

## **Walkability della città: analisi raster per supportarne la progettazione e il suo incremento**

Giuseppe Chiantera <sup>(a)</sup>, Antonio Cittadino <sup>(b)</sup>, Gabriele Del Carlo <sup>(c)</sup>,  
Francesco Fiermonte <sup>(b)</sup>, Gabriele Garnerò <sup>(b)</sup>, Paola Guerreschi <sup>(b)</sup>,  
Luigi La Riccia <sup>(b)</sup>, Gianfranco Pirrello <sup>(d)</sup>, Franco Vico <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Città di Torino, Direzione Infrastrutture e Mobilità, giuseppe.chiantera@comune.torino.it

<sup>(b)</sup> DIST, Politecnico e Università di Torino, antonio.cittadino@unito.it,  
francesco.fiermonte@polito.it, gabriele.garnero@unito.it, paola.guerreschi@unito.it,  
luigi.lariccia@polito.it, franco.vico@polito.it

<sup>(c)</sup> Città di Torino, Assessorato Viabilità e Trasporti, Infrastrutture - Mobilità Sostenibile e  
Politiche per l'Area Metropolitana, gabriele.delcarlo@comune.torino.it

<sup>(d)</sup> Città di Torino, Ufficio Cartografia Numerica, Servizio Catasto, Area Tributi,  
gianfranco.pirrello@comune.torino.it

### **Riassunto**

Il tema della *walkability* della città, oggi in evidenza, interseca parecchi temi attuali, che vanno dalla vivibilità della città, alla sostenibilità della mobilità urbana, alla salute delle persone... Il paper propone un ragionamento a due livelli. A livello città, l'obiettivo è riconoscere le parti dove azioni volte al miglioramento della *walkability* possono essere più efficaci. Il secondo livello è di dettaglio: mancando (quasi sempre) grafi specifici dei percorsi pedonali, lo spazio urbano è modellato attraverso un raster con maglia 1x1 m. Prendendo in considerazione una serie di criteri, ad ogni cella è stata attribuita una impedenza, un "costo" ad essere percorsa a piedi. Fra i dataset considerati per calcolare questa impedenza, un ruolo fondamentale lo ha la Carta Tecnica Comunale. Normalmente è presa in considerazione stampata (o in formato PDF). Nel caso di Torino (è il nostro caso studio) la CTC è strutturata secondo le specifiche dei database geotopografici, e contiene, in modo esplicito o implicito, molte informazioni utilizzabili. Per l'accesso ai dati e l'identificazione dei criteri da considerare, è stato fondamentale l'attivo coinvolgimento nel lavoro di alcuni funzionari della Città di Torino.

### **Abstract**

The issue of cities' walkability, today in evidence intersects several current topics, ranging from the city livability, to the sustainability of urban mobility, to the health of people ... The paper proposes a two-level reasoning. At the city level, the goal is to recognize the parts where actions aimed at improving walkability can be more effective. The second level is in detail: lacking (almost always) specific pedestrian paths network graphs, the urban space is modeled through a raster with 1x1 m. cells. Taking into account a series of criteria, an impedance has been assigned to each cell, i.e. the "cost" of travelling on foot the cell. Among the datasets considered to calculate this impedance, the

Municipal Technical Digital Map has a fundamental role. Normally it is taken into account printed (or in PDF format). In the case of Turin (that it is our case study) this map is structured according to the specifications of geotopographic databases, and contains, explicitly or implicitly, many usable information. For the access to the data and the identification of the criteria to be considered, the active involvement of some officials of the City of Turin was fundamental.

### ***Il tema della walkability***

La *walkability* della città è oggetto di considerazione da almeno una quindicina di anni, ma oggi è in evidenza. A febbraio 2018 è stato pubblicato il volumetto *Pedestrians First* (ITDP 2018) che ci ha stimolato per due motivi: nasce in un contesto assolutamente internazionale; ha un chiaro obiettivo operativo, supportare i diversi soggetti coinvolti nella promozione e progettazione dell'incremento della *walkability* della città.

Il tema *walkability* della città interseca parecchi temi attuali. I motivi riportati in letteratura per occuparsene sono sorprendentemente vari: vanno dalla sostenibilità della mobilità urbana, dalla mobilità dolce (ricupero dell'andare a piedi come soluzione ai problemi del trasporto sulle brevi distanze), alla salute delle persone (contrasto dell'obesità, prevenzione dell'osteoporosi...), creando le condizioni perché le persone decidano di andare un po' più a piedi. In mezzo c'è una articolata gamma di motivazioni che riguardano la vivibilità della città, la sicurezza, l'inquinamento, la densificazione urbana...

Le ricerche che abbiamo analizzato descrivono spesso un percorso che ha portato alla costruzione di indici di *walkability*, prendendo in considerazione densità e il mix urbano (che avvicina possibili origine e destinazione di spostamenti), la sicurezza (che riguarda sia le intersezioni tra percorsi pedonali e percorsi veicolari, che la sicurezza antropica), la piacevolezza dell'ambiente (qualità dei marciapiedi, presenza di negozi e di altre attività lungo i percorsi pedonali, presenza di verde, basso livello di inquinamento e rumore...).

Quasi sempre è presente una analisi dell'accessibilità, espressa come distanza da percorrere a piedi per raggiungere certi servizi, che però viene computata sul network delle strade, usando cioè i dati e i *tool* messi a punto per il traffico veicolare. Ciò è ovviamente dovuto alla non disponibilità di grafi dei percorsi pedonali. Ma così si introducono significative distorsioni.

In alcuni casi, per caratterizzare meglio la qualità dei luoghi, sono state condotte analisi sul campo: stante la loro onerosità, il risultato è stato che ci si occupa di porzioni limitate di città.

### **Un approccio diverso**

L'approccio qui proposto è applicato al caso di Torino, ma è ampiamente generalizzabile. Permette, in primo luogo, di aggirare l'ostacolo della mancanza di grafi per gli spostamenti pedonali.

Lo spazio urbano è modellato attraverso un raster con maglia 1x1 m., una maglia piuttosto piccola in modo da ottenere un alto livello di dettaglio. Ad ogni cella è attribuita una impedenza, un "costo" ad essere percorsa a piedi, più o meno piacevolmente e in sicurezza: sono escluse le celle non percorribili

perché in aree destinate alla circolazione veicolare o non pubbliche. Questo raster è chiamato *cost raster*.

Il secondo aspetto caratterizzante è che, per costruire il *cost raster*, sono state soprattutto utilizzate le informazioni presenti nella Carta Tecnica Comunale. La carta tecnica è normalmente vista ed usata come una rappresentazione delle forme del territorio, e si materializza nella carta stampata o in un PDF. Nel caso di Torino la CTC è ad alto livello di dettaglio ed è strutturata secondo le specifiche dei database geotopografici. Le informazioni, esplicite ed implicite, del database CTC sono moltissime e preziose.

In letteratura in nessun caso abbiamo trovato esperienze simili di uso, in profondità, delle informazioni cartografiche.

Sono stati utilizzati anche vari altri *dataset*, di diverso tipo, ma tutti con informazioni georiferite (popolazione, attività commerciali, rumore...), tutti disponibili come *opendata*, ma non tutti sono stati facilmente utilizzabili (come sapevamo ancor prima di cominciare).

Avendo, da un lato, in mente alcuni criteri da prendere in considerazione per valutare la *walkability* della città, e, dall'altro, le informazioni ricavabili dalla CTC e dai dataset effettivamente disponibili e utilizzabili, sono stati costruiti una serie di indici che sono stati riportati, in modi diversi, alla maglia di celle 1x1, producendo una serie di raster la cui somma pesata (è stata utilizzata la *map algebra*) ha portato alla costruzione finale del *cost raster*. Questo *cost raster* è una vista della *walkability* della città.

Il *cost raster* è stato poi utilizzato per calcolare l'accessibilità a alcune destinazioni di mobilità a piedi, come distanza pesata cumulata (*cost distance*). Le varie mappe di accessibilità così prodotte sono state sommate, utilizzando sempre la *map algebra*, ottenendo altre viste della *walkability* urbana.

Abbiamo trovato un unico caso di uso di una metodologia simile, basata sulla costruzione del *cost raster* e dei *cost distance*. Si tratta del sito web *Walkshed find your walkable way through the urban jungle* (<http://www.walkshed.org/>, Ogle sd) che permette di costruire le proprie personali *walkability maps*, facendo variare il peso attribuito ai diversi criteri.

### **La valutazione della *walkability* a livello città**

In *Pedestrian first* (IDT 2018) vengono previsti, assai ragionevolmente, in particolare stante l'approccio operativo, più livelli di analisi/intervento. Il primo è quello dell'intera città/area metropolitana. Il secondo è il livello *neighborhood* (area di vicinato): quanto detto nel paragrafo precedente, relativamente a *cost raster* e *cost distance*, si applica a questo secondo livello.

Le analisi della *walkability* sviluppate a livello città, possiamo dire, sono relativamente usuali. L'obiettivo è riconoscere le parti della città dove le azioni volte al miglioramento della *walkability* possono essere relativamente più facili e più efficaci.

Con questo obiettivo in mente, sono stati messi a fuoco i criteri e costruiti gli indici per renderli operabili. Per motivi di reperibilità dei dati l'area di riferimento è il solo Comune di Torino: sarebbe stato del tutto sensato estendere l'analisi all'intera area metropolitana.

Anche per questo livello l'approccio è stato raster. I dataset utili erano alcuni riferiti alle zone statistiche (superficie media 138 Ha), altri alle sezioni di censimento (superficie media 3,3 Ha), altri erano dati puntuali.

I dati riferiti a zone statistiche e sezioni di censimento sono stati rasterizzati, con cella di 20x20 m. (quindi molto più grande di quella utilizzata per il livello "neighborhood"). In questo modo diventa ininfluente il fatto che i dati non si riferiscono ad un unico tipo di aree.

I dati puntuali sono stati spazializzati invece usando la *Kernel Density Estimation (KDE)* che, dato il valore di un fenomeno in un punto, ne rappresenta la diffusione e l'attenuazione in un intorno circolare, con raggio definito opportunamente in relazione al fenomeno rappresentato.

Tutte le mappe prodotte sono raster con cella di eguale dimensione. I diversi raster sono stati quindi semplicemente sommati con la *map algebra*, attribuendo ad ognuno un opportuno peso. L'aver usato la somma pesata, evitando algoritmi più complessi, è funzionale al mantenimento di un certo controllo sul significato dei risultati, molto opportuno perché tali risultati derivano da una procedura di una certa complessità, che al suo interno contiene parecchi passaggi critici.

	Macro indici		Indici	
	Peso attribuito nella somma pesata	Descrizione	Peso attribuito nella somma pesata	Descrizione
Walkability a livello città	40%	Densità di popolazione	25%	Densità bambini 0-14, ab/Ha, per sezioni di censimento
			40%	Densità residenti 15-64, ab/Ha, per sezioni di censimento
			35%	Densità over 65, ab/Ha, per sezioni di censimento
	20%	Densità e mix delle attività economiche	30%	Mix delle attività economiche, per sezione di censimento
			30%	Densità unità locali, UL/Ha, per sezione di censimento
			40%	Densità di addetti, addetti/Ha, per sezione di censimento
	20%	Struttura fisica	50%	Numero di isolati per kmq, per zone statistiche
			50%	Densità aree pubbliche di circolazione pedonale, mq/mq, per sezione di censimento
	20%	Presenza di attività attrattive in un raggio di accessibilità a piedi	11%	Altri luoghi di culto (dati puntuali)
			11%	Chiese (dati puntuali)
			11%	Cinema (dati puntuali)
			11%	Musei (dati puntuali)
			11%	Ospedali (dati puntuali)
			11%	Scuole dell'infanzia (dati puntuali)
11%			Scuole primarie e secondarie di I grado (dati puntuali)	
11%			Scuole Secondarie II grado (dati puntuali)	
11%	Università (dati puntuali)			

Tabella 1 - Livello città: criteri considerati, indici e macro-indici costruiti, pesi attribuiti nelle somme pesate

I macro-indici sono il risultato della somma pesata di un certo numero di indici. Per renderli confrontabili e sommabili macro-indici e indici sono stati prima normalizzati su una scala 0-100. Per tutte le elaborazioni, a livello città e al livello *neighborhood*, è stato utilizzato il SW GIS QGIS (ver. 3.2).



Figura 1 – A destra, somma pesata delle KDE relative alle attività attrattive elencate in tabella1. A sinistra, in rosso più intenso le parti della città più adatte allo sviluppo della walkability

### La valutazione della *walkability* a livello *neighborhood*

La traduzione letterale di "*neighborhood*" è area di vicinato, ma si è preferito mantenere il termine usato nella letteratura internazionale, piuttosto che tradurlo ad es. con "quartiere", che si porta dietro connotazioni fuorvianti. Per questo livello di dettaglio ITDP 2018 (p. 31) suggerisce la dimensione di 1 Km<sup>2</sup>, ciò però fondamentalmente per evitare raccolte di dati troppo estese e onerose. Nel nostro caso, le analisi sarebbero potenzialmente estendibili all'intera città di Torino, poiché i dataset utilizzati coprono l'intero territorio comunale. Però mancava un dataset, gli attraversamenti pedonali. Gli attraversamenti pedonali sono indispensabili per generare la continuità dei percorsi pedonali quando questi intersecano le aree di circolazione dei veicoli. È stato quindi necessario digitalizzarli *ad hoc*. Per questo motivo l'analisi della *walkability* è limitata, al momento, ad un'area test, San Salvario, di 193 Ha. Si tratta di un'area piuttosto centrale, che ha caratteristiche socio-economiche e ambientali varie.

Nella individuazione dei criteri a livello *neighborhood* il punto di partenza è stato la "*Walkability Hierarchy of Needs Pyramid*" (ITDP 2018, p. 13-14).

I 6 criteri proposti sono stati compattati in 3: percorribilità, sicurezza (incolumità fisica e sicurezza antropica), comfort/piacevolezza.

La somma pesata dei macro-indici relativi a questi tre criteri costituisce il *cost raster*, leggibile come rappresentazione di dettaglio della *walkability*.

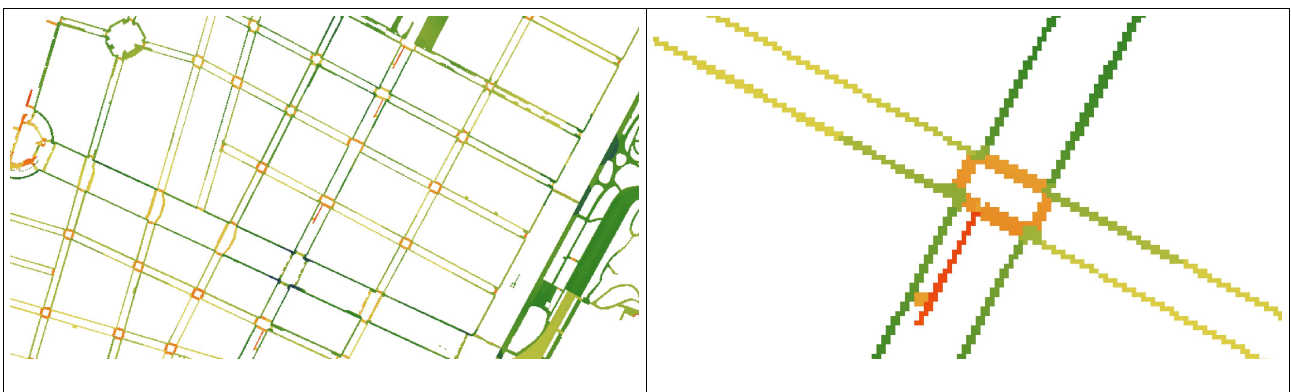
Valori alti dei macro-indici significano alta percorribilità, alta sicurezza, alta piacevolezza, mentre i valori del *cost raster* rappresentano un costo, una impedenza a percorrere a piedi la cella. I valori del *cost-raster* sono stati quindi calcolati come complemento a 100 della somma normalizzata dei macro-indici.

La tabella 2 descrive il processo completo, dai criteri, agli indici, ai macro-indici.

	Macro indici		Indici	
	Peso attribuito nella somma pesata	Descrizione	Peso attribuito nella somma pesata	Descrizione
COST RASTER: impedenza a percorrere la cella a piedi, complemento a 100 della somma pesata dei macroindici	40%	Percorribilità, possibilità di muoversi a piedi	100%	Presenza di marciapiedi, attraversamenti pedonali, vialetti, scivoli, scale...
	30%	Sicurezza	20%	Presenza di attività al livello marciapiede: negozi, bancarelle...
			40%	Presenza di intersezioni con il traffico veicolare regolamentate da semaforo
			40%	Separazione percorsi pedonali/percorsi veicolari
	30%	Comfort / piacevolezza	10%	Presenza di alberi
			5%	Presenza di arredo urbano
			20%	Presenza di attività attrattive al livello marciapiede (negozi con vetrine...)
			10%	Presenza di percorsi coperti
			5%	Presenza di fontanelle
			10%	Qualità delle pavimentazioni
			20%	Basso livello di rumore
			20%	Percorso contiguo ad aree verdi

*Tabella 2 – Livello neighborhood: criteri considerati, indici e macro-indici costruiti, pesi attribuiti nelle somme pesate*

Oltre ai criteri considerati, elencati nella tabella 2, sono stati individuati anche altri criteri che sarebbe ragionevole considerare, al momento non implementati perché non sono stati reperiti i dati necessari. Ne elenchiamo alcuni che pensiamo di poter considerare nello sviluppo del lavoro: presenza di zone e di intersezioni con traffico veicolare calmierato, numero di incidenti stradali in cui sono coinvolti pedoni, scippi e altri reati di strada, livelli di illuminazione, presenza di dehors, presenza di opere d'arte, presenza di visuali e punti panoramici.



*Figura 2 – A destra, il cost raster: il colore dal blu al rosso, passando per verde giallo arancione, rappresenta "impedenze" crescenti. A sinistra, zoomando si vedono le celle del raster di 1x1 m.*

La dizione *cost raster* qui usata è di ESRI ArcGIS: in QGIS si parla invece di *cost surface* e di *local cost*.

### **Livello *neighborhood*: l'accessibilità dei punti di interesse**

Un'altra rappresentazione della *walkability* riguarda l'accessibilità di punti di interesse presenti all'interno di una distanza percorribile a piedi.

Il *cost distance* (in ArcGIS, in QGIS si parla di *cumulative cost* o *accumulated cost*) rappresenta il "costo" cumulato del movimento, ove il "costo" è dato dal valore della cella del *cost raster*. Questo valore viene moltiplicato per la dimensione della cella (nel nostro caso 1 m.) o per la sua diagonale se la cella viene percorsa in diagonale. Quindi il *cost distanze* calcola una accessibilità pesata, che, nel nostro caso, tiene conto di distanza, percorribilità, sicurezza e piacevolezza del camminare.

Con *cost distance* è stata calcolata l'accessibilità rispetto ad alcune delle attività attrattive di mobilità a piedi, considerate al livello città, e per punti significativi nella mobilità urbana. La somma pesata di diversi *cost distance* può portare a vista sintetiche dell'accessibilità. Va detto che, a questo punto, queste elaborazioni sono semplici ed è facile esplorare diversi aspetti dell'accessibilità.

La figura 3, a sinistra, rappresenta la somma pesata dei *cost distance* relativi a punti di intermodalità nella mobilità urbana (tra [ ] il peso attribuito nella somma pesata): fermate metro [50%], stazioni di *bike-sharing* [20%] e di *car-sharing* [15%], aree sosta taxi [15%]. Per apprezzare come il *cost raster* deforma l'accessibilità, è stato prodotto un altro *cost distance* usando un *cost raster* con valore di ogni cella costante eguale 1. I due *cost distance*, dopo essere stati normalizzati, sono stati confrontati. La figura 3, a destra, mostra il risultato.

Un interessante prodotto secondario dell'algoritmo *cost distanze* è l'*allocation*, cioè l'individuazione della area di influenza di ogni attività: il risultato è utilmente interpretabile se riferito ad un numero limitato di destinazioni.

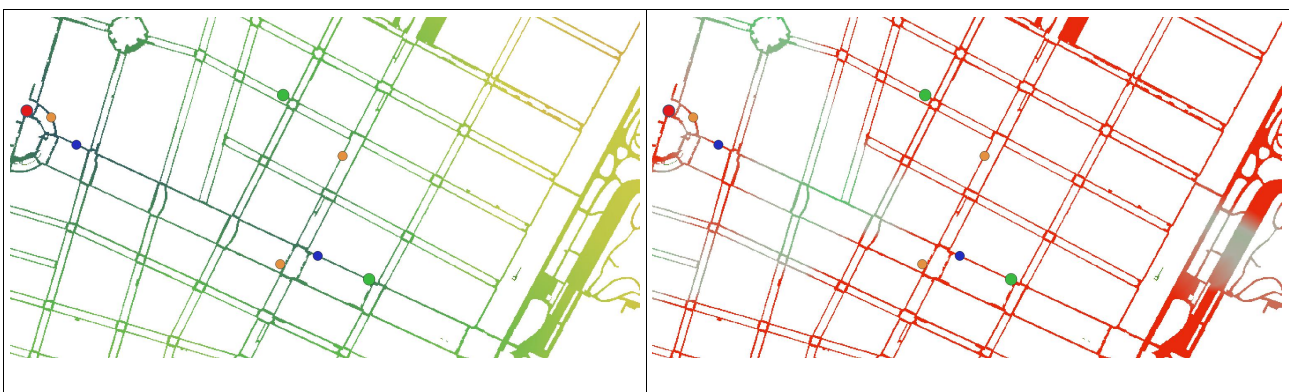


Figura 3 – A destra, accessibilità a punti di intermodalità nella mobilità urbana: blu, verde, giallo e arancione rappresentano livelli di accessibilità decrescenti.

A sinistra, in verde la distanza pesata normalizzata è minore della corrispondente distanza fisica, in grigio, sono più o meno eguali, in rosso la distanza pesata è maggiore della distanza fisica.

## Considerazioni conclusive

Le viste sulla walkability (v. fig. 1 e 2) non sono state commentate perché pensiamo che la loro lettura su carta sia difficile e soprattutto che sia poco stimolante. Meglio analizzare queste viste a video, in un ambiente GIS che permetta di accendere e spegnere *layers*, zoomare, interrogare ecc.

Tra gli sviluppi auspicabili (il paper è una tappa di un lavoro in progress) c'è, appunto, una certa automazione di (almeno) parti delle procedure, in modo da poterle utilizzare *live*, in contesti operativi ma anche in situazioni di comunicazione e partecipazione. Pensiamo infatti che le elaborazioni qui descritte debbono essere viste come un aiuto ai diversi *stakeholders* per ragionare, per confrontare diversi punti di vista in modo esplicito ed articolato. Una certa automazione è indispensabile anche per produrre test di sensitività rispetto ai diversi indici e pesi utilizzati, test che, come noto, aiutano a focalizzare che cosa è realmente importante.

Per lo sviluppo del lavoro è stato fondamentale il coinvolgimento di alcuni funzionari della Città di Torino e di alcuni collaboratori di staff dell'Assessorato Viabilità e Trasporti (v. le affiliazioni degli autori del paper), che è avvenuto nell'ambito del "Accordo quadro... di collaborazione tra la Città di Torino e il Politecnico di Torino...per promuovere fra gli enti la cultura e la diffusione dell'informazione geografica" del 13 settembre 2017. Questo coinvolgimento è stato fondamentale per il reperimento dei diversi dataset, per il loro corretto utilizzo, e anche per l'individuazione dei criteri da considerare e la definizione dei pesi da attribuire ai diversi parametri. Questo coinvolgimento sarà ovviamente fondamentale anche per gli auspicati sviluppi futuri.

Non ostante le condizioni privilegiate in cui la collaborazione con la Città di Torino ci ha permesso di operare, non ostante le norme europee e nazionali vigenti riguardanti metadati e interoperabilità dei dati geografici, non ostante il principio dell'*open by default* stabilito per legge, ci sono state difficoltà nel reperimento di dati e nel loro (ri)utilizzo. Problemi di carenza di metadocumentazione (ad es. assenza di *code-list* chiare con l'esplicazione delle codifiche), ma anche di codifiche ondivaghe, oltre che di dati mancanti.

Il facile reperimento e riuso dei dati è quindi, tuttora, un obiettivo. Oltre a integrare i dati mancanti, rendere le enumerazioni consistenti ecc., nello spirito di INSPIRE, di uso plurimo delle risorse informative, avrebbe senso rivisitare i dataset esistenti pensando anche a usi più ampi di quelli per cui sono stati originariamente prodotti. In particolare un dataset qui utilizzato intensivamente è la CTC: come detto rappresenta le "forme" delle diverse porzioni di territorio, ma prescinde da aspetti importanti, ad es. per le "aree di circolazione pedonale" non distingue tra "in aree pubbliche" o "in aree private".

## Riferimenti bibliografici

Per mancanza di spazio i riferimenti sono limitati a questi due:

ITDP, Institute for Transportation and Development Policy (2018), *Pedestrians First, Tools For a Walkable City*, ITDP, New York, [www.itdp.org](http://www.itdp.org).

Ogle A.(sd), *Walkshed find your walkable way through the urban jungle*

<http://www.walkshed.org/>