en milieu urbain*. Paris: ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
- Gayda, S. (2011), Application du logiciel TRANUS au cas de Bruxells: l' évaluation des mesures d'accompagnement du futur RER de Bruxells. Paper presented at the *Journée CERTU sur les modèles LUTI*, held in Lyon: Jenuary.
- Guet, J. F. (2011) *L'essentiel. La densité urbaine*, Lyon: CERTU-Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques-Département Urbanisme Habitat.
- Hall, P. et Tewdzw-Jones M. (1992) *Urban and Regional Planning*. New York: Routledge.
- Heran, F. (2001), La réduction de la dépendance automobile, *Cahier Lillois de Sociologie*, 24.
- Hunt, J. D., Kriger, D. S., Miller, E. J. (2005) Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review. *Transport Reviews*, 25, 3: 329-376.
- Irvine, S. (2013) *Transit Oriented Development: when is a TOD not a TOD?*. Adelaide: University of South Australia.
- Johansson, B. (1993) *Ekonomisk dynamik i Europa. Nätverk för handel, kunskaps-import och innovationer*. Malmö: Liber-Hermods.
- Johansson, B., Karlsson, C. (2001) *Geographic Transaction Costs and Specialisation Opportunities of Small and Medium-Sized Regions: Scale Economies and Market Extension*. Sweden: Springer
- Karlsson, C., Andersson, A. E., Cheshire, P. & Stough, R. (2007), Innovation, dynamic regions and regional dynamics, Stockholm: CESIS. *Paper in CESIS Electronic Working Paper Series n. 89*.
- Leontief, W. (1936) Quantitative input and ouput relations in the economic system of the United States. *The Review of Economic Statitics*, 18, 3: 105-125.

- Leurent, F. (2012) Les modèles d'usage du sol et transport. où la géographie et l'économie se rejoignent. In : Hegron, G. (2012) *Modélisation urbaine: de la représentation au projet*. Paris: Commissariat Général au Développement Durable (CGDD).
- L'Hostis, A., Conesa, A. (2008) Définir l'accessibilité intermodale. In: Banos, A. et Thévenin, T. (2010) *Systemes de Transport Urbain*. Paris: Hermès. 4, 24.
- Litman, T. (2002) *The costs of automobile dependency and the benefits of balanced transportation*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2012) *Land Use Impacts on Transport - How Land Use Factors Affects Travel Behavior*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- Lo Feudo, F (2014) *Un scénario tod pour la région nord-pas-de- calais. Enseignements d'une modélisation intégrée transport-usage du sol*. Lille: Université des Sciences et Technologies de Lille1 - Laboratoire Ville, Mobilité, Transport (UMR Ifsttar).
- Lowry, I. (1964) *A Model of Metropolis*. Santa Monica: Rand Corporation.
- Lynch, K. (1976) *L'image de la cité*. Paris: Dunod.
- Mangin, D. (2004) *La ville franchisée: Formes et structures de la ville contemporaine*. Paris: Editions de La Villette.
- Massot, M., Orfeuill, J. (2007) La contrainte énergétique doit-elle regular la ville ou les véhicules? Mobilités urbaines et réalisme écologique. Paris: Institut d'Urbanism. *Paper in Annales de la recherche urbaine* n. 103.
- McFadden, D. (1973) *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*. New York: Academinn Press.
- Melia, S. (2010) Potential for car-free development in the UK. Paper presented at *42nd Universities Transport Study Group Conference*, held in Plymouth, UK: August.
- Melia, S., Parkhurst, G., Barton, H. (2011) The paradox of in-tensification. *Transport Policy*, 18, 1: 46-52.
- Modelistica (2013) *Mathematical description of TRANUS*. Caracas: Modelistica. <http://www.modelistica.com/>.
- Moine, A. (2005) Le territoire comme un système complexe. Des outils pour l'aménagement et la géographie. Paper presented at *Septième Rencontres de Théo Quant*. Held in Besancon, FRANCE: February.
- Morelli, R. (2012) *Urbanisme de Projet: Acteurs et Outils d'un processus en évolution*. Paris: Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris Val-de-Seine.
- Nedellec, M. (2010) *L'urbanisation des quartiers de gare en Région Nord-Pas de Calais*. Lille: Université des Sciences et Technologies de Lille1
- Newman, P., Kenworthy, J. (1989) *Cities and Automobile Dependence: a sourcebook*. Brookfield: Gower Publishing.
- OCDE (2002) *Investissements en infrastructure de transport et développement régional*. Paris: Organisation de Coopération et de Développement Economiques.
- Offner, J. (1993), Les « effets structurants » du transport : mythe politique, mystification scientifique. *Espace géographique*, 22, 3: 233-242.
- Paul-Dubois-Taine, O., (2010) *Les nouvelles mobilités. Adapter l'automobile aux modes de vie de demain*. Paris: Centre d'Analyse Strategique, Rapports & Documents n. 32.

- Pinson, G. (2006), « Projets de ville et gouvernance urbaine ». Pluralisation des espaces politiques et recomposition d'une capacité d'action dans les villes européennes. *Revue française de science politique*, 56, 619-651.
- Rayle, L. (2008) *Tracing the effects of transportation and land use policies: A review of the evidence*. Lisbon: MIT Portugal Program -Transportation Systems Focus Area.
- Rojas, C. (2012) *Equitable TOD: Meeting the Needs of People & Places*. <http://www.livingcities.org/>.
- Scheurer, J. (2001) *Urban Ecology, Innovations in Housing Policy and the Future of Cities: Towards Sustainability in Neighbourhood Communities*. Perth: Murdoch University.
- Souami, T. (2012) *Écoquartiers, secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens*. Paris: Éditions les Carnets de l'info.
- Still, B. (1995), Transport Impacts on Land Use: Towards a Practical Understanding for Urban Policy Making - Introduction and research Plan. Leeds: University of Leeds. *Paper in Institute for Transport Studies, Working Paper n° 433*.
- Timmermans, H. (2003), The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up? Presented at the *10th International Conference on Travel Behaviour Research*. Held in Luzern: August.
- Urry, J. (2002), Mobility and proximity. *Sociology*. 36, 2: 255-274.
- Urry, J. (2003) *Automobility, Car Culture and Weightless Travel: A discussion paper*. Lancaster: Department of Sociology, Lancaster University.
- Wegener, M. (2004) Overview of land-use transport models. In: Hensher, D.A., Button, K.J. (Eds.): *Transport Geography and Spatial Systems. Handbook 5 of Handbook in Transport*. Kidlington, UK: Pergamon/Elsevier Science, 127-146.
- Wegener, M., Fürst, F. (1999) *Land-Use Transport Interaction: State of the Art*. Dortmund: Institute of Spatial Planning, University of Dortmund.
- Wilson, A., 1997. Land-use/Transport Interaction Models. Past and Future. *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. Volume 32, Part 1.
- Wulfhorst, G., L'Hostis, A., Puccio, B. (2007), Urbanisme et transport dans les régions urbaines. *Recherche - Transports - Sécurité*, 94, 11-26.

ABSTRACT

The article deals with the theme of articulation between urban and transport planning, with the interest to evaluate the sense of a regional plan of Transit Oriented Development in the territory of the French region of Nord-Pas-de-Calais. The TOD is model of urban development that promotes multifunctional densification near the main transit nodes and corridors, giving priority to non-motorized mobility, with the aim of reducing land consumption and car dependency. The study area is characterized by excessive urbanisation and a growing phenomenon of urban sprawl. This is interdependently reflected with the general territorial functioning (socio-economic location of residences and activities; mobility practices), where private car is the predominant transport mode. The article shows results obtained from a model implemented with the software Tranus. They highlight the opportunity, through an intervention of TOD in the region, to reduce and limit the phenomenon of urban sprawl, as well as a general increase transit demand. The article also offers a integrated, inclusive and interactive look to main challenges and complexities that affect regional planning policies and governance of land use and transport.

Design and implement a land use and transport model for the Nord-Pas-de-Calais, using simulation software Tranus, allowed us to test and evaluate the ability of this type of tool to model TOD, on a regional scale. Many examples of TOD interventions can in fact be found in urban and metropolitan scale, with different features depending on the application contexts, while fewer interventions are at the regional scale (the best example in Europe is probably the Dutch project StedenbaanPlus). Similarly there are limited experience of integrated land use and transport modeling at the regional scale, and in particular those that analyse TOD. As part of this work modeling data access was a crucial difficulty in defining the zoning and the general structure of the model (classification of population, of transport demand, of activity sectors and land use types). In particular, the greater complexity lies in finding data and define precisely dynamics of land and real estate market, as extremely fluid and variable. Data availability is also crucial in the phase of analysis and validation of the model (comparison of calculated results with observed data).

Results highlight the ability of TOD interventions, to reduce and limit urban sprawl and encourage the concentration of urban development along the regional rail network, as well as to increase the rate of use of public transport services. It seems that without the adoption of specific policies and actions (scenario A: trend), the regione would face an intensification of urban sprawl, particularly in the south of Lille and in the central urban area of the region, in addition to a strengthening of the dominant role of private car in mobility practices. Scenarios B and C, where hypothesis of TOD are implemented, show the opposite trend, with a significant movement of households and activities (thus of employed) to urban centers and TOD zones, with an increase of land value in these areas and reducing car use. These results also show a different response depending on the local contexts and most interesting results (rapid gain in attractiveness for households and activities and for use of transit services) are obtained in some areas located in a strategic position: direct connection to the metropolitan area of Lille and positioning on the axis Brussels-Lille-Paris. This leads us to conclude that TOD interventions work especially when they occur simultaneously three main key factors. The presence of a territorial dynamic, in terms of socio-economic, production, transport and real estate demand; the implementation of an attractive and quality urbanization, designed and implemented in integration with efficient transit services; the activation of a process of joint action between actors of urban and transport planning. Results also reveal an effect of communicating vessels, for which the increase in road network levels of service due to increase of rate of use of transit service, causes a return of attractiveness for private car in some specific road links.

Furthermore the model could be still developed, allowing to evaluate the evolution of operating and maintenance costs of transport services and infrastructures, according to the application of different land use and transport policies. Additionally a detailed analysis on each zone of the model, would allow to diversify the assumptions of densification zone by zone. This could help to adapt TOD policies to the whole region, allowing probably to get a smoother response to TOD.