

XXV CONFERENZA ITALIANA DI SCIENZE REGIONALI

UNA VALUTAZIONE EX-ANTE DI UN GRANDE PROGETTO URBANO ATTRAVERSO LA METODOLOGIA DEI PREZZI EDONICI

Roberto CAMAGNI e Roberta CAPELLO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia
Roberto.Camagni@polimi.it; Roberta.Capello@polimi.it

SOMMARIO

L'obiettivo generale dell'analisi è quello di valutare i benefici sociali dell'ipotesi di un grande progetto urbano attraverso l'incremento di valore patrimoniale generato nell'area dal progetto stesso, inteso come beneficio sociale del progetto, e confrontare il valore ottenuto, espressivo dei benefici derivanti dal progetto di interrimento, con le valutazioni tecniche dei costi del progetto. La base teorica su cui poggia il lavoro è quella della teoria mainstream della rendita del suolo urbano, à la Alonso-Fujita, e della distinzione tra rendita differenziale e rendita assoluta. La metodologia su cui poggia la misura dell'incremento di valore patrimoniale è quella dei prezzi edonici, che permette di ottenere proprio quei prezzi che il mercato immobiliare attribuisce implicitamente ad ogni singola caratteristica dell'immobile, fornendo un utile modo per sopperire alla mancanza di un mercato diretto per ogni singola caratteristica.

1. INTRODUZIONE¹

L'obiettivo generale del lavoro è quello di realizzare una metodologia di valutazione ex-ante di un grande progetto urbano utilizzando l'incremento atteso del valore del patrimonio immobiliare come indicatore dei benefici potenziali per la collettività.

Il progetto a cui applichiamo la metodologia è l'ipotesi di interramento del tratto urbano della ferrovia a Trento e della conseguente trasformazione delle aree attualmente occupate da binari. La ferrovia si presenta infatti come elemento di cesoia all'interno della città, lungo l'asse nord-sud, limitando l'accessibilità delle aree a est della ferrovia al centro della città, e la qualità urbana per l'area tra la ferrovia stessa e la seconda barriera fisica, il fiume Adige (Fig. 1).

Il recente Piano Regolatore della città, realizzato sotto la direzione dell'urbanista catalano Busquets, propone l'interramento della parte centrale della ferrovia per il tratto urbano per una lunghezza di due chilometri, con l'obiettivo di riunire le due parti della città, migliorare l'accessibilità al centro urbano e aumentare la qualità urbana, attraverso la realizzazione di un boulevard al posto degli attuali binari, a grande percorribilità per i mezzi pubblici, a grande permeabilità trasversale, con edifici di elevata qualità e ampie possibilità di servizi ricreativi e commerciali.

Questo lavoro propone una valutazione dei benefici sociali generali che un progetto di questa natura genera, utilizzando come indicatore di vantaggio sociale l'incremento atteso nei valori patrimoniali. Infatti, tutti i vantaggi potenziali del progetto si riferiscono ad elementi che hanno un diretto impatto sui valori patrimoniali. Il progetto infatti genera:

- un incremento di accessibilità al centro della città;
- un incremento di qualità urbana, come conseguenza della scomparsa dell'impatto visivo della ferrovia, della realizzazione di nuovo spazio pubblico, della riqualificazione di edifici, di nuove costruzioni e nuovi servizi;
- un incremento nella qualità ambientale, dovuta all'abbattimento del rumore e all'aumento di aree verdi;
- un incremento nei profitti attesi dalle nuove attività commerciali;
- un incremento di attrattività generale dell'immagine della città, e della sua attrattività.

¹ Il lavoro è stato condotto dagli autori per il Comune di Trento. Si vogliono qui ringraziare per la collaborazione e per il supporto tecnico l'Arch. Laura Pogliani del Politecnico di Milano, la dott.ssa Clara Campestrini e l'Arch. Giuliano Stelzer del Comune di Trento. Gli autori desiderano inoltre ringraziare Cristina Lira dell'Università Statale di Milano, per la collaborazione nella fase di costruzione del database, Alessia Spairani del Politecnico di Milano per il supporto all'analisi dei dati sulle aree, Marzia De Tassis e Giuliano Frantoi dell'Università degli Studi di Trento per la raccolta dei dati necessari all'analisi.

Figura 1. Il tratto di interramento della ferrovia nell'area urbana di Trento



Il lavoro è strutturato come segue. Nel par. 2 richiamiamo gli aspetti teorico-concettuali dei teoremi di economia urbana che sono alla base della formazione della rendita urbana, e della distinzione tra rendita differenziale strictu sensu, che opera a livello micro-territoriale, e rendita assoluta, che si forma a livello della città nel suo insieme. Nei par. 3 e 4 presentiamo il modello dei prezzi edonici e i risultati delle stime. Infine, nel par. 5 sono contenute alcune conclusioni.

I risultati della valutazione identificano i vantaggi del progetto di interramento dei binari della ferrovia come comparabili in termini di dimensione ai costi ingegneristici dell'opera: per la maggior parte, i vantaggi derivano dall'incremento di rendita differenziale su quelle porzioni di area urbana direttamente coinvolte dal progetto, e solo, come vedremo, una minima parte dell'incremento deve derivare dall'incremento di rendita assoluta sull'intera area urbana perché il progetto risulti profittevole.

2. LA LOGICA ECONOMICA DEL METODO DI VALUTAZIONE: RENDITA ASSOLUTA E DIFFERENZIALE

Il primo passo logico della nostra metodologia di valutazione consiste nel rifarsi alla teoria mainstream della rendita del suolo urbano nella tradizione Alonso-Fujita, considerando la città di Trento - prevalentemente monocentrica - in una situazione di equilibrio iniziale, e valutando l'incremento nei benefici totali come una conseguenza della realizzazione del progetto.

Ad eccezione dell'ultimo effetto generato dal progetto indicato nell'introduzione - in particolare l'incremento generalizzato di immagine della città e del conseguente aumento di attrattività della città nel suo complesso - , tutti gli altri effetti attesi hanno un impatto diretto sulla rendita urbana differenziale. L'accessibilità è il cuore del modello teorico di Von Thünen-Alonso-Fujita, ma anche la qualità urbana e l'efficienza influenzano la rendita differenziale attraverso l'incremento della funzione di utilità dei proprietari degli immobili e della profittabilità delle imprese.

Su questo argomento, un noto teorema della teoria della rendita sostiene che in equilibrio il surplus della città uguaglia la, o è assorbito dalla, rendita differenziale totale (Fujita, 1989, p. 151). La differenza tra l'output totale o il reddito generato dalla città utilizzando la sua popolazione di equilibrio e il costo della popolazione totale - dato dalla somma dei costi di trasporto, dei costi di acquisto di tutti gli altri beni e del costo opportunità della terra, ossia la rendita agricola - rappresenta il surplus della città; in equilibrio, esso eguaglia la rendita differenziale totale, che si appropriano i proprietari terrieri.

Nel caso in cui la città, *ceteris paribus* - in particolare, a parità di valore del prodotto marginale del lavoro e delle condizioni di trasporto - presenta un livello più elevato di amenities e di qualità urbana rispetto ad un'altra città, avrà una curva di offerta di popolazione per ogni livello di reddito pro-capite più elevata, e perciò una maggior popolazione di equilibrio e un più elevato valore della rendita totale (*ibid.*).

Un altro teorema della teoria della rendita che può essere interessante considerare e menzionare nel nostro caso si riferisce alla relazione tra dimensione urbana, rendita fondiaria e costi urbani

fissi o costi infrastrutturali. Nel caso della scelta della dimensione urbana ottima in presenza di costi infrastrutturali da parte di una comunità con obiettivi di massimizzazione dell'utilità, il teorema mostra che la dimensione urbana che garantisce il beneficio netto massimo è quella per la quale i costi fissi uguagliano il surplus urbano nel suo punto di massimo, e che coincide con la popolazione di equilibrio del modello della "città aperta" (*ibid*, p. 156). Nel caso la popolazione sia data e fissa, lo stesso teorema definisce il livello di investimento massimo in modo che l'utilità della popolazione sia massimizzata (il caso della "città chiusa"); questa condizione sembra essere molto simile al nostro caso, nel quale i policy-makers cercano di identificare un massimo di spesa infrastrutturale che uguaglia i benefici urbani, in termini di aumento di rendita urbana, dato un certo livello di popolazione.

E' interessante notare come questo caso ricordi il teorema della "regola d'oro della finanza locale", o teorema di Henry George; questo teorema sostiene che, in equilibrio, la spesa in beni pubblici uguaglia la rendita differenziale, a tal punto che una tassa sugli immobili farebbe fronte perfettamente alle necessità di budget della comunità locale. Nel nostro caso concreto, questo non significa che nel caso di un equilibrio atteso tra benefici e costi del progetto, il Comune di Trento troverà automaticamente il modo di finanziare il costo dell'infrastruttura, ma che in termini economici il progetto è profittevole e potrebbe in parte essere finanziato attraverso una parziale tassazione dell'incremento di valore patrimoniale.

La possibilità che il progetto non generi solo un vantaggio in specifiche parti della città – in termini di accessibilità, qualità urbana e profittabilità delle attività economiche – ma che anche possa dare luogo ad un incremento generale nell'immagine della città, rendendola più attrattiva per nuovi abitanti e nuove imprese, apre la strada ad alcune riflessioni nell'ambito della teoria della rendita, a nostro avviso ancora poco esplorate. Ci riferiamo in particolare alla teoria della rendita assoluta.

Le riflessioni, e lo stesso termine, derivano dalla tradizione marxista, che hanno tuttavia recentemente trovato nuove giustificazioni teoriche. L'elemento di riflessione riguarda l'incapacità di trovare spiegazioni a fenomeni empirici solo attraverso l'utilizzo del concetto di rendita differenziale. Le ragioni per cui è a nostro avviso opportuno affiancare al concetto di rendita differenziale un altro concetto, di natura aggregata, che opera simultaneamente su tutto il suolo urbano, sono qui di seguito ricordate:

- a) il fatto empirico che la rendita urbana al margine della città sia più elevata della rendita agricola ci ricorda che deve esistere una condizione urbana ed un vantaggio urbano, possibilmente connesso agli effetti di agglomerazione o di accumulazione del capitale. Similmente, Marx sottolineava, riferendosi alla teoria della rendita agricola ricardiana, che la rendita della terra al margine non è nulla. La scuola marxista (Lipiez, 1974 e 1978; Harvey, 1973; Topalov, 1984) generalmente spiega questo fatto con la presenza di una classe di proprietari terrieri, in aree sia urbane che rurali, sulla base di alcune riflessioni espresse a volte da Marx; Marx stesso, tuttavia, criticava questa ipotesi teorica, in quanto

in questo modo la rendita diventerebbe un costo o una tassa, piuttosto che un elemento distributivo, contraddicendo uno dei pilastri dell'economia classica (Das Kapital, vol. II, cap. 45)²

- b) facendo un esperimento intellettuale, e supponendo una città perfettamente accessibile da tutte le direzioni, si otterrebbe, dal modello mainstream di rendita differenziale, una condizione di rendita differenziale uguale a zero, mentre una città di questo genere sarebbe altamente appetibile sia da persone che da imprese (Camagni, 1992, par. 9.4);
- c) il punto precedente si riferisce in modo implicito al concetto di scarsità se tutti i suoli urbani avessero lo stesso livello di accessibilità, di qualità ambientale e urbana, e non fossero scarsi, il loro prezzo andrebbe a zero; ma la rendita aumenterebbe se la quantità di suolo urbano disponibile fosse scarso rispetto alla domanda. Sulla stessa scia Piero Sraffa, nel suo modello generale elaborato nel capitolo 11 sulla rendita nel suo famoso volume “Produzione di beni a mezzo di beni”, presenta due concetti di rendita: uno legato alla diversa fertilità delle terre e ai rendimenti decrescenti, che danno luogo a n metodi di produzione ed n livelli di rendita – quello che noi chiamiamo rendita differenziale – e uno che deriva dalla scarsità della terra, in presenza della stessa fertilità in tutti i lotti – che noi definiamo “rendita assoluta” o “rendita di scarsità”;
- d) un legame diretto e esplicito tra rendita assoluta e scarsità aggregata in ambito urbano è stato evidenziato da Fahri (1973) e Scott (1976) in modelli di natura ricardiana. La scarsità conduce a condizioni di non equilibrio nel modello generale di rendita del suolo, giustificata dalla lunghezza temporale nel mettere in moto processi di urbanizzazione e di offerta di capitale fisso sociale;
- e) riferendosi sempre ad un concetto di scarsità e alla rigidità della curva di offerta di suolo urbano nel breve periodo, nel mondo reale esiste una conseguenza dell'aumento di domanda per localizzazione urbana dovuto a sua volta a un incremento atteso nella qualità ed efficienza (qualcosa di simile a quello che accadrebbe nel nostro caso considerato). Nel breve periodo, data la dimensione esistente (e fissa) della città, la curva di rendita differenziale si trasporrebbe verso l'alto, mostrando per ogni distanza dal centro una extra-rendita rispetto alla condizione iniziale; questa extra-rendita, che nella logica del modello è un incremento di rendita differenziale (rispetto alla rendita agricola al nuovo confine della città), economicamente non dipende dal risparmio differenziale in termini di costo di trasporto verso il centro urbano rispetto ad altri lotti limitrofi in un'ottica microeconomica (una rendita differenziale “*strictu sensu*”), ma da fattori aggregati che dipendono dalla efficienza/attrazione generale della città, che genera domanda di suolo urbano e che fa crescere fisicamente la città. Ancora una volta, si può sostenere che una rendita assoluta si aggiunge alla rendita differenziale “*strictu sensu*”.

² Sfortunatamente, la soluzione di Marx di trasformare i “valori” in prezzi e di mantenere una parte del surplus in prezzo dei prodotti agricoli non è accettabile, anche volendo essere d'accordo con la sua teoria del valore. Si veda Camagni, 1992, cap. 9.4.3.

Nella logica dell'esercizio che presentiamo in questo paper, ci confrontiamo innanzitutto con un concetto di rendita differenziale "strictu sensu", e in particolare con un aumento di accessibilità e di qualità urbana e ambientale in specifiche parti della città, più direttamente coinvolte dalla realizzazione del progetto. Tuttavia, consideriamo anche un fenomeno potenziale, macro economico, legato al concetto di rendita assoluta, che emerge dal generale incremento di attrattività della città. Riusciamo a misurare questo effetto solo indirettamente, attraverso il calcolo dell'incremento medio dei prezzi del suolo urbano che potrebbero rendere i vantaggi sociali uguali ai costi più elevati stimati per la realizzazione dell'opera.

L'analisi empirica sui valori della terra e il loro incremento sono raccolti attraverso un indicatore di prezzi per metro quadro di superficie commerciale, residenziale e di uffici. Teniamo a precisare che in termini concettuali i prezzi dei beni immobiliari non rappresentano la rendita, ma la loro capitalizzazione nel tempo; per semplicità, ci riferiremo ad essi nel lavoro attribuendo loro il significato di prezzi, di rendita e di valori.

3. PREZZI EDONICI E VALUTAZIONE DI GRANDI PROGETTI URBANI

3.1. METODOLOGIA DEI PREZZI EDONICI: ELEMENTI DI FORZA E DI DEBOLEZZA

Esistono da tempo diverse metodologie per stimare il valore monetario di beni che non hanno mercato: in questo studio l'obiettivo è quello di applicare, con metodi innovativi sul fronte degli aspetti tecnici, la metodologia dei prezzi edonici. Essa si presenta come una tecnica che permette di utilizzare un mercato surrogato, solitamente quello immobiliare, per l'attribuzione di un valore a beni o caratteristiche che non hanno mercato: è il caso dei beni pubblici e dei beni ambientali, per i quali non esiste una diretta valutazione del loro valore, ma per i quali è possibile ottenerne una stima attraverso lo studio di un mercato nei quali essi sono indirettamente valutati.

Il bene "immobile" è un bene composito in quanto non fornisce a chi lo possiede utilità in quanto tale, bensì per le caratteristiche di cui è composto: caratteristiche interne (esistenza di ascensore, piano al quale è situato l'immobile, qualità dell'immobile nel quale è situato l'appartamento, materiali di costruzione, ecc.), caratteristiche esterne dell'area nella quale è localizzato (qualità ambientale e urbanistica) ed infine caratteristiche localizzative (rispetto al centro della città e rispetto alle principali vie di accesso alla città – stazione ferroviaria, autostrada). Mentre le caratteristiche interne sono per la maggior parte valutate nel costo di costruzione dell'immobile, questo non accade per le caratteristiche esterne e di localizzazione, che partecipano alla definizione del valore finale dell'immobile rappresentando esclusivamente il puro valore della rendita fondiaria urbana. Quest'ultima infatti scaturisce dalla disponibilità a pagare degli individui per localizzazioni più centrali, o per localizzazioni con qualità urbana più elevata. La metodologia dei prezzi edonici permette di ottenere proprio quei prezzi impliciti che il mercato immobiliare attribuisce ad ogni singola caratteristica dell'immobile, fornendo un utile modo per sopperire alla mancanza di un mercato diretto per ogni singola caratteristica.

Attraverso il valore di un bene privato come un'unità immobiliare, si può pertanto ottenere il valore che i singoli individui attribuiscono a caratteristiche non direttamente stimabili, come le caratteristiche di qualità ambientale, urbanistica e di accessibilità. L'ipotesi sottostante è pertanto che le differenze nel valore di queste tre variabili si riflettano nei valori dell'unità immobiliare. In questa logica, una differenza nel valore di due immobili situati a due diverse distanze dal centro città, a parità di tutte le altre condizioni, esprime la disponibilità a pagare degli individui per una maggiore accessibilità al centro città; il valore attribuito nel mercato immobiliare all'accessibilità è rappresentato da tale disponibilità a pagare.

Benché poco applicata in Italia, la metodologia dei prezzi edonici si presenta ormai in altri Paesi Europei (in Gran Bretagna in primis) e negli Stati Uniti come uno strumento con una lunga tradizione e con ampi campi di applicazione. Esiste infatti una vasta letteratura che fin dal 1974, data di pubblicazione del primo importante articolo scientifico dell'americano Rosen³, sottolinea l'innegabile pregio di ottenere una stima monetaria di caratteristiche per le quali non esiste mercato. Dal 1974 ad oggi, questa metodologia è stata applicata in vari campi, ed è stata oggetto di attenti studi circa l'affidabilità, la consistenza e la robustezza del metodo di stima⁴.

Per quanto riguarda i campi di applicazione, essi possono essere ricondotti ad alcuni grandi filoni:

- il primo, forse il più vasto e il più tradizionale, è quello relativo alla stima delle esternalità ambientali negative in aree urbane. All'interno di questo filone si trova una delle rare applicazioni di prezzi edonici ad una città italiana, Milano: inquinamento atmosferico, acustico, traffico, congestione sono elementi di impossibile valutazione diretta, che trovano invece nella metodologia dei prezzi edonici un valido metodo di misurazione monetaria⁵. Più recentemente, i prezzi edonici sono diventati un utile metodo per "pesare", all'interno di un indice sintetico di qualità della vita urbana, le diverse componenti ambientali e sociali⁶;
- il secondo campo di applicazione riguarda la valutazione di beni pubblici, o in generale di servizi alla popolazione; si assiste all'utilizzo di questo metodo per evidenziare il valore in un'area urbana di centri di servizi alle imprese, di scuole private, di servizi pubblici locali (poste, servizi di trasporto pubblico), utile in una prospettiva di pianificazione urbana⁷;
- infine, un campo nel quale più recentemente la metodologia dei prezzi edonici ha trovato ampia applicazione è quello della valutazione ex-post di politiche urbanistiche; la

³ Recentemente, è stata attribuita all'americano Andrew Court la prima riflessione circa la metodologia di prezzi edonici, cfr. Goodman, 1998.

⁴ I contributi iniziali sui prezzi edonici sono contenuti in Rosen, 1974; Freeman, 1979.

⁵ Tra questi, si vedano i lavori di Ridker e Henning, 1967; Wilkinson, 1973; Freeman, 1971. Per il caso di Milano, cfr. Corielli et al., 1996. In Cheshire e Sheppard, 1995, è contenuta una riflessione sulla stima della distanza dal centro, qualora l'ipotesi di spazio isotropo venga meno.

⁶ Studi seminali in questo senso sono contenuti in Roback, 1982; Blomquist et al., 1988; Gyourko e Tracy, 1991.

⁷ A riguardo, cfr. Svitanidou, 1996; Cheshire e Sheppard, 2002.

realizzazione di una nuova stazione ferroviaria, di parchi e di spazi pubblici in generale e, non ultimo, l'introduzione di una nuova regolamentazione urbanistica di uso del suolo sono alcuni esempi di politiche urbanistiche valutate, una volta effettuate, sulla base della stima degli effetti indotti dai progetti sul valore della rendita urbana⁸.

Nonostante l'interesse e le potenzialità che questa metodologia ha, esistono alcuni problemi nella sua applicazione, tutti riconducibili alla necessaria garanzia di ottenere stime consistenti, necessarie per la logica su cui poggia la metodologia, quella dell'endogeneità del prezzo. Con questa logica si suppone infatti che esista una funzione di domanda per una certa caratteristica, la cui inclinazione rappresenta la disponibilità marginale a pagare per avere una unità aggiuntiva di tale caratteristica (espressa nel prezzo edonico)⁹; concettualmente ad essa si associa l'esistenza di una curva di offerta, ossia di una reale condizione di mercato che permetta l'offerta di quella caratteristica a quel prezzo. Tuttavia, il prezzo edonico stimato rappresenta il "reale" valore di mercato se e solo se questo valore rappresenta il prezzo al quale la domanda uguaglia l'offerta di quella caratteristica. Qualsiasi errore nella stima del prezzo edonico allontana il prezzo stimato dal prezzo offerto, associando alla disponibilità a pagare un valore che è ben lontano dal potenziale prezzo di mercato¹⁰.

La letteratura sottolinea le possibili e più probabili fonti di errore nella stima dei prezzi edonici. La prima fonte di errore è rappresentata dall'omissione di variabili esplicative importanti. Qualora infatti, per carenze di dati e di informazioni, non tutte le caratteristiche del bene composito entrano nella stima, i valori che si ottengono per le singole caratteristiche sono influenzati dalla presenza di variabili omesse, e pertanto non rappresentano il puro valore della singola caratteristica, ma hanno implicito anche il valore delle caratteristiche di cui non si è tenuto conto. Il problema di omissione di variabili esplicative importanti, e pertanto di errata specificazione del modello di stima, è un problema comune a qualsiasi modello econometrico. Nel caso dei prezzi edonici, tuttavia, si aggrava per l'importanza attribuita ai valori dei singoli coefficienti, in quanto espressivi proprio del risultato che si vuole raggiungere, ossia della disponibilità marginale a pagare per quella caratteristica¹¹.

Un elemento di grande importanza e ampiamente dibattuto nella letteratura, perché fondamentale nel determinare il valore di stima dei prezzi edonici, consiste nella forma della funzione di prezzi edonici, tradizionalmente concepita come lineare. Appare indubbio che la forma funzionale influenza in modo evidente il valore ottenuto con la stima, ed una scelta esogena, dettata nella maggior parte delle volte da necessità di semplificazione analitica nell'esercizio di stima, può risultare alquanto criticabile. In questo ambito, la letteratura registra ormai grandi avanzamenti che prevedono l'utilizzazione di tecniche sofisticate, in

⁸ A riguardo, cfr. Cheshire e Sheppard, 1997; Bates e Santerre, 2001; Bowes e Ihlanfeldt, 2001.

⁹ Con il termine disponibilità *marginale* a pagare per una certa caratteristica si intende la disponibilità a pagare per ottenere un'unità *aggiuntiva* di quella caratteristica.

¹⁰ Cfr. Cheshire e Sheppard, 1998; Deaton e Muellbauer, 1980; Brown e Rosen, 1982; Linneman, 1980.

¹¹ A riguardo, si vedano i lavori di Cobb, 1984; Small, 1975; Epplé, 1987.

grado di stimare endogenamente la forma funzionale della funzione di prezzi edonici, alle quali anche questo lavoro si ispira¹².

Data la natura della metodologia, che utilizza la varianza nello spazio urbano delle caratteristiche che compongono il bene composto per stimare i prezzi edonici, grande rilevanza assume la scelta del campione di indagine e la sua estensione geografica; la maggior disparità di casi e di condizioni garantisce la migliore stima dei prezzi edonici, in quanto espressiva di una maggior varianza nelle osservazioni.

Infine, essendo l'analisi effettuata su dati a livello territoriale molto fine, la stima dei prezzi edonici rischia di essere inficiata da un problema di autocorrelazione spaziale, che può trovare origine in due tipi di problemi: una dipendenza strutturale spaziale tra osservazioni della variabile dipendente, ossia una dipendenza di un valore di un'unità immobiliare da quello dell'unità immobiliare vicina, e da una dipendenza spaziale tra gli errori, ad indicare che le variabili omesse sono spazialmente correlate¹³. Tests di controllo per l'autocorrelazione spaziale sono ormai diffusi, e, applicati anche nel caso di prezzi edonici, ne garantiscono una corretta stima.

In questo studio, alcune accortezze sono state prese in considerazione per contenere gli errori di stima, attraverso:

- una scelta casuale di un campione di 100 edifici residenziali con una varianza molto elevata nell'estensione geografica;
- una raccolta molto capillare dei dati sulle caratteristiche interne e localizzative degli edifici, per evitare l'omissione di variabili significative. Inoltre, i prezzi degli immobili sono stati ottenuti da pratiche di mutuo, che rispecchiano in modo più realistico il valore di mercato dell'immobile;
- l'applicazione di test di autocorrelazione spaziale per evitare distorsioni di stima;
- l'applicazione di una funzione di prezzi edonici flessibile nei parametri, per evitare scelte esogene nella forma funzionale che potrebbero influenzare il risultato della stima.

Nel prossimo paragrafo presentiamo proprio il metodo di stima della funzione di prezzi edonici e il database su cui abbiamo sviluppato l'analisi.

3.2. LA FORMA FUNZIONALE E IL DATABASE

Le applicazioni più recenti, a cui il lavoro si ispira, basano la stima della funzione dei prezzi edonici su una trasformazione lineare di quest'ultima che permette proprio di trovare endogenamente la migliore forma funzionale per la stima. La funzione di prezzi edonici, indicata in letteratura come funzione Box-Cox, ha generalmente la seguente forma funzionale¹⁴:

¹² Cfr. Bender et al., 1980; Jackson et al., 1984; Box e Cox, 1964.

¹³ Sull'autocorrelazione spaziale nella stima di prezzi edonici, cfr. Tse, 2002. Sui test di autocorrelazione spaziale, cfr. Anselin, 1988; Anselin e Florax, 1995. Per un'applicazione, cfr. tra altri, Paci e Usai, 1998.

¹⁴ Una presentazione più dettagliata degli aspetti di stima e dei risultati della stima è contenuta in Capello, 2004.

$$\frac{y^q - 1}{q} = K + \sum_{i \in D} \mathbf{b}_i x_i + \sum_{j \in C} \mathbf{b}_j \frac{x_j^l - 1}{l} + \mathbf{e} \quad (1)$$

dove:

- y è il valore al mq delle unità immobiliari;
- x_i rappresentano le variabili di qualità dell'unità abitativa, di accessibilità e di qualità urbana, dicotomiche, e pertanto non soggette alla trasformazione lineare;
- x_j rappresentano le variabili di qualità dell'unità abitativa, di accessibilità e di qualità urbana, continue;
- q, l rappresentano i parametri della trasformazione lineare, che delineano la forma funzionale della relazione. Qualora assumano valore 1, la forma è simile ad una lineare, se il valore 0 approssima la relazione ad una forma logaritmica, mentre se il valore è -1 approssima ad una lineare inversa;
- K è la costante, ossia il valore dell'immobile indipendente dalle caratteristiche considerate;
- $\mathbf{b}_i, \mathbf{b}_j$ rappresentano i parametri delle variabili, rispettivamente dummy e continue;
- \mathbf{e} è l'errore di stima.

Perché i valori di $\mathbf{b}_i, \mathbf{b}_j$ misurino la disponibilità marginale degli individui a pagare per ogni unità aggiuntiva della caratteristica espressa dalle variabili indipendenti, è necessario un ulteriore passaggio imposto dalla trasformazione¹⁵:

$$\begin{aligned} \mathbf{b}'_j &= \mathbf{b}_j y^{1-q} x_j^{l-1} \\ \mathbf{b}'_i &= \mathbf{b}_i y^{1-q} \end{aligned} \quad (2)$$

\mathbf{b}'_j e \mathbf{b}'_i , depurati dalla trasformazione lineare effettuata, esprimono la disponibilità a pagare per ottenere una quantità aggiuntiva di una certa caratteristica, rispettivamente per variabili continue e dicotomiche. Per queste ultime, \mathbf{b}'_i rappresenta il contributo che il valore della caratteristica i apporta al valore dell'immobile, ossia la disponibilità a pagare pur di avere la caratteristica i -esima.

Infine, è possibile calcolare la variazione percentuale del valore dell'immobile, qualora una certa caratteristica si incrementi di un'unità (nel caso delle variabili continue) o sia presente (nel caso delle dicotomiche), come segue:

$$e_{yx_j} = \mathbf{b}'_j x_j / y \quad (3)$$

¹⁵ In appendice 2 sono contenuti i passaggi matematici che spiegano tale trasformazione. Cfr. Capello, 2004.

$$e_{yx_i} = \mathbf{b}_i' / y$$

Tabella 1a. Dati disponibili per il modello residenziale

<i>Dati disponibili per il modello residenziale</i>	<i>Valore della variabile</i>
<i>Variabile dipendente:</i>	
Prezzo di vendita di immobili ad uso residenziale al mq.	Euro
<i>Caratteristiche interne dell'immobile</i>	
- presenza di ascensore nell'immobile	sì =1; no=0
- presenza di riscaldamento autonomo	sì =1; no=0
- presenza di pertinenze (box, posti auto privati)	sì =1; no=0
- ristrutturazione avvenuta	sì =1; no=0
- tipo di edificio	
* villa o villetta	sì =1; altro=0
* stabile civile, signorile	sì =1; altro=0
<i>Caratteristiche urbanistiche del quartiere</i>	
- rapporto altezza edifici / larghezza strada	se rapporto < 1/2=1 se rapporto > 1/2=0
- presenza di edifici storici e monumentali	sì =1; no=0
- tipologia di edifici che compongono la via	Se più del 50% degli edifici della via sono ville = 1; altro=0 Se più del 50% degli edifici della via sono stabili civili = 1; altro=0 Se più del 50% degli edifici della via sono stabili signorili = 1; altro=0
<i>Caratteristiche ambientali del quartiere</i>	
- Via ad alto scorrimento	sì =1; no =0
- strada pedonale	sì =1; no =0
- presenza di auto in sosta	sì =1; no =0
- presenza di verde (alberi, parchi)	sì =1; no =0
- presenza della ferrovia a meno di 200 metri	sì =1; no =0
- presenza di negozi	sì =1; no =0
- presenza di uffici postali	sì =1; no =0
- presenza di scuole	sì =1; no =0
- presenza dell'università nel raggio di 250 metri	sì =1; no =0
- presenza di una fermata di mezzi pubblici nel raggio di 200 metri	sì =1; no =0
- presenza della stazione nel raggio di 200 metri	sì =1; no =0
<i>Caratteristiche localizzative</i>	
- distanza in chilometri dal centro città	Chilometri
- distanza in minuti con l'auto dal centro città	Minuti
- distanza in minuti con mezzi pubblici dal centro città	Minuti

Il nostro lavoro ha previsto la stima della funzione dei prezzi edonici (1) sul mercato degli immobili destinati ad uso residenziale e su quello degli immobili destinati ai pubblici esercizi, in quanto le valutazioni circa la disponibilità a pagare per l'accessibilità e la qualità urbana sono presumibilmente completamente diverse sui due mercati, in quanto espressive di scelte localizzative dettate da logiche molto diverse.

Le informazioni raccolte sono presentate nella Tabella 1, per quanto riguarda il mercato sia degli immobili destinati ad uso residenziale, sia per quelli destinati ai pubblici esercizi.

Per quanto riguarda le abitazioni, tre gruppi di dati sono stati raccolti. Il primo gruppo riguarda le caratteristiche interne dell'immobile: conosciamo la presenza dell'ascensore, la presenza di riscaldamento autonomo, la presenza di opere di ristrutturazione, la presenza di pertinenze (box e posto auto), il tipo di edificio (villa, stabile civile, signorile, ecc.). Queste si presentano tutte come variabili dicotomiche, assumendo valore 1 se sono presenti, e 0 altrimenti.

Il secondo gruppo di informazioni cattura la qualità urbanistica e ambientale del quartiere nel quale le unità immobiliari sono localizzate. Per quanto riguarda gli aspetti urbanistici, si sono ottenute informazioni circa il rapporto altezza degli edifici / larghezza della strada, il grado di ristrutturazione degli edifici nella via, la presenza di edifici storici e monumentali nella via, la tipologia degli edifici che compongono la via (percentuale di ville, di villette a schiera, di stabili civili, di stabili signorili, ecc.). Tutte queste informazioni sono rappresentate in variabili dicotomiche, che assumono valore 1 se presenti, e 0 altrimenti.

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, numerose informazioni sono state raccolte circa il traffico della via nella quale l'immobile è localizzato, la presenza nella via di rumore, auto in sosta, possibilità di parcheggio (tutte informazioni utili per valutare il grado di congestione stradale), presenza della ferrovia a meno di 200 metri. Infine, si sono raccolte informazioni circa la presenza di servizi alla popolazione, quali la presenza di negozi, supermercati, posta, scuole, università nella via e/o in vie limitrofe.

Tabella 1b. Dati disponibili per il modello dei pubblici esercizi

<i>Dati disponibili per il modello dei pubblici esercizi</i>	<i>Valore della variabile</i>
<i>Variabile dipendente:</i>	
Valore dell'affitto capitalizzato di immobili per pubblici esercizi al mq.	Euro
<i>Caratteristiche localizzative</i>	
- distanza tra l'attività commerciale e la stazione	Se meno di 500 metri =1; altro = 0
- distanza tra l'attività commerciale e la fermata di un mezzo pubblico	Metri
- distanza in chilometri dal centro città	Metri
- distanza in minuti con l'auto dal centro città	Minuti
- distanza in minuti con mezzi pubblici dal centro città	Minuti
- distanza in minuti a piedi	Minuti
- localizzazione su una via commerciale	Se su una via commerciale = 1; altro=0
- localizzazione vicino ad una via commerciale	Se vicino ad una via commerciale = 1; altro= 0
- localizzazione lontana da vie commerciali	Se lontana = 1; altro = 0
<i>Caratteristiche del quartiere</i>	
- zona centrale	Se zona centrale = 1; altro = 0
- zona media centralità	Se zona fuori dal centro storico ma comunque facilmente accessibile = 1; altro = 0
- zona periferica	Se zona periferica = 1; altro = 0

Un'ultima categoria di informazioni raccolte riguarda la localizzazione dell'immobile, misurata attraverso la distanza dell'immobile dal centro storico della città, in chilometri, in minuti con l'auto e in minuti con i mezzi pubblici. Queste sono variabili continue e, qualora inserite nella funzione Box-Cox, richiedono la trasformazione lineare.

Per quanto riguarda il mercato degli immobili destinati al pubblico esercizio, i dati raccolti sono prevalentemente inerenti la localizzazione. In una logica prettamente alonsoniana, la rendita urbana rappresenta la disponibilità a pagare per una localizzazione più centrale, una volta sottratto al ricavo i costi di produzione, comprensivi dei costi di trasporto, e un certo margine di profitto. Sia i costi di trasporto, sia il ricavo sono in realtà fortemente dipendenti dalla localizzazione dell'attività: in questo senso, abbiamo ritenuto opportuno avere una elevata informazione sugli elementi di localizzazione che influenzano, in modo diretto o indiretto, l'accessibilità ad un vasto mercato, e pertanto il ricavo dell'attività stessa (localizzazione in vie commerciali, o in prossimità delle stesse).

3.3. Stima della funzione di prezzi edonici

3.3.1. Accessibilità e qualità urbana nel mercato degli immobili ad uso residenziale

La stima della funzione di prezzi edonici nel mercato delle attività residenziali ha dato risultati interessanti, riportati in Tabella 2. Le variabili per le quali ci si aspettava una significatività nel modello di stima hanno dato i risultati attesi, sia in termini di significatività sia in termini di segno. La presenza di riscaldamento autonomo, la ristrutturazione dell'appartamento e la presenza di ascensore nelle tipologie di edifici che possono richiederlo (stabili civili, signorili e d'epoca) spiegano in modo significativo il valore dell'immobile.

Ancor più interessante appare il fatto che la presenza della ferrovia a meno di 200 metri e la qualità urbanistica della via, misurata in termini di rapporto altezza edificio / larghezza della strada inferiore a $\frac{1}{2}$ hanno un ruolo importante nella spiegazione del valore dell'immobile; infine, come atteso, anche la localizzazione dell'appartamento, misurata in termini di distanza dal centro in minuti con l'automobile, ha un ruolo significativo sul valore di mercato dell'immobile.

La Tabella 2 riporta inoltre i valori di λ e θ stimati per la funzione di prezzi edonici; i test statistici mostrano che la funzione stimata ha una forma che non assomiglia né a una forma lineare, né a una logaritmica, mentre si avvicina ad una lineare inversa. Questi risultati confermano la necessità di andare oltre la stima di una funzione lineare per ottenere stime robuste. La Tabella 2 riporta inoltre i test sull'autocorrelazione spaziale che forniscono un'ulteriore garanzia circa la robustezza delle stime, in quanto dimostrano assenza di autocorrelazione spaziale.

Tabella 2. Stime della funzione di prezzi edonici per il mercato degli immobili destinati ad uso residenziale

variabile	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4	Modello 5
Costante	1.45	1.42	1.45	1.42	1.42
Presenza di riscaldamento autonomo	0.0004 (0.086)	0.0004 (0.071)	0.0005 (0.102)	0.0004 (0.070)	0.0003 (0.132)
Edificio ristrutturato	0.005 (0.014)	0.0004 (0.026)	0.00056 (0.016)	0.0005 (0.014)	0.0004 (0.027)
Presenza di ascensore in stabili civili, signorili e d'epoca	0.0007 (0.005)	0.00064 (0.005)	0.0007 (0.006)	0.0006 (0.008)	0.0005 (0.011)
Presenza della ferrovia a meno di 200 metri	-0.0005 (0.034)	-0.0004 (0.051)	-0.0004 (0.038)	-0.00045 (0.046)	-0.004 (0.035)
Qualità urbanistica della via*	0.001 (0.058)	0.009 (0.067)	0.001 (0.055)	0.0010 (0.045)	
Presenza di auto in sosta sul marciapiede			-0.00018 (0.773)		
Qualità urbanistica e ambientale della via**					0.0012 (0.091)
Presenza di parchi				0.0004 (0.166)	
Presenza di alberi		0.0001 (0.48)			
Distanza dal centro in minuti con l'auto	-0.00015 (0.029)	-0.000147 (0.026)	-0.00017 (0.030)	-0.0001 (0.028)	-0.00016 (0.077)
Lambda	0.41	0.38	0.32	0.39	0.24
Theta	-0.68	-0.69	-0.68	-0.69	-0.69
R-quadro	0.31	0.31	0.31	0.32	0.34
Numero di osservazioni	100	100	100	100	100
Theta = Lambda = -1	-711.0*** (0.122)	-710.7*** (0.141)	-710.8*** (0.149)	-709.9*** (0.143)	-711.1*** (0.185)
Theta = Lambda = 0	-713.9*** (0.004)	-713.8*** (0.004)	-713.8*** (0.005)	-713.1*** (0.004)	-714.3*** (0.004)
Theta = Lambda = 1	-741.33*** (0.000)	-741.3*** (0.000)	-741.3*** (0.000)	-740.8*** (0.000)	742.1*** (0.000)
<i>Test: Spatial error:</i>					
Moran's I	0.325 (0.74)	-0.235 (1.186)	0.438 (0.661)	0.268 (0.789)	0.983 (0.326)
Lagrange Multiplier	0.000 (0.996)	0.096 (0.757)	0.002 (0.963)	0.001 (0.978)	0.117 (0.732)
Robust Lagrange multiplier	0.000 (0.997)	0.097 (0.756)	0.002 (0.965)	0.001 (0.977)	0.116 (0.733)
<i>Test: Spatial lag:</i>					
Lagrange multiplier	1.636 (0.201)	1.965 (0.161)	1.622 (0.203)	1.127 (0.288)	1.947 (0.163)
Robust Lagrange multiplier	1.636 (0.201)	1.966 (0.161)	1.621 (0.203)	1.127 (0.288)	1.946 (0.163)

Variabile dipendente: prezzo delle abitazioni al mq.

* Rapporto altezza edificio / larghezza strada < 1/2

** Contemporanea presenza di alberi e di un rapporto altezza edifici / larghezza strada < 1/2

*** Restricted likelihood

La Tabella 3 riporta i prezzi edonici, per i diversi modelli stimati. La disponibilità a pagare risulta uguale a (modello 1):

- 157.2 euro per il riscaldamento autonomo;
- 186.3 euro al metro quadro per la ristrutturazione dell'edificio;

- 228 euro al metro quadro per la presenza dell'ascensore;
- 168.7 euro al mq. Pur di non avere la presenza della ferrovia nel raggio di 200 metri;
- 336.9 euro al mq. per la qualità degli edifici della via.

Infine, pur di essere localizzati un minuto in auto più vicino al centro ad una distanza media di 15.5 minuti, si è disposti a pagare 9.4 al metro quadro in più.

Tabella 3.
Prezzi edonici nel mercato degli immobili destinati ad uso residenziale
(valori espressi in Euro)

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4	Modello 5
Presenza di riscaldamento autonomo	157.2	167.7	124.4	166.2	140.6
Edificio ristrutturato	186.3	172.9	155.5	184.2	168.0
Presenza di ascensore in stabili civili, signorili e d'epoca	228.3	232.0	217.8	215.7	209.7
Presenza della ferrovia a meno di 200 metri	-168.7	-157.9	-155.5	-159.0	-150.3
Qualità urbanistica della via*	336.9	326.6	311.1	356.7	
Presenza di auto in sosta sul marciapiede			-61.1		
Qualità urbanistica e ambientale della via**					402.6
Presenza di parchi				150.5	
Presenza di alberi		47.9			
Distanza in minuti con l'auto dal centro	-9.4	-9.31	-7.86	-9.19	-7.15

* Rapporto altezza edificio/larghezza strada < 1/2

** Interazione tra alberi e rapporto altezza edifici / larghezza strada < 1/2

3.3.2. Accessibilità e qualità urbana nel mercato degli immobili ad uso commerciale

La stessa metodologia di stima è stata applicata nel mercato degli immobili destinati a pubblici esercizi, ed in particolare a bar, espressivi di logiche di valutazioni di accessibilità e di qualità urbana differenti rispetto a quelle espresse dal mercato degli immobili ad uso residenziale.

La Tabella 4 riporta la stima dei modelli per il mercato degli immobili destinati a pubblici esercizi. Rispetto al caso degli immobili residenziali, il numero di variabili significative nel modello è inferiore, così come inferiore è il numero di modelli paragonabili. Non ultimo, i prezzi edonici stimati tendono a essere abbastanza diversi nei due modelli considerati. Tutti questi aspetti sono attribuibili al limitato numero di osservazioni in questo campione, in numero di 50 rispetto alle 100 osservazioni del caso degli immobili ad uso residenziale: i contenuti gradi di libertà limitano inevitabilmente la robustezza e la stabilità delle stime. I risultati in Tabella 4 testimoniano inoltre come la funzione non sia né una lineare, né una logaritmica, né una lineare inversa, a dimostrazione che lo sforzo eseguito nell'evitare di

imporre ex-ante una forma funzionale alla funzione di prezzi edonici è risultato estremamente utile per ottenere stime robuste. Infine, la Tabella 4 riporta i test sull'autocorrelazione spaziale, che dimostrano che le nostre stime non sono inficiate da autocorrelazione spaziale, benché la dimensione molto piccola del campione può lasciare qualche dubbio a riguardo.

Tabella 4.
Stime della funzione di prezzi edonici per il mercato degli immobili destinati a pubblici esercizi

	Modello 1	Modello 2	Modello 3
Costante	90.32	48.56	99.4
Localizzazione dell'esercizio lontano dalle vie commerciali	-26.86 (0.051)		-27.8 (0.06)
Zona media centralità **	-20.17 (0.16)	-3.49 (0.61)	-21.1 (0.16)
Vicinanza a vie commerciali		11.73 (0.09)	
Vicinanza alla ferrovia			-5.28 (0.64)
Distanza in metri dalla fermata dei mezzi pubblici	30.04 (0.08)	15.77 (0.063)	28.5 (0.08)
Distanza in minuti con i mezzi pubblici dal centro	-10.62 (0.037)	-6.04 (0.039)	-11.37 (0.03)
Lambda	-0.17	-0.12	-0.13
Theta	0.51	0.45	0.52
R-quadro	0.24	0.22	0.25
Numero di osservazioni	50	50	50
Theta = Lambda = -1	-474.71* (0.000)	-473.40* (0.000)	-474.6* (0.000)
Theta = Lambda = 0	-447.94* (0.005)	-447.53* (0.014)	-447.9* (0.004)
Theta = Lambda = 1	-449.44* (0.001)	-451.04* (0.000)	-449.3* (0.001)
<i>Test: Spatial error:</i>			
Moran's I	0.462 (0.644)	-0.407 (1.3016)	0.320 (0.749)
Lagrange Multiplier	0.014 (0.907)	0.131 (0.718)	0.002 (0.963)
Robust Lagrange multiplier	0.066 (0.798)	0.056 (0.813)	0.047 (0.828)
<i>Test: Spatial error:</i>			
Lagrange multiplier	2.491 (0.114)	1.247 (0.264)	2.544 (0.111)
Robust Lagrange multiplier	2.543 (0.111)	1.172 (0.279)	2.589 (0.108)

Variabile dipendente: affitto dell'immobile al mq. capitalizzato

* Restricted log likelihood

** Pubblici esercizi localizzati al di fuori del centro storico

Le variabili risultate significative nella spiegazione della varianza nel valore degli immobili destinati a pubblici esercizi risultano differenti da quelle del mercato residenziale: in questo

caso, assumono un ruolo esplicativo variabili quali la localizzazione in vie commerciali (o la lontananza da vie commerciali), la localizzazione in zone di media centralità (intese come zone al di fuori del centro storico) e la distanza dal centro storico (in minuti in autobus), tutte variabili fortemente incisive sui ricavi dell'attività stessa, e pertanto sulla disponibilità a pagare per l'immobile. Appare, invece, con segno contrario a quanto atteso la distanza dalla fermata dell'autobus; all'aumentare della distanza in metri dalla fermata dell'autobus il valore dell'immobile sembra aumentare.

I prezzi edonici stimati per le attività commerciali sono riportati in Tabella 5:

- un immobile ad uso commerciale situato lontano da una via commerciale vale 1524 euro al mq in meno di un immobile situato vicino ad una via commerciale.
- un immobile in area di media centralità vale 1144 euro al mq. in meno che se fosse localizzato nel centro storico (modello 1).
- qualora al posto della lontananza dalla via commerciale si inserisse la localizzazione su una via commerciale (modello 2), il valore di un immobile situato su una via commerciale varrebbe 1091 euro al mq in più di uno localizzato altrove;
- la presenza della ferrovia incide sul valore dell'immobile per un ammontare pari a 275 euro al mq (modello 3). Un immobile situato un metro più lontano dalla fermata di un autobus ha un valore di 20.47 euro al mq in più;
- infine, una localizzazione di un minuto più vicino al centro città vale 29.6 euro al mq, per una distanza media 13.1 minuti (modello 1).

Tabella 5.
Prezzi edonici nel mercato degli immobili destinati a pubblici esercizi
(valori espressi in Euro)

	Modello 1	Modello 2	Modello 3
Localizzazione dell'esercizio lontano dalle vie commerciali	-1524.6		-1453
Localizzazione dell'esercizio su una via commerciale		1091.8	
Zona media centralità	-1144.9	-324.8	-1105.4
Presenza della ferrovia a meno di 200 metri			-275.97
Distanza in metri dalla fermata dei mezzi pubblici	20.47	23.12	20.85
Distanza in minuti con i mezzi pubblici dal centro	-29.66	-34.16	-32.41

Più in generale, per quanto riguarda l'accessibilità, il prezzo edenico cambia a seconda della distanza dal centro a cui è posto l'immobile o l'attività commerciale: La Tabella 6 presenta la disponibilità a pagare pur di essere un minuto più vicino al centro città, a seconda delle diverse distanze dal centro; i risultati mostrano come il gradiente della rendita sia negativo, come ampiamente teorizzato dal modello mainstream di Von Thünen-Alonso.

Tabella 6. Il valore di un aumento di accessibilità a seconda della posizione

Distanza dal centro delle attività residenziali*	Prezzo edonico dell'accessibilità (€/min/mq)***	Distanza dal centro delle attività commerciali**	Prezzo edonico dell'accessibilità (€/min/mq)***
1	-52,58	3	-178,37
5	-19,46	5	-100,66
7	-15,81	6	-82,07
10	-12,68	7	-69,05
12	-11,33	8	-59,46
13	-10,79	9	-52,11
15	-9,88	10	-46,31
16	-9,49	11	-41,62
17	-9,14	12	-37,76
18	-8,82	13	-34,52
19	-8,53	15	-29,41
20	-8,27	16	-27,36
21	-8,02	18	-23,98
22	-7,80	19	-22,57
23	-7,58	20	-21,31
24	-7,39	23	-18,22
25	-7,20	36	-11,03
26	-7,03	40	-9,80
27	-6,87		
28	-6,72		
30	-6,44		
31	-6,31		
32	-6,19		

* Distanza in minuti dal centro con l'auto

** Distanza in minuti dal centro con i mezzi pubblici

*** Valore di un aumento di accessibilità

4. Simulazione

4.1. Metodologia di calcolo della rendita differenziale

Come già accennato nel paragrafo 2, la stima dell'incremento patrimoniale richiede due differenti metodologie per catturare entrambi gli incrementi di rendita, sia differenziale che assoluta. La metodologia per la valutazione dell'incremento di rendita differenziale è presentata in questo paragrafo, mentre il par. 4.2 è dedicato alla metodologia per il calcolo dell'incremento di rendita assoluta.

Il progetto di interramento della ferrovia implica importanti trasformazioni urbanistiche, che generano vantaggi di diverso tipo:

- una maggiore accessibilità al centro della città per quegli immobili situati ad ovest della ferrovia, verso il fiume, per i quali l'attuale presenza dei binari rappresenta un forte elemento di cesura con il centro; il futuro boulevard infatti prevede una maggior

permeabilità trasversale sia con veicoli, sia soprattutto a piedi (*effetto accessibilità*); la valutazione del miglioramento di accessibilità è effettuata separatamente per le attività commerciali e residenziali, in quanto l'elemento di accessibilità è valutato in modo molto differente nei due mercati immobiliari;

- una maggiore qualità urbana per tutti gli edifici collocati direttamente sulla ferrovia, nell'ipotesi della sistemazione a "boulevard" dello spazio ottenuto, grazie alla presenza di edifici ristrutturati o nuovi, questi ultimi poco elevati in altezza (*effetto qualità urbana*);
- miglioramento della qualità ambientale, a sua volta suddivisa tra riduzione dell'inquinamento acustico attualmente causato dal passaggio dei treni, che riguarda tutti gli edifici nel raggio di 200 metri dalla ferrovia, ed aumento del verde pubblico che invece riguarda solo gli edifici direttamente affacciati sul futuro boulevard (*effetto qualità ambientale*);
- incremento di disponibilità a pagare rendite più elevate in alcune aree nelle quali è previsto un aumento di attività commerciali, in particolare in corrispondenza del nuovo boulevard e delle altre aree oggetto di trasformazione, per effetto dell'incremento di profitto atteso (*effetto sinergie commerciali*).

Per quantificare la variazione nei valori immobiliari generati dai differenti effetti, si è fatto ricorso ai risultati ottenuti dalla analisi dei prezzi edonici precedentemente presentata, nella quale si sono identificati econometricamente i valori attribuiti alle diverse caratteristiche; essa permette di associare un valore monetario, espresso in € al mq, alle variazioni percentuali di crescita di ciascuna delle caratteristiche considerate¹⁶.

Inoltre, è stato necessario individuare, all'interno dell'area coinvolta dal progetto, subaree omogenee in termini di caratteristiche sulle quali il progetto opera (accessibilità, qualità urbana e ambientale). Per ogni subarea è stato necessario calcolare le volumetrie immobiliari esistenti, e da queste le superfici, differenziando tra le diverse tipologie di attività private (residenze, attività commerciali, uffici) e tra costruzioni esistenti e nuove (da realizzare lungo le aree in cui ora corre la ferrovia ed in parte su aree che si libererebbero con la rimozione di "binari morti"), in modo da poter disporre della superficie di ogni area su cui calcolare la variazione di rendita differenziale.

Allo scopo, si sono analizzati i singoli lotti dell'area interessata dal progetto, per ognuno dei quali sono stati individuati l'uso e la destinazione d'uso, basandosi sul Piano Regolatore Generale - Variante 2001 (PRG01), ed eventuali progetti urbanistici presentati qualora nel PRG01 sia prevista una trasformazione o riqualificazione urbana. I lotti sono stati successivamente riaggregati in modo da ottenere aree omogenee per caratteristiche; le aree, denominate *a*, *b*, *c*, ..., si differenziano tra loro per qualità urbana e ambientale, per la presenza di attività commerciali (e pertanto disponibilità a pagare un uso del suolo per localizzazioni in aree di profitti potenziali maggiori) e per l'accessibilità al centro (Figura 2 e

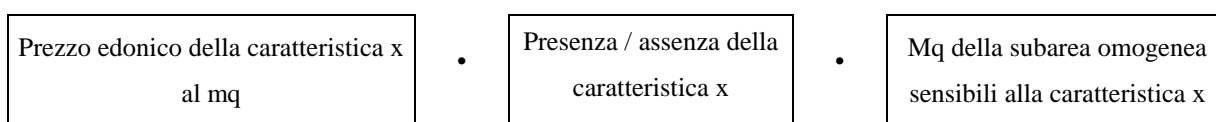
¹⁶ Tra i modelli presentati nel rapporto sulla prima parte, si è scelto di utilizzare il modello 2 per le attività residenziali e il modello 2 per le attività commerciali, che meglio individuano gli effetti rilevanti dell'interramento.

Tabella 7). Per quest'ultima, due sono gli elementi di differenziazione: la posizione relativa dell'area rispetto al centro e i minuti che si guadagnano grazie al progetto di interramento. Come mostra la Tabella 7, emergono 18 aree, sulle quali il progetto di interramento incide in modo differente.

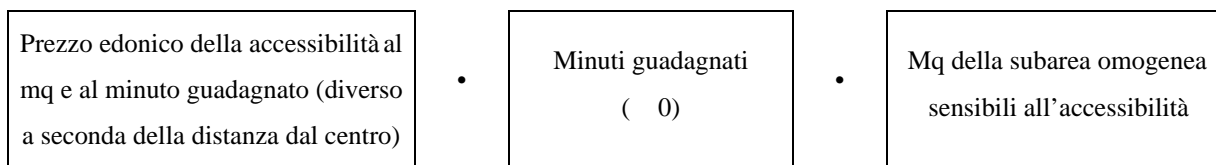
Una volta nota la consistenza del patrimonio immobiliare (in termini di superficie, in mq) nelle aree omogenee, è stato possibile calcolare l'incremento di rendita differenziale causata dalla variazione di ogni singola caratteristica. Sommando infine gli effetti significativi individuati (accessibilità, qualità urbana, qualità ambientale, sinergie commerciali), si è ottenuto l'incremento di valore patrimoniale complessivo generato nell'area dal progetto, dal punto di vista della sola rendita differenziale¹⁷.

La metodologia seguita per il calcolo della rendita differenziale si può schematizzare come segue¹⁸:

Variabili dicotomiche



Variabili continue (accessibilità)



¹⁷ I dati riguardanti le superfici delle aree sono stati ricavati dal Piano regolatore generale - variante 2001 (PRG01) per la città di Trento, in cui è disponibile la volumetria dei singoli lotti, in termini di volume realizzato e realizzabile. Per volume realizzato si intendono le costruzioni esistenti, mentre il volume realizzabile indica il volume destinato a progetti futuri, e di conseguenza nuove residenze, nuovi uffici o nuovi pubblici esercizi. Sono possibili anche casi in cui il volume realizzato è inferiore al realizzabile, casi in cui si scontano processi di demolizione. I dati volumetrici sono stati quindi rielaborati per ricavare le superfici, ipotizzando, come generalmente avviene, un'altezza media per piano pari a 3 metri. Una volta ottenute le superfici totali, il passo successivo è stato quello di distinguere tra le diverse funzioni svolte. Sempre in base al piano regolatore, si sono quindi individuati gli usi o destinazioni d'uso, differenziando quindi le superfici residenziali, quelle terziarie e direzionali ed infine le aree oggetto di progetti di riqualificazione, per le quali si è ragionato in base a progetti presentati finora presso il comune di Trento, contenenti anche la rispettiva suddivisione per funzioni. Il calcolo delle superfici commerciali è avvenuto invece basandosi su dati di densità commerciale forniti dal comune di Trento. Per il calcolo delle superfici residenziali effettive, si sono sottratte le superfici commerciali alle aree indicate come residenziali nel PRG01. Infine, l'ultimo passaggio della costruzione del database è consistito nella riaggregazione dei dati per lotti nelle 18 subaree omogenee individuate in precedenza. I dati sono stati forniti dalla dott.ssa Clara Campestrini, dell'Ufficio Urbanistica del Comune di Trento, che qui si ringrazia.

¹⁸ Ricordiamo che questo studio apre la strada al primo tentativo, in Italia e all'estero, di utilizzare la metodologia dei prezzi edonici, finora solo applicata a valutazioni *ex-post* di progetti urbanistici, per una definizione *ex-ante* dell'impatto di un progetto di trasformazione territoriale.

Figura 2 - Mappa delle subaree omogenee

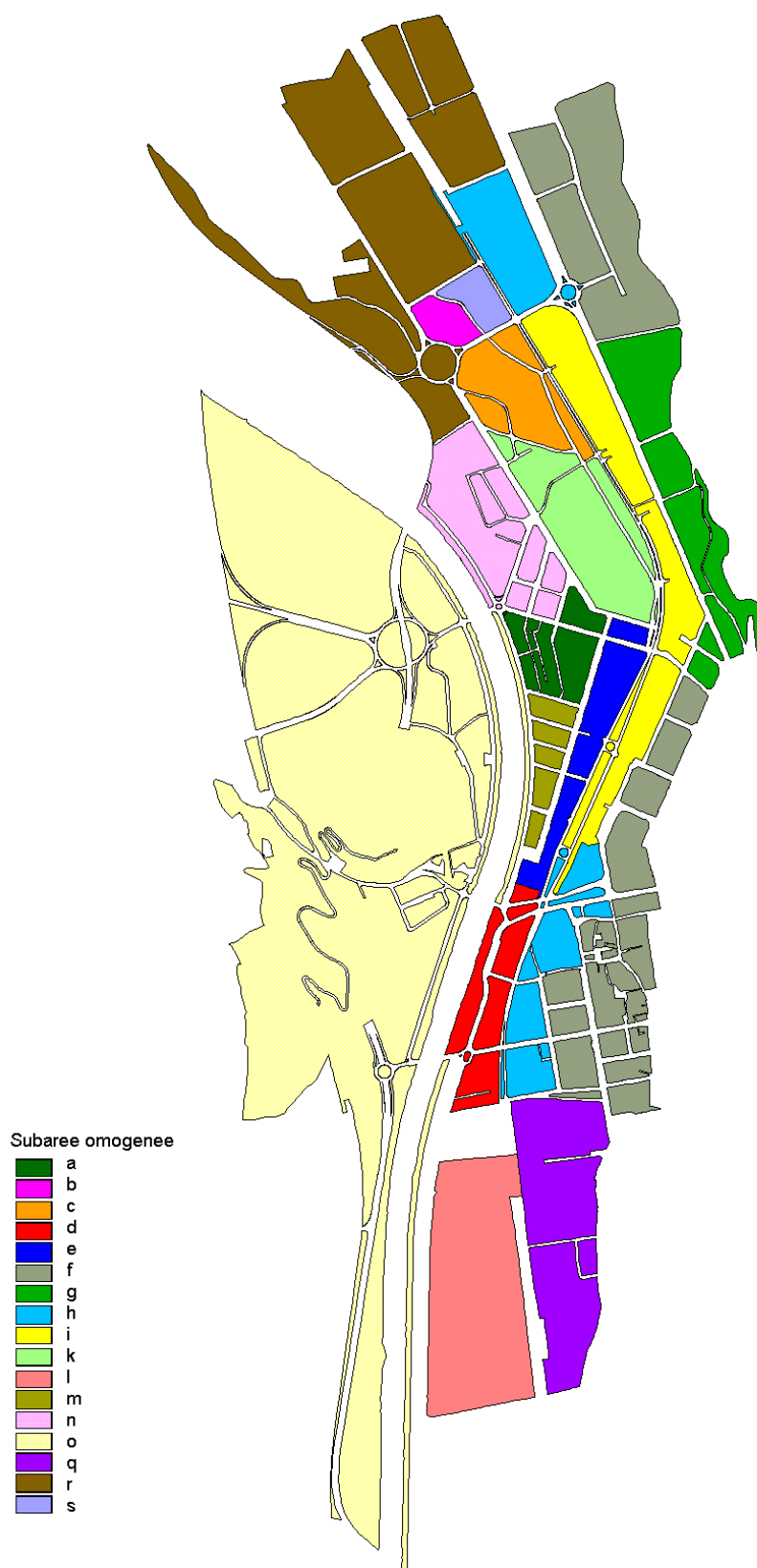


Tabella 7. Caratteristiche delle subaree individuate

Subaree omogenee	Effetto accessibilità		Effetto qualità urbana	Effetto qualità ambientale		Effetto sinergie commerciali
	Posizione relativa*	Minuti guadagnati		Inquinam. acustico	Presenza di verde	
a	10	2				Y
b	12	2		Y		
c	10	2	Y	Y	Y	Y
d	5	2	Y	Y	Y	
e	5	2	Y	Y	Y	Y
f	2	0		Y		
g	2	0		Y		Y
h	3	0	Y	Y	Y	
i	3	0	Y	Y	Y	Y
k	12	3	Y	Y	Y	Y
l	10	0	Y	Y	Y	Y
m	8	3		Y		Y
n	12	3				
o	12	1				
q	5	0				Y
r	15	2				
s	12	2	Y	Y	Y	

* Distanza in minuti dal centro con l'auto

4.2. Risultati nella simulazione degli incrementi di rendita differenziale

Gli incrementi di rendita differenziale dovuti al progetto di interramento della ferrovia nell'area urbana di Trento sono risultati assai notevoli¹⁹.

L'incremento complessivo del valore patrimoniale dovuto alla sola rendita differenziale risulta di circa 652 milioni di euro, una cifra piuttosto elevata, che copre da sola l'83% delle spese previste per la realizzazione del progetto. Essa infatti rappresenta un incremento del 15% del valore dell'area interessata dal progetto di interramento, ed il 3% del valore patrimoniale degli immobili nell'area urbana di Trento considerata; di questo 3%, circa il 68% riguarda l'incremento patrimoniale di edifici già esistenti, mentre il 32% riguarda l'incremento di valore di edifici di nuova progettazione²⁰ (Tabella 8).

Una grande parte dell'incremento di rendita differenziale è dovuta ad effetti di miglioramento della qualità urbana ed ambientale (circa il 90%, di cui 43% per il miglioramento della qualità urbana e 47% per l'effetto qualità ambientale, comprensiva dell'effetto di miglioramento dell'inquinamento acustico e dell'incremento di verde), a dimostrazione che il mercato valuta questi aspetti in modo consistente e significativo. Nel caso della qualità ambientale, il forte incremento di valore patrimoniale risulta anche per effetto della vasta superficie coinvolta da questo effetto positivo (più di 2.300.000 mq)

¹⁹ L'analisi tecnica appositamente svolta dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale dell'Università di Trento, sotto la responsabilità dei prof. M. Bonfioli e R. Mauro, ha stimato costi complessivi compresi tra 506 e 788 milioni di euro: la cifra da noi presa come riferimento è la più elevata. Cfr. Bonfioli e Mauro (2002), pp. 156-157.

²⁰ I valori patrimoniali delle aree sono stati calcolati considerando una rendita media di 1.800 €/mq.

(Tabella 9c); nel caso della qualità urbana, invece, i mq coinvolti sono molto più limitati, ma è molto elevato il valore attribuito dal mercato a questo elemento (Tabella 9c).

L'effetto accessibilità sembra invece avere un minore impatto sul valore patrimoniale complessivo: si aggira infatti intorno al 4,5%, se si somma all'accessibilità residenziale quella commerciale, un risultato spiegabile da un guadagno limitato in termini di minuti dovuto alla dimensione ridotta della città. La superficie totale coinvolta da questo effetto non risulta di poco conto, pari a più di 1.000.000 mq (Tabella 9c).

L'effetto "sinergie commerciali", benché fortemente incidente sul valore immobiliare di edifici destinati a pubblico esercizio (1.091 euro al mq), partecipa per solo il 5,8% all'incremento generale, per la maggior parte (62%) su progetti di nuova costruzione e solo per il 38% come rivalutazione di attività commerciali già esistenti. La bassa incidenza di questa caratteristica è facilmente spiegabile dalla necessaria ridotta superficie destinata a pubblico esercizio rispetto a quella destinata a residenze private e uffici (Tabella 9a).

Tabella 8. Incrementi di rendita differenziale per tipo di edifici e caratteristiche (€)

Valore patrimoniale attuale dell'area urbana di Trento						20.904.464.400	
Incremento percentuale di rendita differenziale sull'area urbana di Trento						3,12	
Valore patrimoniale attuale dell'area direttamente interessata dal progetto						4.189.513.440	
Incremento percentuale di rendita differenziale sull'area direttamente interessata						15,57	
Tipologie di edifici	Effetto accessibilità		Effetto qualità urbana	Effetto qualità ambientale		Effetto sinergie commerciali	Totale
	Accessibilità residenziale	Accessibilità commerciale		Inquinamento acustico	Verde		
Edifici esistenti							
Residenze	17.815.396	-	103.342.141	119.870.498	15.188.067	-	256.216.102
Uffici	5.517.754	-	86.610.343	66.158.388	12.729.016	-	171.015.501
Negozi	-	649.897	-	-	-	14.348.242	14.998.139
Totale esistenti	23.333.150	649.897	189.952.484	186.028.886	27.917.083	14.348.242	442.229.742
Incidenza %	5,28	0,15	42,95	42,07	6,31	3,24	100,00
Progetti							
Residenze	2.307.460	-	50.426.298	38.275.941	7.411.091	-	98.420.789
Uffici	2.878.886	-	40.038.939	39.147.600	5.884.474	-	87.949.898
Negozi	-	0	-	-	-	23.789.722	23.789.722
Totale progetti	5.186.346	0	90.465.237	77.423.540	13.295.565	23.789.722	210.160.409
Incidenza %	2,47	0,00	43,05	36,84	6,33	11,32	100,00
Totale							
Residenze	20.122.856	-	153.768.439	158.146.439	22.599.158	-	354.636.891
Uffici	8.396.640	-	126.649.282	105.305.988	18.613.489	-	258.965.399
Negozi	-	649.897	-	-	-	38.137.963	38.787.861
Totale complessivo	28.519.495	649.897	280.417.721	263.452.427	41.212.647	38.137.963	652.390.151
Incidenza %	4,37	0,10	42,98	40,38	6,32	5,85	100,00

Tabella 9. Calcolo degli incrementi di rendita differenziale

a) Calcolo degli incrementi con variabili dicotomiche

	Mq residenze		Mq uffici		Mq attività commerciali		Prezzo edonico (€/mq)	Rendita differenziale
	Esistenti	Progetti	Esistenti	Progetti	Esistenti	Progetti		
Qualità urbana	316.031	118.622	264.863	94.187	-	-	327	280.417.721
Qualità ambientale								
- Inquin. acustico	758.674	186.348	418.724	190.592	-	-	158	263.452.427
- Verde	316.418	118.767	265.188	94.302	-	-	48	41.212.648
Sinergie commerciali	-	-			13.142	21.789	1091,8	38.137.964

b) Calcolo degli incrementi con variabili continue

	Mq residenze		Mq uffici		Mq attività commerciali		P. edon.	Min. guad.	Rendita differenziale
	Esistenti	Progetti	Esistenti	Progetti	Esistenti	Progetti			
Accessibilità residenziale									
- 5 minuti	91.613	13.991	130.056	40.657	-	-	19	2	15.200.509
- 8 minuti	47.651	0	0	0	-	-	16	3	2.287.248
- 10 min	126.071	746	26.427	4.667	-	-	13	2	4.677.416
- 12 min a	123.945	25.962	2.897	0	-	-	11	1	1.788.826
- 12 min b	19.953	2.641	9708	0	-	-	11	2	877.578
- 12 min c	204.659	4.479	118.619	36.745	-	-	11	3	15.661.817
- 15min	10.644	36.620	7.405	0	-	-	10	2	1.416.770
Totale	624.536	84.439	295.112	82.069	-	-	-	-	41.910.163
Accessibilità commerciale									
- 7 min	-	-	-	-	1.028	0	69	2	141.864
- 10 min a	-	-	-	-	414	0	46	2	38.088
- 10 min b	-	-	-	-	1.524	0	46	3	210.312
- 13 min	-	-	-	-	500	0	35	3	52.500
- 15 min	-	-	-	-	3.067	0	29	2	177.886
- 18 min	-	-	-	-	1.082	0	24	1	25.968
Totale	-	-	-	-	7.615	0	-	-	646.618

c) Superfici totali coinvolte dai diversi effetti

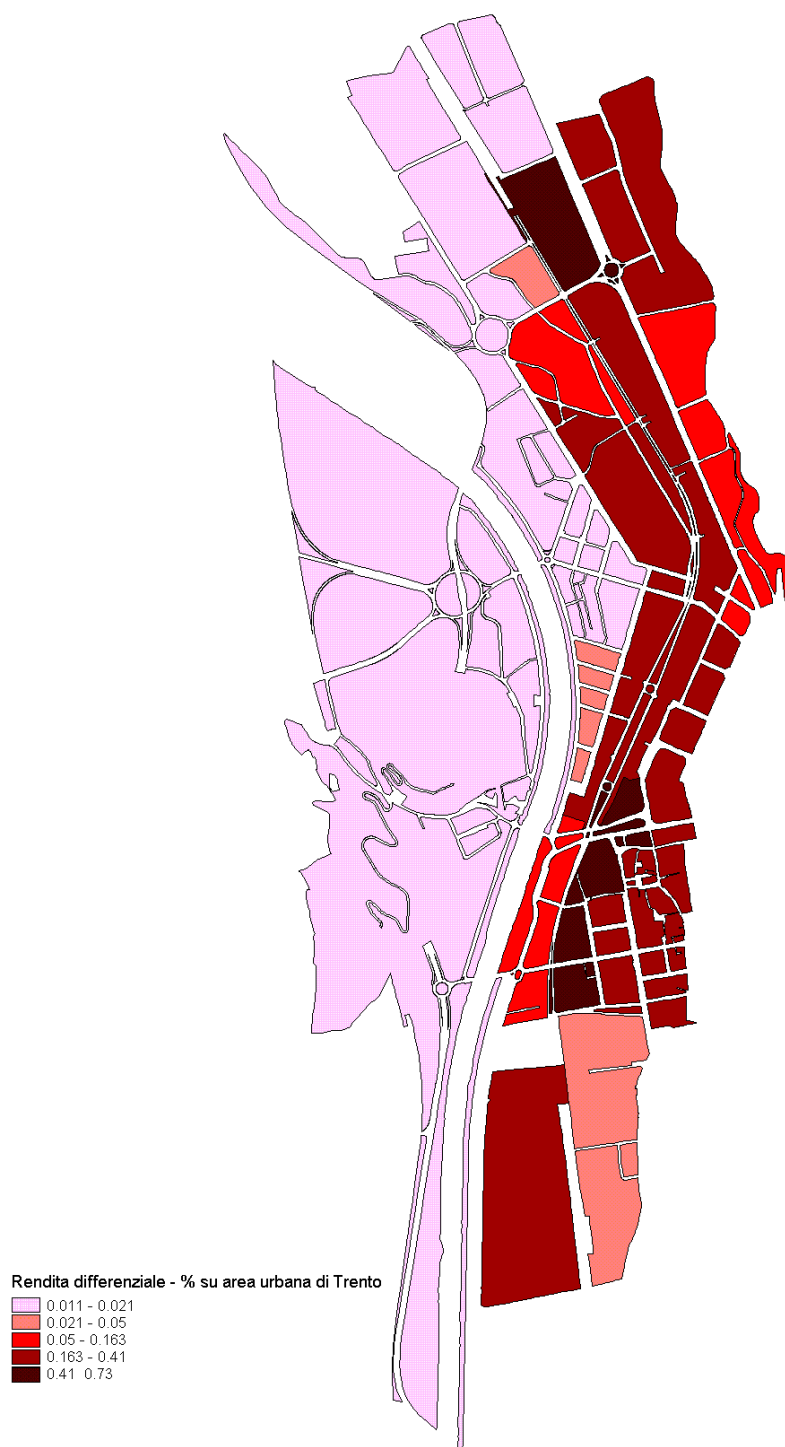
	Mq
Effetto qualità urbana	793.704
Effetto qualità ambientale	2.349.014
Effetto profitto potenziale	34.931
Effetto accessibilità	1.093.771

Analizzando la distribuzione per aree dell'incremento di rendita differenziale, calcolato come incremento di ogni singola area sul valore patrimoniale dell'area urbana di Trento²¹, appare evidente che le aree nelle quali avviene l'incremento patrimoniale più marcato sono le aree lungo la ferrovia, che traggono ampiamente vantaggio dagli effetti di qualità urbana e ambientale (Figura 3); tra queste, spiccano incrementi significativi in aree la cui destinazione d'uso è prevista anche commerciale. Inoltre, man mano che ci si allontana dalle aree direttamente sulla ferrovia, l'incremento percentuale del valore immobiliare diminuisce.

²¹ Per "area urbana di Trento" si intende qui l'aggregazione dei comuni catastali di Trento, Villazzano, Ravina, Sardagna, Cognola e Gardolo, mentre sono stati esclusi i comuni catastali montani, che ben difficilmente godrebbero di questo effetto generalizzato di incremento di attrattività, data la loro localizzazione geografica.

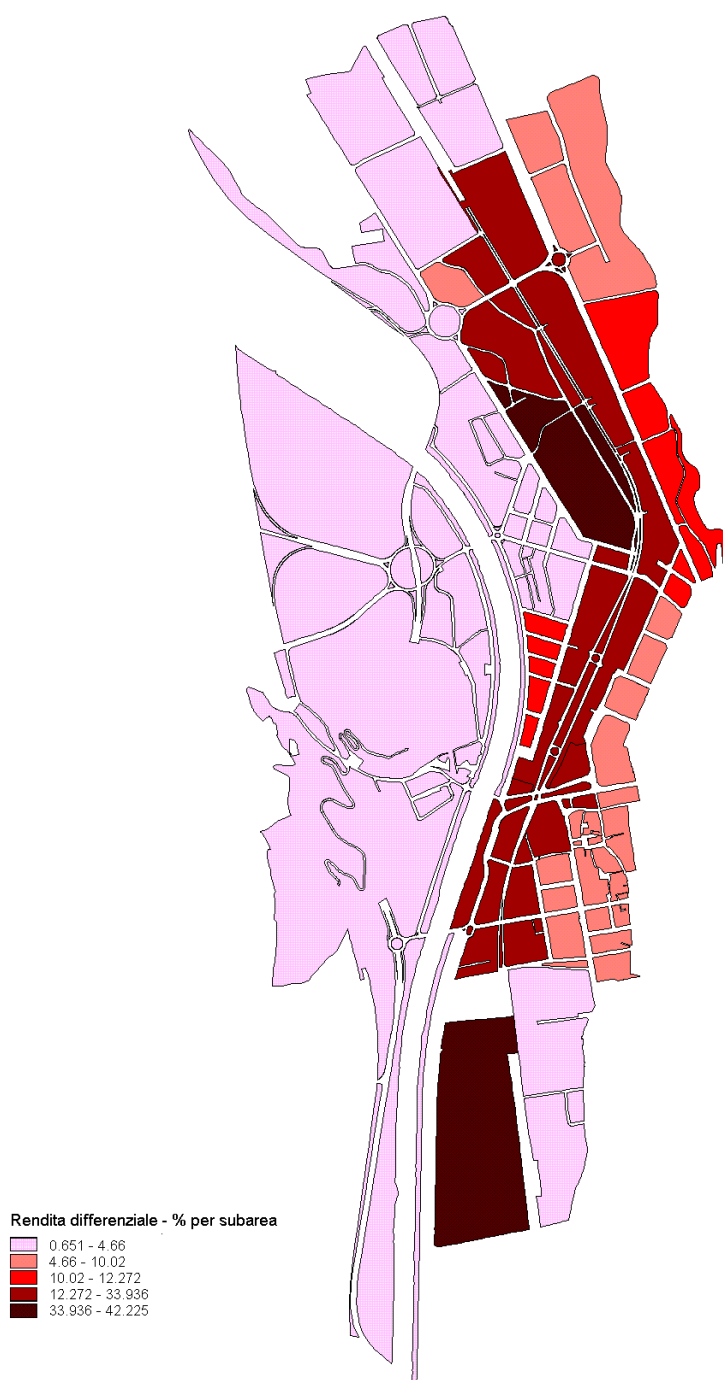
Di nuovo, l'effetto accessibilità non emerge come fondamentale nella determinazione del vantaggio patrimoniale; le aree ad ovest della ferrovia non sembrano infatti registrare, coeteris paribus, incrementi significativamente differenti da quelli che caratterizzano le aree ad est di quest'ultima, per definizione non coinvolte dall'effetto accessibilità.

Figura 3. Incremento del valore patrimoniale per effetti di rendita differenziale % sul valore dell'area urbana di Trento



Un altro modo di rappresentare gli incrementi di rendita differenziale è di rapportarli al valore del patrimonio attuale sulla rispettiva subarea (Figura 4); in questo caso è possibile far emergere le aree che ottengono una maggiore rivalutazione rispetto al loro attuale valore. In genere, si tratta di aree dismesse, il cui valore immobiliare al momento è molto basso, come l'ex area Michelin e l'ex area Carbochimica Sloi, principali destinatarie di progetti di riqualificazione di ampia portata.

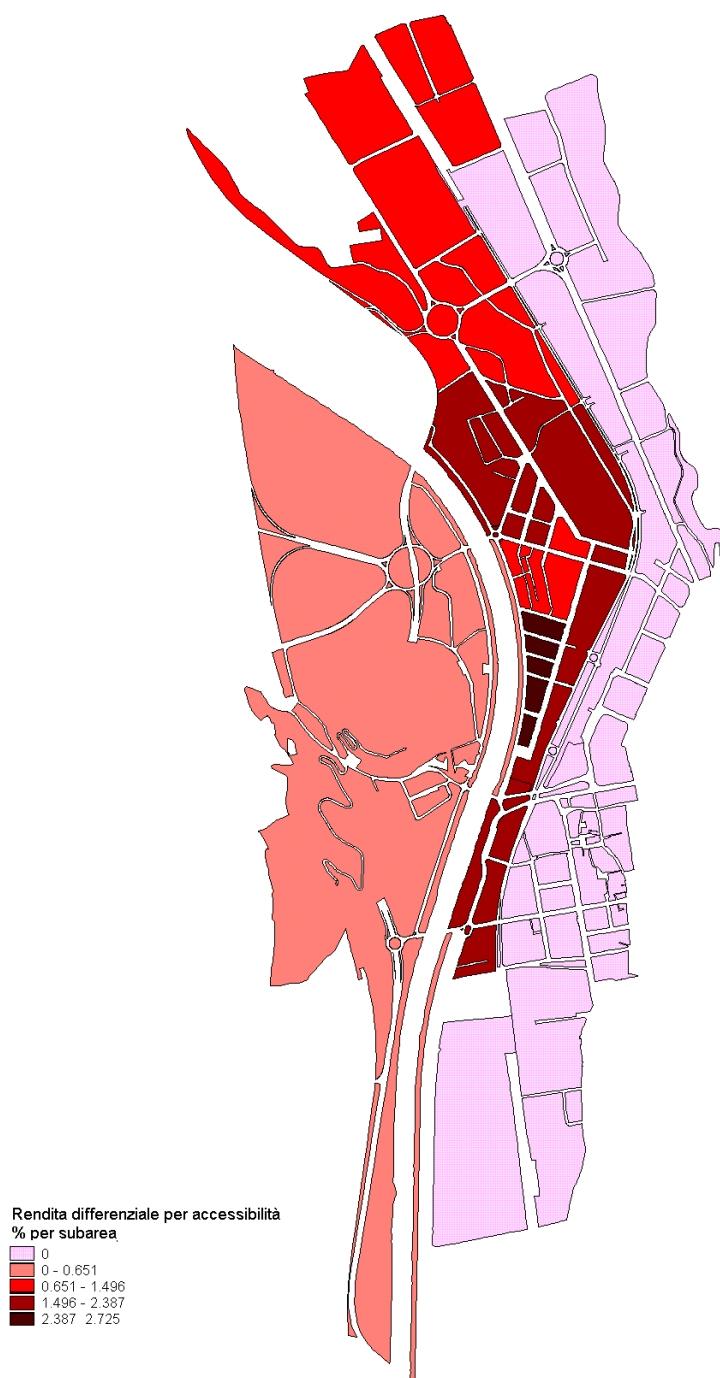
Figura 4. Incremento del valore patrimoniale per effetti di rendita differenziale % sul valore delle subaree



Dalla Figura 4 emerge che le aree lungo la ferrovia incrementano in media il valore patrimoniale del 25%. Inoltre, particolarmente evidente risulta la crescita di valore immobiliare per l'area ex Michelin e le aree a nord della città, ex Carbochimica - SLOI ed OET, intorno al 40%. Meno incidente risulta l'effetto per le aree ad ovest e lontane dalla ferrovia, il cui incremento di valore è dovuto al solo effetto accessibilità, di scarsa incidenza sull'incremento totale di valore.

Interessante appare una restituzione su mappa dell'incremento percentuale nelle subaree per singoli effetti (Figura 5-6).

Figura 5. Effetto accessibilità



L'effetto accessibilità si presenta nelle aree ad ovest della ferrovia, e decrescente man mano che ci si allontana dal centro, ad indicare un gradiente della rendita negativo, ossia un'incidenza della distanza dal centro sul valore patrimoniale decrescente. Gli incrementi si aggirano su valori tra l'1,5 e il 3%, e colpiscono in particolare le aree lontane dagli attraversamenti automobilistici (Figura 5). Per queste aree, infatti, l'eliminazione della barriera con il centro incide significativamente sul tempo di percorrenza per raggiungere il centro. Vantaggi minori saranno guadagnati dalle aree ad ovest del fiume. In questo caso infatti i principali percorsi, attraverso i ponti, rimangono invariati, e di conseguenza l'effetto complessivo è minore. Infine, rimane invariata la rendita delle aree ad est della ferrovia, per le quali non si verifica alcun cambiamento in termini di accessibilità.

La figura relativa all'effetto qualità urbana mostra i maggiori incrementi di rendita differenziale nelle aree dello scalo Filzi e nelle aree a nord di questo, lungo la ferrovia (ex OET e SLOI), che più di tutte beneficiano dei nuovi interventi. Tutte queste aree presentano infatti incrementi di rendita superiori al 20%. Sono favorevolmente colpite da questo effetto anche le altre aree direttamente affacciate sul futuro boulevard. Ricordiamo che l'effetto di qualità urbana è molto importante, poiché spiega quasi la metà dell'effetto totale (Figura 6).

Altrettanto importante è l'effetto di qualità ambientale, in particolare per quanto riguarda l'inquinamento acustico, per gli edifici nel raggio di 200 metri dalla ferrovia. Anche in questo caso, le aree maggiormente interessate sono quelle dello scalo Filzi, OET e SLOI, seguite dalle aree della stazione e dei futuri uffici della provincia, con incrementi compresi tra l'8 e il 10% del valore della subarea considerata.

L'ultimo fattore rilevante considerato è l'aumento di sinergie commerciali, generato da interventi mirati ad aumentare l'attività commerciale dell'area. Tali interventi sono ristretti a poche aree e, di conseguenza, anche l'incremento di rendita differenziale dovuto a questo fattore è selettivo, limitato alle attuali aree commerciali o alle aree con destinazione d'uso commerciale, come l'area della stazione Trento-Malé, di Metropolis, della ex Carbochimica e dell'ex Michelin per la quale l'incremento è addirittura del 15%.

4.2. Metodologia e risultati della simulazione degli incrementi di rendita assoluta

In questo paragrafo si presenta una valutazione scenariale dell'incremento di attrattività generalizzata e pertanto di valore patrimoniale per l'intera area del comune di Trento, in seguito alla realizzazione del progetto di interramento. E' un incremento che si spalma in modo indifferenziato sulla città nel suo insieme, astraendo da differenze tra subaree urbane.

Essendo quanto mai complesso azzardare ipotesi sull'incremento di rendita assoluta, si è deciso di ragionare con una logica a ritroso; dai calcoli appare evidente che anche un solo limitato incremento generale dei valori immobiliari dello 0,65% conduce al break-even economico del progetto, ossia ad una condizione in cui i benefici patrimoniali uguagliano i costi del progetto stesso, stimati al massimo in 788 milioni di euro (Tabella 10). È pertanto sufficiente un incremento di rendita assoluta piuttosto ridotto perché il progetto sia

profittevole. Un'analisi sull'andamento dei valori immobiliari nell'area di Trento (Figura 7) mostra la costante tendenza all'aumento dei valori medi, rafforzatosi negli ultimi anni; possiamo facilmente ipotizzare che da un progetto urbanistico della portata di quello che stiamo discutendo è facilmente ottenibile un tasso di crescita dello 0,65% una tantum.

Figura 6. Effetto qualità urbana

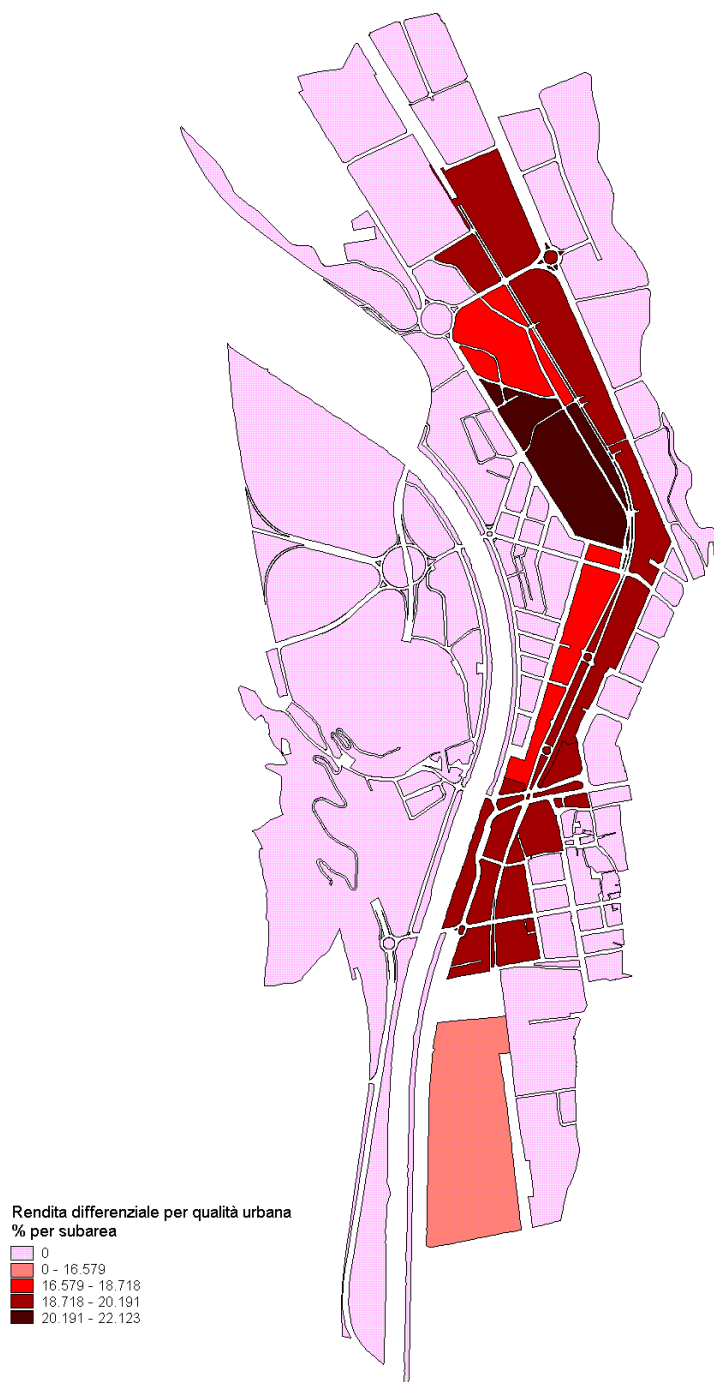
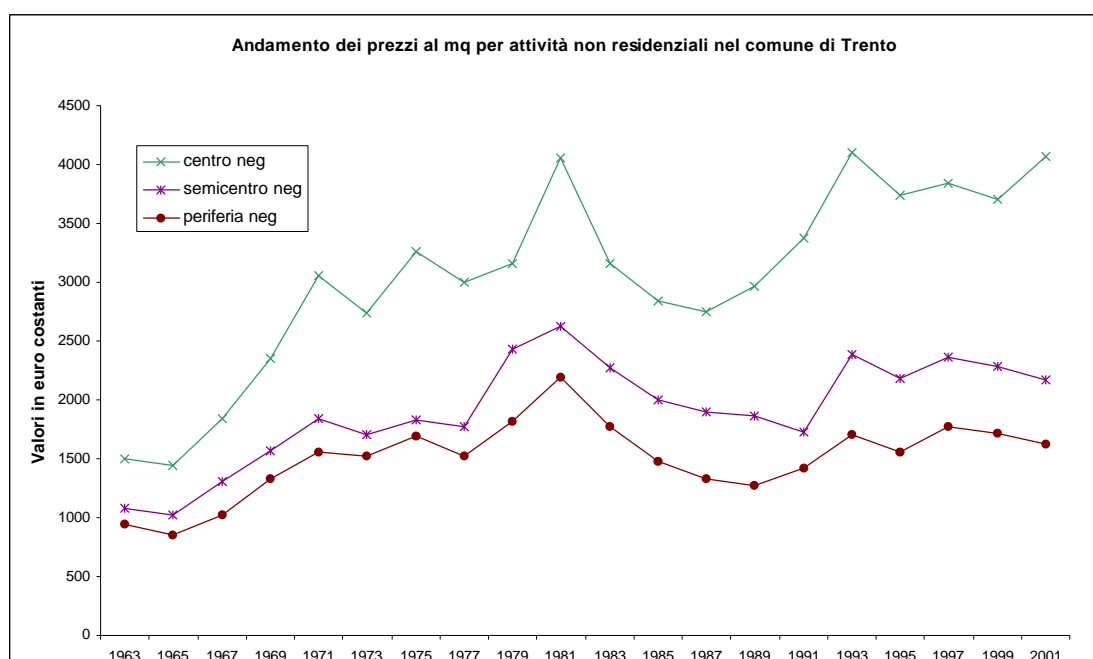
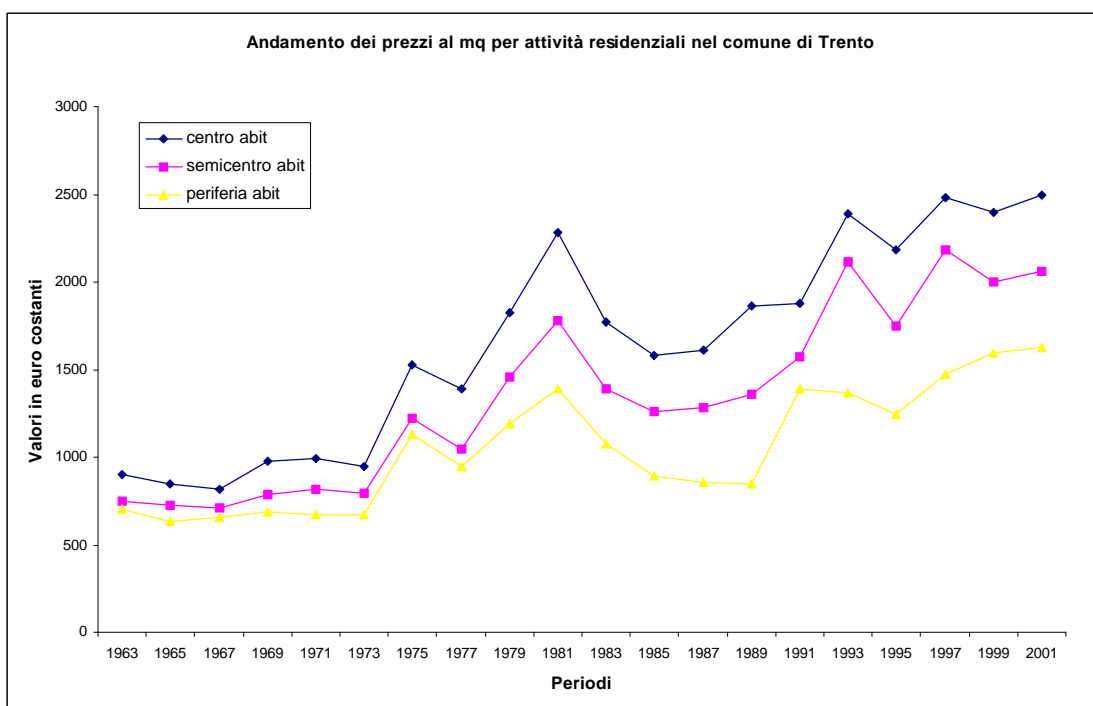


Tabella 10. Incremento di rendita assoluta, incrementale e beneficio patrimoniale (€)

Incrementi % del valore patrimoniale	Incremento di rendita assoluta	Incremento di rendita differenziale	Beneficio patrimoniale
0,50%	104.522.322	652.390.151	756.912.473
0,60%	125.426.786	652.390.151	777.816.938
0,65%	135.609.849	652.390.151	788.000.000
0,75%	156.783.483	652.390.151	809.173.634
1,00%	209.044.644	652.390.151	861.434.795
1,50%	313.566.966	652.390.151	965.957.117
2,00%	418.089.288	652.390.151	1.070.479.439

Figura 7. Andamento dei prezzi degli immobili a Trento dal 1963 al 2001



Un incremento dei valori immobiliari pari all'1%, che costituisce la metà dell'incremento medio annuo degli ultimi vent'anni, è sufficiente infatti a creare considerevoli vantaggi patrimoniali; in questo senso, ci sentiamo pertanto di poter affermare che il progetto di interramento è in grado di generare un guadagno netto. Inoltre, preme ricordare che l'incremento della sola rendita differenziale è tale da coprire già di per sé il costo intermedio tra i due estremi indicati, pari a circa 644 milioni di euro.

5. Conclusioni

Con una metodologia in grado di monetizzare alcuni vantaggi che si ottengono dal progetto, quali accessibilità e qualità urbana, lo studio ha messo in luce i benefici patrimoniali che il progetto genera, espressivi dell'aumento di benessere collettivo a seguito dell'intervento di interramento della ferrovia. La metodologia di valutazione presentata ha suddiviso l'incremento patrimoniale tra incremento di rendita differenziale, ossia incremento di valore patrimoniale che scaturisce dalle condizioni relative delle singole subaree urbane, e rendita assoluta, ossia aumento del valore patrimoniale indifferenziato su tutta l'area urbana, a seguito della maggiore attrattività complessiva della città di Trento per localizzazioni residenziali e produttive.

La valutazione economica del progetto di interramento della ferrovia nel Comune di Trento, qui presentata, risulta molto incoraggiante circa la profittabilità collettiva del progetto:

- l'incremento dei benefici patrimoniali in termini di rendita differenziale è molto significativo; in valore assoluto si aggira sui 650 milioni di euro, generati prevalentemente dagli effetti di miglioramento della qualità urbana ed ambientale nelle aree più vicine alla attuale ferrovia. Questo valore copre circa l'83% dei costi previsti;
- l'incremento dei benefici patrimoniali in termini di rendita assoluta richiesto per il pareggio del progetto è esiguo. È sufficiente un incremento dei valori complessivi immobiliari pari allo 0,65% per raggiungere il pareggio economico del progetto, un incremento non difficile da raggiungere, considerando che il trend di crescita medio dei valori immobiliari negli ultimi quarant'anni ha raggiunto il 2,5% annuo. È facile attendersi che questo effetto sia ben maggiore dello 0,65%.

Da quanto ottenuto dalla nostra valutazione, ci sentiamo di poter affermare che l'incremento patrimoniale totale per la città di Trento, dato dalla somma dei due effetti considerati, può facilmente bilanciare e superare i costi, generando un beneficio netto per la città, in termini economici e di utilità sociale.

I risultati positivi raggiunti dalla nostra valutazione ci spingono a ritenere profittevole il progetto dal punto di vista sociale. Questo non significa che è raggiunto un equilibrio economico-finanziario del progetto, ma che la società nel suo complesso ottiene vantaggi superiori ai costi del progetto stesso. Rimangono da identificare le fonti finanziarie del progetto, ad esempio una tassazione una-tantum sugli incrementi di valori immobiliari.

Appendice 1. Descrizione statistica delle variabili utilizzate

Tabella A1. Descrizione statistica delle variabili utilizzate

Variabili per il modello residenziale	valore medio	deviazione standard	valore min	valore max
Prezzo appartamenti al mq.	1860.5	498.1	1100	5500
Prezzo esercizi pubblici al mq.	3799.6	2209.3	642.8	11878.5
Presenza di riscaldamento autonomo	0.74	0.44	0	1
Edificio ristrutturato	0.65	0.47	0	1
Presenza di ascensore in stabili civili, signorili e d'epoca	0.30	0.46	0	1
Presenza della ferrovia a meno di 200 metri	0.36	0.48	0	1
Qualità urbanistica della via*	0.04	0.19	0	1
Presenza di auto in sosta sul marciapiede	0.03	0.17	0	1
Qualità urbanistica e ambientale**	0.02	0.14	0	1
Presenza di parchi	0.91	0.28	0	1
Presenza di alberi	0.57	0.49	0	1
Distanza dal centro in minuti con auto	16.5	8.04	1	32
Variabili per il modello degli esercizi pubblici	valore medio	deviazione standard	valore min	valore max
Valore dell'affitto capitalizzato	3799.6	2209.3	642.8	11878.5
Distanza con l'autobus dal centro	13.12	8.14	0.1	40
Distanza dalla più vicina fermata dei mezzi	43.8	28.9	10	160
Localizzazione distante da vie commer.	0.40	0.49	0	1
Localizzazione su una via commerciale	0.26	0.44	0	1
Zona media centralità***	0.58	0.49	0	1

* Rapporto altezza edificio/larghezza strada < 1/2

** Interazione tra alberi e rapporto altezza edifici / larghezza strada

*** Pubblici esercizi localizzati al di fuori del centro storico, ma con facile accessibilità al centro storico

Appendice 2. Trasformazione dei coefficienti stimati

I valori di \mathbf{b} stimati contengono la trasformazione lineare. Per passare al valore che assumono i coefficienti qualora la funzione fosse lineare, ossia per passare ai prezzi edonici, occorrono i seguenti passaggi. Supposte due equazioni:

$$\begin{aligned} y &= K + \mathbf{b}d \\ Z &= K' + \mathbf{b}'x \end{aligned} \tag{1a}$$

dove:

$$Z = \frac{y^q - 1}{q} \quad (2a)$$

$$x = \frac{d^l - 1}{l}$$

la derivata prima di Z è uguale a:

$$\frac{dZ}{dx} = \frac{dZ}{dy} \frac{dy}{dx} = \frac{dZ}{dy} \frac{dd}{dx} \frac{dy}{dd} \quad (3a)$$

Essendo:

$$\begin{aligned} \frac{dZ}{dx} &= \mathbf{b}' \\ \frac{dy}{dd} &= \mathbf{b} \end{aligned} \quad (4a)$$

la (3a) può essere riscritta come segue:

$$\mathbf{b} = \mathbf{b}' \frac{dy}{dZ} \frac{dx}{dd} \quad (5a)$$

Pertanto:

$$\frac{dy}{dZ} = \left(\frac{dZ}{dy} \right)^{-1} = \left(\frac{q y^{q-1}}{q} \right)^{-1} = \frac{1}{y^{q-1}} = y^{1-q} \quad (6a)$$

Inoltre, essendo

$$\frac{dx}{dd} = d^{l-1} \quad (7a)$$

la (5a) diviene:

$$\mathbf{b} = \mathbf{b}' y^{1-q} d^{l-1} \quad (8a)$$

che rappresenta la trasformazione effettuata sui parametri.

Riferimenti bibliografici

- Anselin L. (1988), *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers, Londra
 Anselin L., Florax R. (eds.) (1995), *New Directions in Spatial Econometrics*, Springer Verlag, Berlino

- Bates L.J., Santerre R.E., (2001), "The Public Demand for Open Space: The Case of Connecticut Communities", *Journal of Urban Economics*, vol.50, 97-111
- Bender B., Gronberg T.J., Hwang H., (1980), *The Review of Economics and Statistics*, vol.62(4), 638-643
- Blomquist G.C., Berger M.C., Hoen J.P. (1988), "New Estimates of Quality of Life in Urban Areas", *The American Economic Review*, vol.78(1), 89-107
- Bonfioli M. e Mauro R. (2002), *Studio di fattibilità per l'interramento della ferrovia del Brennero in Trento*, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale, Università di Trento
- Bowes D.R., Ihlanfeldt K.R., (2001), Identifying the Impacts of Rail Transit Stations on Residential Property Values", *Journal of Urban Economics*, n.50, 1-25
- Box G.E.P., Cox D.R., (1964), "An Analysis of Transformations", *The Journal of the Royal Statistic Society*, n.2, 211-252
- Brown J.N., Rosen H.S., (1982), "On the Estimation of Structural Hedonic Price Models", *Econometrica*, vol. 50(3), 765-768
- Camagni R. (1992), *Economia Urbana*, NIS, Roma
- Capello R. (2004) "Una valutazione di accessibilità e qualità urbana: una stima di prezzi edonici nella città di Trento", in Bollino C.A. e Diappi L. (a cura di), FrancoAngeli, Milano
- Cheshire P., Sheppard S., (1995), "On the Price Land and the Value of Amenities", *Economica*, vol.62, 247-267
- Cheshire P., Sheppard S., (1997), "Welfare Economics of Land Use Regulation", Research papers in Environmental and Spatial Analysis, London School of Economics
- Cheshire P., Sheppard S., (1998), "Estimating Hedonic Demand Using Single-Market Data: A Practical Solution Using "Nearby" Instruments", Research papers in Environmental and Spatial Analysis, London School of Economics
- Cheshire P., Sheppard S., (2002), "Capitalising the Value of Free Schools: The Impact of Land Supply Constraints", articolo presentato alla Conference on the Analysis of Urban Land Markets and the Impact of Land Market Regulation, Cambridge MA
- Cobb S., (1984), "The Impact of Site Characteristics on Housing Cost Estimates", *Journal of Urban Economics*, n.15, 26-45
- Corielli F., Frigeri P., Messori A., Tedeschi P., (1996), "Applicazione della teoria dei prezzi edonici al mercato immobiliare milanese" in Camagni R. (a cura di) *Economia e pianificazione della città sostenibile*, Il Mulino, Bologna, pp. 123-144
- Deaton A., Muellbauer J., (1980), "An Almost Ideal Demand System", *The American Economic Review*, vol.70(3), 312-326
- Epplé D., (1987), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Estimating Demand and Supply Functions for Differential Products", *The Journal of Political Economy*, vol. 95(1), 59-80
- Fahri A. (1973), "Urban economic growth and conflicts: a theoretical approach", *Papers and Proceedings of the RSA*, n. 31, p. 95-124
- Freeman M. A. III, (1971), "Air Pollution and Property Values: A Methodological Comment", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 53(4), 415-416
- Freeman M.A. III, (1979), "The Hedonic Price Approach to Measuring Demand for Neighborhood characteristics" in Segal D. (ed.) *The Economics of Neighborhood*, Academic Press, New York
- Fujita M. (1989), *Urban economic theory*, Cambridge University Press, Cambridge Mass
- Goodman A.C., (1998), Andrew Court and the Invention of Hedonic Price Analysis", *Journal of Urban Economics*, n. 44, 291-298
- Gyourko J., Tracy J., (1991), "The Structure of Local Public Finance and the Quality of Life", *The Journal of Political Economy*, vol. 99 (4), 774-806
- Harvey D. (1973), *Social justice and the city*, Edward Arnold Publisher, London

- Jackson J.R., Johnson R.C., Kaserman D.L., (1984), "The Measurement of Land Prices and the Elasticity of Substitution in Housing Production", *Journal of Urban Economics*, n.16, 1-12
- Linneman P., (1980), "Some Empirical Results on the Nature of the Hedonic Price Function for the Urban Housing Market", *Journal of Urban Economics*, n.8, 47-68
- Lipiez A. (1974), *Le tribut foncier urbain*, Maspero, Paris
- Lipiez A. (1978), "Terre,rente et rareté", *Revue d'economie politique*, n. 5, p. 746-54
- Paci R. e Usai S. (1999), "Externalities, Knowledge Spillovers and the Spatial Distribution of Innovation", *GeoJournal*, n. 49, pp. 381-390
- Ridker R.G., Henning J.A., (1967), "The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 49(2), 246-257
- Roback J., (1982), "Wages, Rents, and the Quality of Life", *The Journal of Political Economy*, vol.90(6), 1257-1278
- Rosen S., (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *The Journal of Political Economy*, vol.82 (1), 34-55
- Scott A. (1976), "Land use and commodity production", *Regional Science and Urban Economics*, n. 6, 147-60
- Sivitanidou R., (1996), "Do Office- Commercial firms Value Access to Service Employment Centers? A Hedonic Value Analysis within Polycentric Los Angeles", *Journal of Urban Economics*, vol.40, 125-149
- Small K.A., (1975), "Air Pollution and Property Values: Further Comment", *The Review of Economics and Statistics*, vol.57(1), 105-107
- Topalov C., (1984), *Le profit, la rente et la ville*, Economica, Paris
- Tse R.Y.C., (2002), "Estimating Neighbourhood Effects in House Prices: Towards a New Hedonic Model Approach", *Urban studies*, vol.39 (7), 1165-1180
- Wilkinson R.K., (1973), "House Prices and Measurement of Externalities", *The Economic Journal*, vol.83(329), 72-86