

Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU-Società Italiana degli Urbanisti | Catania, 16-18 giugno 2016

# CAMBIA MENTI

RESPONSABILITÀ  
E STRUMENTI  
**PER L'URBANISTICA**  
AL SERVIZIO  
DEL PAESE



PLANUM PUBLISHER | [WWW.PLANUM.NET](http://WWW.PLANUM.NET)

© Copyright 2017



Roma-Milano

ISBN 9788899237080

Volume pubblicato digitalmente nel mese di marzo 2017

Pubblicazione disponibile su [www.planum.net](http://www.planum.net) | Planum Publisher

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, anche ad uso interno e didattico, non autorizzata. Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU-Società Italiana degli Urbanisti | Catania, 16-18 giugno 2016

# CAMBIA MENTI

RESPONSABILITÀ  
E STRUMENTI  
PER L'URBANISTICA  
AL SERVIZIO  
DEL PAESE



PLANUM PUBLISHER | [WWW.PLANUM.NET](http://WWW.PLANUM.NET)



**XIX Conferenza nazionale SIU  
Cambiamenti. Responsabilità e strumenti  
per l'urbanistica al servizio del paese  
Catania 16-18 giugno 2016**

**Coordinamento scientifico**

Paolo La Greca, Maurizio Carta

**Comitato scientifico**

Daniela De Leo, Matteo di Venosa, Filippo Gravagno,  
Giovanni Laino, Francesco Lo Piccolo, Elena Marchigiani,  
Nicola Martinelli, Francesco Martinico,  
Stefano Munarin, Fausto Carmelo Nigrelli, Michelangelo Russo,  
Michelangelo Savino, Paola Savoldi, Maurizio Tira

**Staff**

Rossana Anfuso, Annalisa Contato, Fiorenza D'Urso,  
Chiara Costalunga, Paola Costantino, Sergio Galvagno,  
Jessica Oliva, Giuliana Stampigi, Renata Zappalà

**Comitato organizzatore**

Giuseppe Abbate, Luca Barbarossa, Daniele La Rosa,  
Barbara Lino, Vito Martelliano, Marilena Orlando, Valentina Palermo,  
Giusy Pappalardo, Viviana Pappalardo, Riccardo Privitera,  
Daniele Ronsivalle, Valeria Scavone

**Illustrazioni**

Nico189 (Nicola Laurora)

**Pubblicazione degli Atti**

A cura della Redazione di Planum, The Journal of Urbanism  
Giulia Fini, Cecilia Maria Saibene, Paola Piscitelli  
con Daniele Ronsivalle, Laura Infante, Francesca Leccis  
e Erika Gallego

La pubblicazione degli Atti della XIX Conferenza nazionale SIU  
è il risultato di tutti i papers accettati alla conferenza.

Solo gli autori regolarmente iscritti alla conferenza sono stati  
inseriti nella pubblicazione.

Ogni paper può essere citato come parte degli "Atti della XIX  
Conferenza nazionale SIU, Cambiamenti. Responsabilità e strumenti  
per l'urbanistica al servizio del paese, Catania 16-18 giugno 2016,  
Planum Publisher, Roma-Milano 2017.

## Workshop 1.A

### **Ambiente, agricoltura, paesaggio**

**Coordinatori:** Antonio Leone, Mariavaleria Mininni

**Discussants:** Filippo Schilleci, Vincenzo Todaro, Vito Martelliano

## Workshop 1.B

### **Ambiente, agricoltura, paesaggio**

**Coordinatori:** Fabio Bronzini, Andrea Arcidiacono

**Discussants:** Giuseppina Abbate, Santi Daniele La Rosa

## Workshop 2

### **Economia circolare e nuove forme produttive**

**Coordinatori:** Barbara Lino, Stefano Munarin

**Discussants:** Ezio Micelli, Consuelo Nava

## Workshop 3

### **Mediterranei. Flussi, migrazioni e diseguaglianze**

**Coordinatori:** Giancarlo Paba, Daniela De Leo

**Discussants:** Filippo Gravagno, Michele Peraldi, Angelo Sampieri

## Workshop 4

### **Italia sicura: i rischi territoriali e ambientali**

**Coordinatori:** Roberto Gerundo, Michele Zazzi

**Discussants:** Giuseppe Fera, Adriana Galderisi

## Workshop 5.A

### **Per città più resilienti: progetto urbano per l'efficienza energetica e i cambiamenti climatici**

**Coordinatori:** Lorenzo Fabian, Francesco Martinico

**Discussants:** Patrizia Gabellini, Valeria Scavone

## Workshop 5.B

### **Per città più resilienti: progetto urbano per l'efficienza energetica e i cambiamenti climatici**

**Coordinatori:** Massimo Angrilli, Corrado Zoppi

**Discussants:** Carmela Gargiulo, Carlo Gasparrini

## Workshop 6

### **Smart planning, big data e computational social science**

**Coordinatori:** Romano Fistola, Daniele Ronsivalle

**Discussants:** Luciano De Bonis, Paolo Fusero, Ferdinando Trapani

## Workshop 7.A

### **Rigenerazione urbana multiscalare**

**Coordinatori:** Angela Barbanente, Concetta Fallanca,

Matteo di Venosa

**Discussants:** Gabriella Esposito De Vita, Fabio Naselli

## Workshop 7.B

### **Rigenerazione urbana multiscalare**

**Coordinatori:** Angela Alessandra Badami, Donatella Cialdea

**Discussants:** Romeo Farinella, Ester Zazzerò

## Workshop 8

### **Planificazione e urbanistica per la convergenza territoriale**

**Coordinatori:** Nicola Martinelli, Michelangelo Savino

**Discussants:** Giuseppe De Luca, Mauro Francini

## Workshop 9

### **Territori dell'abusivismo nel mezzogiorno contemporaneo. Temi e prospettive d'innovazione progettuale e politica**

**Coordinatori:** Giuseppe Trombino, Federico Zanfi

**Discussants:** Francesco Curci, Enrico Formato, Laura Saija

## Workshop 10

### **La questione della casa in Italia. Prospettive, progetti e politiche**

**Coordinatori:** Francesca Cognetti, Luca Gaeta

**Discussants:** Giulia Bonafede, Giovanni Caudo, Paola Savoldi

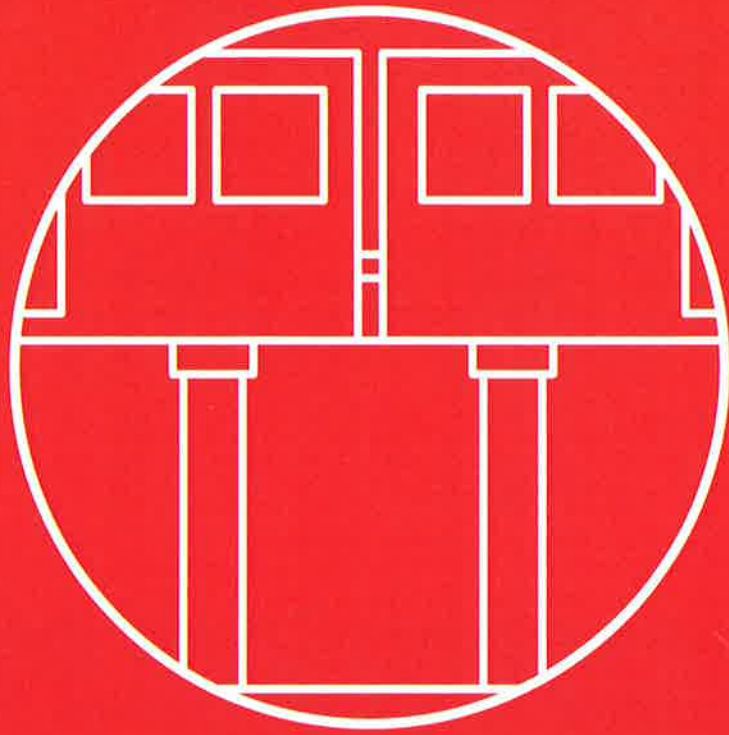
## Workshop 11

### **Cambiamenti del lessico per nuove competenze e responsabilità degli urbanisti**

**Coordinatore:** Paola Di Biagi

**Discussants:** Arnaldo Cecchini, Mantio Vendittelli,

Paolo De Pascali



## **Workshop 6**

Smart planning, big data e  
computational social science

—

**Coordinatori:** Romano Fistola, Daniele Ronsivalle

**Discussants:** Luciano De Bonis, Paolo Fusero, Ferdinando Trapani



# SMART PLANNING, BIG DATA E COMPUTATIONAL SOCIAL SCIENCE

**Coordinatori:** Romano Fistola, Daniele Ronsivalle

**Discussants:** Luciano De Bonis, Paolo Fusero, Ferdinando Trapani

Le nuove frontiere dell'ICT impongono cambiamenti epocali alle pratiche d'uso della città e del territorio. Allo stesso tempo deve cambiare il modo in cui si studiano i sistemi insediativi tenendo conto di una quantità e qualità del tutto diversa dei dati disponibili. Quali sono le pratiche che fanno propria questa continua innovazione, al di là delle retoriche e del senso comune che avvolge spesso questi temi? I campi di applicazione delle nuove tecnologie ai sistemi insediativi sono talmente ampi e pervasivi che richiedono una riflessione ampia e articolata.

Le città sperimentano sistemi insediativi più complessi, distribuiti per reticoli interagenti in cui tutte le parti agiscono entro una relazione integrata e metabolica, orientata alla loro qualità materiale e immateriale e al benessere dei loro abitanti.

Le città si compongono sempre più come sistemi di dati e informazioni, di sensori e attuatori, si arricchiscono di intelligenze distribuite. Tuttavia, non basta una immissione di tecnologia e la distribuzione di protesi urbane, bisogna accoppiare alla componente tecnologica i fattori abilitanti della social innovation. La Smart City ci obbliga a un ritorno a una visione olistica e metabolica della città: la città intelligente è soprattutto una Human Smart City e richiede un nuovo approccio analitico e pianificatorio per governarne l'evoluzione.

Obiettivo del workshop è quello di cogliere i segnali che emergono nelle forme più innovative della comunicazione, della produzione e della gestione di servizi che interessano la città e il territorio. Si intende costruire, a partire dalle diverse esperienze e competenze dei partecipanti, una riflessione attorno alla necessità di elaborare protocolli di pianificazione integrata e strategica capaci di accelerare lo sviluppo di intelligenza urbana come fattore abilitante per lo sviluppo di città creatrici di valore, più ricche di intelligenza sociale e più resilienti rispetto ai cambiamenti climatici.

## PAPER DISCUSSI

**La relazione tra percezione e caratteristiche dello spazio. Un'analisi empirica come fondamento per un sistema di valutazione dello spazio urbano**

Dario Canu

**Le Smart Grid nelle politiche di sviluppo territoriale**

Sebastiano Curreli

**Global Smart City Pillars: metodo di valutazione dell'intelligenza urbana**

Giulia Esopi

**Smart City e cambiamenti nel governo delle trasformazioni urbane**

Romano Fistola

**Le città come piattaforme di sviluppo socio-economico. I Living Lab come laboratori di sperimentazione per costruire un sistema di welfare community in ambito urbano**

Giancarlo Gallitano

**Sull'integrazione de-facto della bigliettazione per il TPL in area metropolitana: Puglia e Catalogna a confronto**

Federica Greco, Antonio V. Scarano

**Innovazione delle analisi urbanistiche: i Big Data per la ricerca dei valori identitari urbani**

Carmelo Ignaccolo, Paolo La Greca, Francesco Martinico

**Competitività e vulnerabilità delle città turistiche: la prospettiva Smart City**

Rosa Anna La Rocca

**Riconoscere e monitorare la potenziale fragilità dei sistemi commerciali urbani: una proposta per la Regione Lombardia**

Giorgio Limonta, Mario Paris

**Nuove tecnologie e gestione dell'informazione per la costruzione di quadri conoscitivi integrati e innovativi per la pianificazione climatica locale**

Denis Maragno, Francesco Musco, Federica Appiotti

**Verso uno strumento di SMART planning per la pianificazione dei centri storici: il caso studio di Assolo**

Stefano Pili

**Mobilità pedonale e accessibilità al TPL: Applicazione di un modello di calcolo all'ambiente GIS**

Silvia Rossetti, Michela Tiboni, David Vetturi

**Una sperimentazione di strumenti web-based per la partecipazione dei cittadini ai processi di rigenerazione urbana: l'infrastruttura ICT CAST e l'Urban Center Virtuale**

Piergiuseppe Pontrandolfi, Francesco Scorza

**Nuove frontiere dell'ICT: smart planning e uso dei Big Data**

Sara Maria Serafini

**Ecosistema digitale per la valorizzazione e la crescita del territorio**

Alessandro Seravalli

**Smart Planning per la città contemporanea**

Susanna Sturla

**Reti per la mobilità e struttura sociale dello spazio urbano: una rappresentazione multidimensionale dei cambiamenti in corso a Palermo**

Ignazio Vinci, Roberto Raimondi

---





Atti della XIX Conferenza Nazionale SIU  
**CAMBIAMENTI. Responsabilità e strumenti  
per l'urbanistica al servizio del paese**  
Catania, 16-18 giugno 2016

 Planum Publisher  
ISBN 9788899237080

## **Mobilità pedonale e accessibilità al TPL: Applicazione di un modello di calcolo all'ambiente GIS**

**Silvia Rossetti**

Università degli Studi di Brescia  
DICATAM – Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica  
Email: [silvia.rossetti@unibs.it](mailto:silvia.rossetti@unibs.it)  
Tel: 030 3711305

**Michela Tiboni**

Università degli Studi di Brescia  
DICATAM – Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica  
Email: [michela.tiboni@unibs.it](mailto:michela.tiboni@unibs.it)  
Tel: 030 3711270

**David Vetturi**

Università degli Studi di Brescia  
DIMI – Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale  
Email: [david.vetturi@unibs.it](mailto:david.vetturi@unibs.it)  
Tel: 030 3715664

### **Abstract**

In analogia con la visione organica dell'urbanistica (cfr. Columbo, 1966), che vede nella mobilità pedonale la modalità di spostamento per eccellenza alla scala del quartiere, il contributo proposto si focalizza sul tema dell'accessibilità pedonale alle stazioni del trasporto collettivo, al fine di *misurare* puntualmente il livello di accessibilità pedonale di un determinato territorio e mappare i risultati ottenuti in ambiente GIS.

Il presente contributo propone una metodologia di dettaglio, basata sulla discretizzazione del territorio oggetto di studio in cellette, per la definizione, da un lato, dell'intorno pedonale ottimamente servito, attraverso percorsi pedonali, da una stazione del trasporto collettivo e, dall'altro, per il calcolo del bacino d'utenza ivi ricadente.

Tale metodologia può rappresentare uno strumento di supporto alle decisioni in un'ottica di messa a sistema della pianificazione urbanistica e della pianificazione della mobilità, e viene qui applicata al caso studio di alcune stazioni della metropolitana leggera automatica di Brescia.

**Parole chiave:** mobility, planning, urban form.

### **Introduzione**

Il presente contributo mira a proporre una metodologia per la valutazione dell'accessibilità pedonale in ambito urbano, applicandola al caso studio dell'analisi dell'accessibilità ad alcune stazioni della metropolitana leggera automatica di Brescia.

Tale metodologia rappresenta un tentativo di messa a sistema della pianificazione urbanistica e della pianificazione della mobilità, seppur limitatamente al tema dell'accessibilità al trasporto collettivo, fornendo un supporto al processo decisionale e di pianificazione, con il duplice obiettivo di rendere la città più a misura di mobilità dolce e di interrogarsi su come migliorare l'attrattività del sistema di trasporto pubblico.

Alla base di ogni valutazione circa la localizzazione delle fermate del trasporto collettivo e la pianificazione dello spazio urbano nel loro intorno è infatti necessario promuovere un approccio integrato tra la pianificazione urbanistica e la pianificazione della mobilità.

Da un lato, da un punto di vista urbanistico, è in questione la struttura dell'insediamento che costituisce il bacino di utenza del servizio mentre dall'altro, per quanto riguarda la logica impiantistica, si pone il problema della capillarità: avere linee di trasporto molto articolate e capillari porta ad avere tempi di percorrenza lunghi e basse velocità commerciali, andando a disaffezionare chi ha bisogno di tempi di spostamento accettabili. La realizzazione di linee di forza del trasporto pubblico, secondo una visione prettamente impiantistica, porta a ridurre i tempi di percorrenza ma inevitabilmente porta l'utente a dover camminare di più per raggiungere la fermata.

E a questo punto diviene essenziale andare ad analizzare i percorsi e i tempi di accesso alla fermata: come si articolano i percorsi pedonali per arrivare alla fermata? Qual è il bacino di utenza che viene a cadere in un raggio ottimamente servito dalla stessa?

La metodologia proposta, che riprende in alcuni passaggi ed affina quanto proposto in un precedente lavoro (cfr. Rossetti, Tiboni, Vettori e Calderò, 2015), al quale inevitabilmente si rimanda anche per quanto concerne l'analisi dello stato dell'arte e della bibliografia a supporto di quanto qui proposto, si articola in tre fasi:

- 1) mappatura delle caratteristiche di permeabilità/impermeabilità pedonale dello spazio urbano nell'intorno delle stazioni/fermate considerate;
- 2) discretizzazione della mappa e applicazione di un algoritmo per il calcolo del tempo pedonale di accesso al trasporto collettivo;
- 3) mappatura dei tempi di accesso e messa in relazione delle isocrone con la popolazione residente nell'intorno ottimamente servito dal trasporto collettivo.

La metodologia proposta è stata applicata e calibrata sul caso studio di tre stazioni della metropolitana leggera automatica di Brescia (Vittoria, Europa e Mompiano), che vengono di seguito presentati.

Si evidenzia come i risultati consentono di avere un'immagine del contesto della fermata, della capillarità dei percorsi pedonali di accesso e dell'intorno ottimamente servito dalla stessa, e possono fornire un utile quadro di riferimento a supporto delle decisioni, ad esempio nell'ambito dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS), strumenti che guidano le strategie individuate dalla Commissione Europea per il raggiungimento di risultati nel campo della mobilità sostenibile.

### **Mappatura delle caratteristiche dello spazio urbano**

Il primo passo per l'analisi dei tempi di accesso alle stazioni/fermate del trasporto collettivo consiste nella realizzazione di una mappa che associ alle caratteristiche dello spazio urbano, e in particolare all'uso del suolo, un valore di accessibilità pedonale: come è possibile mappare caratteristiche di permeabilità/impermeabilità pedonale dello spazio urbano?

Nell'ultimo decennio da approcci basati sui GIS per la valutazione e la gestione dell'accessibilità sono cresciuti considerevolmente (cfr. Hull, Silva & Bertolini, 2012), e il ruolo cruciale delle tecniche GIS per l'analisi dell'accessibilità si è ormai consolidato.

Sicuramente è necessario raccogliere informazioni cartografiche riguardanti la mobilità pedonale per il territorio in esame, con particolare riferimento alla rete stradale, alla localizzazione dei percorsi pedonali e dei marciapiedi nonché alla presenza delle barriere fisiche presenti sul territorio che impediscono la permeabilità pedonale (come possono essere l'edificato, le linee ferroviarie, i corsi d'acqua superficiali...).

In questo senso i Sistemi Informativi Territoriali e l'introduzione dei Database Topografici Locali in cartografia risultano estremamente utili in quanto ci permettono di avere a disposizione una base cartografica omogenea e di dettaglio, composta da una moltitudine di strati informativi autoconsistenti e georiferiti. Per quanto concerne la Regione Lombardia le specifiche tecniche approvate con D.G.R. n. 6650 del 20 febbraio 2008 e s.m.i., costituiscono lo standard di riferimento per la produzione del Database Topografico su scala comunale (DBT), sulla base delle specifiche nazionali definite nel 2006 da Intesa Gis tra Stato, Regioni ed Enti Locali sulle basi geografiche di riferimento di interesse generale.

Nel caso di studio, a partire dal DBT del Comune di Brescia sono stati estratti tutti quegli strati informativi utili a definire se un'area possa essere attraversata da un pedone o meno. A questi strati informativi sono state poi aggiunte ulteriori informazioni proprie della strumentazione urbanistica comunale (nel nostro caso gli strati informativi del Piano di Governo del Territorio del Comune di Brescia – Piano dei Servizi), come la localizzazione delle aree a verde pubblico e dei servizi. La tabella seguente (tabella 1) riporta

l'elenco degli strati informativi utilizzati per fornire la base cartografica di riferimento alla mappatura delle caratteristiche di permeabilità/impermeabilità pedonale.

Si è quindi proceduto ad effettuare una discretizzazione del territorio in una griglia di celle quadrate di lato 3 metri: ad ogni cella è stata collegata l'informazione degli strati di uso del suolo in essa contenuti e sulla base di questi è stato associato ad ogni cella un valore di permeabilità (con relativa velocità di attraversamento) o impermeabilità (velocità di attraversamento nulla) al movimento pedonale.

Come è ovvio immaginare si nota come le caratteristiche di permeabilità/impermeabilità proprie del movimento pedonale varino considerevolmente a seconda della morfologia del tessuto urbano (ad esempio nel tessuto a forme aperte della città moderna rispetto al tessuto compatto della città antica). La figura 1 riporta tre mappe tematiche realizzate nell'intorno delle stazioni della metropolitana leggera di Brescia analizzate in questo contributo: le mappe sono basate su una griglia di 296x385 celle di 3 metri di lato ciascuna e evidenziano la permeabilità al movimento pedonale di ciascuna cella, calcolato sulla base degli strati informativi che vi ricadono. Si evidenzia ad esempio come il tessuto nell'intorno della stazione metro Europa, area a nord della città di Brescia costruita in epoca moderna e caratterizzata dalla presenza del campus universitario, abbia aree caratterizzate da una notevole permeabilità rispetto all'intorno della stazione Vittoria, situata nel centro storico cittadino. A sua volta però la capillarità dei percorsi pedonali che si snodano nell'intorno di Vittoria è sicuramente maggiore.

Tabella 1 | Strati informativi del DBT e del piano urbanistico comunale utilizzati per la definizione delle caratteristiche di permeabilità al movimento pedonale dello spazio urbano nel caso studio del Comune di Brescia.

STRATI INFORMATIVI DEL DATABASE TOPOGRAFICO LOCALE	VIABILITA'	A010102 Area di circolazione pedonale A010103 Area di circolazione ciclabile A010104 Area stradale A010105 Viabilità mista secondaria A010201 Sede di trasporto su ferro
	EDIFICATO	A020101 Unità Volumetrica A020205 Manufatto d'infrastruttura di trasporto A020210 Muro o divisione in Spessore L020209 Elemento divisorio
	IDROGRAFIA	A040101 Area bagnata di corso d'acqua A040102 Specchio d'acqua A040103 Invaso artificiale
STRATI INFORMATIVI DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE	PGT -PIANO DEI SERVIZI (SERVIZI ESISTENTI)	Verde pubblico Spazi aperti/piazze Spazi a parcheggio Servizi pubblici

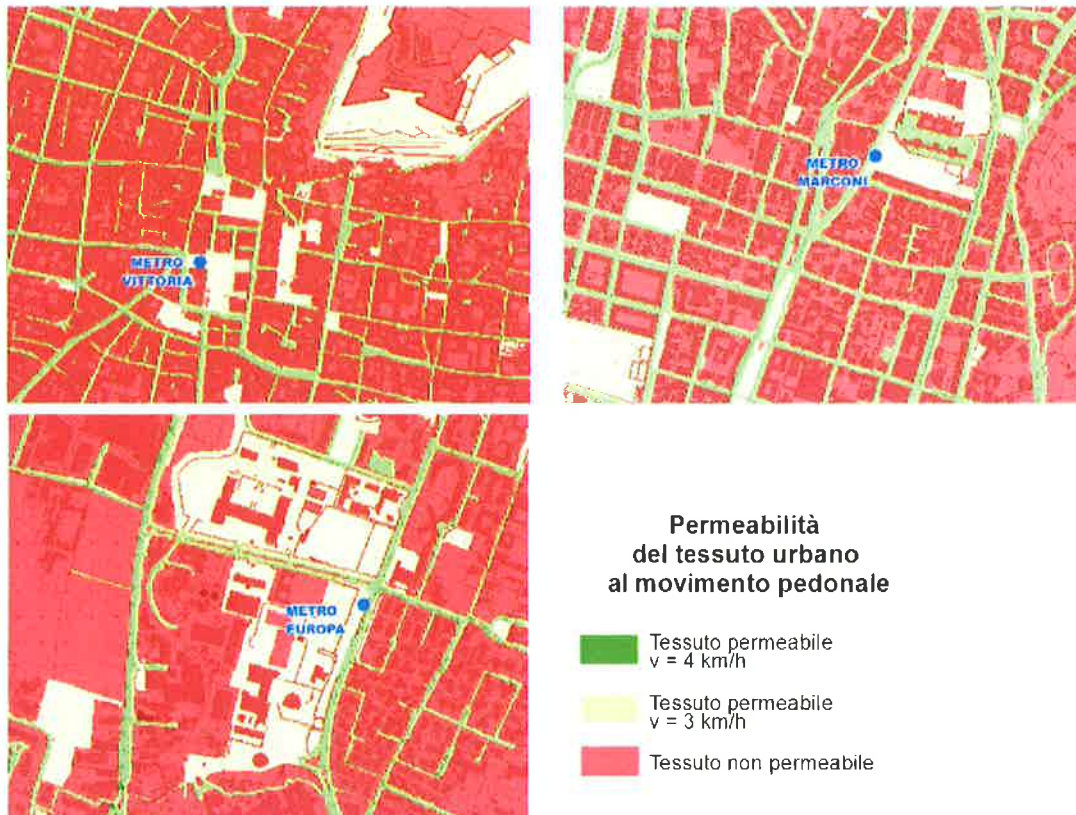


Figura 1 | Mappatura delle caratteristiche di permeabilità/impermeabilità del tessuto urbano al movimento pedonale nell'intorno delle tre stazioni della metropolitana analizzate (Europa, Marconi e Vittoria), realizzata sulla base di una discretizzazione dell'area oggetto di studio in celle della dimensione di 3mx3m.

A questo punto è stato possibile esportare le tabelle degli attributi associate alle singole griglie che costituiscono le mappe e su queste applicare un modello matematico, descritto nel paragrafo seguente, utile a definire il tempo di accesso alla stazione metro di ciascuna cella che compone le griglie.

**Un algoritmo per la valutazione del tempo pedonale di accesso alle fermate**

Il modello per la valutazione del tempo di accesso allo spazio urbano si basa sul movimento di un soggetto su una griglia, in analogia a quanto avviene nel gioco degli scacchi. La griglia ha una dimensione adeguata all'area di analisi, a celle quadrate fra loro interconnesse. Nell'analisi proposta la dimensione delle celle è di 3 metri mentre le celle sono 296 x 385 su un'area di analisi di circa 900 x 1100 metri. L'interconnessione fra le celle avviene fra celle adiacenti e confinanti secondo lo schema riportato in figura 2:

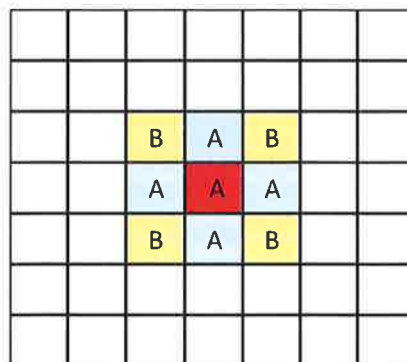


Figura 2 | Schematizzazione delle possibili interconnessioni tra celle adiacenti.

cioè dalla cella indicata con la X si può passare alle celle indicate con la lettera A con una “penalizzazione” temporale pari al tempo di percorrenza della cella, mentre si può accedere alle celle indicate con la lettera B con un tempo pari al tempo di percorrenza della cella maggiorato per un fattore pari a  $\sqrt{2}$

Il tempo di attraversamento della cella è una proprietà della cella ed è fissata in funzione della permeabilità al movimento pedonale precedentemente definita. Dunque si ha che  $T_{attr} = V_{cella} \cdot L$  dove  $T_{attr}$  è il tempo di attraversamento della cella,  $V_{cella}$  è la velocità di percorrenza della cella indicata precedentemente e  $L$  è la dimensione della cella (3 metri in questo caso).

L’algoritmo determina il tempo necessario per raggiungere tutte le celle della matrice  $n \times m$  a partire da una cella assegnata, determinando il percorso a tempo minimo. Le dimensioni della griglia possono essere definite a piacimento. L’algoritmo è di tipo ricorsivo ed appartiene alla famiglia di algoritmi detti di “backtracking” (Wirth, 1976) ampiamente utilizzati in informatica per la soluzione di problemi di scelta ottima. Il metodo si presenta come un sistema ad inondamento (FloodFill) che partendo dalla cella di destinazione, seguendo un percorso a ritroso, traccia il tempo totale come strategia per uscire dalla procedura ricorsiva.

A titolo esemplificativo viene riportata la procedura ricorsiva relativa all’analisi della cella di coordinate  $(i,j)$  secondo lo schema delle percorrenze indicate nella figura precedente.

```
procedure TryNext(i,j:integer;TotalTime:real);
begin
  if Matrix[i,j].time > TotalTime then
    begin
      Matrix[i,j].tempo := TotalTime;

      // destinazioni di tipo "A"
      if i > 1 then TryNext(i-1,j,TotalTime+Matrix[i,j].CrossingTime);
      if j < ny then TryNext(i,j+1,TotalTime+Matrix[i,j].CrossingTime);
      if i < nx then TryNext(i+1,j,TotalTime+Matrix[i,j].CrossingTime);
      if j > 1 then TryNext(i,j-1,TotalTime+Matrix[i,j].CrossingTime);

      // destinazioni di tipo "B"
      if (i < nx) and (j > 1) then TryNext(i+1,j-1,tempo+Matrice[i,j].CrossingTime*1.41);
      if (i < nx) and (j < ny) then TryNext(i+1,j+1,tempo+Matrice[i,j].CrossingTime*1.41);
      if (i > 1) and (j > 1) then TryNext(i-1,j-1,tempo+Matrice[i,j].CrossingTime*1.41);
      if (i > 1) and (j < ny) then TryNext(i-1,j+1,tempo+Matrice[i,j].CrossingTime*1.41);
    end;
end;
```

La natura ricorsiva della procedura permette di analizzare tutte le celle della griglia incrementando di volta in volta il tempo di accesso.

### **La realizzazione di isocrone pedonali e la determinazione del bacino di utenti**

Importando nuovamente il risultato dell’algoritmo nel Sistema Informativo Territoriale con cui sono state gestite le mappe è stato possibile mappare i risultati ottenuti, evidenziando le isocrone pedonali per l’accesso alle singole stazioni da ciascun punto della mappa. Viene così a definirsi un intorno ottimamente servito dalla stazione della metropolitana, che in questo caso (e in accordo con quanto suggerito dai valori di letteratura -cfr. Festa, 2009- e da precedenti lavori di analisi dell’accessibilità realizzati anche relativamente al caso studio della metropolitana di Brescia – cfr. Bonotti et. al, 2015), è stato considerato corrispondente ad un tempo di accesso a piedi di 5 minuti.

La figura seguente (figura 3) riporta le mappe con le isocrone risultanti per i casi analizzati.

Per quanto riguarda nello specifico la stazione Europa, l’applicazione del modello è stata ripetuta due volte: la prima simulando i servizi (in questo caso universitari) chiusi e pertanto rendendo non permeabile lo strato informativo delle pertinenze dei servizi, la seconda simula invece la fascia oraria di apertura delle sedi universitarie e quindi rende possibile il passaggio nelle relative aree di pertinenza. I risultati, evidenziati in figura 3, evidenziano come lo spazio del servizio pubblico contribuisca in maniera determinante alla penetrazione del tessuto e ad incrementare l’accessibilità alla stazione metro.



**Tempo pedonale di accesso  
alla stazione metro**

- 0 - 5 minuti
- 5 - 10 minuti
- 10 - 20 minuti
- > 20 minuti o non accessibile
- > 40 minuti o non accessibile

Figura 3 | Isochrone pedonali di accesso alle stazioni metro, realizzate sulla base di una discretizzazione dell'area oggetto di studio in celle della dimensione di 3mx3m. Per la stazione la simulazione è con servizi universitari aperti e chiusi.

Ora può essere interessante chiedersi come sia possibile valutare la popolazione ottimamente servita ricadente nell'intorno ottimale di accesso a piedi alla fermata, e trarne quindi utili considerazioni.

La popolazione residente a Brescia è stata mappata attraverso un processo di georeferenziazione dell'archivio anagrafico comunale, cui è stata associata la localizzazione della via e del numero civico di ciascun residente sulla base informativa dello stradario comunale (cfr. la metodologia descritta in Paolillo, 2010: 285-290). Ad ogni cittadino residente (di cui sono note varie caratteristiche, tra cui l'età, il sesso, ...) è stato quindi possibile associare un punto sulla mappa di Brescia corrispondente al civico di residenza.

In seguito, a ciascuna cella delle griglie di discretizzazione utilizzate per la realizzazione delle isocrone pedonali di accesso alle stazioni analizzate è stato associato il numero di residenti ivi ricadenti.

Questo ha permesso di calcolare il numero di residenti ottimamente serviti dalla singola stazione della metropolitana leggera analizzata (ricadenti cioè nell'intorno dei 5 minuti mappato attraverso l'algoritmo precedentemente descritto), come descritto e presentato nei grafici al prossimo paragrafo.

**La misura dell'accessibilità**

Una grandezza è definita dal Vocabolario Internazionale di Metrologia (CEI UNI 70099) come «proprietà di un fenomeno, corpo o sostanza che può essere espressa quantitativamente mediante un numero e un riferimento». Viene inoltre specificato come il riferimento citato nella definizione può essere una unità di misura, una procedura di misura, o un materiale di riferimento, o una loro combinazione. L'accessibilità pedonale in ambito urbano è dunque misurabile?

Il lavoro presentato propone una *procedura di misura* come strumento per definire l'accessibilità, intesa come grandezza e non come riferimento ad una scala ordinale.

La creazione delle isocrone permette di associare ad ogni cella della griglia un "tempo di accesso" al punto di analisi che può essere scelto a piacimento. In questo caso si sta analizzando la capacità di una fermata della metropolitana di Brescia di attrarre utenti (popolazione residente), definibile come accessibilità in uscita. Analogamente potrebbe essere analizzata la capacità della stessa stazione di fornire accessibilità a servizi (scuole, farmacie, studi medici, uffici pubblici), quindi accessibilità in uscita.

È possibile associare ad ogni cella il numero di persone residenti in quel luogo e, analizzando tutte le celle della mappa, è possibile creare una distribuzione dei residenti per distanza dal punto attrattore (stazione della metropolitana).

Nei grafici in figura 5 è indicata in linea tratteggiata la distribuzione attesa calcolando la distanza da ciascuna cella al target secondo la distanza euclidea. La linea continua indica la distribuzione della popolazione in base al tempo di accesso alla cella calcolato dal modello.

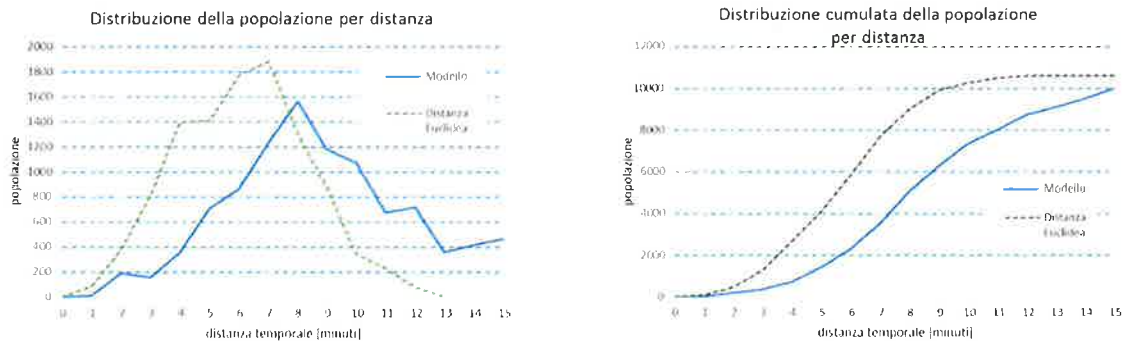


Figura 5 | Distribuzione della popolazione residente e cumulata in funzione del tempo di accessibilità pedonale alla stazione metro di Vittoria, realizzate sulla base di una discretizzazione dell'area oggetto di studio in celle della dimensione di 3mx3m.

Si osserva come nell'ambito del tessuto urbano del nucleo storico della città la distanza calcolata secondo lo schema della distanza euclidea risulta molto differente rispetto alla realtà imposta alla modalità pedonale dalla presenza di edifici ed isolati.

È possibile calcolare la popolazione che può accedere pedonalmente alla fermata della metropolitana se si fissa una soglia opportuna. Fissata a 5 minuti, corrispondente ad un tratto di circa 330 metri (velocità considerata 4 km/h) il numero di persone che possono accedere alla stazione sono dunque 1423 persone, rispetto ad una stima mediante distanza euclidea pari a 4087 persone.

Impostare una soglia on/off a 5 minuti risulta poco opportuno per lo studio di un fenomeno come quello dell'accessibilità pedonale e dunque si è preferito introdurre una funzione peso che ponderasse i residenti rispetto alla distanza considerandoli totalmente se la loro distanza dal punto target risultava inferiore ai 5 minuti, non calcolarli per distanze superiori ai 10 minuti e pesarli linearmente fra i 5 e 10 minuti.

Nel grafico di figura 6 si riporta la distribuzione della popolazione e la curva di ponderazione in funzione della distanza. Tratteggiata in blue viene indicata la quota di popolazione considerata per il calcolo dell'accessibilità fra i 5 e 10 minuti. L'area gialla indica il contributo di questa porzione di popolazione.

Analoga ponderazione può essere effettuata per la distanza calcolata secondo la formulazione euclidea.

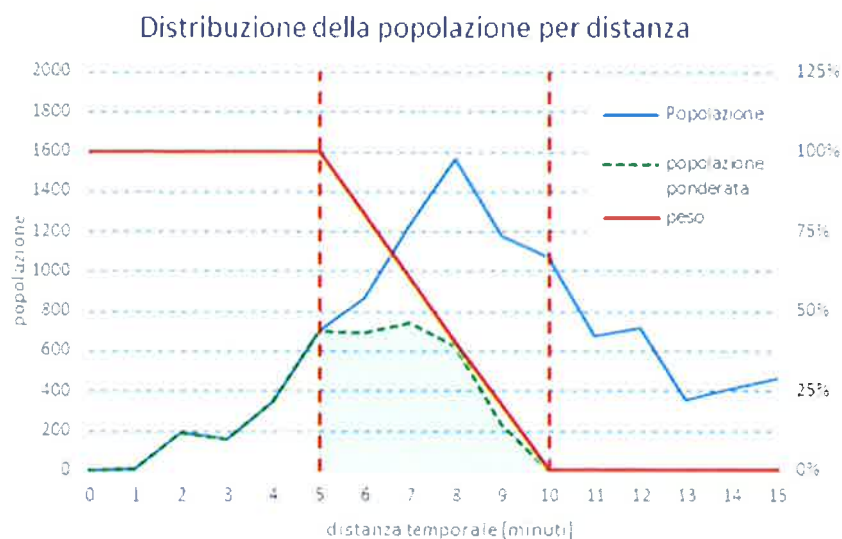


Figura 6 | Distribuzione della popolazione residente in funzione del tempo di accessibilità pedonale alla stazione metro di Vittoria, e sua ponderazione.

Utilizzando la procedura indicata si è calcolata l'accessibilità pedonale, intesa come numero di persone residenti che possono raggiungere con modalità pedonale la stazione della metropolitana per i tre casi analizzati precedentemente.

Tabella II | Calcolo della popolazione residente ottimamente servita dalla stazione della metropolitana per i tre casi analizzati, utilizzando la ponderazione.

	Totale popolazione nell'area analizzata	Modello proposto		Distanza euclidea	
		Entro 5 minuti	Ponderazione fra 0 e 10 minuti	Entro 5 minuti	Ponderazione fra 0 e 10 minuti
Stazione Vittoria	10'572	1'423	3'723	4'087	7'333
Stazione Marconi	11'306	1'518	3'372	3'246	6'305
Stazione Europa	3'125	706	1'315	1'622	2'389

La tabella II evidenzia quindi come il modello proposto in generale porti ad un risultato, in termini di popolazione servita, diverso e più verosimile rispetto all'utilizzo del tradizionale buffer basato sulla distanza euclidea. Nel tessuto della città storica (stazione Vittoria) la popolazione ottimamente servita (considerando il modello e la ponderazione fino ai 10 minuti) è sicuramente maggiore rispetto a quello della stazione Europa della città moderna.

### Riflessioni conclusive

Riassumendo, la metodologia proposta si basa sulla discretizzazione dettagliata del territorio oggetto di analisi in una griglia uniforme di celle. A tale griglia viene applicato un algoritmo di calcolo, che, sulla base degli strati informativi di uso del suolo che intercettano ciascuna cella, assegna ad ognuna un tempo di percorrenza pedonale e valuta le connessioni esistenti tra la cella in esame e le celle ad essa adiacenti. Questo modello permette di andare a creare apposite mappe che evidenziano i tempi pedonali di accesso alla fermata da ciascuna cella, di definire un intorno ottimamente servito dalla fermata stessa e valutare quale sia il bacino di utenza che vi ricade.

Il modello proposto può essere applicato con una duplice finalità. Da un lato, in un'ottica di incentivazione della mobilità sostenibile, il modello può essere utilizzato come strumento di supporto alle decisioni per andare a valutare la localizzazione ottimale di determinati servizi o funzioni urbane da insediare, tenendo conto dell'accessibilità pedonale alle stesse. Da un lato ne è possibile l'applicazione ex-post, che mira a valutare se la localizzazione dei servizi e delle funzioni urbane presenti su un determinato territorio è corretta dal punto di vista dell'accessibilità pedonale, o se invece vi sono alcune criticità legate in particolare ad alcune porzioni di territorio. In quest'ottica si sottolinea come il modello proposto possa



divenire parte integrante del processo di pianificazione e rappresentare un'utile strumento per valutare su quali interventi i Piani Urbani della Mobilità Sostenibile possano andare a puntare: ad esempio la creazione di un varco pedonale in un determinato punto del territorio potrebbe portare un grande beneficio in termini di popolazione ottimamente servita da una fermata/stazione.

Si sottolinea infine come, ad integrazione del lavoro di analisi svolto con la metodologia qui proposta, possa essere utile un'analisi qualitativa delle caratteristiche di fruibilità e sicurezza dei percorsi pedonali di accesso alle fermate. Ad esempio alcuni lavori (cfr. Tiboni e Rossetti, 2013; Badiani, 2006) propongono a questo proposito l'utilizzo di apposite schede di rilievo che analizzano non soltanto l'uso del suolo e la permeabilità pedonale, ma anche elementi qualitativi circa la caratterizzazione, la percezione e la sicurezza dello spazio pedonale e del suo intorno (es. illuminazione, presenza di elementi di protezione, margini, ...).

### **Riferimenti bibliografici**

Badiani B. (2006), *Una metodologia di analisi degli spazi urbani*, Aracne, Roma.

Bonotti R., Rossetti S., Tiboni M., Tira M. (2015), "Analysing space-time accessibility toward the implementation of the light rail system: the case study of Brescia", *Planning Practice and Research*, 30(4), pp. 424-442.

Columbo V. (1966), *La ricerca urbanistica*, Giuffrè, Milano.

Festa D.C. (2009), "Criteri per la localizzazione delle fermate del TPL nella tecnica dei trasporti", in Maternini G., Foini S. (a cura di), *Linee guida per la realizzazione delle fermate del trasporto pubblico locale*, Egaf, Forlì.

Hull A., Silva C., Bertolini L. (2012) (eds.), *Accessibility Instruments for Planning Practice in Europe*, COST Office, Brussels.

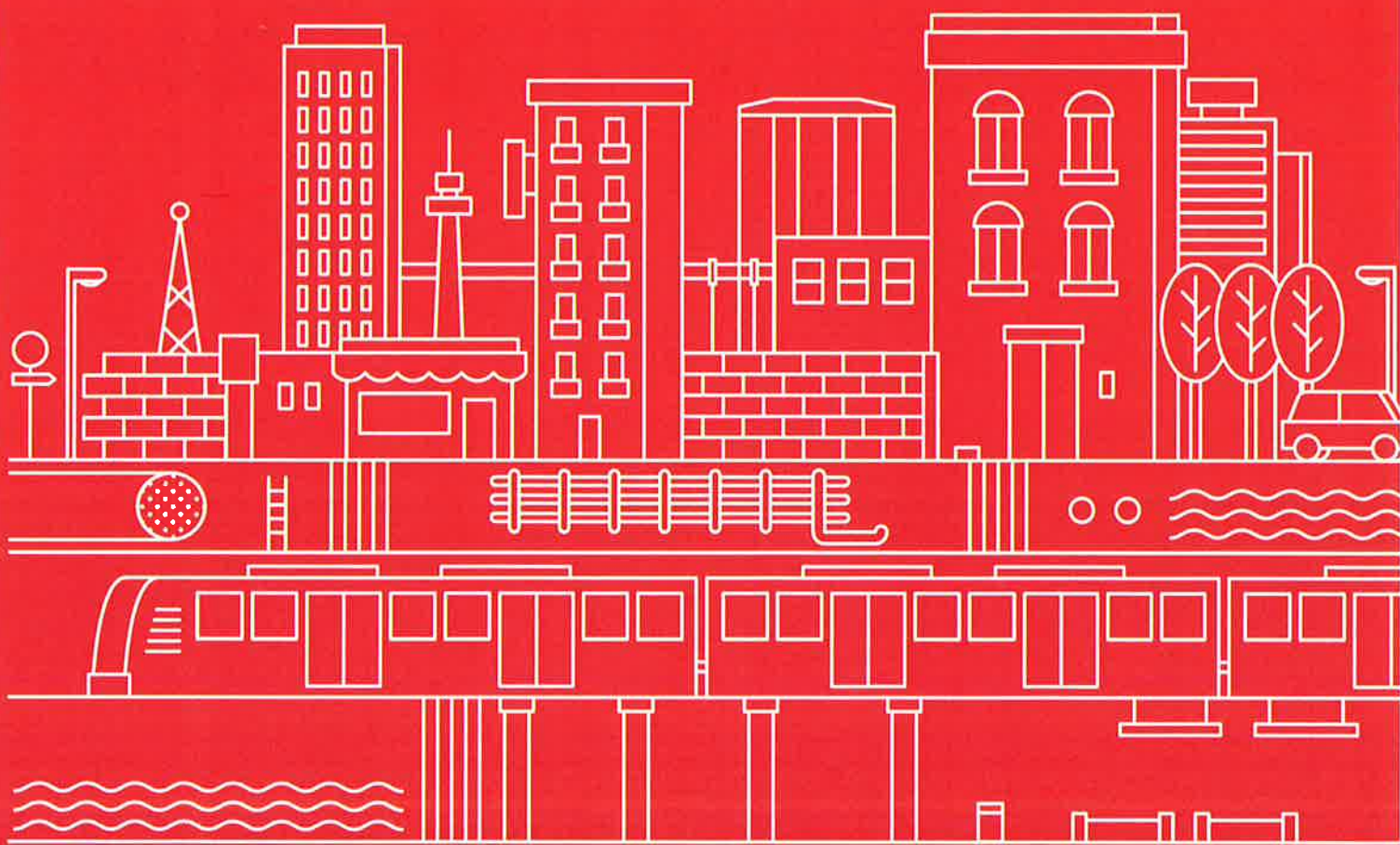
Paolillo P.L. (2010), *Sistemi informativi e costruzione del piano. Metodi e tecniche per il trattamento dei dati ambientali*, Maggioli, Rimini.

Rossetti S., Tiboni M., Vetturi D., Calderòn E.J. (2015), "Pedestrian mobility and accessibility planning: some remarks towards the implementation of travel time maps", in *CSE Journal*, issue 1-2015.

Tiboni M., Rossetti S. (2013), Implementing a Road Safety Review Approach for Existing Bus Stops, in Brebbia C.A. (editor), *Urban Transport XIX*, pp. 699 – 709, WIT Press, Southampton.

Tira M., Lombardi S. (2009), "La scelta della localizzazione ottimale delle fermate del TPL nella tecnica urbanistica", in Maternini G., Foini S. (a cura di), *Linee guida per la realizzazione delle fermate del trasporto pubblico locale*, Egaf, Forlì.

Wirth N. (1976), *Algorithms + Data Structures*, Pentice Hall, New Jersey.



Planum Publisher  
Roma-Milano

[www.planum.net](http://www.planum.net)  
ISBN: 9788899237080

Volume digitale pubblicato  
nel mese di marzo 2017



9

788899

237080