



Università
Ca' Foscari
Venezia

**Dipartimento
di Management**

Note di Ricerca

**Marco Fasan, Jessica Labriola
and Pier Paolo Pentucci**

**Accessibilità e
programmazione dei trasporti
interregionali: una
prospettiva di metodo**

Nota di Ricerca n. 3/2019
Dicembre 2019

ISSN: 2239-415X



Questa Nota di Ricerca è pubblicata a cura del Dipartimento di Management dell'Università Ca' Foscari Venezia. Il lavoro rappresenta esclusivamente le opinioni degli autori e non impegna la responsabilità del Dipartimento o dell'Università. Le Note di Ricerca intendono promuovere la circolazione di ricerca per favorire discussioni e commenti. Si invita a tener conto della loro natura provvisoria per eventuali citazioni o ogni altro uso.



Accessibilità e programmazione dei trasporti interregionali: una proposta di metodo.

Marco Fasan,
mark.fasan@unive.it
Dipartimento di Management
Università Cà Foscari di Venezia

Jessica Labriola
Jessica.labriola@tiscali.it
External Expert
Progetto Crossmoby

Pier Paolo Pentucci
pierpaolo.pentucci@unive.it
Dipartimento di Management
Università Cà Foscari di Venezia

(Dicembre 2019)

Abstract. Questa nota di ricerca presenta il lavoro di analisi svolto per la definizione di un indicatore di accessibilità nell'ambito della pianificazione e programmazione dei trasporti interregionali. Nonostante il concetto di accessibilità sia molto diffuso e popolare nell'ambito degli studi di mobilità sostenibile, la sua applicazione da parte degli enti preposti alla gestione dei sistemi di mobilità è alquanto limitata. Tra le principali ragioni che ostacolano una diffusione sistematica di indicatori di accessibilità vi sono sicuramente la complessità intrinseca nel concetto di accessibilità, che presenta una ampia varietà di valenze interpretative, e la conseguente difficoltà nel quantificarlo. Inoltre, le rilevazioni necessarie per gli indicatori che sono stati presentati in letteratura richiedono spesso dei sistemi di rilevazione molto articolati e approfonditi. Per questi motivi, nell'ambito delle analisi finalizzate allo sviluppo del progetto Crossmoby (Programma Interreg 2014-2020 V-A Italia – Slovenia) è stata formulata una proposta di metodo tesa ad integrare l'analisi di accessibilità nell'ambito della pianificazione e nella programmazione dei trasporti. Questa nota presenta le considerazioni di fondo, la costruzione dell'indice e del dataset, nonché l'applicazione sperimentale di tale indicatore alla tratta Trieste – Lubiana.

Parole chiave: accessibilità, mobilità sostenibile, trasporti interregionali

Corrispondenza:

Marco Fasan
Dipartimento di Management, Università Ca' Foscari Venezia
San Giobbe, Cannaregio 873
30121 Venezia, Italia
e-mail: mark.fasan@unive.it

1) INTRODUZIONE

Questa nota di ricerca presenta una proposta di metodo relativa all'adozione di criteri di valutazione dell'accessibilità nella programmazione dei trasporti interregionali.

Nonostante il concetto di accessibilità sia da tempo centrale negli studi di mobilità, nelle *policies* e in particolare nella programmazione dei trasporti, non si riscontra una diffusione di tale concetto commisurata alla sua popolarità nella ricerca. Ciò è dovuto a più ragioni, tra le quali: a) una relativa indeterminatezza di tale concetto, al quale sono tutt'ora attribuiti più significati, non sempre coerenti e spesso di difficile quantificazione; b) anche in conseguenza del punto precedente, una oggettiva difficoltà nel tradurre il/i concetto/i in misure praticabili.

Questa nota di ricerca affronta il secondo di quei due problemi, formulando una proposta metodologica di carattere esplorativo, che propone un processo di valutazione dell'accessibilità basato su un duplice approccio: misura di un indicatore e valutazione qualitativa dell'accessibilità delle infrastrutture di collegamento intermodale. L'indicatore è costruito con lo scopo specifico di poter essere utilizzato nell'ambito della programmazione dei trasporti di tipo interregionale, essendo quindi caratterizzato al tempo stesso da effettiva misurabilità e da robustezza metodologica. Alla formulazione dell'indicatore, in fatti, si è giunti dopo una rassegna della letteratura in materia e lo studio di alcune esperienze internazionali. La valutazione qualitativa abbinata alla misura dell'indicatore, se da un lato non fa altro che applicare normali valutazioni su distanze e tipo di interconnessioni, dall'altro rappresenta una fase fondamentale per integrare le valutazioni parziali derivanti dalla misura dell'indicatore. Ciò anche a seguito di limiti intrinseci dell'indicatore, legati al fatto che per la sua costruzione si è dovuto circoscrivere l'indice al set di parametri normalmente utilizzati (o quantomeno rilevabili) nella programmazione dei trasporti su scala interregionale (o *cross border*), pena una sua non utilizzabilità pratica.

Tale proposta è stata inoltre testata in un peculiare contesto empirico, ovvero la tratta transfrontaliera Trieste – Lubiana, oggetto del progetto di ricerca che ha finanziato questo studio¹.

2) IL CONCETTO DI ACCESSIBILITÀ E LA SUA RELAZIONE CON LA SOSTENIBILITÀ DEI TRASPORTI

Il tema dell'accessibilità è divenuto particolarmente importante con l'emergere della rilevanza degli aspetti sociali dei trasporti, in particolare per ciò che riguarda l'inclusione sociale e la partecipazione alle attività lavorative e della collettività in generale. A questo concetto è attribuita un'idea del superamento

¹ Questa nota di ricerca si basa su uno studio finanziato dal progetto CROSSMOBY, programma INTERREG V-A Italia-Slovenia 2014-2020, AP 2, OS 2.1, PI 4. (<https://www.ita-slo.eu/it/crossmoby>).

dell'approccio tecnico-funzionale alla mobilità e un allargamento alla valutazione soggettiva da parte dei cittadini della qualità dei servizi e delle potenzialità di fruizione del sistema di trasporto nel complesso.

In linea generale, l'accessibilità esprime la misura in cui una o più persone possono aver accesso a una destinazione, un'attività o un gruppo di attività utilizzando diversi metodi di trasporto. Pertanto, può essere utilizzata per definire cosa può essere raggiunto dalle persone e come in un determinato tempo e spazio.

Negli anni tale concetto ha subito una evoluzione da una accezione prevalentemente spaziale verso una più socio-centrica. A nostra conoscenza tra i primi tentativi di sistematizzare il concetto di accessibilità c'è quello di Hansen (1959), che la definisce in termini di misurazione della distribuzione spaziale delle attività con riferimento ad un punto geografico (Hansen, 1959, 73). Tale definizione, così come quella di Wachs e Kumagai (1973, 441), fanno esplicito riferimento ad una accezione di accessibilità che fa capo alle opportunità di impiego a disposizione del viaggiatore e, indirettamente, a come questo condiziona le scelte di residenzialità. I primi approcci al tema dell'accessibilità hanno una valenza focalizzata sulla mobilità individuale e sull'implementazione delle infrastrutture di utilizzo del suolo. Le contraddizioni insite in una visione dell'accessibilità legata al mero calcolo delle opportunità di accedere a lavoro o a servizi sono state messe in luce da Gudmundsson e Höjer (1996), come ad esempio l'impatto ambientale dell'aumento di accessibilità perseguito attraverso l'aumento dei servizi e delle infrastrutture. Questi autori spiegano inoltre che l'accessibilità è una misura correlata al benessere prima ancora che alla mobilità, poiché l'accesso a servizi e impiego può essere ottenuto anche senza mobilità grazie ad una pianificazione urbana e residenziale ottimale. A partire dalla complessità messa in luce da questo contributo fondamentale, la concezione di accessibilità e, più in generale, di mobilità sostenibile, mira a dare una visione più olistica, legata al tentativo di ridurre, anziché assecondare, la necessità di muoversi (Curtis, 2008), integrare le priorità ambientali (principalmente il consumo di suolo e l'inquinamento) e sociali della pianificazione della mobilità, quest'ultima intesa come inclusione a 360°, quindi non solo come opportunità di accesso alle necessità quotidiane, in primis il lavoro (Geurs & van Wee 2004; Bertolini et al. 2005).

Geurs e van Wee (2004), nel presentare un'ampia rassegna critica sull'evoluzione della nozione di accessibilità, sottolineano quanto essa sia eterogenea e, di conseguenza, la difficoltà di cercare di riunire in un'unica nozione / famiglia di indicatori quella che in realtà è una serie di esigenze di pianificazione urbana e dei trasporti aventi nature molto diverse: consumo del suolo, fruibilità economica e fisica dei servizi, dotazione infrastrutturale, politiche di insediamento, e così via.

La varietà di concezioni di accessibilità di cui si è detto nel paragrafo precedente ha come riflesso, nella pratica, una analoga varietà di approccio nella formulazione indicatori. Papa et al. (2016) hanno individuato cinque macro-categorie di misure dell'accessibilità².

² L'articolo di Papa et al. (2016) elenca 6 categorie di indicatori, ma ci pare che di fatto due categorie menzionate ("cumulative" e "gravity-based" siano parte della medesima categoria, come spiegato nel testo),

- Misure basate sull'utilità: rappresentano le tradizionali misurazioni economiche, con l'estensione di aspetti inclusi nelle teorie del comportamento di viaggio. In sostanza, questo tipo di indicatori parte dal presupposto che un individuo compia una determinata scelta di viaggio in base alla massimizzazione della propria utilità espressa in modo più o meno indiretto in termini di costo. Questo approccio è il primo e probabilmente più diffuso, ma a nostro parere anche quello più semplicistico poiché non tiene conto delle caratterizzazioni del territorio, della diversità di destinazioni e percorsi, né delle soggettività dei viaggiatori, cosa che invece cercano di fare gli approcci successivi.

- Misure di separazione spaziale o misure basate su infrastrutture: riguardano in sostanza le prestazioni della rete di trasporto e includono misure di impedimento alla corsa, come distanza fisica (per modalità), tempo di percorrenza (per modalità), tempo di viaggio (per stato della rete - congestione, flusso libero) e spese di viaggio.

- Misure cumulative: sono basate sul numero di opportunità raggiungibili in funzione di tempo di viaggio, distanza o costo, eventualmente ponderate in funzione di fattori che tengano conto dell'attrattiva della destinazione o di fattori contingenti che tendono a ridurre l'accessibilità (in questo caso Papa et al. Parlano di misure "gravity-based").

- Misure di rete: questo tipo di misure parte da rappresentazioni dei grafi (del tipo di quelle presentate più avanti in questa nota di ricerca) e sviluppa misurazioni di tipo topologico, quindi riguardanti le connessioni tra i nodi, la distribuzione di questi ultimi, ecc.

- Misure basate sull'attività: tali misure hanno una connotazione soggettiva poiché cercano di misurare, in sostanza, il livello di accesso degli individui alle attività distribuite sul territorio; includono quindi l'ubicazione delle attività ma nella prospettiva del singolo *commuter*, e includono anche aspetti di tipo comportamentale. (Papa, Silva, Te Brömmelstroet e Hull, 2016, 64).

3) LA COSTRUZIONE DELL'INDICATORE DI ACCESSIBILITÀ

L'obiettivo principale di questa ricerca è quello di sviluppare un indice che possa fornire, nei limiti del possibile, una visione olistica e multidimensionale dell'accessibilità, ma semplificato rispetto a modelli precedenti, per poter essere utilizzato come strumento di programmazione dei trasporti. In particolare, il contesto di riferimento è quello dei trasporti interregionali, che si caratterizzano rispetto ai percorsi urbani e alle lunghe percorrenze per tipi di vettori più circoscritti rispetto ai primi (tipicamente automobile o bus e treno, con rari casi di mezzi acquei per le frontiere marine, come nel caso della costa adriatica). Questa scelta è strettamente legata alle esigenze conoscitive del citato progetto CROSSMOBY, del quale questa ricerca è parte integrante.

La sintetica classificazione di Papa et al. (2016) è stata usata come riferimento per la riflessione che ha portato alla formulazione dell'indicatore utilizzato per questa ricerca.

Assodato che è impossibile considerare tutte quelle dimensioni congiuntamente (non tanto per la complessità dell'indicatore che ne risulterebbe quanto per il fatto che si finirebbe per includere categorie che esprimono valutazioni in contrasto), si è deciso proporre un indicatore analitico in grado di:

- a) attribuire un valore numerico all'accessibilità di una destinazione o di un'attività sulla base delle principali variabili che, secondo la letteratura, maggiormente influiscono sull'accessibilità e che possono essere oggetto di rilevazione sistematica da parte degli organismi decisori e pianificatori dei trasporti.
- b) sufficientemente flessibile da poter essere declinato e interpretato a seconda delle necessità conoscitive e di programmazione. Lo scopo è infatti quello di supportare il decisore politico nella valutazione dell'efficacia ed efficienza di una determinata strategia.

Le variabili incluse nell'indicatore sono illustrate di seguito.

Velocità media di viaggio - AV_{ij}

La velocità media di viaggio è direttamente proporzionale all'accessibilità di una destinazione o di un'attività. La velocità media influisce positivamente poiché all'aumentare del valore aumenterà anche il valore totale dell'accessibilità. Infatti, se il punto di origine e quello di destinazione sono collegati da un'autostrada, l'accessibilità avrà un valore maggiore, mentre sarà minore nel caso in cui le due località sono collegate da strade urbane o interurbane.

Livello di comfort - CL

Il livello di comfort di viaggio e l'accessibilità sono direttamente proporzionali e all'aumentare del comfort aumenterà anche l'accessibilità. Il livello di comfort può essere definito in vari modi e rappresenta l'unica variabile potenzialmente legata alla percezione soggettiva presente in questo indicatore³. Si tratta quindi di una variabile molto importante soprattutto nella valutazione della modalità di trasporto per un viaggio, ad esempio, nella scelta tra trasporto pubblico o privato. Viaggiare in un treno con una capacità appropriata all'utenza che trasporta fornisce, infatti, un livello di comfort superiore ad un autobus affollato o a un'auto. Il livello di comfort può quindi essere influenzato da un parametro che indichi la possibilità o l'impossibilità di svolgere attività alternativa nel corso dello spostamento. Infatti, viaggiare in treno permette all'utente di spostarsi senza preoccuparsi del raggiungimento della destinazione, consentendogli di svolgere altre attività, siano esse di studio, lavoro o svago. Al contrario, viaggiare con la propria auto consente all'utente di avere più flessibilità di orari, sacrificando tuttavia la possibilità di svolgere attività secondarie durante la guida. In questo senso, potremmo indicare il livello effettivo di comfort come αCL , dove $0 < \alpha \leq 1$ e $\alpha \simeq 1$ indica la possibilità di svolgere facilmente molte attività secondarie durante lo spostamento, al contrario $\alpha \simeq 0$.

³ Ai fini del test empirico questa variabile è stata operativizzata come segue: $1 - \frac{\text{passeggeri reali}}{\text{capacità del mezzo}}$.

Rapporto tra offerta potenziale e domanda potenziale - $\frac{O_j}{D_j}$

Il rapporto tra offerta e domanda potenziale è una variabile utile a incorporare nella formula gli effetti della competizione tra vettori all'interno dell'area o del tragitto considerati nella ricerca. In particolare, l'offerta potenziale è rappresentata dal numero di opportunità disponibili (siano esse diverse modalità di trasporto, numero di fermate, ecc.) mentre la domanda potenziale è ricavata dalla densità media di popolazione. Maggiore è il rapporto e maggiore sarà l'accessibilità totale.

Volume di traffico - TVC

Il volume di traffico (*Traffic Volume Count*) permette di calcolare sia il traffico veicolare sia il traffico pedonale, conteggiando il numero di veicoli o persone che attraversano una determinata area in un intervallo di tempo definito. Il volume di traffico e l'accessibilità sono indirettamente proporzionali. Infatti, il traffico incide negativamente sull'accessibilità totale, poiché una crescita in questa componente determina una riduzione dell'Indice di Accessibilità. Ad esempio, un alto livello di traffico in un'area può limitare l'accesso di alcune persone alla destinazione o, in generale, permettere a meno individui di raggiungere la propria destinazione.

Livello di congestione V/C

Il livello di congestione (*Volume-to-Capacity Ratio*) permette di misurare le prestazioni di una via di comunicazione in differenti contesti. Un alto livello di congestione determina la riduzione dell'accessibilità poiché sarà più difficile raggiungere la propria destinazione a causa di tempi di viaggio e tempi di attesa più lunghi. Congestione e accessibilità sono, pertanto, indirettamente proporzionali.

Lunghezza del tragitto- L_{ij}

La lunghezza del tragitto misura la lunghezza della tratta considerata, ovvero la distanza tra il punto di origine e la destinazione del viaggio. Lunghezza del tragitto e accessibilità sono, anch'esse, indirettamente proporzionali. Infatti, questa componente influisce negativamente sul livello di accessibilità, in quanto un tragitto più lungo può sembrare meno accessibile di una destinazione vicina al punto di partenza.

Tempo di viaggio - T_{ij}

Il tempo di viaggio è un'altra componente fondamentale dell'accessibilità, in quanto indica il tempo necessario a raggiungere la propria destinazione da un punto d'origine. Il tempo di viaggio è indirettamente proporzionale all'accessibilità, poiché un aumento di questa componente determina la riduzione del valore totale di accessibilità.

Costo di viaggio ($e^{-\beta c}$)

Il costo di viaggio e l'accessibilità sono indirettamente proporzionali, infatti all'aumentare del costo l'accessibilità totale diminuisce. La componente che indica i costi di viaggio è qui rappresentata da una funzione esponenziale negativa, che si assume rappresentare al meglio il comportamento dell'utente in viaggio. La somma complessiva dei costi di viaggio è rappresentata dalla variabile c (c_{ij}).

Al fine di definire una funzione di costo più precisa, si è assunto che il ruolo del costo sia influenzato da un parametro di elasticità β che produce un impatto marginalmente decrescente sull'accessibilità stessa. Per questa ragione, la componente del costo è stata espressa come, dove β indica il parametro di elasticità dei costi, ovvero in quale misura la domanda fluttua data una variazione nel costo di viaggio. In altre parole, rappresenta la parte di reddito massima che un individuo è intenzionato a impiegare per l'acquisto dei biglietti per il viaggio o per il pagamento di pedaggi. In un'area delimitata questo parametro può essere considerato costante. Chiaramente, si tratta di un limite importante se si considera la possibilità di poter regolare l'Indice di Accessibilità relativamente a diversi gruppi sociali. Tuttavia, si tratta di una limitazione normalmente accettata nella letteratura.

La formulazione analitica dell'indice è quindi la seguente:

$$\text{Accessibilità totale } A_{ij} = \frac{\mu_1 AV_{ij} \times CL \times \sum_{j=1}^n \mu_{2,j} \frac{O_j}{D_j} e^{-\beta c_{ij}}}{\mu_3 TVC \times \mu_4 V/C \times \mu_5 T_{ij} \times \mu_6 L_{ij}}$$

dove:

A_{ij} = Accessibilità totale

AV_{ij} = velocità media

CL = livello di comfort

O_j/D_j = offerta su domanda potenziale

β = parametro elasticità di costo c_{ij} = costo di viaggio

TVC = volume di traffico

V/C = livello di congestione T_{ij} = tempo di viaggio

L_{ij} = lunghezza del tragitto

4) LA COSTRUZIONE DEL DATASET GEOREFERENZIATO

Come accennato, l'ambito territoriale nel quale si è testato l'indice descritto è ricompreso tra Venezia e Ljubljana, ed è fondamentalmente orientato alla stima dell'accessibilità delle fermate della linea ferroviaria Venezia-Trieste-Ljubljana.

L'analisi aveva come obiettivo di misurare sia l'accessibilità point-to-point: Venezia-Trieste e Trieste-Ljubljana, che l'accessibilità d'area e più in generale della linea ferroviaria in esame.

Al fine di disporre di tutti i dati necessari per la quantificazione dei valori da assegnare alle variabili che costituiscono l'indice di accessibilità, è stato costruito un articolato database georeferenziato⁴ e sono state svolte delle elaborazioni attraverso un modello di assegnazione multimodale (ferro e gomma), software PTV VISUM vers.15, che ha permesso di quantificare: Rapporto tra domanda ed offerta potenziale; Volumi di traffico sulla rete; Velocità medie di viaggio; Tempi di viaggio; Livelli di congestione.

In breve, vengono elencati i dati di INPUT che sono stati raccolti e che costituiscono il database informativo alla base delle elaborazioni:

- 1) Zonizzazione dell'area di studio (a scala comunale): consente di caratterizzare il contesto territoriale ed il livello di aggregazione dei dati, quali: popolazione residente, spostamenti origine/destinazione, reddito medio, tempi di percorrenza, ecc.
- 2) Rete stradale e ferroviaria georeferenziata e caratterizzata: questo complesso di informazioni viene elaborato dal modello di assegnazione dei sistemi di trasporto, e per ogni arco e nodo implementato nel modello che rappresentano la rete di trasporto, vengono inserite tutte le caratteristiche dello specifico elemento, quali ad esempio per un arco stradale: capacità, velocità a rete scarica, curva di deflusso, tipo di mezzo che può utilizzare l'arco, eventuali costi (es: pedaggi), ecc.
- 3) Matrice origine/ destinazione per mezzo di trasporto: Auto privata, Mezzo pubblico (treno o bus);
- 4) Costo del viaggio (es: costo del biglietto ferroviario);
- 5) Sezioni di rilievo del traffico veicolare e ferroviario, utili a “calibrare” il modello multimodale costruito;
- 6) Densità della Popolazione e distribuzione del reddito pro-capite a scala Comunale;

I dati di INPUT descritti hanno permesso di calcolare, attraverso gli strumenti analitici utilizzati, le seguenti variabili (OUTPUT): flussi di traffico (per singolo arco), livelli di saturazione della rete (per singolo arco e di area), velocità medie di viaggio e tempi di viaggio. Di seguito si riportano alcuni esempi delle elaborazioni svolte.

⁴ La costruzione del dataset è stata possibile grazie alla collaborazione costante e continuativa con la direzione infrastrutture e trasporti della Regione Veneto, partner associato del progetto Crossmoby, che ha messo a disposizione le proprie infrastrutture informatiche e ha collaborato nel creare le condizioni per facilitare il reperimento dei dati.

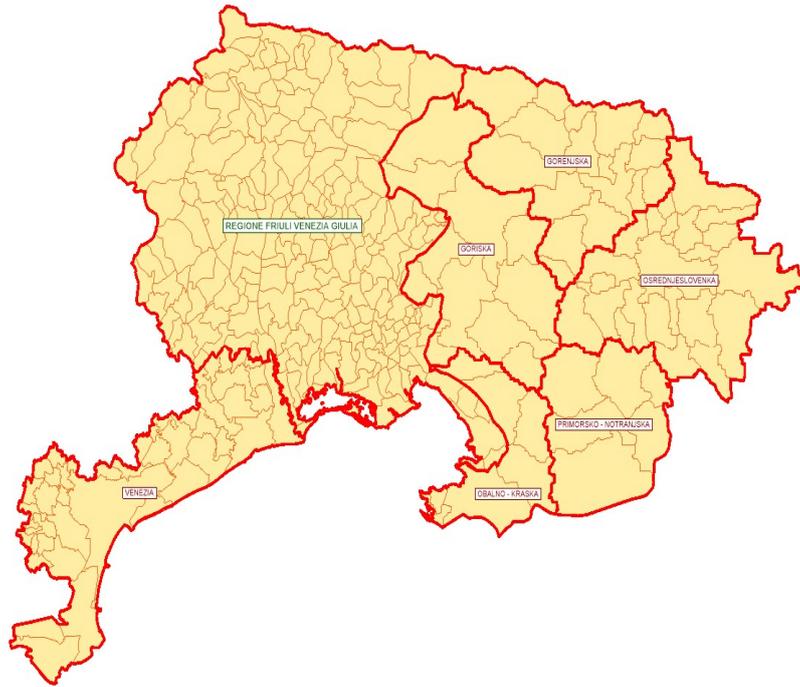


Figura 1 – zonizzazione a scala comunale dell'area di programma

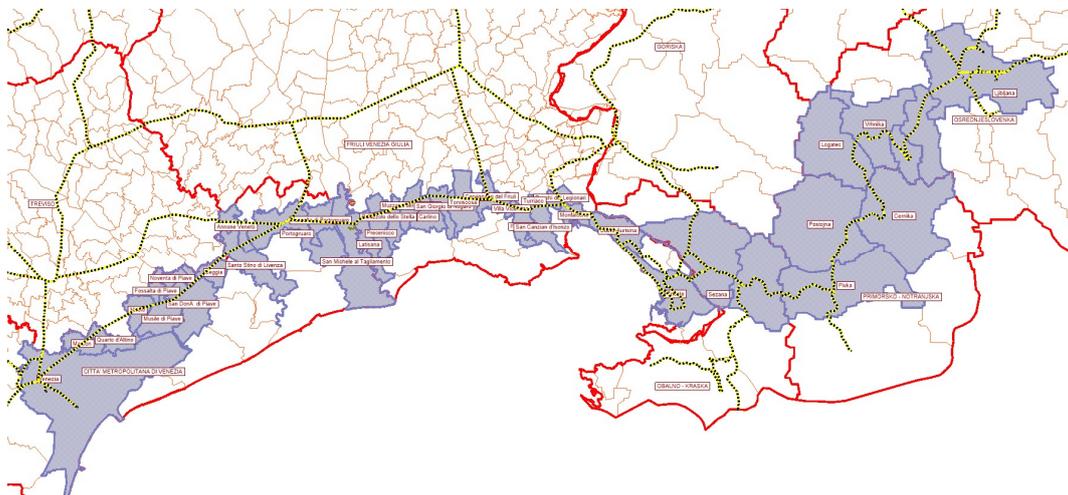


Figura 2 – rete ferroviaria e comuni attraversati

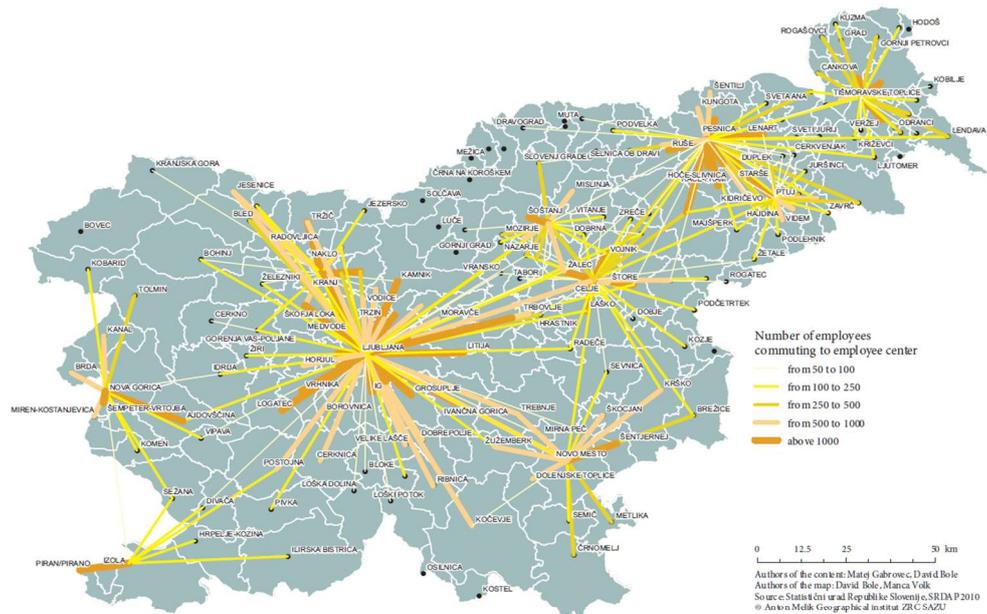


Figura 3 – esempio relazioni od (origine/destinazione) area di Ljubljana e ambiti limitrofi

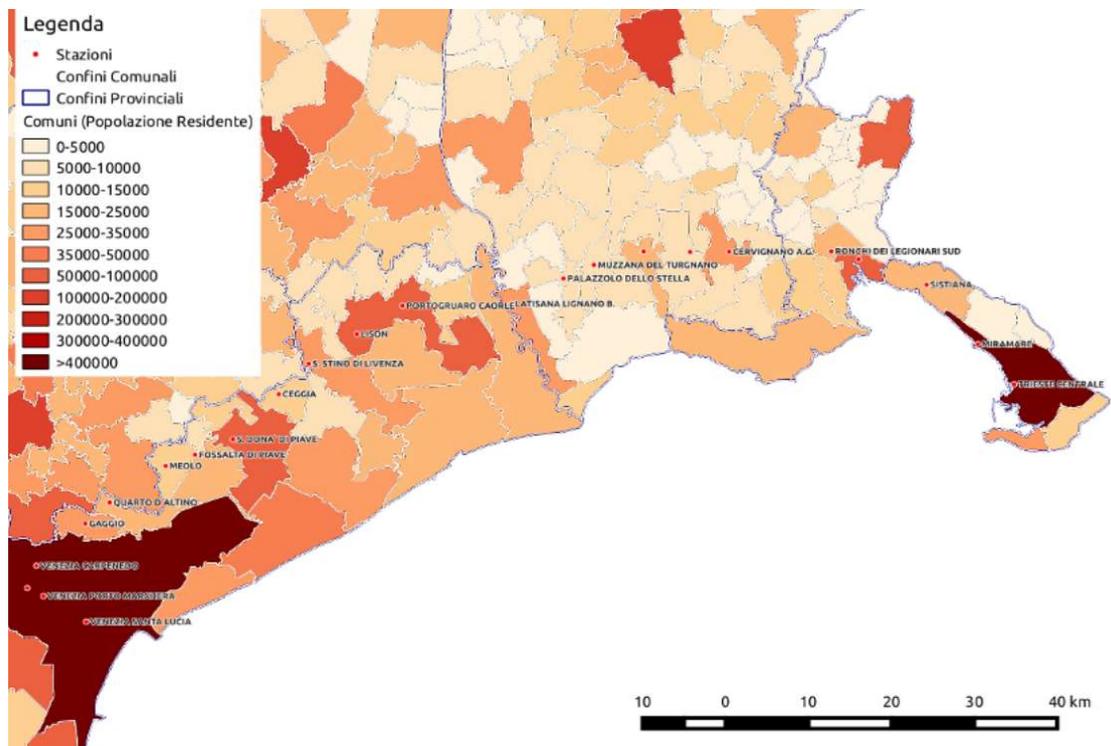


Figura 4 – esempio distribuzione della popolazione nell'area compresa tra Venezia e Trieste

FLUSSOGRAMMI PROVINCIA DI VENEZIA
Stato Attuale - ora di punta 7:00-8:00
giorno feriale tipo Ottobre 2018

Flussogramma
Veicoli leggeri
0 1325 2650 5300

Mezzi pesanti
0 250 500 1000

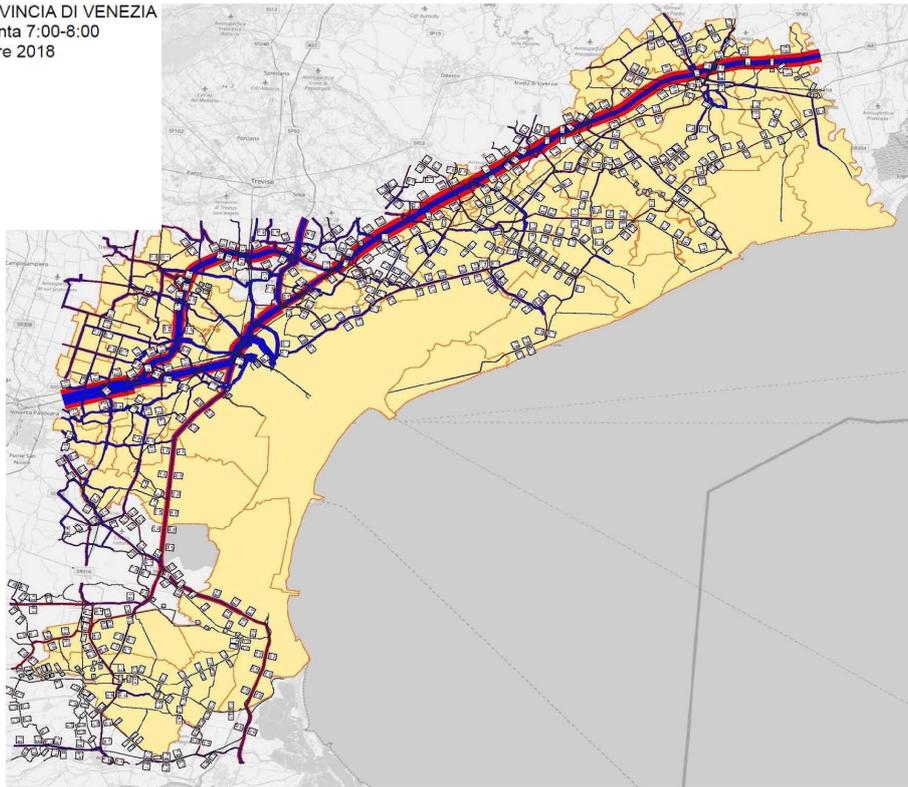


Figura 5 – stralcio rete viaria assegnata – flussi di traffico in ora di punta

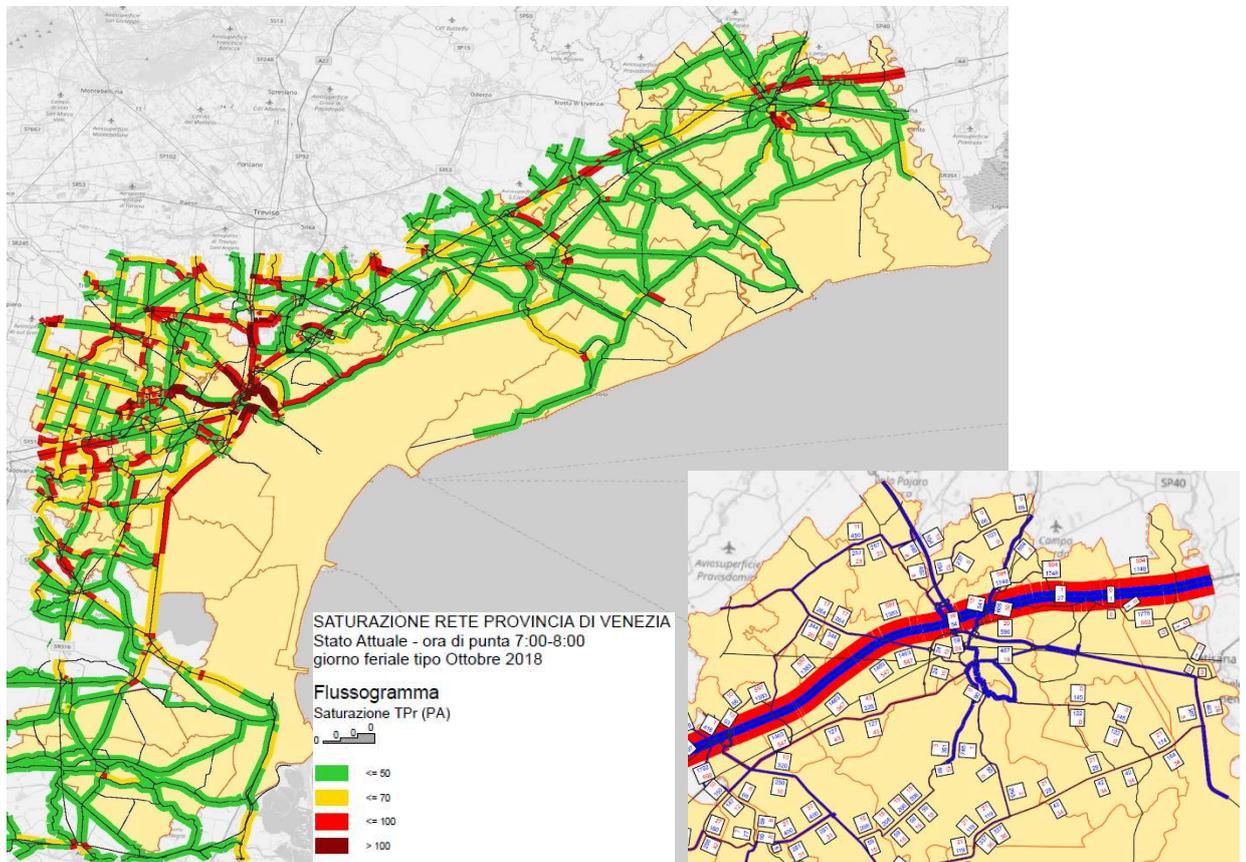


Figura 6 – stralcio rete viaria assegnata – rappresentazione livelli di saturazione della rete viaria

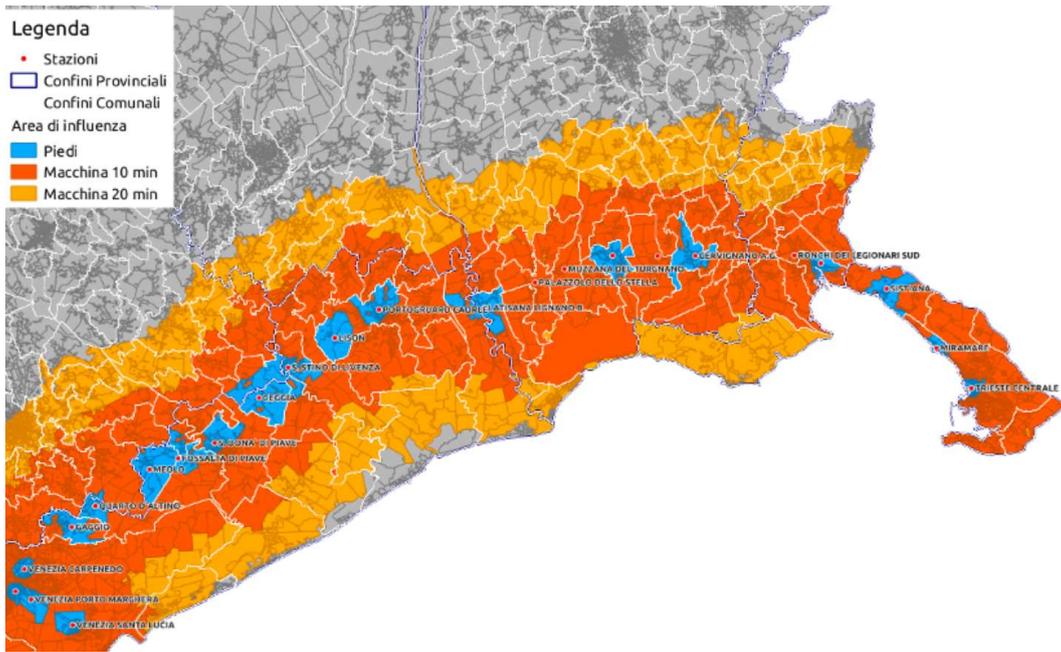


Figura 7 – stralcio analisi isocrone – tempo di accesso alle stazioni ferroviarie lungo la linea Venezia Trieste.

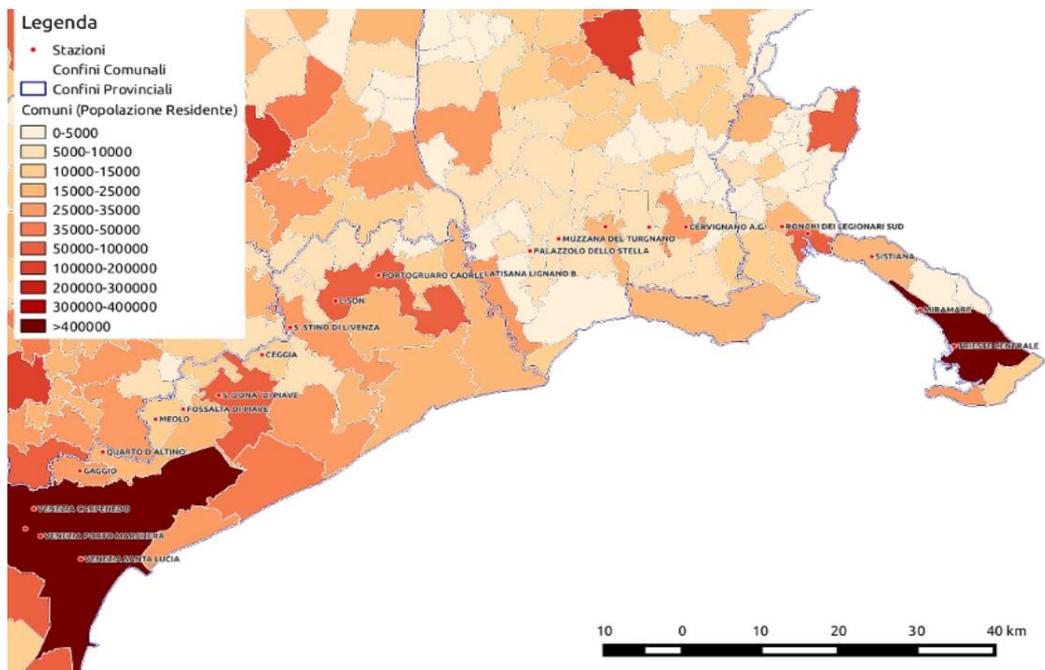


Figura 8 – esempio distribuzione della popolazione nell’area compresa tra Venezia e Trieste

5) LA MISURA DELL'INDICATORE CON RIFERIMENTO ALLA TRATTA TRIESTE-LUBIANA

Grazie al dataset appositamente costruito, l'Indice di accessibilità è stato applicato per calcolare la variazione dell'accessibilità point-to-point della tratta Trieste – Lubiana utilizzando diversi sistemi di trasporto. In particolare, si è deciso di calcolare l'accessibilità della tratta Trieste – Lubiana prima e dopo l'introduzione della linea ferroviaria diretta attraverso il treno CROSSMOBY. L'Indice di accessibilità è stato quindi calcolato in due scenari:

1. Viaggio da Trieste a Lubiana (o viceversa) via gomma, utilizzando auto o autobus.
2. Viaggio da Trieste a Lubiana (o viceversa) via gomma e ferro, utilizzando auto, autobus o treno CROSSMOBY.

È stata innanzitutto operata una distinzione circa l'elasticità rispetto alle tariffe (parametro β) da parte di pendolari e i turisti. I risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 1.

Tabella 1 – accessibilità point-to-point calcolata sulla tratta trieste – lubiana utilizzando differenti metodi di trasporto.

	Auto e autobus		Auto, autobus e treno	
AVij	69.08 km/h		58.38 km/h	
CL	40%		51.6%	
Oj	2		3	
Dj	2,077/km ²		2,077/km ²	
cij	23.87		18.50	
TVC	1		1	
V/C	1		1	
Tij	1.42		1.83	
Lij	94.2 km		95.4 km	
β	0.2	0.6	0.2	0.6
Aij	1.68 x 10 ⁻⁶	0.119 x 10 ⁻⁹	6.16 x 10 ⁻⁶	4.00 x 10 ⁻⁹

Come si può notare dalla Tabella 1, l'introduzione del treno CROSSMOBY ha aumentato l'accessibilità sia per quanto riguarda il viaggiatore pendolare, sia per il turista. Introdurre un nuovo mezzo di trasporto significa introdurre una nuova opportunità di movimento, facilitando lo spostamento degli utenti da un punto all'altro. La presenza del treno rende possibile a più persone raggiungere una o più località lungo la tratta senza dover ricorrere all'auto o autobus. Pertanto, coloro che non hanno un'auto, hanno solo un'auto in famiglia che viene utilizzata da un altro familiare o che preferiscono un mezzo di trasporto più sostenibile, hanno un'alternativa in più per raggiungere il posto di lavoro o, in generale, la propria destinazione.

A questo punto, l'Indice di accessibilità è stato applicato per calcolare l'accessibilità point-to-point della tratta Trieste – Lubiana utilizzando il treno CROSSMOBY. Inoltre, poiché la linea Trieste – Lubiana permette di intercettare anche le coincidenze provenienti da Venezia e l'area di programma copre la tratta

Venezia Mestre – Lubiana, l'Indice di accessibilità è stato impiegato per calcolare anche l'accessibilità point-to-point della tratta Venezia Mestre – Trieste utilizzando il treno. In questo modo è stato possibile valutare e confrontare le due tratte, fornendo una visione più olistica e completa. Anche in questo caso, grazie al parametro β è stato possibile distinguere tra viaggiatori pendolari e turisti. I risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 2.

Tabella 2 – accessibilità point-to-point calcolata sulla tratta Trieste-Lubiana e Venezia Mestre – Trieste utilizzando il trasporto via ferro.

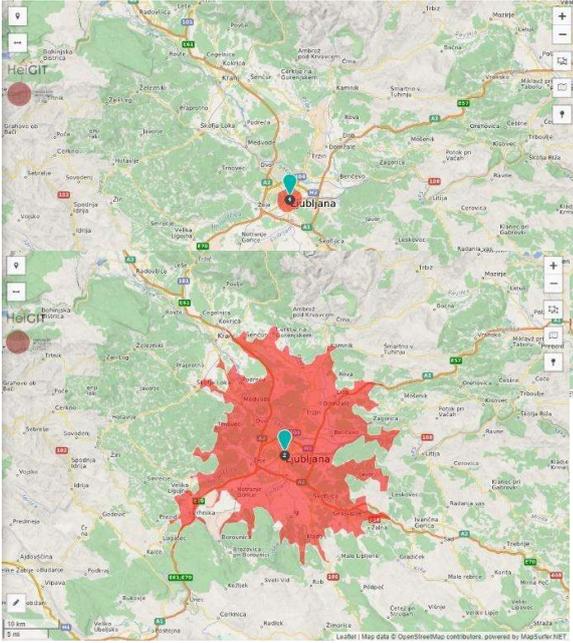
	Trieste – Lubiana	Venezia Mestre – Trieste
Pendolari: $\beta = 0.2$	58.146×10^{-4}	46.512×10^{-4}
Turisti: $\beta = 0.6$	2.37×10^{-4}	0.246×10^{-4}

La tratta Trieste – Lubiana è risultata essere più accessibile della tratta Venezia Mestre – Trieste. Il risultato è in parte dovuto alla sensibilità della formula ai costi di viaggio, in parte alle numerose opportunità di movimento che Lubiana offre. Infatti, l'offerta della capitale slovena comprende non solo numerose fermate dei mezzi pubblici urbani e interurbani nei pressi della stazione, bensì anche un'ottima rete di piste ciclabili che collegano tutta la città e la relativa periferia. Inoltre, arrivati alla stazione centrale di Lubiana, è anche possibile percorrere agevolmente il centro a piedi. Come si vedrà tra poco, questo aspetto è stato approfondito ulteriormente.

Uno dei punti di forza degli Indici di accessibilità come quello proposto in questo studio è la versatilità e la possibilità di essere utilizzato in diversi contesti. In particolare, è stato possibile utilizzare l'Indice di accessibilità sia per calcolare l'accessibilità point-to-point, sia per l'accessibilità ad area.

Con l'obiettivo di confrontare il potenziale di entrambi i capolinea della tratta del treno CROSSMOBY, l'Indice di accessibilità è stato applicato per calcolare l'accessibilità ad area delle città di Lubiana e Trieste. L'intenzione era di approfondire l'offerta che le due città mettono a disposizione dei viaggiatori, quantificando la facilità con cui gli utenti possono spostarsi all'interno della città. A questo scopo era necessario individuare delle aree di riferimento definite in funzione delle percorrenze che vari mezzi di trasporto consentono. Le aree di riferimento coincidono, in sostanza, con le isocrone di ciascun mezzo. Ai fini di questo lavoro si è preso come riferimento un tempo di viaggio pari a 30 minuti con il centro localizzato sulla stazione centrale Lubiana e Trieste. In entrambi i casi, le isocrone sono state calcolate per quattro differenti metodi di trasporto: a piedi, in bici, in autobus, in auto.

1A: Tragitto a piedi



1B: Tragitto in bici

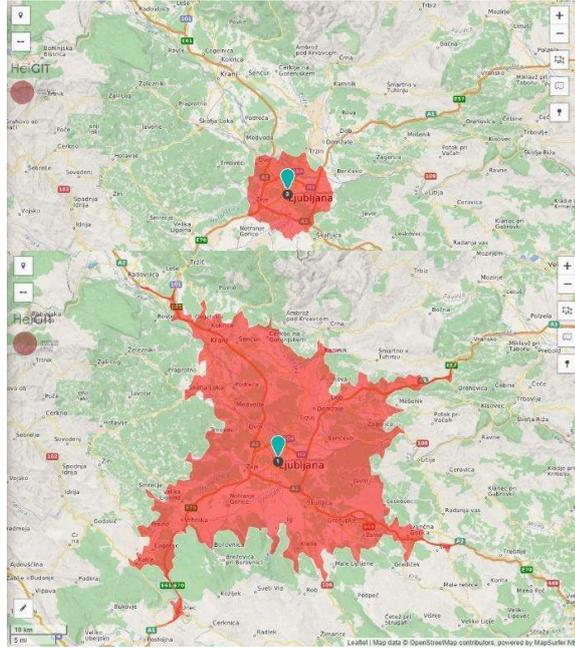


Figura 9: isocrone 30 minuti dalla stazione centrale di Lubiana

2A: Tragitto a piedi



2B: Tragitto in bici



2C: Tragitto con mezzi pubblici



2D: Tragitto in auto



Figura 10: isocrone 30 minuti dalla stazione centrale di Trieste

La relativa maggiore uniformità di estensione spaziale delle isocrone di Lubiana è un tipico effetto dettato dal territorio (L'area urbana di Trieste si sviluppa prevalentemente lungo la costa, con rilievi alle spalle), ma è anche conseguenza di una migliore mobilità a partire dal punto di interesse scelto per questa analisi, ovvero

La stazione ferroviaria centrale. Inoltre, le isocrone di Lubiana coprono un'area più vasta di quelle di Trieste, facendo intuire come a parità di condizioni il centro della capitale slovena, con i metodi di trasporto selezionati, risulti più accessibile.

L'accessibilità ad area per Lubiana e Trieste è stata, infine, quantificata applicando l'Indice di Accessibilità. Come possiamo notare in Tabella 3, i risultati ottenuti confermano quanto osservato dall'analisi delle isocrone, presentando un livello di accessibilità maggiore per la città di Lubiana.

I risultati ottenuti hanno molteplici spiegazioni:

- Lubiana presenta un sistema di trasporto pubblico più sviluppato.
- Lubiana offre una fitta rete di piste ciclabili.
- La stazione centrale di Lubiana è ben connessa a tutta la città.
- Trieste presenta livelli di traffico e congestione più alti.

Tabella 3 – misurazione dell'accessibilità ad area per le città di Lubiana e Trieste

	Lubiana	Trieste
Pendolari: $\beta = 0.2$	45.63x10 ⁻⁵	13.83x10 ⁻⁵
Turisti: $\beta = 0.6$	27.13x10 ⁻⁵	8.22x10 ⁻⁵

6) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La ricerca era finalizzata allo sviluppo di un indicatore analitico utile per la misurazione dell'accessibilità. L'Indice di accessibilità sviluppato riesce a quantificare un indicatore di sostenibilità fondamentale, fornendo rapidamente una risposta su quale sia l'effettiva accessibilità di un percorso o di una località. In questo modo è possibile misurare l'efficacia di una strategia prima e dopo la sua implementazione, fornendo al decisore politico uno strumento relativamente poco complesso di valutazione. La formula qui proposta è estremamente versatile, poiché non solo è possibile applicarla a diversi contesti, bensì è possibile modificare la sensibilità della formula ad alcune sue componenti secondo le proprie esigenze. Utilizzando i pesi $\mu_1 \dots \mu_6$ è possibile adattare l'Indice di accessibilità in modo che sia più o meno sensibile a ciascuna variabile, ad esempio al prezzo o al livello di traffico.

Allo stesso tempo, l'indice presenta alcune limitazioni. La limitazione più evidente è che non tiene conto di possibili shift modali. L'interconnettività (o la multimodalità) si riferisce all'utilizzo combinato di reti pubbliche in modo da utilizzare combinazioni di diversi modi di trasporto (Kumar et al. 2013, 796). È un

elemento importante per l'accessibilità, poiché incide su variabili quali frequenza, velocità, distanza, capacità, trasferimenti richiesti, e così via. (Welch & Mishra 2013, 31).

Innanzitutto, non è un indice unico, ma in continua evoluzione, poiché l'accessibilità è influenzata da numerose componenti di diversa natura. Proprio perché l'accessibilità è un argomento vasto condizionato da diversi campi di ricerca, ne abbiamo ancora una conoscenza parziale e limitata, che necessita continua ricerca e progresso. Inoltre, nonostante l'indice quantitativo sia di estrema importanza nel valutare e confrontare le strategie politiche, è sempre importante ricordarsi di contestualizzare i risultati ottenuti, affiancando un'analisi qualitativa dell'area di ricerca. Ad esempio, l'accessibilità di una località o di un'attività può risentire facilmente di condizioni dettate da limiti territoriali o dalla conformazione geografica.

L'accessibilità deve diventare un obiettivo da perseguire costantemente con l'implementazione delle nuove strategie da parte del decisore politico, poiché la mancanza di accessibilità ha delle conseguenze non solo a livello di uso del suolo, bensì anche infrastrutturale, sociale ed economico.

Bibliografia

- [1] Bertolini, L.; Le Clercq, F. & Kapoen, L. (2005): Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward, *Transport policy*, Vol. 12, No. 3, 207-220.
- [2] Curtis, C. (2008). Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. *Transport Policy*, 15(2), 104-112.
- [3] Geurs, K. T. & Van Wee, B. (2004): Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, No. 2, 127-140.
- [4] Gudmundsson, H. & Höjer, M. (1996): Sustainable development principles and their implications for transport, *Ecological Economics*, Vol. 19, No. 3, 269-282.
- [5] Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of planners*, 25(2), 73-76.
- [6] Kumar, P. P.; Parida, M. & Swami, M. (2013): Performance Evaluation of Multimodal Transportation Systems, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 104, 795-804.
- [7] Papa, E., Silva, C., Te Brömmelstroet, M., & Hull, A. (2016). Accessibility instruments for planning practice: a review of European experiences. *Journal of Transport and Land Use*, 9(3), 57-75.
- [8] Wachs, M., & Kumagai, T. G. (1973). Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7(5), 437-456.

- [9] Welch, T. F. & Mishra, S. (2013): A measure of equity for public transit connectivity; Journal of Transport Geography, Vol. 33, 29-41.

Fonti

- [1] Bikemap, < <https://www.bikemap.net/en>>, ultima consultazione: 20 novembre 2019.
- [2] City Population, <<https://www.citypopulation.de>>, ultima consultazione 4 dicembre 2019.
- [3] Direzione infrastrutture e trasporti della Regione veneto
- [4] Donet - Circolari Territoriali e Fascicoli Circolazioni Linee, <<https://normativaesercizio.rfi.it>>, ultima consultazione: 25 novembre 2019.
- [5] FlixBus, < <https://www.flixbus.it>>, ultima consultazione: 17 novembre 2019.
- [6] Google Maps, <<https://www.google.com/maps>>, ultima consultazione: 17 novembre 2019.
- [7] ITALO treno, < <https://www.italotreno.it>>, ultima consultazione: 30 settembre 2019.
- [8] Loving Balkans, < <https://www.lovingbalkans.com>>, ultima consultazione: 12 novembre 2019.
- [9] PisteCiclabili.com, < <https://www.piste-ciclabili.com>>, ultima consultazione: 20 novembre 2019.
- [10] Slovenske železnice, < <https://www.slo-zeleznice.si/en/>>, ultima consultazione: 3 dicembre 2019.
- [11] Trenitalia, < <https://www.trenitalia.com>>, ultima consultazione: 20 novembre 2019.
- [12] Trieste trasporti, < <https://www.triestetrasporti.it>>, ultima consultazione il 17 settembre.