

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Edile - Architettura

Ambiente costruito ed esposizione (degli utenti) in scenari di rischio improvviso.

Il pericolo terremoto.

Built environment and exposure (of users) in sudden risk scenarios.

The earthquake danger.

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. Enrico Quagliarini

Tesi di Laurea di:

Ilenia Parmegiani

Correlatore: Chiar.mo/a

Prof. Gabriele Bernardini

A.A. 2020 / 2021

INDICE

INTRODUZIONE 3

1. STATO DELL'ARTE 5

2. METODOLOGIA DI RACCOLTA DEI DATI 8

2.1. Caratterizzazione delle aree 8

2.2 Caratterizzazione del numero massimo di utenti nel BE 18

2.3 Caratterizzazione degli utenti di BE in termini di vulnerabilità individuale 22

2.4 Caratterizzazione della vulnerabilità collettiva nel BE 24

2.5 Metodologia di gestione dei dati 24

2.6 Analisi statistiche 29

3. RISULTATI 30

3.1 Descrittori OUC: 31

3.1.1 Numero di utenti [pp] nel BE esposti in aree esterne e interne 31

3.1.2 Percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%] 41

3.1.2.1 Confronto della percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%] negli scenari giornalieri 49

3.1.3 Percentuale di utenti che tengono conto della vulnerabilità individuale [%] 56

3.1.4 Densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq] 58

3.1.4.1 Confronto della densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq] negli scenari giornalieri 68

3.1.5 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/mq] 70

3.1.6 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-] 73

3.2 Descrittori TDC: 75

3.2.1 Percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%] 75

3.2.2 Densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq] 82

3.2.3 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/mq] 91

3.2.4 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-] 95

3.2.5 Numero normalizzato di utenti nel BE [-] considerando la familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza 97

3.2.6 Numero normalizzato di utenti nel BE [-] considerando la vulnerabilità individuale 104

3.3 Descrittori BEC: 113

3.3.1 Presenza di edifici sensibili [booleano] 113

3.3.2 Percentuale di aree esterne per tipologia [%] 115

3.3.3 Rapporto tra area interna ed esterna 117

3.4 Discussione dei risultati 120

3.5 Casi studio specifici 123

3.6 Selezione dei parametri descrittori delle tipologie di ambiente costruito (BETs) in base all'esposizione degli utenti. 124

CONCLUSIONI 127

APPENDICE A - Configurazione morfologica e caratterizzazione delle aree esterne di ogni caso studio 128

APPENDICE B – Descrittori TDC dei parametri di familiarità e densità degli utenti complessivi riferita alle aree esterne, negli scenari giornalieri: Festivo, Mass-Gatherings e One-Off events. 139

RIFERIMENTI 152

INTRODUZIONE

L'Ambiente costruito, in inglese *Built Enviroment* (BE) viene descritto come l'insieme di edifici, infrastrutture, spazi aperti e utenti. Recentemente il BE risulta essere sempre più esposto a disastri di natura improvvisa, *SUdden Onset Disaster* (SUOD), terremoti e attacchi terroristici. Infatti, negli ultimi anni il territorio italiano è stato soggetto a diversi eventi di natura sismica, dal terremoto dell'Aquila del 2009, Emilia-Romagna del 2012 fino agli eventi sismici che hanno colpito il centro Italia del 2016 e del 2017. Questi eventi hanno mostrato una scarsa resilienza del BE.

La poca resilienza dell'ambiente costruito dipende principalmente da: strategie di mitigazione e/o prevenzione del rischio terremoto che si focalizzano sui singoli edifici, non considerando l'interazione tra gli edifici e lo spazio circostante, anche se possono influire fortemente sulle condizioni di sicurezza degli spazi urbani; le strategie di mitigazione e/o prevenzione del rischio non considera il comportamento umano; non vengono considerate caratteristiche che aumentano il rischio come l'affollamento e la tipologia degli utenti; cause ed effetti della combinazione di disastri non vengono analizzate; non viene posta attenzione sull'insegnamento e sull'informazione in caso di rischio.

Da tali premesse, il lavoro di tesi si pone l'obiettivo di studiare l'esposizione degli utenti nell'ambiente costruito in condizioni di rischio improvviso, in particolare il terremoto. Applicando un metodo multi-scenario nel quale vengono analizzati i fattori di vulnerabilità ed esposizione degli utenti. Ogni fattore ha la possibilità di essere responsabile dell'individuazione dei parametri tipici che descrivono le variazioni di scenari della Built Enviroment Typology (BET) in condizioni di emergenza. Allo stesso tempo, i parametri individuati possono caratterizzare possibili condizioni di picco nell'ambiente costruito, quindi, situazioni con un numero notevole di utenti esposti nell'ambiente costruito.

Lo studio è composto da tre capitoli, nei quali attraverso l'applicazione di una metodologia di raccolta dati analizzano un campione di ventuno BE, al fine di determinare una serie di parametri tipici per la caratterizzazione tipologica del BE secondo l'esposizione degli utenti.

Nel primo capitolo, l'attenzione viene posta sullo stato dell'arte. Vengono elencati gli studi di letteratura fin ora svolti e concentrati sull'interazione tra: fonti di pericolo, quindi, definizioni dei possibili rischi SUOD e come essi interagiscono con l'ambiente costruito; fonti ambientali (vulnerabilità del costruito, caratterizzazione di spazi aperti e modificazione dell'ambiente

costruito durante l'evento) e fattori umani (presenza di utenti e comportamento in condizioni di rischio).

Ne secondo capitolo viene descritta la metodologia di raccolta dati. Nello specifico, il modo in cui i dati vengono reperiti e la stesura delle fasi che caratterizzano gli spazi dell'ambiente costruito e gli utenti in base alla vulnerabilità individuale e collettiva. Si caratterizzano le aree indoor e outdoor del BE, includendo all'area della piazza le strade di accesso; poiché i soggetti presenti in questi spazi tendono a dirigersi verso l'area più vicina e più ampia. Inoltre, le aree che costituiscono il BE vengono caratterizzate in base alla funzione e dimensionate definendo la superficie in mq che occupano. Viene effettuata una caratterizzazione del numero massimo di utenti presenti nel BE. Gli utenti vengono divisi in quattro macro-categorie e in base all'indice di affollamento degli spazi indoor ed outdoor viene definito il numero di utenti esposti, negli scenari ordinari (festivo e feriale) e negli eventi di aggregazione di massa. Successivamente si occupa della caratterizzazione degli utenti si focalizza sulla vulnerabilità individuale. Gli utenti vengono divisi in cinque fasce di età, in base alle condizioni di movimento e all'occupazione (lavoratori, disoccupati o studenti). Per rispettare la natura dell'approccio rapido, le fasce di età sono utilizzate per categorizzare tutti gli utenti presenti nel BE, quindi, applicate alle quattro macro-aree. La caratterizzazione degli utenti avviene anche in base alla vulnerabilità collettiva. Le ricerche si orientano sulla presenza nel BE di piani di emergenza comunali, sulla presenza di segnaletica di sicurezza e sulla corretta formazione di personale di sicurezza.

Una volta effettuata la ricerca dei dati, viene sviluppata una metodologia di gestione dei dati raccolti; infatti, dalla raccolta dei dati sono stati indicati una serie di parametri e sotto-parametri che descrivono gli utenti presenti nel BE in modo generale e in funzione del tempo; oltre, ai parametri che descrivono lo spazio. Infine, nel capitolo vengono descritte le analisi statistiche da applicare ad ogni parametro precedentemente descritto.

Nel terzo capitolo vengono applicate le analisi statistiche ad ogni scenario giornaliero e per ogni parametro e sotto-parametro ricavato dalla raccolta dati. Nella prima sezione vengono commentati i parametri appartenenti al gruppo di descrittori OUC, quindi, che descrivono gli utenti esposti nell'ambiente costruito in modo generale. Successivamente vengono illustrati e commentati i parametri in funzione del tempo (TDC). Infine, l'analisi si concentra sulla descrizione dei parametri BEC, i quali definiscono lo spazio dell'ambiente costruito. I risultati prodotti vengono discussi in modo da elencare in maniera qualitativa e quantitativa una serie di parametri che possono definire la tipologia di ambiente costruito per esposizione degli utenti, focalizzando l'attenzione su utenti esposti nell'area outdoor della piazza, poiché in scenari di

rischio improvviso gli utenti presenti si muovono verso gli spazi aperti e distanti da elementi vulnerabili. Inoltre, sono stati illustrati in modo più preciso tre casi studio particolarmente significativi.

1. STATO DELL'ARTE

Attualmente l'ambiente costruito soggetto a rischi di natura improvvisa e il comportamento degli utenti è stato analizzato nel progetto BE S^2ECURe[1] partendo dalla classificazione dei possibili rischi SUOD, in particola dei terremoti e di come vanno ad influenzare l'ambiente costruito (D1.1.1), sottolineando l'importanza degli spazi aperti del BE che vengono divisi principalmente in *Areal* (piazze) e *Linear*(percorsi). Successivamente si concentra sulla valutazione del rischio definendo una matrice di rischio sismico (D1.2.1), che mette in relazione la vulnerabilità dei fronti edilizi con il pericolo sismico, in modo da creare scenari di pericolo e confrontarli con l'esposizione umana; oltre all'analisi dei fattori che danneggiano l'ambiente costruito in seguito al sisma (D1.2.2). Un altro aspetto analizzato nello stato dell'arte si basa sulla valutazione qualitativa dei fattori che possono influenzare il rischio sismico negli spazi aperti del BE (D1.2.3). L'ultimo aspetto analizzato nello stato dell'arte riguarda il fattore umano i comportamenti degli utenti presenti nel BE e gli effetti dei disastri sulle persone esposte sono descritti e analizzati nello stato dell'arte del progetto di ricerca BE S^2ECURe (deliverable D1.2.5, D1.3.3, D2.2.3 e D2.2.5). Tali analisi si sono basate sullo studio della letteratura esistente per poter creare una classificazione dei fattori (Bosina e Weidmann et al. 2017, Cardona et al. 2012, Manigrasso et al. 2017, de Nazelle et al.2009, Bernardini et al. 2019, Piselli et al. 2018, Bernardini et al. 2016, Chung et al. 2017, US Department of Homeland Security 2009, Yang et al. 2018, Quagliarini et al. 2018, D'Orazio et al 2014b, Wardhani et al. 2015, Dedesko et al. 2015, Francini et al. 2020, Langenheim et al. 2020, FEMA-426/BIPS-06 2011). La tabella 1 vengono elencati i fattori dedotti dallo studio della letteratura, e sono divisi in base alla vulnerabilità e all'esposizione. Per ognuno viene descritto un procedimento di caratterizzazione, seguito brevemente da fonti che descrivono una metodologia di acquisizione dei dati.

[1] https://www.bes2ecure.net/ (ultimo accesso 03/10/2021)

Tabella 1: Fattori di vulnerabilità ed esposizione, caratterizzazione, fonti dei dati e applicazione dell'analisi statistica del possibile parametro tipico del BE.

Classe di Fattori	Caratterizzazione	Fonti	Unità di misura	Applicazione nell'analisi statistica
Vulnerabilità degli utenti	-	-	-	-
Vulnerabilità individuale	-	-	-	-
Quantità di movimento (Bosina e Weidmann et al. 2017)	Dai valori della letteratura per adulti, anziani e bambini	La letteratura lavora sulla quantità di movimento in base all'emergenza SUOD/SLOD	m/s	-
Disabilità in movimento (Cardona et al. 2012)	Nessuna disabilità, moderata, sedia a rotelle	Registro assistenza sanitaria	m/s	-
Salute della persona (Manigrasso et al. 2017)	Salute, malattia respiratorio, malattia cardiologica	Registro assistenza sanitaria	Dato specifico della condizione di salute	-
Età (de Nazelle et al.2009)	È fondamentale per determinare la quantità di movimento e la presenza delle persone durante le ore del giorno nel BE	Database censimento della popolazione	anni	Numero di persone per fascia di età [n°]; percentuale di persone per fascia di età [%]
Genere (de Nazelle et al.2009)	Necessario per determinare la quantità di movimento e la salute	Database censimento della popolazione	Percentuale in base al genere	Percentuale di persone per genere [%]
Questioni comportamentali, culturali e socioeconomiche stato	-	-	-	-
Problemi di movimento (Bernardini et al. 2019)	Livelli di preparazione degli utenti	Lavori di letteratura e indicazioni degli uffici locali	Probabilità di selezione dei percorsi	-
Problemi di percezione del rischio (Piselli et al. 2018)	Tempo di pre-movimento valutato attraverso la letteratura	Lavori di letteratura: evacuazione per SUOD; percezione rischio per SLOD	livello di conoscenza dei percorsi di evacuazione (SUOD) e corretta percezione del rischio e degli	-

			effetti sulla salute (SLOD)	
Familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza (Bernardini et al. 2016)	Familiarità-residenti, non familiarità-non residenti, turisti, visitatori e passanti	Uffici turistici e database censimento della popolazione	Probabilità di prendere un percorso corretto	Rapporto tra persone residenti e visitatori [-]; [%]
Vulnerabilità collettiva	-	-	-	-
Condizioni di gestione dell'emergenza (Chung et al. 2017)	Presenza o assenza di misure di prevenzione e gestione dell'emergenza	Uffici comunali	Presenza di piano di emergenza	Numero di BE che hanno un piano di gestione
Schema di evacuazione (US Department of Homeland Security 2009)	Presenza o assenza di segnaletica, impianti e personale formato	Uffici comunali	Numero di persone formate, numero di segnali di rischio, presenza di piani di emergenza	Numero di BE con piani di emergenza
Esposizione degli utenti	-	-	-	-
Posizione degli utenti nel BE nel tempo (Yang et al. 2018)	Level of Service (LOS): A, B occupazione moderata; C, D, E, F condizioni di affollamento	Indagini statistiche per BET specifiche	pp, pp/mq	[pp], [pp/mq] per intervalli di tempo (ore del giorno e giorni festivi, lavorativi, stagionali)
Percorsi degli utenti nel BE e problemi di occupazione (Quagliarini et al. 2018)	Percorsi principali e secondari in relazione alle condizioni LOS		pp, pp/mq, pp/s	-
Numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale e problemi comportamentali (D'Orazio et al 2014b)	In relazione alle condizioni di vulnerabilità individuale			[pp], [pp/mq] per intervalli di tempo (ore del giorno e giorni festivi, lavorativi, stagionali)
Numero totale di utenti esposti (Wardhani et al. 2015)	Periodo anno e momenti del giorno		pp, pp/mq	
Edifici strategici (Dedesko et al. 2015)	Diversi range in relazione alle condizioni LOS	Mappe catastali	Booleano	Numero di elementi totale e per tipologia
Edifici ordinari (Francini et al. 2020)	Diversi range in relazione alle condizioni LOS	Mappe catastali	-	-

Spazi aperti e la loro occupazione (Langenheim et al. 2020)	Diversi range in relazione a raduni di massa e flussi di utenti	Mappe catastali	pp, pp/mq, pp/s	[%] spazi aperti [pp], [pp/mq] di utenti presenti nel tempo
Obiettivi sensibili e la loro occupazione (FEMA-426/BIPS-06 2011)	Obiettivo forte/tenue	Destinazione d'uso edifici	Booleano, pp, pp/mq	Numero di elementi

2. METODOLOGIA DI RACCOLTA DEI DATI

La metodologia permette di raccogliere dei dati in modo sistematico e generalmente ripetibile per ogni caso studio preso in considerazione. I dati vengono reperiti attraverso fonti omogenee, quindi applicabili ad ogni città; sono ad accesso libero e ottenibili da remoto sul web.
L'approccio rapido può essere integrato con strumenti più specifici, come quelli basati su GIS o sulle indagini in situ, per raffinare i risultati finali.
Gli step metodologici effettuati nell'analisi delle piazze sono:

- caratterizzazione delle aree esterne ed interne del Built Environment (sezione 1.1.);
- caratterizzazione del numero massimo di utenti presenti nel Built Environment (sezione 1.2.);
- caratterizzazione degli utenti in base alla vulnerabilità individuale (sezione 1.3.);
- caratterizzazione degli utenti in base alla vulnerabilità collettiva (sezione 1.4.).

Nell'Appendice A vengono elencati tutti i casi studio, con la relativa descrizione dei parametri sopracitati e rappresentazione grafica delle aree che costituiscono il BE.

2.1. Caratterizzazione delle aree

Sono state analizzate ventuno piazze di geometria concava[2] descritte secondo tre parametri[3]:

- Configurazione morfologica, nei casi analizzati è molto allungata e allungata. Viene descritto tramite il rapporto dimensionale e la proporzione tra lunghezza (L) e larghezza (w), definito con l'indice R (R=larghezza/lunghezza);

[2] Nel progetto di ricerca BE S^{2}ECURe, l'allegato D 3.1.1, sezione 2.3 sviluppa una semplificazione della geometria degli spazi aperti, dividendoli in concavi e convessi. Un poligono è definito convesso se e solo se per una qualsiasi coppia di punti A e B (nel poligono) il segmento che congiunge i punti trova interamente nel poligono.
[3] Nel progetto di ricerca BE S^{2}ECURe, l'allegato D 3.1.1, sezione 3 sviluppa i parametri che caratterizzano le BET.

- Dimensione (larghezza, altezza), si effettua un confronto tra l'altezza massima (Hmax) delle frontiere e la larghezza (w);
- Tipo strutturale, se sono presenti o meno aggregati strutturali, cioè un insieme di edifici posti in continuità, e collegati per formare un sistema strutturale unitario.

Nella tabella 2 sono riassunte le opzioni che definiscono la morfologia della piazza.

Tabella 2: definizione dei parametri e delle relative opzioni

Parametro		**Opzioni**
Codice	*Descrizione*	*Range*
P1	Configurazione morfologica	a. Compatto ($1 \geq R \geq 0{,}70$)
		b. Allungata ($0{,}70 > R > 0{,}30$)
		c. Molto allungato ($R \leq 0{,}30$)
P2	Dimensione	d. Hmax > w
		e. Hmax < w
P3	Tipo Strutturale	f. SA (tutti i fronti)
		g. SA (non tutti i fronti)

Il BE considerato include in un unico spazio: l'area effettiva della piazza, definita secondo i dati relativi ai parametri elencati nella tabella 2; e parte delle strade di accesso alla piazza. In particolare, in quest'ultimo caso, per individuare la porzione di strada, si assume il criterio del percorso più breve, quindi, si tiene conto dell'organizzazione di piani di evacuazione già consolidati e dell'attrazione, su base sperimentale, delle persone verso spazi aperti più vicini e ampi, movimento che avviene durante le prime fasi di evacuazione dal terremoto (D'Orazio et al. 2014c; Rojo et al. 2017; Shrestha et al. 2018; Aalami e Kattan et al. 2020; Chen e Cheng et al. 2020).

Il criterio del percorso più breve viene utilizzato anche in situazioni di normale transito da e verso la piazza, anche se in questo modo si rischia di semplificare troppo il tessuto urbano in cui sono collocati i BE (Pearce et al. 2021; Salazar Miranda et al.2021).

Inoltre, l'ampio spazio costituito dall'area della piazza e dall'area delle porzioni di strade di accesso permette di effettuare scenari conservativi nella stima degli utenti presenti nell'ambiente costruito considerato.

Come per la piazza, ogni strada di accesso viene regolata da caratteristiche morfologiche, in modo da definire la lunghezza della parte più vicina alla piazza e di conseguenza l'area da

includere nel BE. Prima di tutto vengono effettuate diverse ipotesi di inclusione ed esclusione delle strade. (Figura 1)

Le caratteristiche morfologiche di esclusione della strada dalle fasi successive sono:

- Strada con la presenza di un portico o un arco sul lato di accesso al BE, poiché questi elementi strutturali sono considerati come un'interruzione della via, oltre alla loro vulnerabilità ai terremoti; infatti, gli utenti durante l'evacuazione preferiscono muoversi lontano da essi (D'Orazio et al. 2014c);
- Strada con una pendenza positiva > 8% verso il BE, di conseguenza gli utenti dovrebbero muoversi in salita. In questo caso, si ipotizzano costi di movimento maggiori (Meeder et al. 2017), infatti nell'ottica del minimo sforzo (Zipf 1950), i soggetti preferiscono muoversi nell'ambiente costruito tramite percorsi pianeggianti o in discesa (Salazar Miranda et al. 2021);
- Le vie di eccesso con una scala verso il lato del BE, indipendentemente dalla pendenza, presentano un ostacolo alla circolazione.

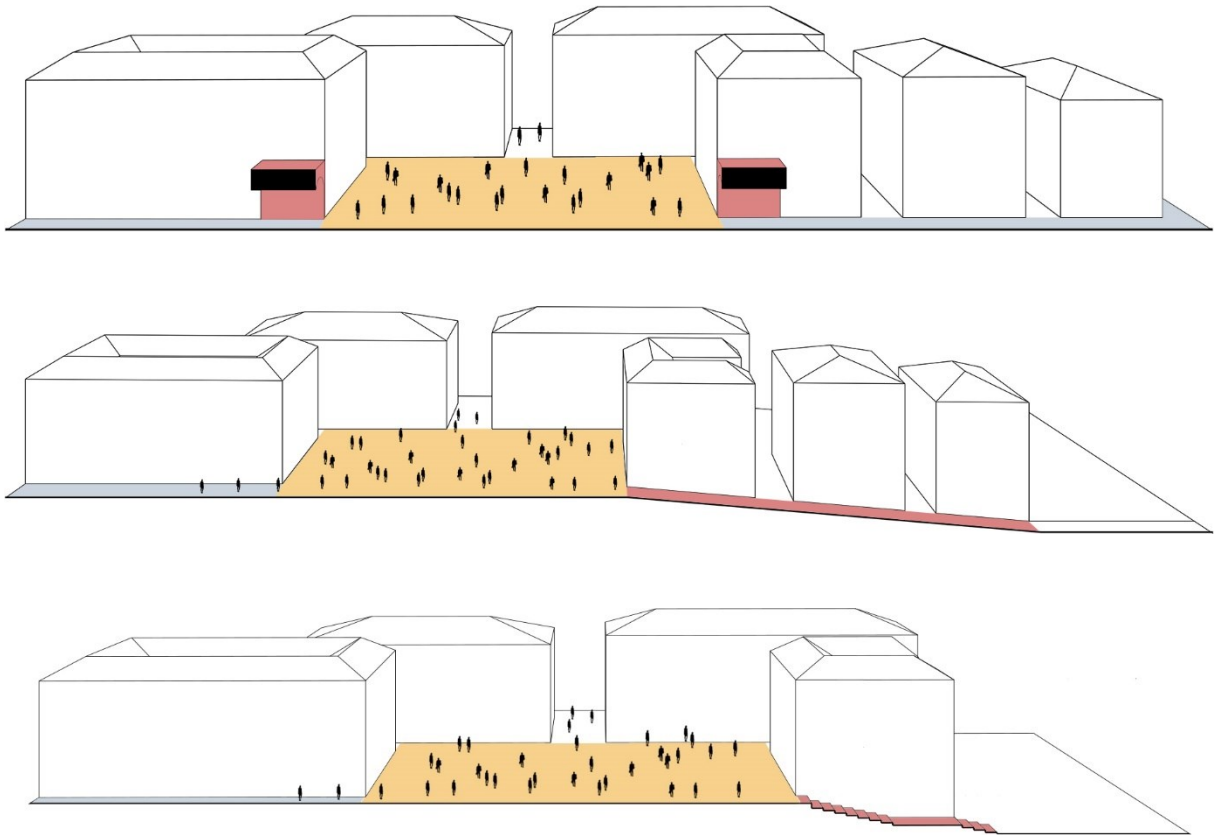


Figura 1. Regole di esclusione delle strade di accesso: 1) Portico sul lato di accesso al BE; 2) Strada con pendenza positive >8% verso il BE; 3) Strada con scala verso il BE. (Legenda: Rosso=ostacoli/strade escluse; Blu=strada inclusa nel BE; Giallo=Piazza).

Per le strade di accesso che vengono incluse nella metodologia bisogna determinare la lunghezza complessiva Lstreet [m] (Figura 2). Il calcolo viene effettuato in base alla morfologia della strada:

1. Nel caso in cui lungo la strada ci siano ostacoli al movimento, come, arco, portico o scale, la Lstreet è pari alla distanza tra l'accesso al BE e l'ostacolo stesso;
2. Lstreet è pari alla distanza tra l'accesso alla piazza e l'incrocio più vicino con sezione stradale di larghezza comparabile o maggiore; infatti, i vicoli secondari non vengono considerati nei calcoli poichè gli evacuanti tendono ad allontanarsi dagli edifici e a dirigersi verso vie e spazi più ampi;
3. Lstreet è uguale alla distanza tra l'accesso alla piazza e un'area più ampia disposta lungo la strada, o un ampliamento della sezione stradale pari almeno a due volte della larghezza originale. Infatti, in questi spazi gli utenti tendono a riunirsi in caso di emergenza (D'Orazio et al. 2014c);
4. Strada costituita da cambi di pendenza. Lstreet viene definita come nel punto C, quindi, dall'ingresso al BE fino al punto dove la pendenza cambia acquisendo un'inclinazione >8% (Meeder et al. 2017; Zipf 1950; Salazar Miranda et al. 2021).

Una volta determinata la lunghezza della strada, è necessario definire la lunghezza considerata per le valutazioni dell'esposizione degli utenti Ls,c [m], secondo il criterio del percorso più breve. Generalmente, Ls,c è pari ad alla metà di Lstreet (Ls,c=Lstreet/2), infatti questo avviene nei casi 2, 3 e 4 citati sopra. Invece, nel caso 1, quindi, in presenza di un ostacolo al movimento Ls,c è uguale a Lstreet, poiché gli utenti preferiscono non avvicinarsi a tali elementi.

Infine, in presenza di strada con ingressi asimmetrici, la lunghezza considerata viene determinata secondo l'equazione 1:

$$Ls,c = Lstreet * w_{BE}/(w_{BE}+w_{ex}) \qquad (1)$$

dove w_{BE} [m] è la larghezza dell'ingresso al BE e w_{ex} [m] è la larghezza dell'ingresso opposto. La strada ad ingressi asimmetrici, anche definita ad imbuto a seconda della correlazione lineare tra gli ingressi permette una limitazione o un aumento dell'area da definire per l'esposizione. Infatti, nel caso in cui w_{BE} è maggiore di w_{ex} la lunghezza considerata è maggiore della metà di Lstreet; al contrario se w_{BE} è minure di w_{ex} la lunghezza Ls,c è minore della metà di Lstreet. Questo avviene perché i soggetti presenti nell'ambiente costruito tendono a muoversi maggiormente verso il lato con un'ampiezza maggiore, poiché tendenzialmente viene visto come luogo più sicuro (Figura 3)

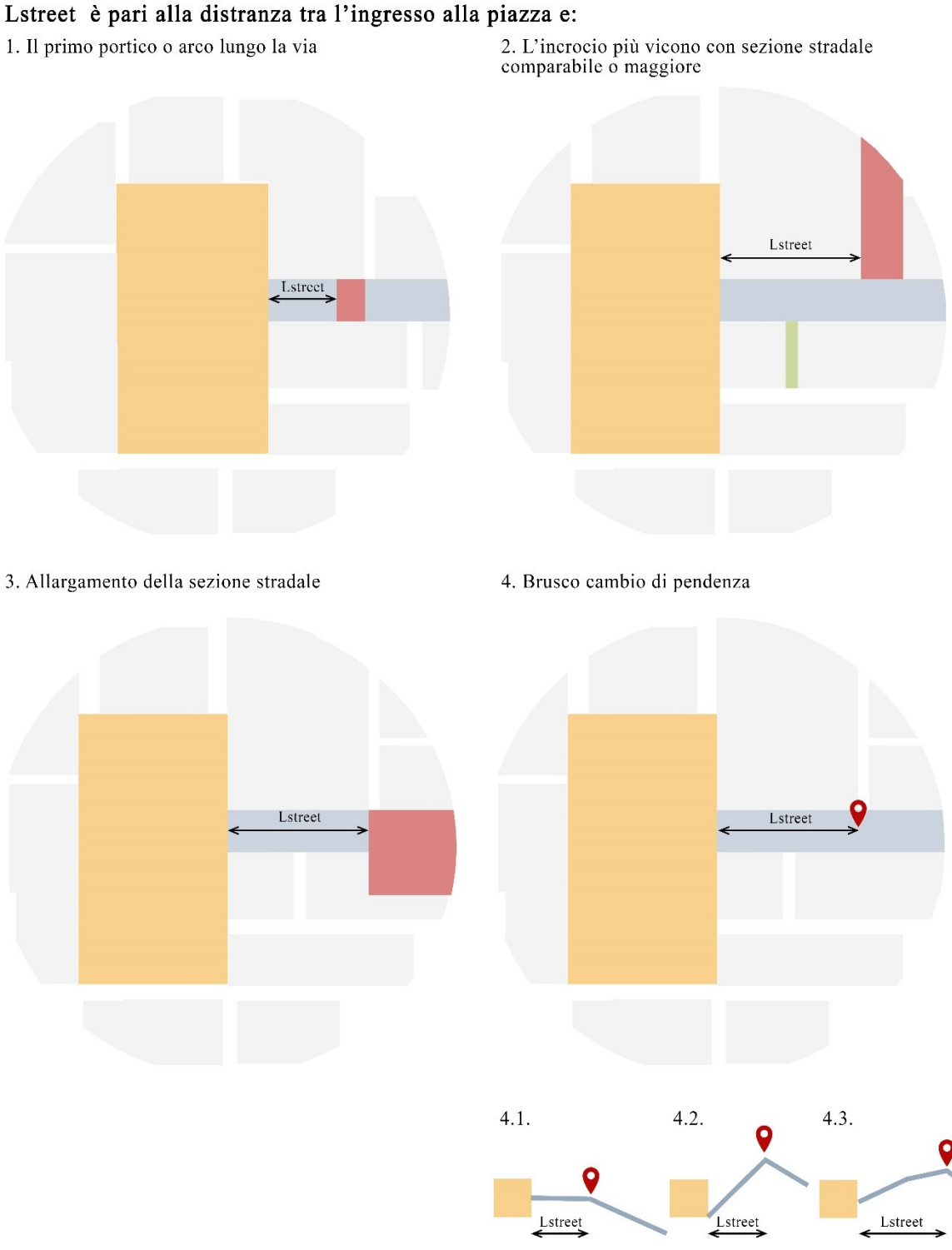


Figura 2. Regole per il calcolo della lunghezza delle strade di accesso alla piazza (Lstreet).

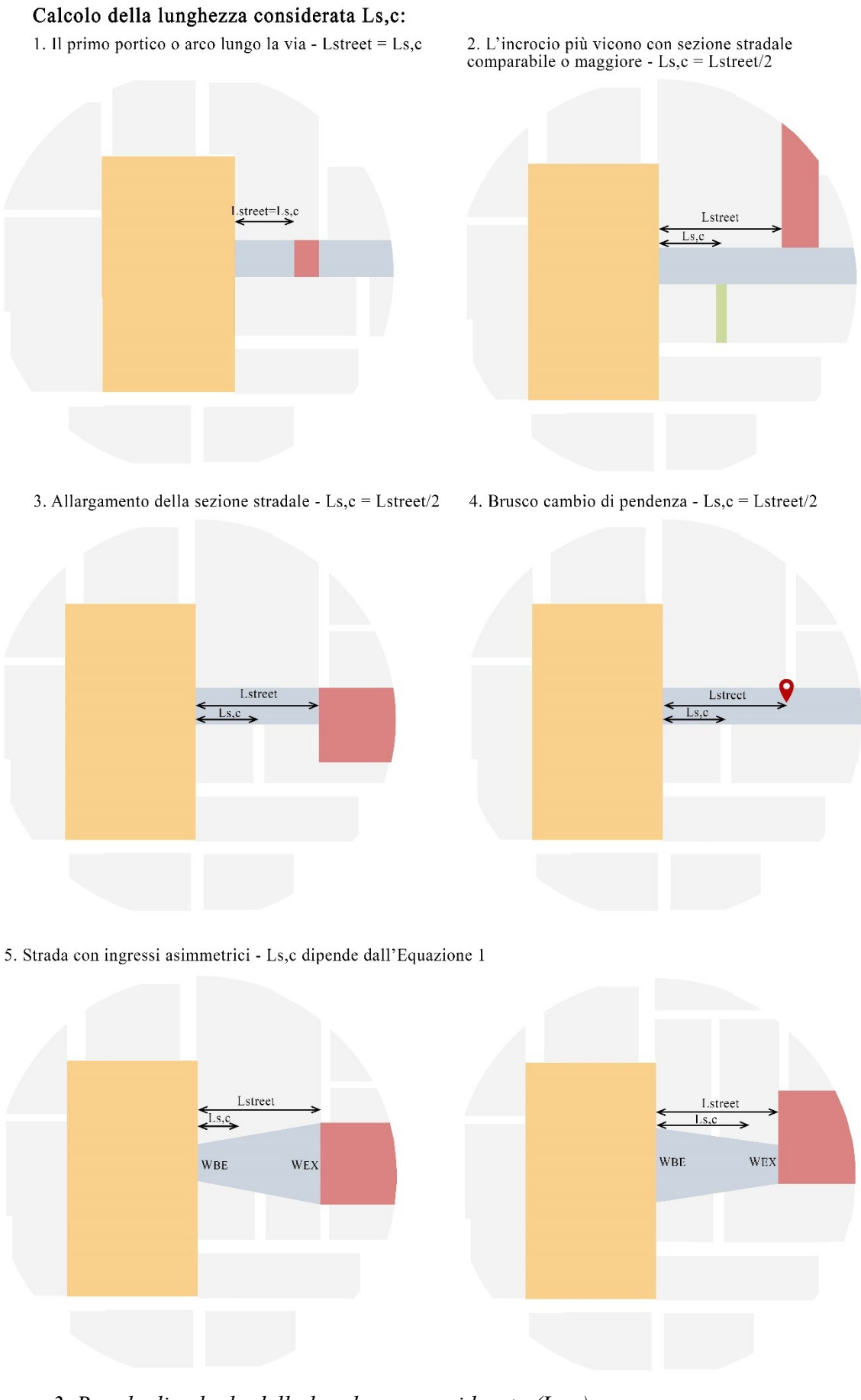


Figura 3. Regole di calcolo della lunghezza considerata (Ls,c).

Tutte le aree che vengono definite dalla lunghezza Ls,c, successivamente vengono analizzate come le aree appartenenti alla piazza stessa, sia le aree esterne che quelle interne appartenenti agli edifici che si affacciano sulla via. Nella figura 4 vengono illustrate tutte aree che caratterizzano in modo generale l'ambiente costruito.

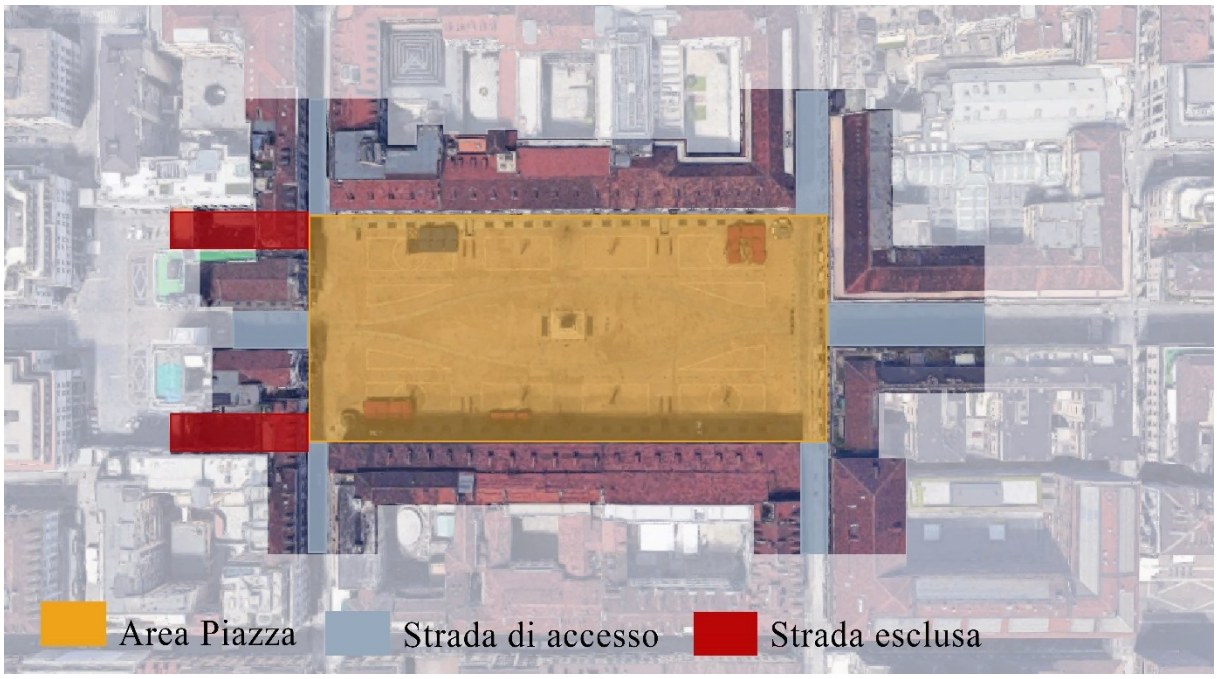


Figura 4. Esempio di Piazza San Carlo, Torino. Sono rappresentate tutte le aree del BE incluse ed escluse dalle analisi.

In primo luogo, per caratterizzare le aree, tramite Google Maps, disponibile su https://www.google.it/maps/?hl=it (ultimo accesso il 23/07/2021) sono state individuate le piante dei casi studio, in modo da avere una visione generale dell'area esterna e degli edifici che si affacciano su di essa. Successivamente, le aree esterne sono state suddivise in aree pedonali (comprese di marciapiedi), aree carrabili, aree non calpestabili (monumenti, aree verdi, piscine e fontane), cortili e dehors (spazi all'aperto dei ristoranti, sia permanenti che rimovibili). Tramite lo strumento online Calcmaps, disponibile su https://www.calcmaps.com/it/map-area/ (ultimo accesso il 23/07/2021) sono state rilevare le superfici [mq] di ogni area sopra citata.

Dopo aver caratterizzato le aree esterne, con i medesimi strumenti si procede con la caratterizzazione delle aree interne degli edifici che si affacciano sulla piazza. Anche in questo caso, per il calcolo della superficie coperta [mq] degli edifici viene utilizzato lo strumento Calcmaps. Invece, attraverso Google Street View, disponibile su Google Maps, spostando

l'apposito cursore, sì può percorre la street, in modo da visualizzare tutti gli edifici che si affacciano sulla piazza. Con questo strumento di visualizzazione si può, quindi, determinare:

- l'accesso diretto degli edifici/aggregati edilizi sulla piazza considerata, in modo da valutare separatamente il costruito totale e il costruito accessibile;
- verificare la presenza di portici, considerati come l'estensione delle aree interne, o di elementi che possono modificare la morfologia del Built Environment;
- il numero di piani degli edifici/aggregati edilizi;
- la destinazione d'uso di ogni edificio, sia pubblica che privata (*tabella 3).*

Tabella 3: classificazione delle destinazioni d'uso[4] con fattori di carico degli occupanti

Destinazione d'uso dell'edificio	Fattore di carico degli occupanti	Riferimenti alla normativa italiana
Edifici residenziali	0,05 pp/mq	Per edifici residenziali DM 3/872015
Edifici istituzionali compresi quelli architettonici e storici usati come uffici, musei, galleria d'arte; edifici amministrativi/governativi; stazioni di polizia e basi militari	0,1 pp/mq per uffici chiusi al pubblico; 0,4 pp/mq per uffici aperti al pubblico; aree di raccolta del pubblico 0,7 pp/mq	Affollamento dei luoghi di lavoro DM 10/3/1998, DM 3/8/2015; per altri luoghi di esposizione pubblica, ovvero ospitati da edifici storici: DM 20/5/1992, DPR 30/6/1995; per altre aree che ospitano eventi culturali con il pubblico: DM 19/8/1996, DM 6/3/2001, DM 3/8/2015.
Edifici religiosi	0,7 pp/mq	Assimilabile ai luoghi di spettacolo e di esposizione pubblica: DM 19/8/1996, DM 6/3/2001, DM 18/12/2012.
Edifici ospedalieri e sanitari	0,1 pp/mq per gli ambulatori; 0,4 pp/mq per gli spazi d'attesa	Assimilabile ai luoghi di lavoro: DM 10/3/1998
Edifici scolastici	0,4 pp/mq per refettorio e palestra; max 26 alunni per classe, nel caso in cui non siano disponibili dei numeri relativi alla disponibilità di aule si assume 0,4 pp/mq. Durante il pomeriggio 0,1 pp/mq come per gli uffici chiusi al pubblico	DM 26/8/1992, DM 12/5/2016/ DM 3/8/2015
Edifici commerciali	0,4 pp/mq	DM 27/7/2010, DM 3/8/2015
Strutture di alloggio	0,4 pp/mq	DM 27/7/2010, DM 3/8/2015

[4] Nel progetto di ricerca BE S^2ECURe, l'allegato D 3.2.3, sezione 4 sviluppa le caratteristiche del BE in base agli utenti.

Bar, ristoranti e caffé	0,7 pp/mq	Per questa destinazione d'uso, assimilabile ai luoghi di esposizione pubblica: DM 19/8/1996, DM 6/3/2001, DM 18/12/2012.

Per completare la stima delle aree indoor, la superficie coperta calcolata per ogni edificio viene moltiplicata per il numero di piani interessati dalla stessa destinazione d'uso; così facendo si determina la superficie totale coperta e non la superficie interna netta. Viene, quindi, utilizzato un valore leggermente in sovrastima, poiché si predilige un approccio conservativo nel passaggio successivo di quantificazione dell'esposizione degli utenti. Inoltre, in questo modo, la metodologia permette di effettuare una stima rapida di tutti gli spazi degli edifici presenti nella piazza.

Tra i vari piani di uno stesso edificio sono state effettuate distinzioni in base alla funzione, visto che nella maggior parte dei casi studio, gli edifici/aggregati edilizi al piano terra ospitano funzioni commerciali e di ristoro, e nei piani superiori altre funzioni. In quest'ultimo caso, spesso i dati relativi alla destinazione d'uso sono difficili da rilevare, quindi, in mancanza di informazioni (ricavate da Google Maps), sì assegna all'edificio/aggregato edilizio la funzione residenziale. Inoltre, per stimare la porzione di area interna di ogni attività sono state prese come rifermento il numero di vetrine che delineano la funzione interna, dato che spesso, per uno stesso edificio/aggregato al piano terra ci sono più attività.

Ulteriore attenzione viene posta su edifici che possono includere usi speciali, cioè che hanno una particolare funzione e importanza nel BE, quindi, possono essere bersaglio di potenziali attacchi terroristici (Woo et al. 2015). Tali edifici sono definiti attraverso 6 classi ambientali[5] *(tabella 4)* individuate dalla combinazione dei seguenti parametri:

- potenziali livelli di folla;
- spazi urbani con particolare importanza politico/religiosa;
- presenza di sistemi di sicurezza e controllo;
- tipologia di ambiente costruito (spazio aperto/edifici).

[5] Nel progetto di ricerca BE S^2ECURe, l'allegato D 1.3.1, sezione 4.1.1 definisce le Classi Ambientali e la tipologia di edificio e spazio sensibile.

Tabella 4: Classi ambientali degli obiettivi bersaglio di attacchi terroristici.

Classi ambientali	
ID	**Tipologia**
A	Aeroporto, porti, stazioni ferroviarie, metro
B	Teatri, musei, chiese, bar, ristoranti, hotel, centri commerciali
C	Ospedali, scuole, università
D	Edifici rappresentativi o strategici (basi militari e stazioni di polizia)
E	Edifici residenziali e industriali
F	Aree aperte, piazze e strade

Gli edifici non classificati nelle 6 classi ambientali sono indicati con il codice N, in particolare N1 per gli edifici governativi (Municipio, Provincia, Regione, Procura Questura). In più, vengono ulteriormente classificati come edifici strategici[6], il loro funzionamento deve essere garantito in caso di eventi di emergenza.

Dalla classificazione descritta, nella metodologia di raccolta dati per ogni caso studio viene individuato il numero di obiettivi sensibili, codificati in base alla tipologia di classi ambientale e agli edifici strategici *(tabella 5)*.

Nelle piazze analizzate gli obiettivi sensibili più frequenti sono gli edifici governativi, teatri, musei e chiese.

Tabella 5. Classificazione obiettivi sensibili.

ID	Tipologia
A	Aeroporti, metro, stazioni ferroviarie
B	Teatri, musei, chiese
C	Ospedali, scuole, università
N1	Edifici governativi
N2	Altri

[6] La definizione è riportata nel D.G.R. n. 1384/2003 e nel *Decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile* n. 3685 del 21/10/2003.

2.2 Caratterizzazione del numero massimo di utenti nel BE

Gli utenti all'interno del Built Environment sono divisi in due macro-categoriche:

- utenti esterni, che a loro volta si suddividono in *only outdoor users (OO)*, che corrispondono ai passanti e i *prevalent outdoor users (PO),* soggetti che si trovano nei dehors, e gli utenti presenti negli eventi di aggregazione di massa;
- utenti interni, anche loro si dividono in *residents (R)* e *non-residents (NR)*, quindi soggetti che si trovano nelle attività commerciali, uffici, ristoranti, chiese, ecc.

Per il calcolo del numero di utenti presenti nel Built Environment, in condizioni ordinarie oppure in scenari di aggregazione di massa; oltre alle categorie di utenti sono stati definiti gli indici di affollamento [pp/mq] di ogni area interna ed esterna.

In particolare, per le aree esterne:

- 0 pp/mq per le aree carrabili, visto l'uso esclusivo ai soli veicoli;
- 0,1 pp/mq associato alle aree pedonali, nelle quali si considerano esclusivamente i passanti, in modo costante durante le ore del giorno, più precisamente dalle 7 alle 24;
- 0,4 pp/mq per i dehors di bar e ristoranti, come descritto precedentemente, sono spazi occupati dai *prevalent outdoor users (PO).*
- Le aree non calpestabili (monumenti, aree verdi, fontane, piscine), non vengono inserite nel calcolo degli utenti, poiché sono aree che possono presentare un ostacolo per il movimento dei soggetti presenti nel BE, quindi prive di indice di affollamento.

In generale, per ogni edificio con accesso diretto sulla piazza viene associato un unico indice di affollamento [pp/mq] relativo alla destinazione d'uso *(tabella 3)*. Tuttavia, nel caso in cui nell'edificio ci sia un ufficio, un teatro, o un cinema, sono stati considerati due indici di affollamento differenti: uno pari a 0,4 pp/mq, attività aperto al pubblico; l'altro 0,1 pp/mq relativo alla chiusura al pubblico.

Successivamente, gli indici sono stati moltiplicati per la superficie totale dell'edificio, permettendo di calcolare il numero massimo di persone presenti nelle aree interne.

Nella definizione dell'area interna di ogni edificio, è stata considerata la superficie coperta (compresa l'area dei portici), e non quella interna netta, questo porta ad un processo conservativo di sovrastima degli utenti massimi presenti nel Built Environment.

Un'altra importante caratterizzazione del numero massimo di utenti esposti nel BE importante viene effettuata nel caso in cui siano presenti eventi di aggregazione di massa. Il carico di occupanti può variare da 2 a 4 pp/mq, in base al tipo di evento.

Nelle piazze analizzate è stata effettuata una distinzione tra tipologie di evento:

- *mass-gatherings,* eventi organizzati con una ricorrenza (bisettimanale, settimanale, mensile, ecc.). All'evento è stato associato un indice di affollamento pari a 2 pp/mq[7];
- *one-off events,* eventi che si svolgono una tantum (festival, concerti, rievocazioni storiche, ecc.), principalmente nelle ore serali della giornata. Per questo tipo di eventi l'indice di affollamento inserito è pari a 4 pp/mq[8].

Anche in questo caso, l'indice di affollamento moltiplicato per l'area effettiva dell'evento (generalmente corrispondente all'area pedonale, porzioni di area pedonale o in altri casi pedonale più area carrabile), restituisce il numero massimo di utenti.

Nella tabella 6, per ciascun caso studio, sono stati elencati tutti gli eventi di aggregazione di massa, con il relativo giorno e orario di svolgimento. La ricerca, sia dei mass-gatherings che degli one-off events, è stata effettuata principalmente nel sito internet del comune.

Inoltre, per l'analisi è stato preso in considerazione un solo raduno per tipo di evento, visto che in molti casi studio le piazze vengono utilizzate molto per grandi eventi. La scelta degli eventi viene effettuata in base all'importanza, quindi, all'affollamento che può generare nel BE.

I mass-gatherings scelti fanno tutti riferimento al mercato settimanale, con svolgimento prevalentemente nelle ore della mattina dalle 7 alle 14.

Gli one-off events (eventi una tantum) scelti nella maggior parte dei casi studio sono concerti di Capodanno o festival musicali, con svolgono durante le ore serali. L'evento di Capodanno, dove presente, indica una condizione di affollamento elevata nella piazza, per questo motivo è stato considerato nell'analisi degli utenti esposti. Solo per il caso studio di Piazza del Popolo di Fermo, nonostante la presenza del Capodanno, la scelta dell'evento è ricaduta sulla rievocazione storica, vista l'importanza di tale manifestazione per la popolazione residente e non residente.

I Festival scelti per i casi di Cuneo e Padova ricoprono come orario di svolgimento l'intera giornata. Se per Padova il Festival dell'Ambiente è l'unico evento presente, invece per Piazza Tancredi Galimberti di Cuneo, gli eventi organizzati sono diversi e visibili nel sito del comune https://www.comune.cuneo.it/la-citta/eventi-e-manifestazioni.html (ultimo accesso il 28/07/2021). Per l'analisi viene scelta la Fiera Nazionale del Marrone, essendo una delle più importanti rassegne enogastronomiche d'Italia. Nel sito internet dedicato alla manifestazione

[7] Dato scelto per la presenza delle bancarelle che limitano lo spazio calpestabile; oltre, allo svolgimento durante i giorni feriali. Per questo motivo molti utenti si trovano a lavoro.

[8] Dato scelto, perché gli one-off sono eventi con maggiore affollamento, e con svolgimento durante le ore non lavorative.

http://www.marrone.net/ (ultimo accesso 28/07/2021) si può verificare tutta la storia e l'organizzazione dell'evento.

Inoltre, nel BE di quattro casi studio non si svolgono eventi di aggregazione di massa, a causa della destinazione d'uso degli spazi Piazza Vittorio Veneto di Torino e Piazza Fratelli Bandiera di Milano sono attraversate da un'ampia strada carrabile, oltre ad ospitare un parcheggio sotterraneo; invece, Piazza della Pigna e Piazza Lancellotti entrambe situate nel centro storico di Roma, hanno una superficie outdoor ridotta e vengono perlopiù usate come area di sosta, con ampi spazi dedicati al parcheggio. (Vedi Appendice A).

Tabella 6: Elenco completo dei mass-gatherings e dei one-off events per piazza. Le righe colorate, evidenziano gli eventi scelti per l'analisi.

Square	Mass-Gatherings	Giorno svolgimento: Feriale/Festivo	Orario svolgimento	One-Off Events	Giorno svolgimento: Feriale/Festivo	Orario svolgimento
Piazza Tancredi Galimberti Cuneo	Mercato settimanale	Feriale	7-14.	Giro d'Italia in Rosa	Feriale	9-18 (stimato)
				Campionato di Duathlon	Feriale	8-20.
				Gara ciclistica	Festivo	9-18 (stimato)
				Fiera Nazionale del Marrone	Feriale	9-23.
Piazza Duomo Crotone	Mercato antiquariato	Festivo - ricorrenza mensile	8-19 (stima)	Kroton Jazz	Feriale	20:30-00
				Festa Patronale	Festivo	9:30-17
Piazza Camillo Prampolini Reggio Emilia	Mercato settimanale	Feriale	8-14.	Evento enogastronomico	Feriale	11-23.
				Capodanno	Feriale	21-03.
				Festa Patronale	Festivo	7-00
				4° Memoriale Antonio Bonfrisco	Festivo	18-00
Piazza del Comune Prato	-	-	-	Corteggio storico (festa medioevale)	Feriale	20-22:30
Piazza dei Signori Verona	-	-	-	Festival del vino	Feriale	17-00
				Sfilata di moda	Feriale	19:30-23
				La notte della ricerca	Feriale	17-23
Piazza Vittorio Emanuele Caldarola	-	-	-	Rievocazione storica	Feriale	17-00
Piazza San Carlo Torino	-	-	-	Festival del caffè	Feriale	10-22.
				Fiera del cioccolato	Feriale	10-18.
				Manifestazione Just the woman	Festivo	10-20.
				Capodanno	Feriale	21-03.
				Festival musica classica	Feriale	21:30-00
Piazza Sordello Mantova	Mercato settimanale	Feriale	7-14.	Capodanno	Feriale	22-03.
	Mercatino antiquariato	Festivo (ricorrenza mensile)	14-16	Fiere enogastronomiche	Feriale	10-22.
				Festival letteratura	Feriale	13-17

Piazza Vittorio Emanuele Rovigo	-	-	-	Mercatini di Natale	Feriale	
				Capodanno	Feriale	20-02.
				Festa di Halloween	Feriale	17-19
				Evento sportivo	Feriale	20:45-23
Piazza della Vittoria Gorizia	-	-	-	Capodanno	Feriale	21-03.
				Festival d'estate	Feriale	20:30-23
				Tombola tradizionale	Feriale	11-21:30
				Gorizia in fiore	Feriale	9-20.
Piazza delle Erbe Padova	Mercato settimanale	Feriale	7:30-13:30 (da lunedì a venerdì); 7:30-20 (sabato)	Festival dell'abiente	Festivo	8-20.
Piazza del Popolo Cesena	Mercato settimanale	Feriale	7-14:15	Capodanno	Feriale	21-03.
	Mercati straordinari	Festivo	7-20.			
Piazza del Popolo Ravenna	-	-	-	Eventi di Natale	Festivo	17-20. (stima)
				Festa del vino	Feriale	11-21.
				Notte Bianca	Festivo	18-00.
				Capodanno	Feriale	21-03.
Piazza Alberica Carrara	-	-	-	Concerti	Feriale	21:30-23
				Capodanno	Feriale	18-03.
Piazza Minerva Siracusa	-	-	-	Premio Tonino Accolla	Feriale	21-00.
Piazza del Popolo Fermo	Mercato settimanale	Feriale	8-14.	Festa della Birra	Feriali	8-24.
				Festa della Pizza (Grano e luppolo)	Feriali	18-02.
				Fermo magica	Feriali	17-03.
	Mercato antiquariato (settimanale luglio/agosto)	Feriale	17-23.	Capodanno	Feriale	21-03.
				Rievocazione storica	Festivo	10-00.
Piazza Martiri Carpi	Mercato settimanale	Feriale	7-14.	Festa: Una passeggiata sul mondo	Festivo	9-13.
				Capodanno	Feriale	21-02.
				Summer fest	Feriale	21-00.
				Notte Bianca	Feriale	18-01.
Piazza Vittorio Veneto Torino	Mercato floreale (una volta al mese)	Festivo	9-19.	-	-	-
Piazza della Pigna Roma	-	-	-	-	-	-
Piazza Lancellotti Roma	-	-	-	-	-	-
Piazza Fratelli Bandiera Milano	-	-	-	-	-	-

2.3 Caratterizzazione degli utenti di BE in termini di vulnerabilità individuale

Gli utenti presenti nel BE vengono divisi in fasce di età (De Lotto et al. 2019; Quagliarini et al. 2021) in base alle comuni condizioni di movimento (Bosina e Weidmann et al. 2017), e di occupazione (lavoratori, disoccupati o studenti). Quindi, si possono dividere in:

- Bambini (T) da 0 a 4 anni, sono soggetti che dipendo esclusivamente dai genitori per muoversi all'interno del BE;
- Bambini/ragazzi (PC) assistiti dai genitori, con età da 5 a 14 anni, sono autonomi, ma il loro comportamento è influenzato dalla presenza dei genitori;
- Giovani adulti (YA) da 15 a 19 anni, sono utenti completamente autonomi, ma occupati nelle ore della mattina, in quanto studenti;
- Adulti (AU) da 20 a 69 anni, sono utenti completamente autonomi, ma occupati nelle ore del giorno, essendo potenziali lavoratori;
- Anziani (EU) da 70 a 100+ anni, rispetto alla precedente categoria possono avere condizioni di movimento nel BE limitate.

Per ogni comune italiano, nel sito online https://www.tuttitalia.it/statistiche/popolazione-eta-sesso-stato-civile-2020/ (ultimo accesso 23/07/2021), sono stati elaborati dati statistici su base ISTAT, che rappresentano la distribuzione della popolazione residente in Italia al 1° gennaio 2020. I risultati sono riportati in tabelle, nelle quali viene indicata l'età (suddivisa in classi quinquennali), il sesso e lo stato civile, con le rispettive percentuali sul totale della popolazione. I dati statistici rilevati permettono di suddividere la popolazione secondo le fasce di età sopra citate, e per ognuna di esse di ricavare la relativa percentuale PCT [%].

Inoltre, i dati sono riferiti principalmente ai soli residenti, in quanto tengono conto dei risultati del censimento della popolazione. Nonostante questo, per rispettare la natura dell'approccio rapido, le fasce di età sono utilizzate per categorizzare tutti i diversi tipi di utenti che si muovono nel BE: *non residents* NR, *prevalent outdoor users* PO e *only outdoor users* OO.

Per ognuna delle categorie appena citate, e per ogni fascia di età viene calcolato il numero di utenti che nell'arco della giornata si trovano nel BE. Avviene, quindi, una caratterizzazione degli utenti dipendete dal tempo (per 24 ore); questi vengono nominati Rn, NRn, POn, OOn [pp].

Il numero degli utenti *non-residents* NR, per ogni ora della giornata, sono stati calcolati partendo da dati relativi agli orari di apertura dell'attività associata all'edificio con accesso diretto sulla piazza. Gli strumenti online per la ricerca degli orari di apertura sono: prevalentemente Google Maps, mezzo già utilizzato per la ricerca della destinazione d'uso degli

edifici; https://www.oraridiapertura24.it/ (ultimo accesso 23/07/2021), sito che contiene informazioni principalmente sulle attività commerciali e di ristorazione; siti internet creati dalle stesse aziende; pagine su social network, come Facebook. Nel caso in cui gli orari non sono disponibili in nessuno degli strumenti elencati, si procede assegnando orari standard di apertura, soprattutto per edifici con funzione pubblica; oppure per attività commerciali e ristoranti, gli orari di apertura sono stati stimati in base agli orari prevalenti tra le funzioni circostanti.

Invece, il numero degli utenti *residents* R viene definito tenendo conto dell'occupazione (studenti, lavoratori, disoccupati) degli utenti stessi, in base alla fascia di età, durante le ore della giornata (Li et al. 2019; Yuan et al. 2019; Quagliarini et al. 2021). Quindi, secondo il metodo rapido si possono distinguere in:

- T e EU soggetti che trascorrono il loro tempo sempre a casa;
- PC e YA studenti che nelle ore della mattina, dalle 8 alle 13 incluse, trascorrono il loro tempo a scuola;
- AU sono utenti lavoratori, per questo motivo dalle 8 alle 18 incluse, non si trovano nel BE. Durante queste ore, però, si considera una percentuale di utenti disoccupati, quindi, che trascorrono il loro tempo sempre a casa. La percentuale assunta è pari al 9%[9].

Il numero di utenti esterni *only outdoor* OO è considerato nel BE esclusivamente dalle 7 alle 24, in modo costante, e per ogni fascia di età. I dati vengono calcolati moltiplicando il numero totale di OO presenti nella piazza con la relativa PCT [%] della tipologia di utente. Inoltre, nelle ore notturne, che vanno dall'1 alle 6, la presenza di passanti viene considerata nulla.

Il numero di *prevalent outdoor* PO considera gli utenti presenti nei dehor di bar e ristoranti, per questo motivo è stato calcolato con lo stesso metodo usato nel definire gli utenti NR. Questo, però, avviene in situazioni ordinarie. Nel caso in cui ci sia un *mass-gathering* o un *one-off event*, al numero di utenti PO dei dehor deve essere aggiunto il numero di utenti previsto per l'evento. Allo stesso modo, tramite pagine web delle amministrazioni locali sono stati individuati gli eventi di aggregazione di massa, ricorrenti o isolati, con i relativi orari di svolgimento. Quindi, per ogni ora del giorno e per ogni tipologia di età sono stati calcolati gli utenti presenti nel BE.

[9] Valore ricavato dal sito ISTAT, https://www.istat.it/it/archivio/253019#:~:text=Il%20tasso%20di%20disoccupazione%20sale,(%2B0%2C1%20punti)

Tutta la metodologia di ricerca e di calcolo è stata applicata per ogni giorno della settimana, raggruppandoli in:

- Giorni lavorativi standard (feriali), nei quali vengono considerati gli utenti NR e PO dipendenti dall'orario di apertura delle attività presente negli edifici, gli utenti R e OO, in base al metodo sopra descritto;
- Giorni festivi standard (la domenica); anche in questo caso gli utenti NR e PO dipendo dall'orario di apertura. Inoltre, vengono considerati gli orari di svolgimento delle messe, se nella piazza è presente una Chiesa (orari che portano una concentrazione di utenti nel BE). Utenti R e OO determinati come avviene per i giorni feriali;
- Giorni standard con la presenza di fiere/raduni di massa; come specificato precedentemente, il numero di utenti PO in questo caso è dato dalla somma dei soggetti nei dehor e nell'area del raduno. A rimane invariati rispetto agli scenari standard sono gli utenti NR, R e OO.

2.4 Caratterizzazione della vulnerabilità collettiva nel BE

La vulnerabilità collettiva degli utenti caratterizza lo spazio della piazza attraverso la presenza [booleano] di almeno uno dei seguenti elementi: piano di emergenza comunale, acquisito tramite documentazione presente nei siti internet dei comuni; di segnaletica orizzontale e strutture di evacuazione implementate, visibili con Google Street View; personale di sicurezza correttamente formato, anche in questo caso previsto dai documenti comunali; l'area analizzata è usata per la gestione delle emergenze e l'evacuazione. In quest'ultimo caso, visibile con le mappe e i documenti comunali, bisogna verificare che l'area sia usata come spazio di raccolta, quindi, può ospitare utenti provenienti dalle zone circostanti, nel caso di emergenza SUOD.

2.5 Metodologia di gestione dei dati

Dalla metodologia di raccolta dati, sono stati indicati dei parametri, attraverso i quali è possibile descrivere la BET. Alcuni possono essere definiti direttamente nella fase di input della raccolta dati, quindi, restituiscono immediatamente un valore quantitativo che possa definire la BET. In altri casi, tale valore di partenza viene usato per calcolare tutti gli altri parametri.

A seconda del parametro, i dati raccolti con la metodologia definita precedentemente, sono valori descritti in termini assoluti e relativi. Inoltre, la gamma dei parametri identificati, è legata all'esposizione e alla vulnerabilità degli utenti presenti nella piazza.

Per ogni caso studio analizzato, i valori calcolati seguendo la metodologia di raccolta dati descritta nella sezione 1.1, restituisce una serie di parametri e sotto-parametri che vengono raggruppati in tre classi di descrittori del Built Environment e dei suoi utenti:

- OUC – Overall Users' Characterization: parametri che caratterizzano in modo generale gli utenti presenti nel BE, considerando tutte le ore del giorno nel complesso. Per ogni caso studio, vengono calcolati i valori massimi, medi, minimi e i quartili;
- TDC – Time Dependent Characterization: parametri dipendenti dal tempo, quindi, tracciano una caratterizzazione degli utenti presenti nello spazio costruito in funzione delle ore della giornata, e per ogni fascia di età descritta nella metodologia;
- BEC – Built Environment Characterization: a differenza delle due classi precedenti, non descrive direttamente gli utenti, ma raggruppa una serie di parametri che caratterizzano lo spazio esterno.

Nella tabella 7 sono stati elencati tutti i parametri ricavati dalla metodologia di raccolta dati, come sono raggruppati nelle classi di descrittori, e quale correlazione hanno con l'esposizione e la vulnerabilità degli utenti.

I parametri valutati nei descrittori OUC e TDC, quantitativamente cambiano a seconda della tipologia di giorno descritta nella sezione 1.1.3: giorni lavorativi standard, quelli più frequenti, quindi, con un uso normale dello spazio; giorni festivi standard, principalmente le domeniche; giorni standard con mercati o raduni di massa ricorrenti; eventi di aggregazione di massa una tantum.

I parametri BEC rimangono, perlopiù invariati; solo il dato relativo alla presenza di un piano di emergenza può variare, infatti, nei casi in cui è presente un evento di aggregazione di massa, possono essere disponibili piani di evacuazione specifici.

Rispetto ad un determinato parametro, la valutazione dell'esposizione dell'utente cambia a seconda dell'emergenza. Infatti, durante un attacco terroristico, o in presenza di emergenza ad insorgenza lenta (SLOD), gli utenti si spostano verso l'interno degli edifici, attuando una procedura di "invacuazione". In questa condizione, sì può effettuare la caratterizzazione tramite la densità [pp/mq] degli utenti nelle aree interne. In caso di terremoto avviene un'evacuazione delle aree interne, quindi, gli utenti si muovono verso lo spazio esterno. Tale situazione, invece, può essere caratterizzata dalla densità [pp/mq] degli utenti nelle aree esterne.

Tabella 7: Parametri e sotto-parametri per la definizione delle BETs

Parametro [unità di misura]	Sotto-parametri (significato e simbolo)	OUC	TDC	BEC	Correlazione con Esposizione e Vulnerabilità
Numero di utenti BE [pp]	Categoria di utenti: non-residenti **NRn**, residenti **Rn**, utenti esterni (passanti) **OOn**, utenti esterni prevalenti (nei dehors) **POn**.	x	x		V: familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza (Bernardini et al. 2016); E: numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b)
	UOn utenti compressivi, senza distinguere la categoria	x	x		E: numero totale di utenti esposti (Wardhami et al 2015)
Percentuale di utenti che considerano la familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]	Categoria di utenti: non residenti **NRp**, residenti **Rp**, utenti esterni (passanti) **OOp**, utenti esterni prevalenti (nei dehors) **POp**.	x	x		V: familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza (Bernardini et al. 2016); E: numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b)
	UOp utenti complessivi in percentuale, senza distinguere la categoria.	x	x		E: numero totale di utenti esposti (Wardhami et al 2015)
Percentuale di utenti che considerano la vulnerabilità individuale [%]	A seconda della fascia di età: bambini piccoli **TUp** 0-4 anni, bambini assistiti dai genitori **PCp** 5-14 anni, giovani utenti autonomi **YAp** 15-19 anni, utenti adulti **AUp** 20-69 anni, anziani **EUp** per più di 70 anni.	x			V: età, aspetto relativo alla vulnerabilità individuale (de Nazelle et al. 2009)
	A seconda del loro genere: maschio **Mp**, femmina **Fp**	x			V: genere, aspetto relativo alla vulnerabilità individuale (de Nazelle et al. 2009); E: posizione degli utenti durante il tempo (Yang et al. 2018); numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b);
Densità di utenti nelle aree esterne del BE [pp/m2]	A seconda della loro familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza, cioè in riferimento a: residenti	x	x		V: familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza (Bernardini et al. 2016);

	Rd; non residenti **NRd** (tra cui visitatori, lavoratori, utenti in spazi interni aperti al pubblico); solo utenti esterni **OOd** (come i passanti); utenti esterni prevalenti **POd** (come gli utenti dei dehors)				E: numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b); spazi aperti (Langenheim et al. 2020)
	Densità complessiva degli utenti all'aperto **UOOd** indipendentemente dalla tipologia	x	x		E: numero totale di individui esposti (Wardhami et al 2015); spazi aperti (Langenheim et al. 2020)
Densità di utenti nelle aree edificate (indoor) [pp/m2]	La densità interna complessiva degli utenti **UOId** in funzione di **UOn**, in modo da considerare gli utenti esterni negli edifici.	x	x		E: posizione degli utenti durante il tempo (Yang et al. 2018); numero totale di individui esposti (Wardhami et al 2015)
	La densità interna degli utenti **UId** dipende da NRn e Rn (non da Pn e OOn), in modo da considerare la normale fruizione degli edifici.	x	x		E: posizione degli utenti durante il tempo (Yang et al. 2018); numero totale di individui esposti (Wardhami et al 2015)
Utenti BE numero normalizzato [-]	Numero complessivo normalizzato degli utenti **UOnn** indipendentemente dalle tipologie degli utenti.	x	x		E: posizione degli utenti durante il tempo (Yang et al. 2018); numero totale di individui esposti (Wardhami et al 2015); numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b)
	A seconda delle fasce di età: bambini piccoli **TUnn** 0-4 anni, bambini assistiti **PCnn** 5-14 anni, giovani utenti autonomi **YAnn** 15-19 anni, adulti **AUnn** 20-69 anni, anziani **EUnn** per più di 70 anni.	x	x		V: età, aspetto relativo alla vulnerabilità individuale (de Nazelle et al. 2009)
	A seconda della loro familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza, quindi, in riferimento a: residenti **Rnn**; non residenti **NRnn** (compresi visitatori, lavoratori, utenti in spazi interni aperti al	x	x		V: familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza (Bernardini et al. 2016); E: posizione degli utenti durante il tempo (Yang et al. 2018); numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità,

	pubblico); solo utenti esterni **OOnn** (come i passanti); utenti esterni prevalenti **POnn** (come gli utenti dei dehors).				salute (D'Orazio et al.2014b)
Presenza di edifici speciali [booleano], [numero di elementi per BE]	presenza di edifici/usi speciali **SB** (almeno un elemento per le classi A, B, C, D, N) [booleano]			x	E: edifici strategici/monumentali (Dedesko et al. 2015); edifici ordinari (Francini et al. 2020)
	numero di edifici/usi speciali per classi ambientali **SBn** [numero di elementi] secondo la tabella 3 nella sezione 1.1.			x	E: edifici strategici/monumentali (Dedesko et al. 2015); edifici ordinari (Francini et al. 2020)
Percentuale di aree esterne per tipologia [%]	valori percentuali per tipologia: aree pedonali (e marciapiedi) **OPAp**, aree accessibili ai soli veicoli **OVAp**, aree non pedonali (inclusi monumenti, fontane, spazi verdi non calpestabili) **ONWp**, dehors **ODHp**, cortili **OPCp**.			x	E: spazi aperti (Langenheim et al. 2020)
Presenza di piano di emergenza [booleano]	Presenza di un piano di emergenza **EPp**			x	V: riguarda la vulnerabilità collettiva, quindi, la presenza di: gestione delle condizioni di rischio (Chung et al. 2017); schema di evacuazione (US Department of Homeland Security 2009)
	uso della BE come aree di raccolta, percorso di evacuazione o usi simili nel piano di emergenza comunale [booleano] **EAp**. In questo caso, si dovrebbe considerare che il BE potrebbe essere utilizzato per ospitare ulteriori utenti provenienti dall'area urbana circostante, in SUOD (cioè terremoto)			x	V: riguardala vulnerabilità collettiva, quindi, la presenza di: gestione delle condizioni di rischio (Chung et al. 2017); schema di evacuazione (US Department of Homeland Security 2009)
Rapporto tra caratteristiche interne ed esterne [-]	Rapporti tra: le Aree Costruite (come somma di tutte le aree edificabili ad ogni livello dell'edificio) e le aree esterne **BAr** [-]; le Aree Costruite Accessibili (come somma di tutte le			x	E: spazi aperti (Langenheim et al. 2020)

	aree dell'edificio effettivamente accessibili agli individui dagli spazi esterni) e le aree esterne **ABAr**.				
	rapporti **UIOr** tra NRn+Rn (utenti negli spazi interni) e OOn+POn (utenti negli spazi esterni) [-]	x	x		E: spazi aperti (Langenheim et al. 2020); numero di utenti esposti per classe di vulnerabilità individuale: età, genere, disabilità, salute (D'Orazio et al.2014b)

2.6 Analisi statistiche

Le analisi statistiche vengono effettuate su l'intero campione, per stabilire le condizioni ricorrenti per la definizione della BET.

I parametri sono valutati secondo un approccio basato sul metodo *InterQuartile Range IQR.* Sì, cercano gli outlier, cioè i valori anomali che non possono essere considerati nel campione, in quanto creano delle condizioni limite (Rousseeuw e Hubert et al. 2011). In alcuni casi, i valori massimi possono essere presi per caratterizzare condizioni di esposizione eccezionale del BE. Le condizioni ricorrenti del BE, invece, vengono rappresentate dal valore mediano della distribuzione in quartili.

Il metodo InterQuartile viene applicato ai parametri appartenenti alla classe di descrittori OUC, per ognuno dei ventuno casi studio analizzati. Viene calcolato il massimo, la media, il minimo, la mediana, il 1° e il 3° quartile sul numero di utenti totali presenti per ogni ora del giorno. Successivamente, i dati generali calcolati per ogni caso studio vengono uniti in un unico campione e su di esso viene effettuata nuovamente l'analisi InterQuartile, in modo da avere una distribuzione dei valori più precisa.

Lo stesso metodo di analisi statistica viene usato per i descrittori TDC, andando ad analizzare l'andamento dei parametri ora per ora.

I parametri espressi con la variabile booleana (presenza di piano di emergenza e presenza di edifici speciali) sono studiati assumendo i due valori si/no[10]. La classe più probabile restituisce la condizione ricorrente della BET.

I parametri formulati in numero di elementi per BE sono divisi in gruppi, a seconda della tipologia. Vengono uniti in un unico campione, e con l'analisi statistica InterQuartile calcolata

[10] La *variabile booleana* assume due valori booleani, tipicamente Vero/Falso o 0/1. Nella metodologia di raccolta e gestione dei dati i valori usati sono si/no, per indicare se il parametro è presente o meno nel caso studio.

la distribuzione dei valori. Inoltre, viene effettuato il calcolo del valore modale, assunto per caratterizzare la condizione ricorrente.

3. RISULTATI

Le analisi statistiche descritte nella sezione precedente sono state applicate ad ogni scenario giornaliero descritto nella metodologia; oltre che a tutti i parametri e sotto-parametri illustrati nella sezione 2.

Nella sezione 3.1 sono stati illustrati e commentati tutti i risultati relativi ai parametri del gruppo di descrittori OUC, quindi, che descrivono gli utenti esposti nell'ambiente costruito in modo generale; invece, nella sezione 3.2 vengono commentati i grafici dei risultati TDC, caratterizzazione dei parametri in funzione del tempo. Infine, nella sezione 3.3 sono descritti i parametri che caratterizzano lo spazio dell'ambiente costruito. I commenti effettuati nelle sezioni appena citate, si riferiscono alle analisi eseguite nei giorni lavorativi essendo in numero molto maggiore rispetto ai festivi durante l'arco dell'anno; infatti, rappresentano la maggior parte delle condizioni ricorrenti nel BE. Perlopiù, i valori in output di maggiore interesse sono relativi all'indice di affollamento (UOOd) per ogni ora. Il dato viene ricavato sommando il numero di persone totale (UOn), per poi suddividerlo per l'area complessiva della piazza. Così facendo, nell'arco della giornata si possono notare le variazioni di affollamento che subisce la piazza in relazione all'uso degli edifici che si affacciano su di essa. Infatti, durante le ore notturne i negozi e gli uffici sono chiusi, quindi si potrà notare un brusco calo dell'indice, al contrario nelle ore del giorno il dato aumenta. In questo modo, si permette di delineare un profilo di rischio della piazza in base alle ore del giorno.

Viene, inoltre, effettuato un confronto tra gli utenti stimati nell'area della singola piazza e gli utenti presenti in tutto l'ambiente costruito, inclusi gli spazi delle strade di accesso alla piazza. A tal proposito, in riferimento a quanto descritto nella metodologia (sezione 1.1.1), alle strade di accesso viene applicato il criterio del percorso più breve, quindi, il numero di utenti stimati negli spazi della strada vengono sommati agli utenti presenti nella piazza; perciò, l'indice di affollamento è dato dal rapporto tra il numero di soggetti complessivi e l'area outdoor della sola piazza.

Inoltre, il campione nei risultati riferiti all'inclusione delle strade di accesso nel BE, viene influenzato dal caso di Piazza dei Signori di Verona, poiché tutte le vie dal lato di accesso sono ostacolate dalla presenza di archi, quindi, vengono escluse dalle analisi. (vedi Appendice A).

Per riuscire a creare una tipologia di ambiente costruito in funzione dell'esposizione degli utenti in condizioni di rischio improvviso, nella sezione 3.1.2.1 viene effettuato un confronto tra gli andamenti mediani degli scenari giornalieri, in riferimento alla percentuale di familiarità degli utenti con i luoghi e le condizioni di emergenza. Inoltre, nella sezione 3.1.4.1 il medesimo confronto viene effettuato sulla densità degli utenti complessivi (UOOd).
Oltre all'andamento mediano, soprattutto per gli scenari di aggregazione di massa (mass-gatherings e one-off events) l'evoluzione nel tempo dei parametri è utile, visto che nella giornata l'affollamento cambia in base alle ore di svolgimento dell'evento. (Appendice B).
I valori risultati dalle analisi sugli scenari di aggregazione di massa sono influenzati dall'assenza, in molti casi del campione, di eventi. Questo, avviene principalmente per i mass-gatherings; infatti, solo in sette piazze si svolgono. Invece, nel caso degli eventi one-off il campione è più completo, solo in quattro piazze non avviene nessun tipo di evento. (vedi tabella eventi)

3.1 Descrittori OUC:

3.1.1 Numero di utenti [pp] nel BE esposti in aree esterne e interne

I Non – Residenti (figura 5) sono la categoria di utenti con maggiore variabilità nel tempo, perché dipendo dagli orari di apertura [h] e dalle dimensioni [mq] delle attività.
Durante le ore del giorno si concentrano le aperture delle attività commerciali, considerate tutte con un affollamento a pieno carico. Per questo motivo, il dato relativo alla distribuzione massima può essere in sovrastima. Al contrario, la distribuzione minima viene associata ad un valore sottostimato, relativo alle ore notturne, dove tutte le attività sono chiuse, fatta eccezione per gli hotel. Quindi, i valori più attendibili sono i mediani, non molto distanti dai valori medi.
Il range di persone Non - Residenti varia tra 270 e 748, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre 461 persone sono relative alla mediana (2° quartile).
Sono presenti alcuni valori anomali, causati principalmente del grande quantitativo di attività presenti e alle relative dimensioni.

La figura 5 può essere confrontata con il grafico illustrato nella figura 6. Le condizioni degli utenti Non – Residenti sono le medesime, infatti il numero dei soggetti ha una grande variabilità nel tempo causata dall'orario di apertura e dalle dimensioni delle attività. La rappresentazione nella figura 6 comprende gli utenti esposti sia nell'area della piazza che quelli nell'area delle strade limitrofe ad essa; per questo motivo, i range illustrati nella figura 6 rispetto alla figura 5

sono più ampi e hanno valori maggiori. Infatti, la distribuzione mediana va da 486 persone a 1656, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre il 2° quartile (quartile) è pari a 880 persone.

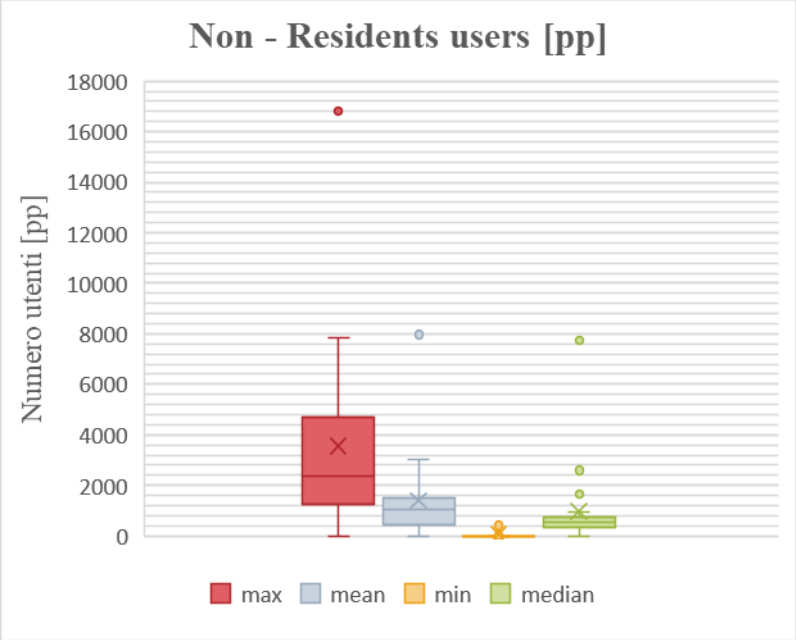


Figura 5. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Non-Residenti (RNn) esposti nelle aree indoor e outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

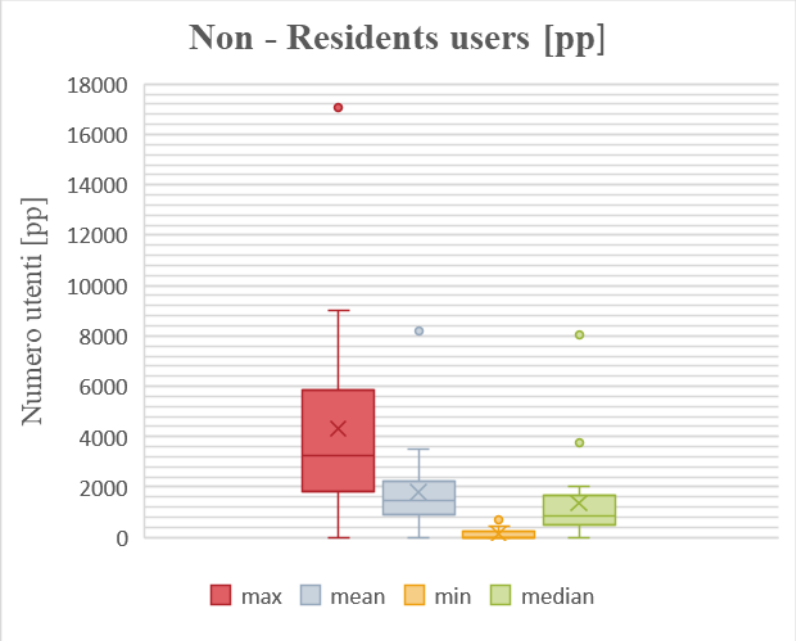


Figura 6. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Non-Residenti esposti nelle aree indoor e outdoor incluse le strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

I Residenti (figura 7) vengono definiti in base al censimento della popolazione e sono distribuiti in modo uniforme durante il giorno. Infatti, dalle 19 alle 7 vengono tutti considerati all'interno delle abitazioni, invece nelle ore lavorative, dalle 8 alle 18 i lavoratori non sono presenti. Essendo valutati in modo costante, la distribuzione massima e mediana risulta essere la medesima, al contrario i valori minimi corrispondono alle ore lavorative, dove il quantitativo di residenti è ridotto. I valori massimi e mediani dei Residenti sono compresi in un range che va da 79 a 432 persone, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre la mediana è pari a circa 200 persone.
L'unico valore anomalo riguarda il caso di Piazza Vittorio Veneto di Torino ed è causato principalmente da un'elevata presenza di edifici con destinazione d'uso residenziale. Infatti, tutti gli edifici che si affacciano sulla piazza sono costituiti da 4 piani ad uso residenziale.

Nella figura 8 sono rappresentate le distribuzioni box-and-whiskers plot relative agli utenti Residenti esposti nell'area del BE costituita da piazza e vie d'accesso limitrofe.
La distribuzione massima e mediana, come avviene nel grafico precedente (figura 7), sono uguali, visto che gli utenti residenti sono considerati in modo uniforme durante le ore del giorno; però, il range dei valori ha un'ampiezza maggiore. Il 1° quartile è pari a 166 persone ed il 3° a 651 persone, mentre la mediana è uguale a 389 utenti.
Rispetto ai dati del grafico in figura 7, oltre al valore anomalo relativo al caso di Piazza Vittorio Veneto di Torino, viene rappresentato un altro outlier riguardante il caso di Piazza Fratelli Bandiera di Milano, poiché gli edifici che si affacciano lungo le vie di accesso alla piazza gli edifici hanno prevalentemente destinazione d'uso residenziale.

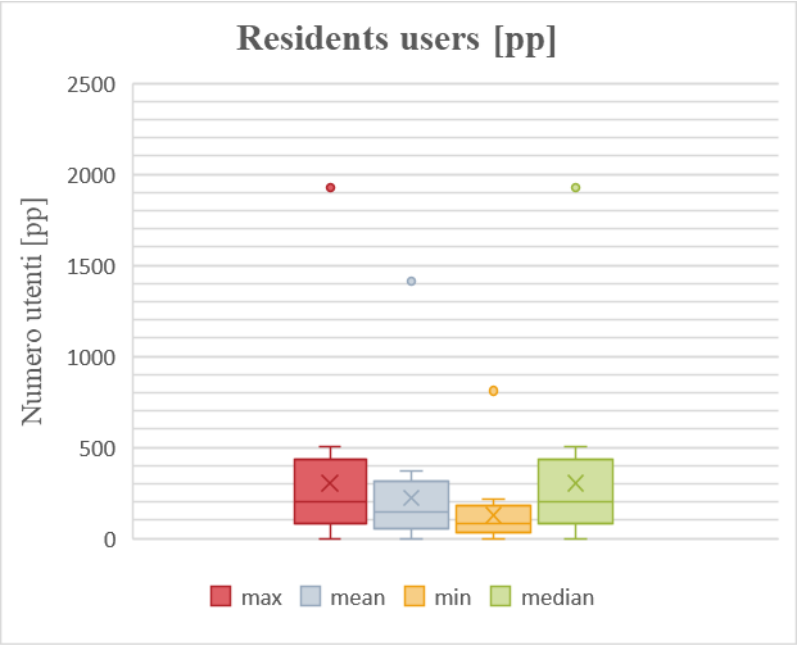


Figura 7. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Residenti esposti nelle aree indoor e outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

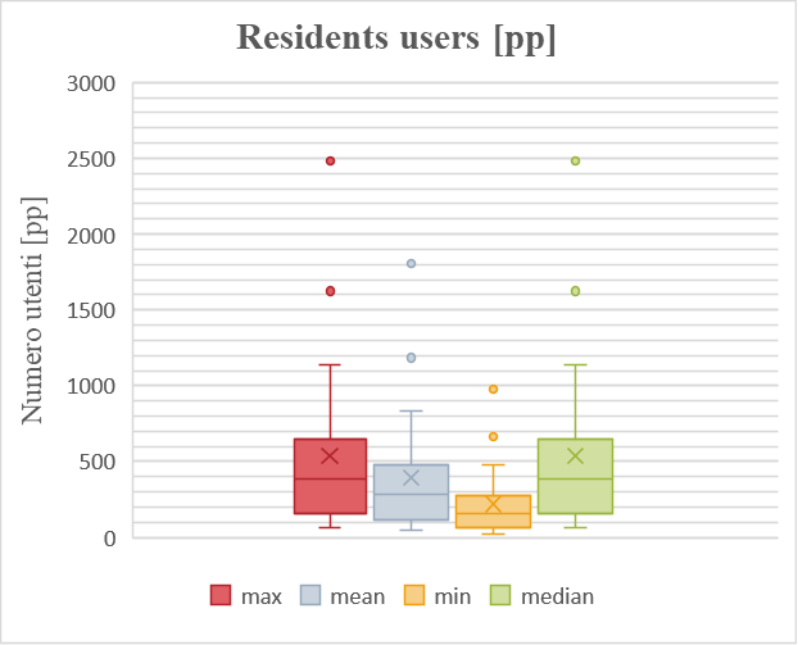


Figura 8. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Residenti esposti nelle aree indoor e outdoor incluse le strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

In accordo alla metodologia proposta, gli Only Outdoor (figura 9) sono gli utenti esterni (i passanti) e variano a seconda della dimensione dell'area pedonale della piazza, inoltre sono consideranti costanti dalle ore 7 alle 24, mentre nelle ore notturne non sono presenti. In questo modo, la distribuzione minima è nulla, invece i valori massimi e mediani sono i medesimi, e ricoprono un range che va da 125 a 686 utenti, quindi 1° e 3° quartile, mentre la mediana (2° quartile) è pari a 258 utenti.

Nella figura 10 vengono rappresentati i grafici box-plot relativi agli Only Outdoor presenti non solo nella piazza, ma anche nelle vie di accesso ad essa. L'inclusione delle strade limitrofe causa un aumento del numero di passanti esposti nello spazio della piazza. Per questo motivo l'andamento generale delle distribuzioni è uguale, ma i valori sono maggiori; infatti, il 1° quartile è pari a 137 persone, il 3° quartile a 779 persone, mentre la mediana è uguale a 348 persone.
In entrambi i grafici (figura 9 e 10) viene rappresentato un unico valore anomalo relativo al caso di Piazza Vittorio Veneto. Gli utenti esterne stimati sono numerosi rispetto agli altri casi, viste le grandi dimensioni degli spazi pedonali.

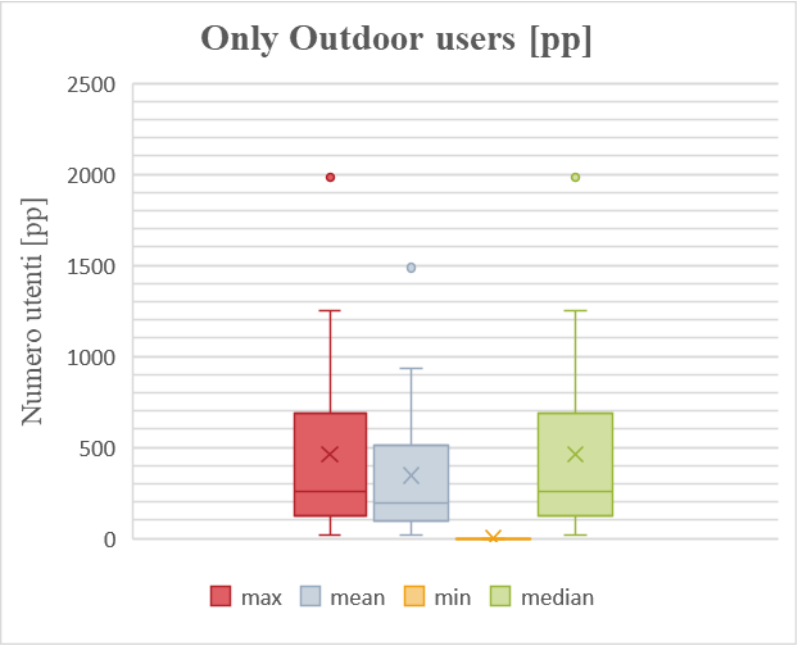


Figura 9. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti solo esterni (OOn), i passanti esposti nelle aree indoor ed outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

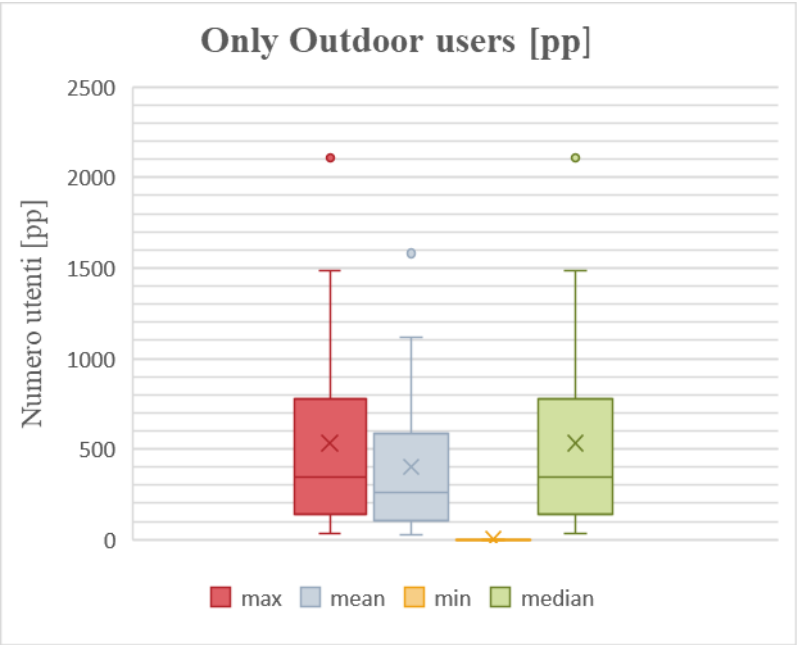


Figura 10. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti solo esterni (OOn), i passanti esposti nelle aree indoor e outdoor incluse le strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Gli utenti esterni prevalenti (figura 11) dipendono dalla presenza dei dehors nel BE, dalla loro dimensione [mq] e dall'orario di apertura [h]. La distribuzione relativa alla mediana va da 15 a 97 persone (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile è di 46 persone. I valori massimi corrispondono all'apertura contemporanea e a pieno carico dei dehors, come per gli spazi interni delle attività commerciali, di ristoro e turistiche. Al contrario, i valori minimi sono relativi alle ore di chiusura, quindi, nulli.
L'unico valore anomalo riguarda Piazza Vittorio Veneto di Torino, dove le attività con dehors occupano l'8% dell'area complessiva della piazza. Si tratta di una percentuale elevata rispetto a tutto il campione; infatti, il valore mediano dell'area destinata ai dehors è pari al 4% (vedi: sezione 3.3.2).

La figura 12 rappresenta la distribuzione del numero di Prevalent Outdoor nei dehors presenti in tutta l'area del BE, incluse le vie di accesso alla piazza.
I valori della distribuzione mediana vanno da 19 a 108 persone, rispettivamente 1° e 3° quartile; invece, il 2° quartile (mediana) è pari a 48 persone. Dal confronto dei risultati si può notare un leggero aumento delle persone esposte nella superficie outdoor del BE, poiché i dehors si concentrano nella piazza, nelle vie d'accesso limitrofe se presenti sono in numero ridotto.

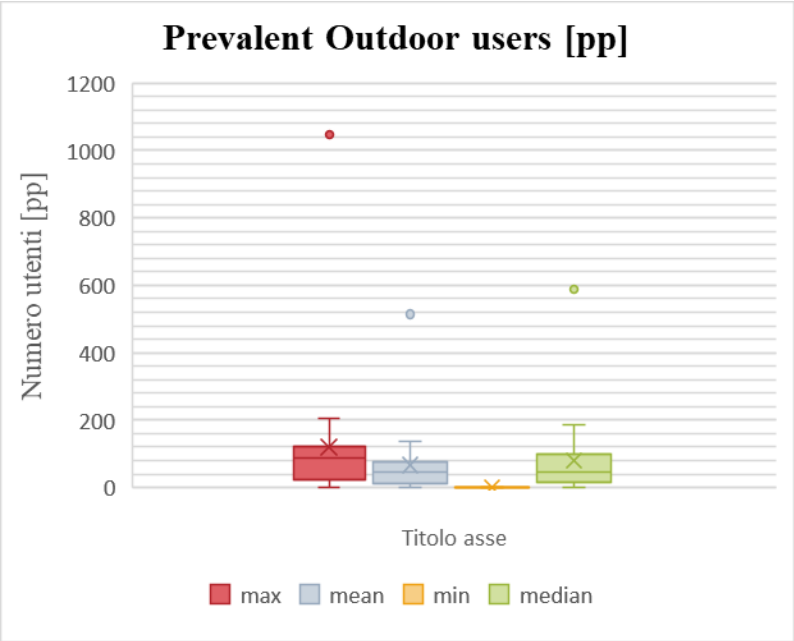


Figura 11. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Prevalent Outdoor (POn) esposti nelle aree indoor e outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

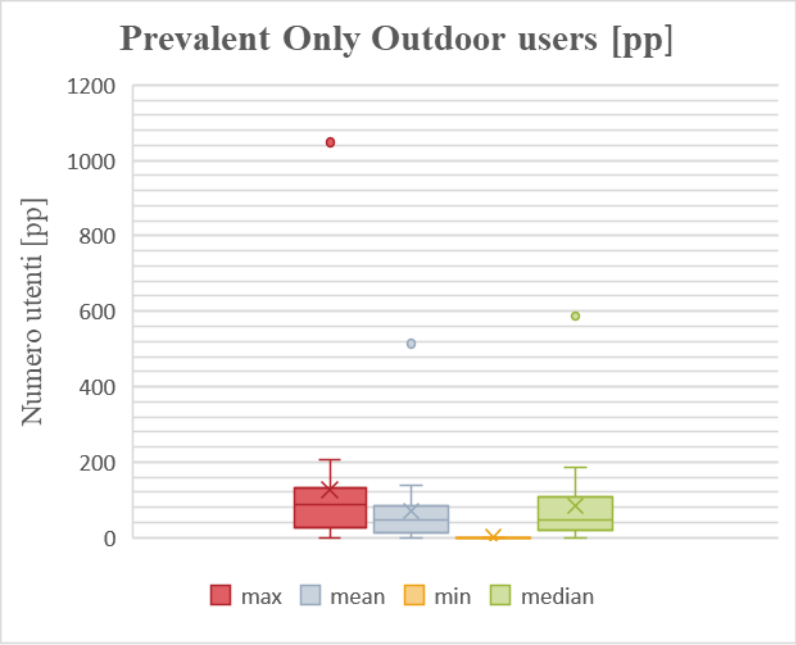


Figura 12. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti Prevalent Outdoor (POn) esposti nelle aree indoor e outdoor incluse le strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Gli Users Overall (figura 13) sono gli utenti complessivi, esposti nelle aree interne ed esterne del BE. Il numero totale è dato dalla somma delle persone appartenenti ad ogni singola categoria sopra descritta (NRn+Rn+OOn+POn). Per questo motivo il numero di persone è notevolmente sovrastimato, infatti, nelle distribuzioni box-and-whisker plot precedenti, sono stati evidenziati alcuni valori derivanti dall'approccio conservativo nel calcolo delle aree interne degli edifici e dei dehors. Alla luce delle considerazioni effettuate, la distribuzione mediana è quella maggiormente attendibile con i valori che vanno da 659 a 1974 persone (1° e 3° quartile), invece il valore mediano è pari a 872 utenti complessivi (2° quartile).
Sono presenti anche dei valori anomali, principalmente due: il campione di Mantova, a causa della presenza di diversi edifici museali, che hanno la possibilità di accogliere un numero notevole di persone; e il campione di Piazza Vittorio Veneto a Torino, dove la piazza ricopre una superficie di dimensione molto elevate; infatti, l'area outdoor netta è pari a 34070 mq, oltre ad essere presente un numero consistente di attività commerciali e di ristoro.

Nella figura 14 vengono rappresentati tutti gli utenti esposti (NR+R+OO+PO) nel BE, inclusi quelli presenti nelle vie d'accesso alla piazza. Il metodo conservativo viene applicato a tutta l'area considerata (piazza e strade d'accesso) per questo motivo, gli andamenti delle distribuzioni box-and-whiskers plot confrontati con quelli raffigurati nella figura 13 sono uguali, ma ricoprono un range di valori più ampio; infatti, attraverso la distribuzione mediana si può notare un aumento di 768 persone. I valori rispetto ai precedenti vanno da 947 a 3030 persone (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile o mediana è pari a 1360 persone.

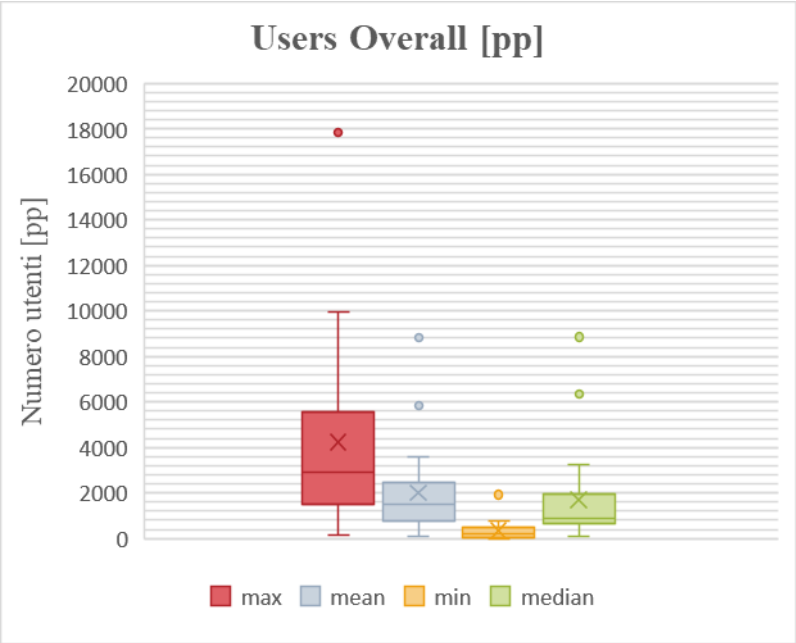


Figura 13. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti complessivi (UOn), nelle aree indoor e outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

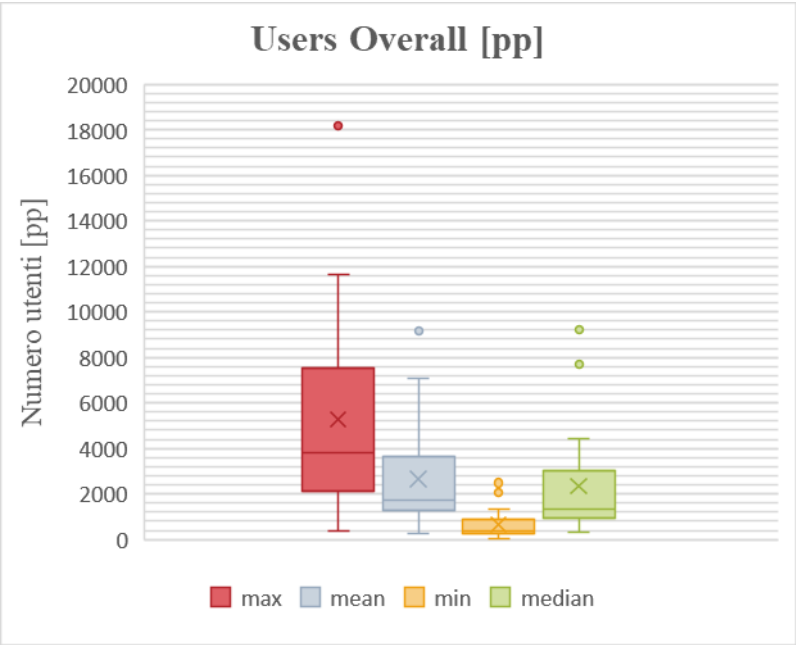


Figura 14. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot del numero di utenti complessivi (UOn), nelle indoor e outdoor incluse le strade d'accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

3.1.2 Percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%]

La percentuale di utenti che tiene conto della familiarità viene calcolata per ogni categoria, in modo da analizzare l'incidenza di ognuna di essa rispetto al numero totale di soggetti presenti nel BE. Quindi, il valore in percentuale viene definito attraverso il rapporto tra il numero di utenti appartenenti alla classe di soggetti presa in considerazione (NRn, Rn, OOn, Pon) e il numero di utenti complessivo (UOn).

I Non-Residenti (figura 15) sono la categoria più numerosa degli utenti esposti nel BE. La distribuzione massima permette di analizzare i valori relativi alle ore lavorative, quindi, dove il numero di utenti non-residenti è maggiore e i residenti vengono considerati in numero minore; invece, la distribuzione minima, generalmente nulla, poiché corrisponde alle ore di chiusura delle attività e alla presenza totale dei residenti nelle abitazioni. L'unica eccezione avviene per i valori anomali, che corrispondono ai casi studio con attività aperte anche nelle ore notturne (es. hotel, pub). La distribuzione mediana, poco lontana dalla media, varia circa tra il 38% e 58% (1° e 3° quartile), invece il valore mediano è circa 50%.
All'interno del campione è presente un caso anomalo particolare: Piazza Lancellotti di Roma, dove non sono presenti utenti non-residenti. Gli edifici che si trovano sulla piazza non ospitano spazi con funzioni commerciali, di ristoro o obiettivi sensibili.

La figura 16 rappresenta gli utenti Non – Residenti esposti sia nella piazza che nelle strade limitrofe ad essa. Confrontando il grafico con quello descritto precedentemente (figura 15), si può notare come l'andamento dei valori massimi, che analizza gli utenti esposti durante le ore lavorative, rimane circa lo stesso; mentre, la distribuzione minima descrive le ore di chiusura delle attività commerciali, da nulla copre un range di valori che va da 0 a 17%, poiché molti casi hanno nelle strade d'accesso alla piazza attività aperte h24 (principalmente hotel). La distribuzione mediana copre un range di valori che va da 36% a 71%, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre il 2° quartile rimane uguale al 50%.

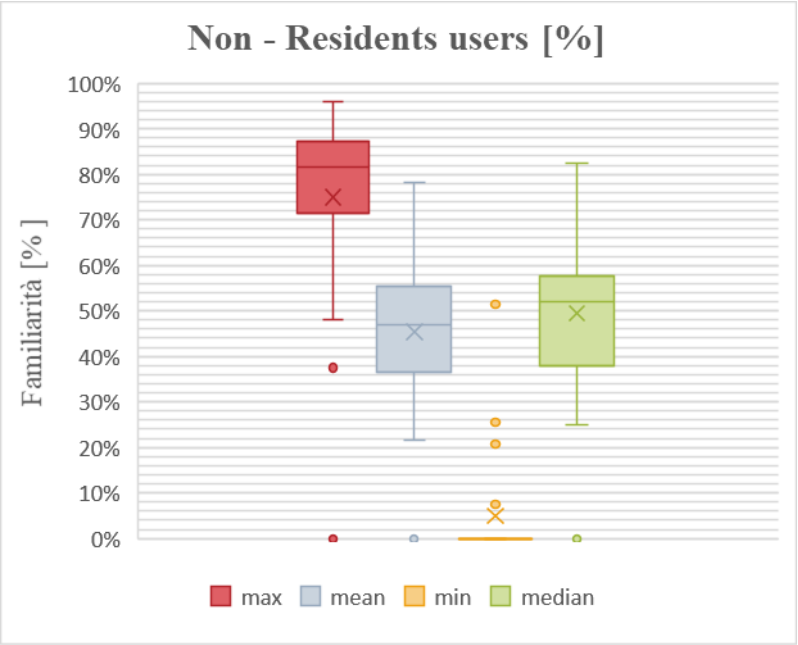


Figura 15. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

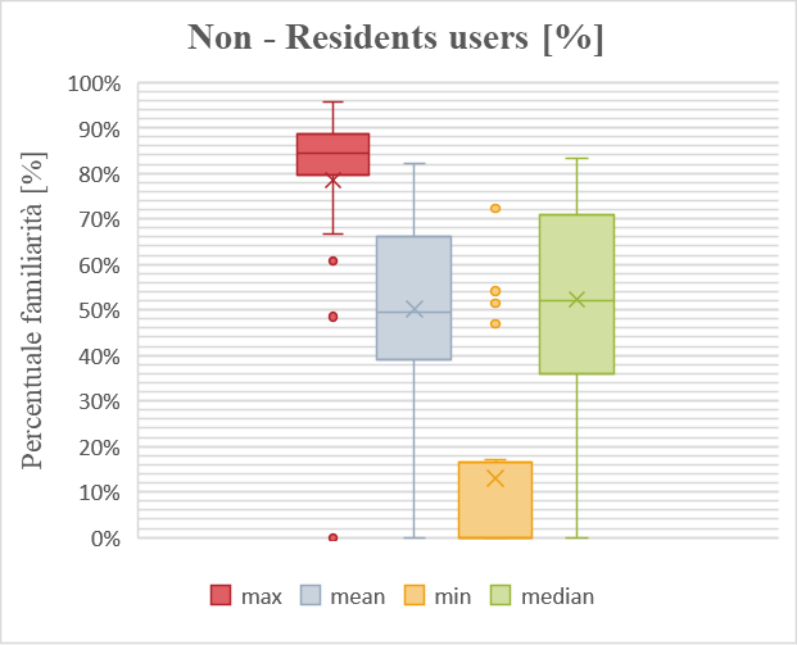


Figura 16. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Come si può notare dalla rappresentazione della figura 17, durante l'arco della giornata i residenti subiscono un'ampia variazione. I valori minimi corrispondo alle ore lavorative, dove il numero di residenti presenti nelle abitazioni diminuisce; al contrario i valori massimi, perlopiù pari al 100% degli utenti, equivale alle ore notturne dove tutti sono nelle proprie abitazioni. Per questo motivo, i dati più affidabili sono quelli relativi ai valori critici della distribuzione mediana, con un range che va da 7% a 29% (1° e 3° quartile) e 15 % per il valore mediano.
Si possono notare due casi particolari: Piazza Prampolini di Reggio Emilia, dove nessun edificio che si affaccia sulla piazza ha destinazione residenziale, quindi, la percentuale di utenti residenti esposti è pari a 0%; al contrario, in Piazza Lancellotti di Roma ci sono solo utenti residenti. Infatti, il valore anomalo registrato nella mediana pari ad 83% è relativo a quest'ultimo caso.

Il grafico rappresentato nella figura 18 descrive la percentuale di utenti Residenti esposti nella piazza e nelle strade limitrofe ad essa. Confrontando il grafico con quello presente nella figura 13, si notano delle differenze nei valori massimi; infatti, ricoprono un range più ampio, che va da 79% a 100%, poiché in diversi casi durante le ore notturne il numero di residenti rispetto al totale degli utenti esposti ha un peso minore. Invece, la distribuzione minima rimane circa uguale. Per rappresentare l'andamento più attendibile viene utilizzata la mediana, che va da 10% a 32%, rispettivamente 1° e 3° quartile, e come valore mediano si aggira intorno al 15%.

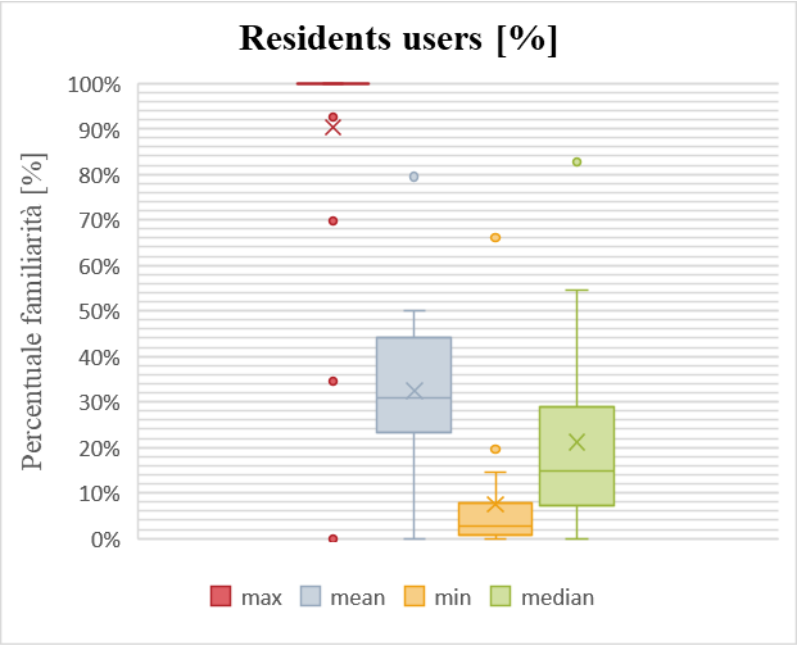


Figura 17. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

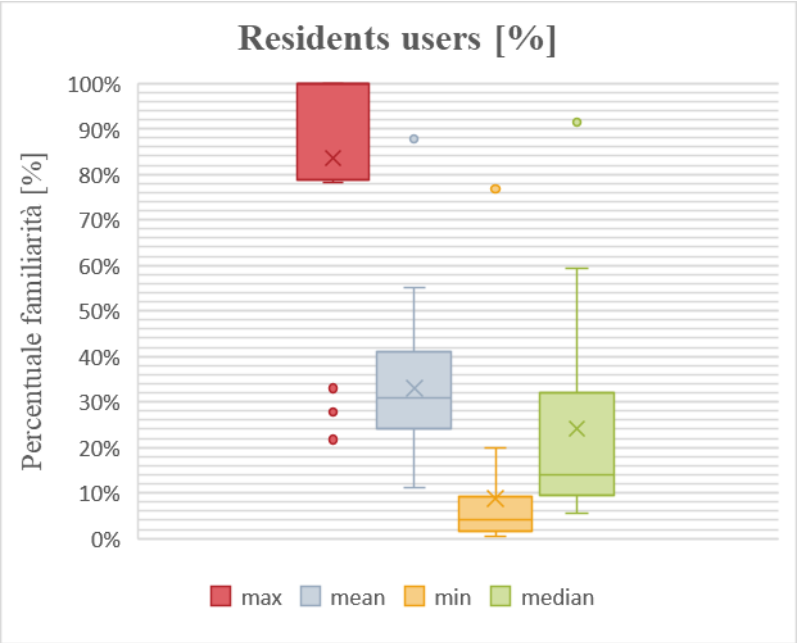


Figura 18. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Come specificato precedentemente, gli Only Outdoor sono i passanti, e durante l'arco della giornata vengono considerati in modo costante, escluse le ore notturne. Per questo motivo, nella figura 19 la distribuzione minima si riferisce alle ore dove non sono presenti, invece la massima alle ore in cui gli utenti esposti nelle aree pedonali sono in numero notevole rispetto al totale degli utenti. I valori critici più attendibili corrispondo alla mediana, comparabili con i medi, e variano tra il 7% e il 23% (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile è pari al 13% degli utenti.

I passanti esposti nelle aree pedonali di tutto il BE, comprese le strade di accesso alla piazza (figura 20) hanno dei valori relativi alla distribuzione mediana, comparabili con quelli relativi alla media, che vanno da 6% a 19%, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre il dato mediano è pari a 10%. Tali dati confrontati con quelli del grafico illustrato nella figura 19, hanno un range di valori critici leggermente minore. Infatti, nonostante l'aumento delle aree interne ed esterne incluse nel BE, la percentuale di Only Outdoor rispetto agli utenti complessivi esposti in tutto il BE è minore, perché il numero di utenti interni (NRn e Rn) hanno avuto un aumento maggiore rispetto ai passanti.

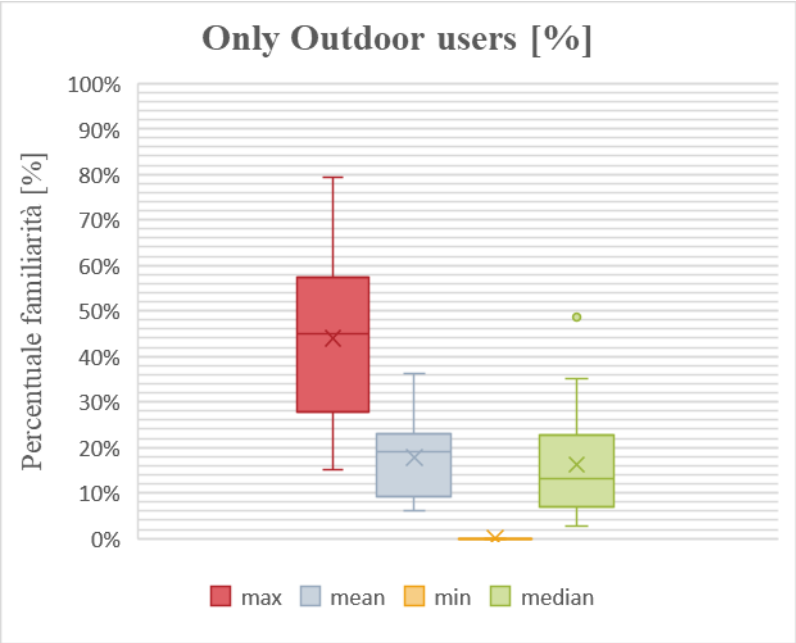


Figura 19. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti solo esterni (OOn), i passanti esposti nelle aree outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

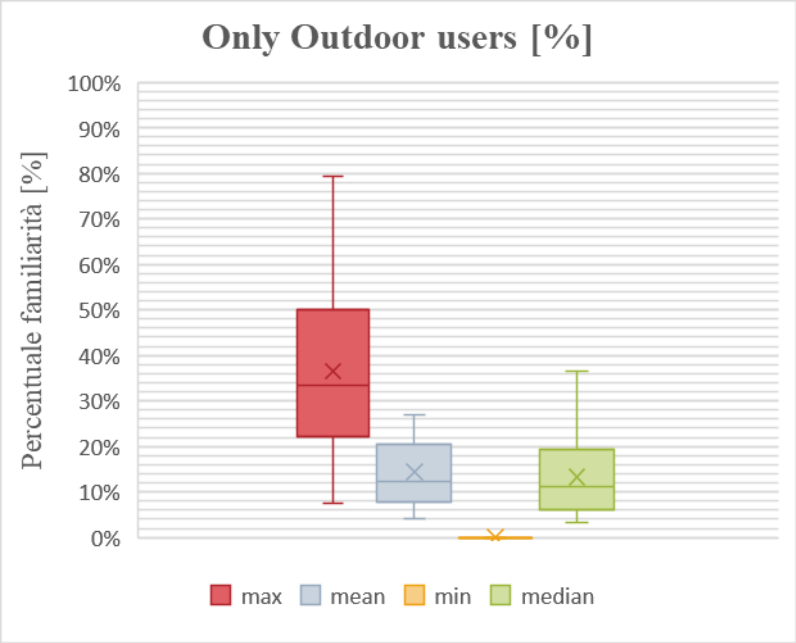


Figura 20. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti solo esterni (OOn), i passanti esposti nelle aree outdoor della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Gli utenti esterni prevalenti (figura 21) dipendono dalla dimensione e dagli orari di apertura dei dehors. La distribuzione massima, infatti, sì riferisce alle ore di apertura di tutte le attività e la presenza di utenti a pieno carico, mentre i dati minimi sono riferiti agli orari di chiusura. Quella che meglio descrive l'esposizione dei soggetti è la rappresentazione mediana, anche se simile alla distribuzione media. I valori critici vanno dallo 1% al 5% (1° e 3° quartile), invece la mediana è pari al 2%.

La figura 22 rappresenta l'andamento degli utenti esposti nei dehors presenti nella piazza e nelle strade di accesso, questo rappresenta in ogni caso studio un aumento degli utenti complessivi. Come descritto sopra, i valori massimi rappresentano i dehors a pieno carico, mentre i minimi sono pari a zero e si riferiscono agli orari di chiusura. Le distribuzioni confrontate con quelle illustrate nella figura 21 sono circa uguali; infatti, l'andamento mediano va da 1% a 3% (1° e 3° quartile), mentre il valore mediano coincide quasi con il 1° quartile. Complessivamente, si possono notare range leggermente inferiori rispetto al grafico precedente (figura 21), poiché i dehors presenti nei casi studio si trovano principalmente nell'area outdoor della piazza, la percentuale di utenti prevalenti esposti nei dehors rispetto agli utenti complessivi è minore.

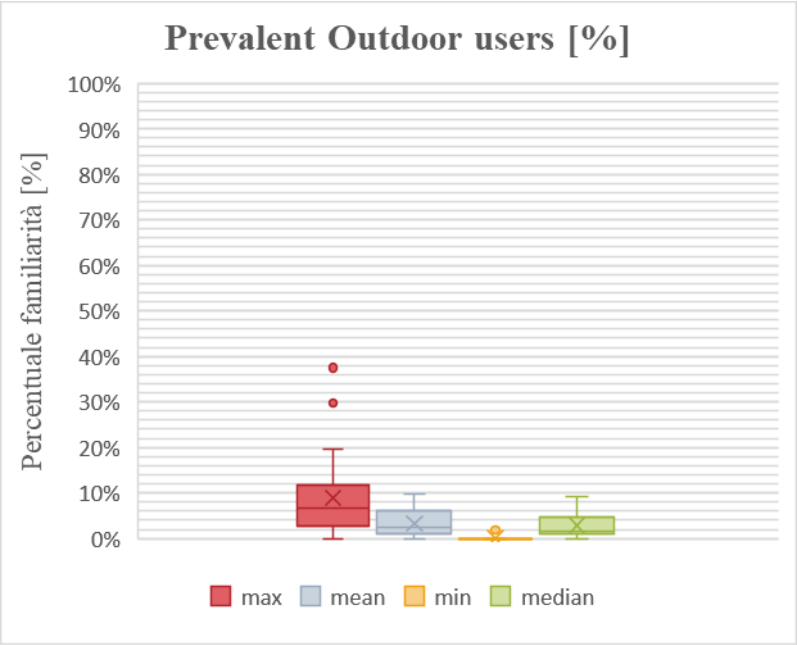


Figura 21. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), soggetti situati nei dehors della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

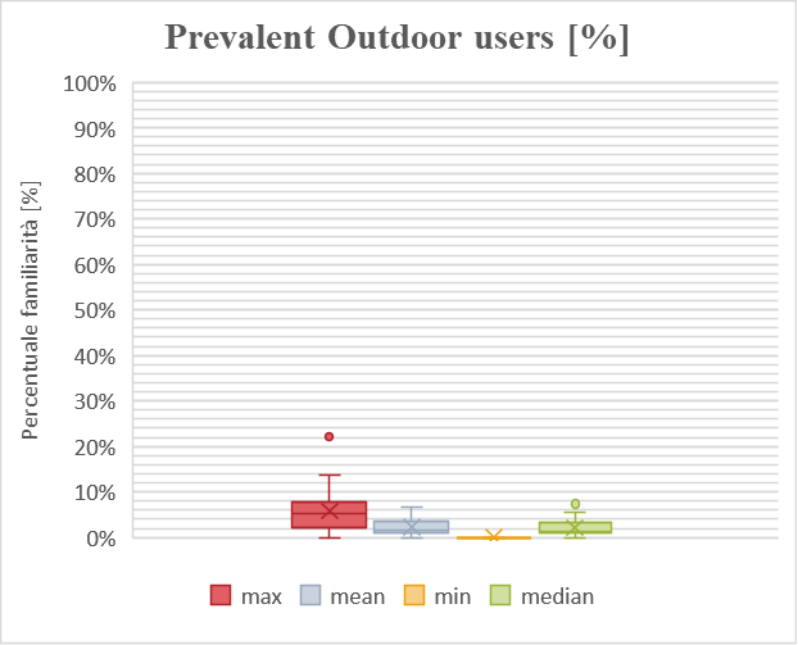


Figura 22. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), soggetti situati nei dehors della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

3.1.2.1 Confronto della percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%] negli scenari giornalieri

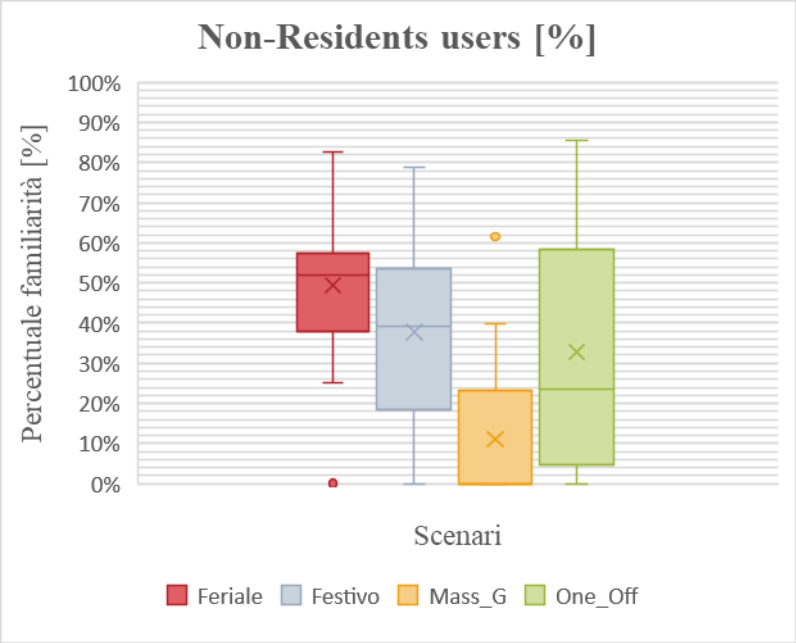


Figura 23. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Non-Residents (NRp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

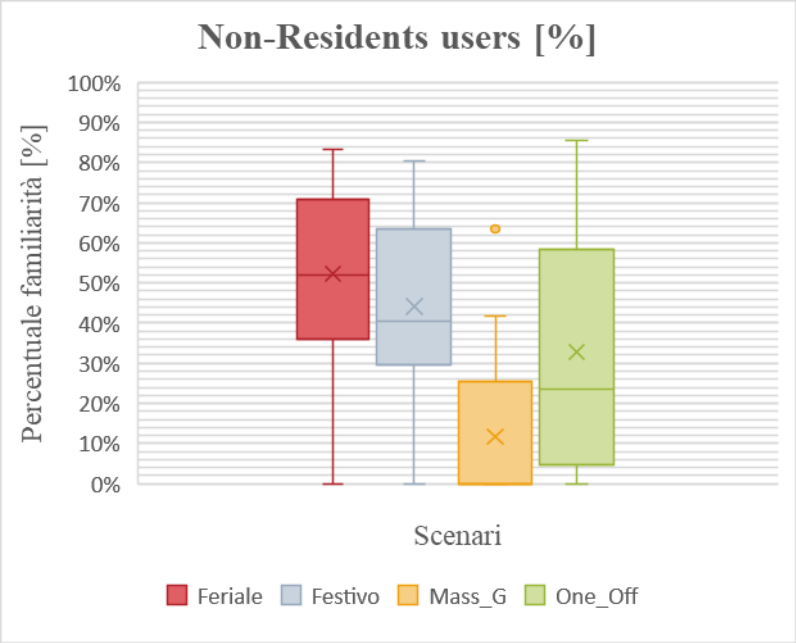


Figura 24. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Non-Residents (NRp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

Nella figura 23 vengono viene effettuato un confronto tra la distribuzione dei valori mediani relativi agli scenari giornalieri, in riferimento alla percentuale di utenti non-residenti esposti nell'area della piazza.

I non-residenti, come specificato nelle sezioni precedenti sono la categoria con maggiore variabilità durante l'arco della giornata a causa degli orari di apertura delle attività. Lo scenario feriale ampiamente descritto nella sezione 3.1.2 confrontato con lo scenario festivo ha una distribuzione mediana con valori che vanno da 18% a 53%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il valore mediano (2° quartile) è pari a 39%. Rispetto allo scenario feriale i quartili sono inferiori, ma l'ampiezza dell'intervallo è maggiore; infatti, all'interno del campione l'apertura di attività commerciali e di ristoro anche nei giorni festivi è molto variabile; inoltre, in diversi casi studio la percentuale di utenti esposti nell'area outdoor della piazza è elevata vista la presenza di edifici speciali con dimensioni notevoli, come chiese, musei e teatri (vedi Appendice A).

Da metodologia il numero di utenti non-residenti durante un evento di aggregazione di massa (massa-gatherings e one-off events) rimane invariato rispetto allo scenario standard. La percentuale di utenti non-residenti esposti nell'area outdoor dell'evento, dipendono dalle ore di svolgimento del mass-gatherings. Gli eventi di aggregazione di massa ricorrenti, rispetto a quelli una tantum ricoprono una fascia oraria minore, quindi, hanno minore variabilità. Infatti, la distribuzione mediana va da 0% a 23% (1° e 3° quartile), con valore mediano paria a 0%; mentre, la distribuzione mediana degli eventi una tantum (one-off) va da 5% a 58%, rispettivamente 1° e 3° quartile, con valore mediano pari a 23%.

Nella figura 24 sono rappresentati gli andamenti mediani degli scenari giornalieri, riferiti alla percentuale di utenti non-residenti presenti in tutto l'ambiente costruito, quindi, inclusi i soggetti situati nelle attività lungo le vie di accesso alla piazza.

Le distribuzioni riferite agli eventi di aggregazione di massa, mass-gatherings e one-off sono circa uguali a quelle illustrate nella figura 23.

Lo scenario festivo copre un range di valori che va da 30% a 63%, rispettivamente 1° e 3° quartile, con una mediana pari a 40%. Questa distribuzione confrontata con la feriale ha valori inferiori, ma l'ampiezza dell'intervallo è la medesima, poiché lungo le vie di accesso alla piazza, in molti casi studio la presenza di edifici con destinazione d'uso di alloggio sono sempre aperti, per questo aumentano la percentuale di utenti esposti anche nei giorni non lavorativi, accorciando la variabilità rappresentata nello stesso scenario in figura 23.

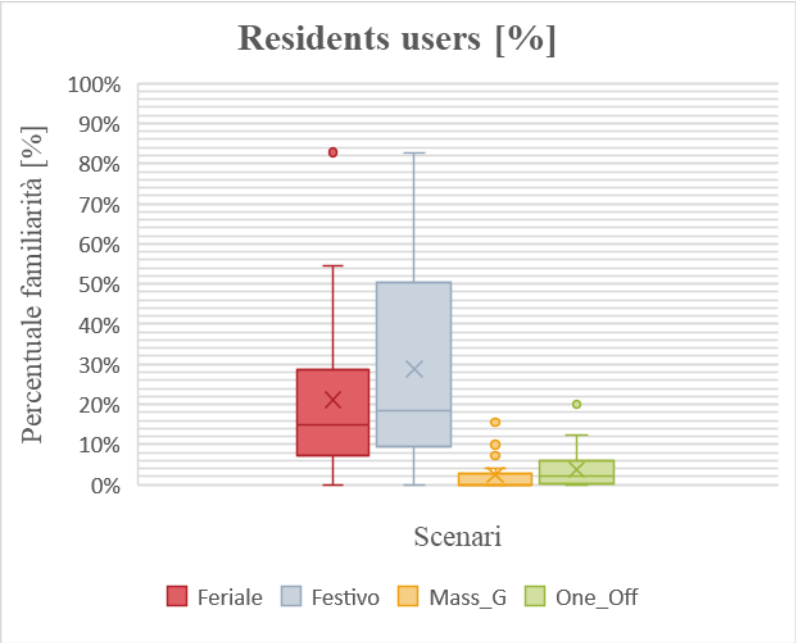


Figura 25. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Residents (Rp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

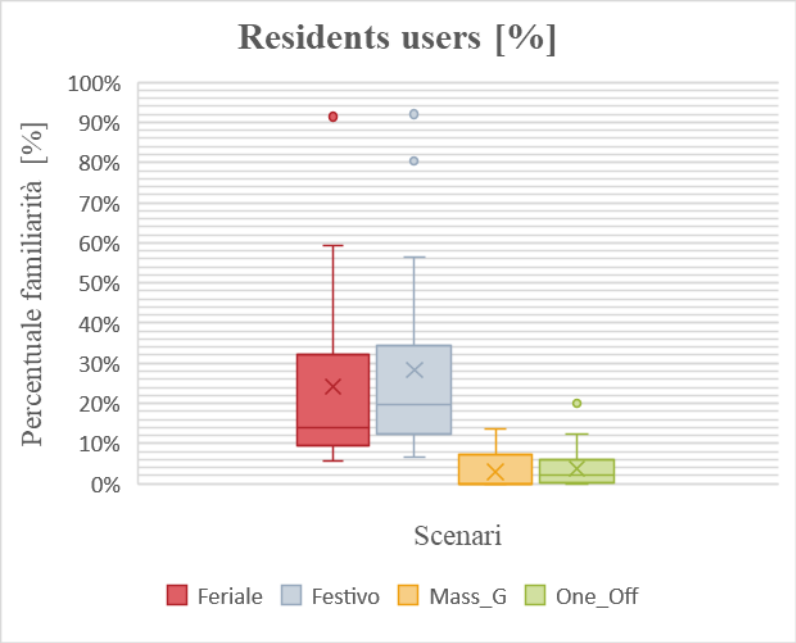


Figura 26. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Residents (Rp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

Nella figura 25 vengono confrontati gli scenari giornalieri relativi alla percentuale di utenti residenti presenti nella sola piazza. La distribuzione mediana dei giorni lavorativi, descritta nella sezione precedente 3.1.2, dipende dagli utenti consideratati in modo costante e sempre presenti nelle loro residenze dalle ore 19 alle ore 7; mentre, dalle ore 8 alle ore 16 una parte non si trova negli spazi residenziali, quindi, il numero è costante, ma minore. Al contrario, nello scenario festivo i residenti si trovano tutti nelle loro abitazioni nell'arco della giornata, per questo motivo la distribuzione della percentuale di utenti dipende esclusivamente dal numero di utenti complessivi. L'andamento copre un range di valori che va da 10% a 50%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il 2° quartile è pari al 18%.
Come specificato da metodologia, negli scenari che descrivono gli eventi di aggregazione di massa, anche gli utenti residenti rimangono gli stessi rispetto ai giorni standard.
L'andamento della percentuale di utenti residenti nel mass-gatherings va da 0% a 3% (1° e 3° quartile), con valore mediano paria a 0%. Invece, i valori relativi allo scenario una tantum (one-off events) vanno da 0% a 6%, con valore mediano pari a 2%. Solo un valore anomalo si può notare dalla figura 25, è riferito al caso di Piazza Alberica di Carrara ed è pari a 20%.

La figura 25 può essere confrontata con la rappresentazione illustrata nella figura 26, nella quale la percentuale di utenti residenti si riferisce al numero di utenti presenti in tutto il BE, incluse le strade di accesso alla piazza.
La distribuzione relativa agli utenti nello scenario festivo varia rispetto allo scenario nella figura 25, l'intervallo ha un'ampiezza inferiore; infatti, il 1° quartile è pari a 12%, il 3° quartile a 34%, invece, il valore mediano è pari a 20%. La variabilità del range è minore, poiché il numero di residenti nell'ambiente costruito aumenta. Piazza Lancellotti di Roma, rappresenta ancora un valore anomalo pari a 92%; con l'inclusione delle strade anche Piazza Vittorio Emanuele di Caldarola rappresenta un outlier pari a 80%, visto che lungo le viene di accesso alla piazza sono presenti solo edifici residenziali.
Lo scenario del mass-gatherings subisce un leggero incremento va da 0% a 7%, 1° e 3° quartile.

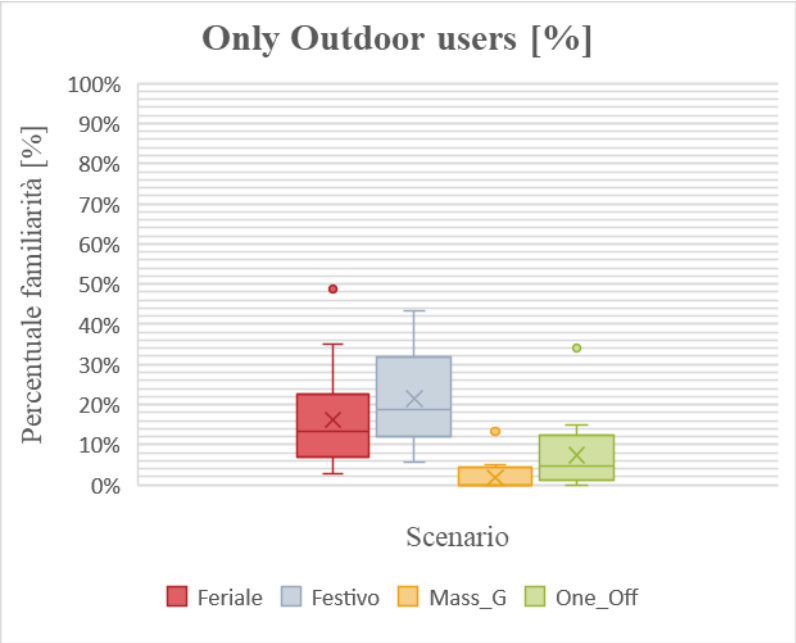


Figura 27. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

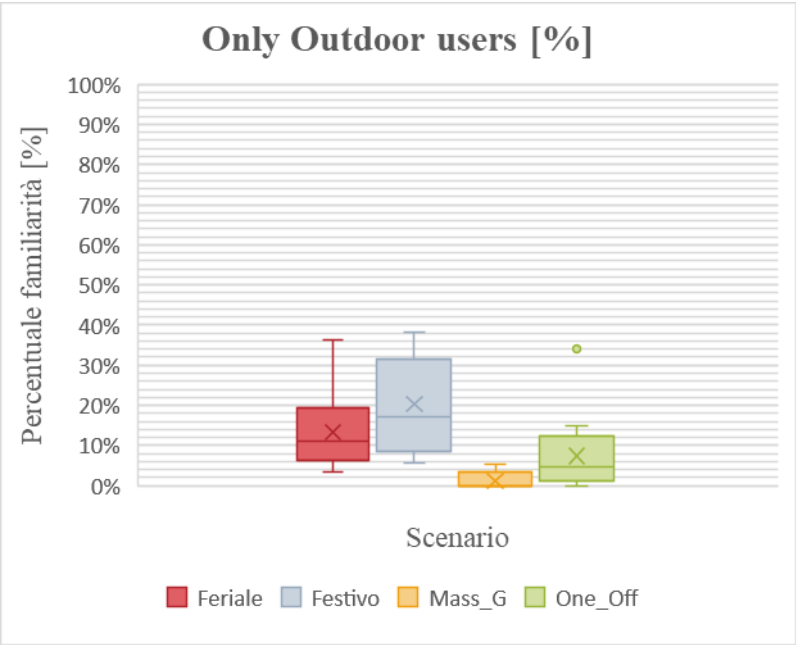


Figura 28. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

Da metodologia gli only outdoor sono i passanti, quindi, i soggetti presenti nelle aree pedonali. Vengono calcolati in modo costante dalle ore 7 alle 24, invece nelle restanti ore della giornata sono considerati pari a zero. Inoltre, il numero di utenti esposti è lo stesso indipendentemente dallo scenario giornaliero.
Nella figura 27, la distribuzione mediana riferita allo scenario festivo ha valori che vanno da 12% a 32%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, la mediana è pari a 19%. Questi valori si differenziano da quello dello scenario feriale, dove il 1° quartile è pari a 7%, il 3° quartile a 23% e la mediana è pari a 13%; poiché, generalmente il numero di utenti non-residenti incide in modo minore sul numero totali di utenti. Questo, avviene a causa della chiusura delle attività commerciali duranti i giorni festivi.
Lo stesso avviene negli eventi di aggregazione di massa, il numero di passanti è costante. Durante le ore di svolgimento dell'evento la percentuale di utenti only outdoor è bassa, poiché il numero dei passanti è esiguo rispetto al numero complessivo; al contrario la percentuale aumenta nelle restanti ore della giornata.
L'andamento mediano relativo ai mass-gatherings va da 0% a 4%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre lo scenario one-off events va da 1% a 12% (1° e 3° quartile), con valore mediano pari a 5%. L'unico valore anomalo presente è pari a 34%, ed è riferito a Piazza Martiri di Carpi, visto che l'area pedonale ricopre una superficie di 12490 mq, l'81% dell'area outdoor complessiva.

Nella figura 28 vengono rappresentate le distribuzioni mediane di tutti gli scenari giornalieri relativi alla percentuale di utenti only outdoor presenti anche negli spazi delle strade di accesso alla piazza. Confrontando i grafici box-and-whiskers plot con quelli illustrati nella figura 23 si possono notare degli andamenti molto simili, infatti, i valori dei quartili sono circa uguali.

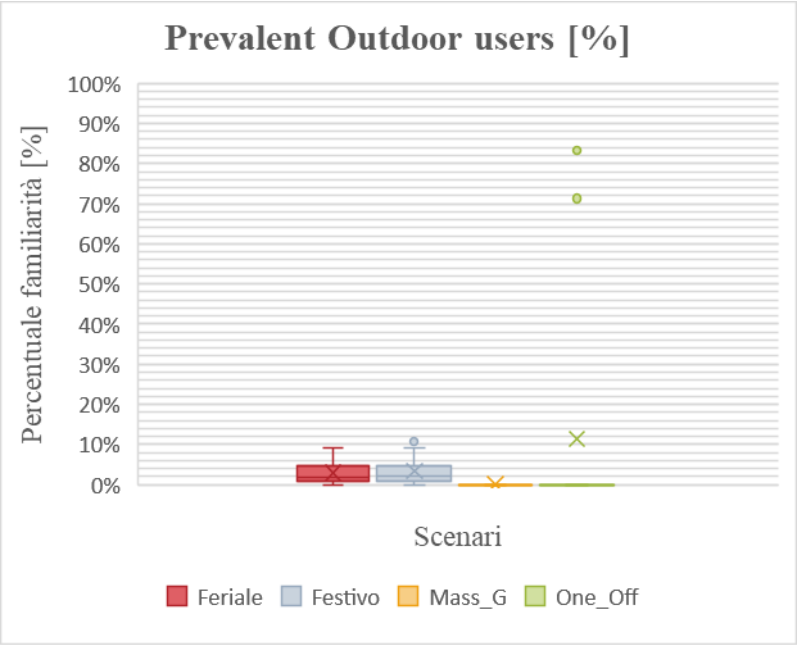


Figura 29. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

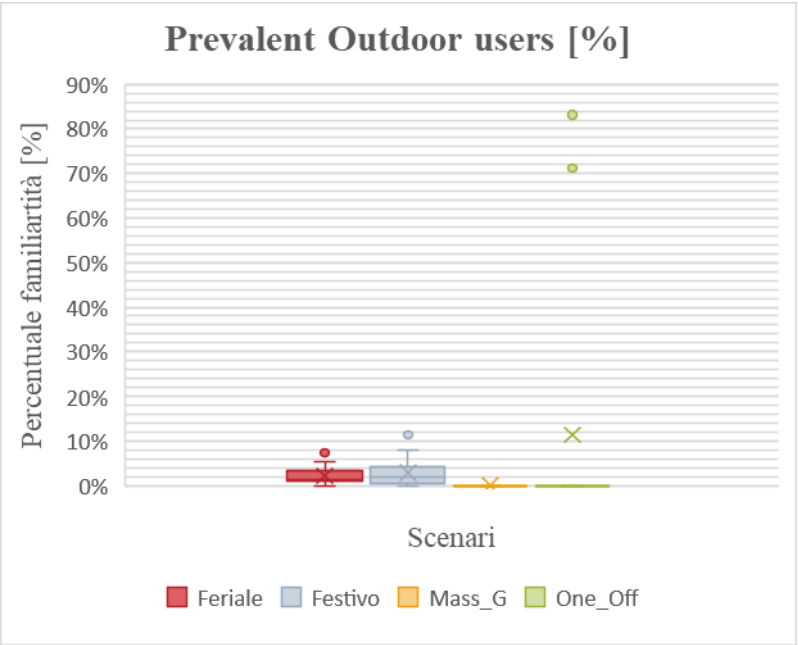


Figura 30. Rappresentazione con grafico box-and-whiskers plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) negli scenari giornalieri riferiti alla piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani.

Nella figura 29 viene effettuato un confronto tra le distribuzioni mediane della percentuale di prevalent outdoor riferiti alla sola piazza nei diversi scenari giornalieri.
Tra i giorni lavorativi e i giorni festivi, la percentuale di utenti esposti rispetto al numero di persone totali è la stessa; infatti, i valori vanno da 1% a 5%, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre, il valore mediano è pari a 2%. Nella distribuzione festiva vengono illustrati due valori anomali: Piazza Vittorio Emanuele di Rovigo, con un valore mediano pari a 11% e Piazza Minerva di Siracusa, con valore mediano uguale a 12%.
Negli scenari che descrivono gli eventi di aggregazione di massa, mass-gatherings e one-off events, la distribuzione mediana dei valori calcolati durante l'arco della giornata risulta essere pari a 0%. Poiché, da metodologia (sezione 1.3) negli eventi di aggregazione di massa gli utenti prevalent outdoor determinano il numero di soggetti che partecipano all'evento. Quindi, durante le ore di svolgimento dell'evento la percentuale di utenti esposti è molto elevata; al contrario, durante le restanti ore dalla giornata la percentuale rispetto agli utenti complessivi è molto bassa, visto che fa riferimento ai solo utenti presenti negli spazi dei dehors. Per questo motivo, il valore mediano è nullo.

Nella figura 30 vengono rappresentate le medesime distribuzioni, ma riferite agli utenti prevalenti negli spazi della piazza e delle vie di accesso ad essa. Le distribuzioni relativi agli scenari di aggregazione di massa sono uguali all'andamento descritto nella figura 29; mentre, per gli scenari feriali e festivi i valori delle distribuzioni diminuiscono, visto che i dehors si concentrano nell'area outdoor della piazza, il numero di utenti prevalenti resta invariato rispetto al numero di utenti complessivo.
La distribuzione feriale ampiamente è ampiamente descritta nella sezione 3.1.2, invece, la feriale va da un valore pari a 1% fino al 4%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il valore mediano è pari a 2%.

3.1.3 Percentuale di utenti che tengono conto della vulnerabilità individuale [%]

Gli utenti presenti nel BE vengono considerati in base alla vulnerabilità individuale.
Nella figura 31 sono rappresentati i box-and-whisker plot relativi ad ognuna delle cinque tipologie di utenti individuate in base all'età. I valori di ogni distribuzione sono circa uguali a quelli indicati dal censimento della popolazione nazionale, presente nel sito sopracitato, e sono: Tp=3,8%, PCp=9,2%, YAp=4,8%, AUp=64,8%, EUp=17,3%.
Nella figura 32, invece, vengono rappresentati i quartili relativi al genere degli utenti, anche in questo caso i valori sono circa uguali ai dati nazionali: Mp=48,70% e Fp=51,30%. L'unico

valore anomalo presente è relativo al caso studio di Piazza Duomo di Crotone, dove Mp è pari a 50,4% e Fp a 49,6%.

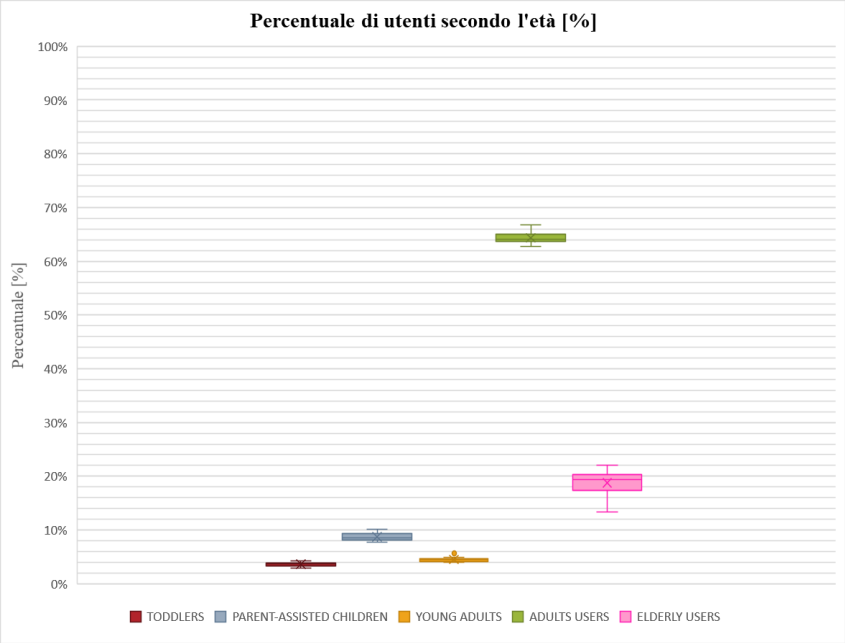


Figura 31. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti secondo l'età.

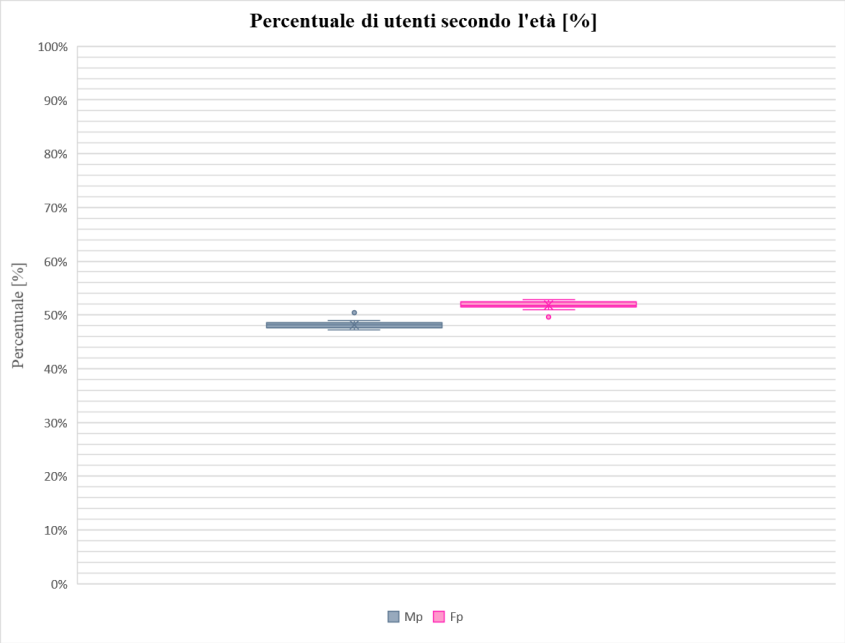


Figura 32. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti secondo il genere.

3.1.4 Densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq]

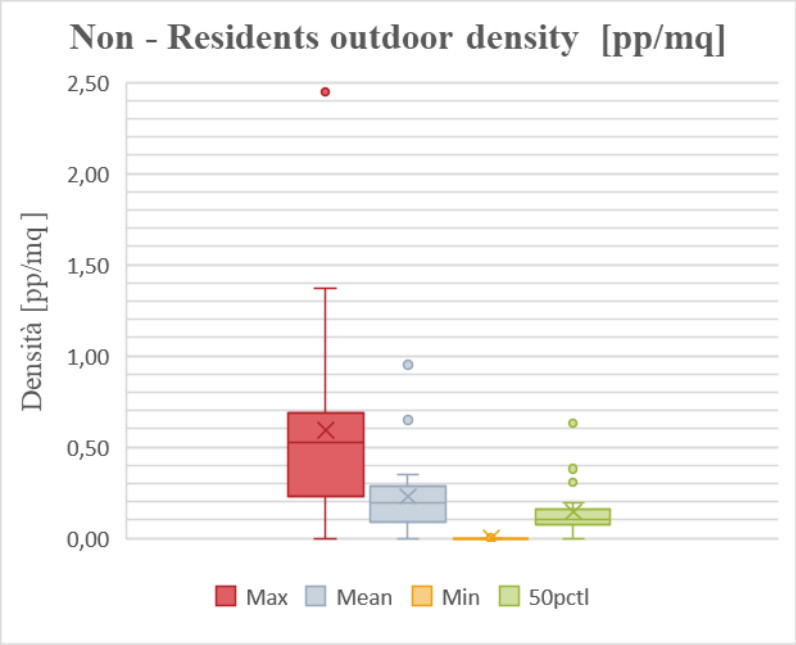


Figura 33. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Non-Residenti (NRd) relativa alle aree outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

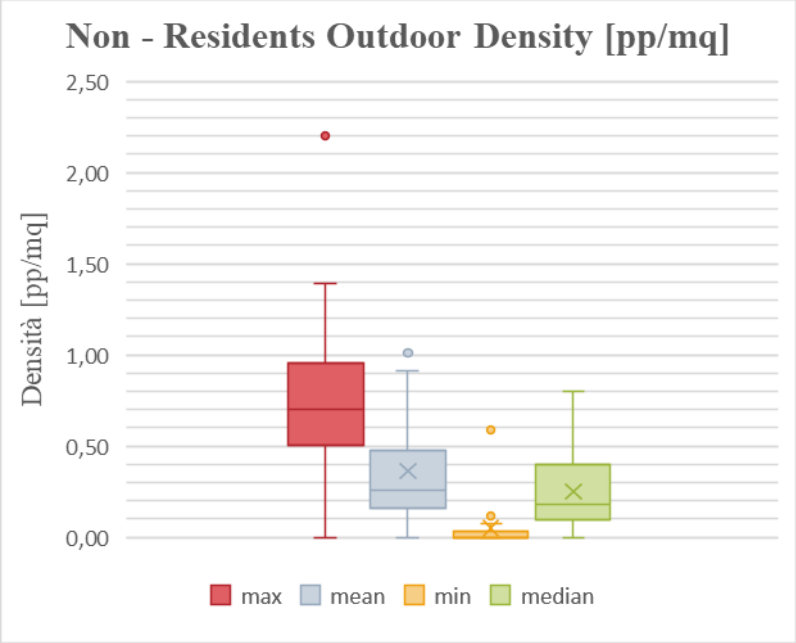


Figura 34. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Non-Residenti (NRd) relativa alle aree outdoor della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

La densità degli utenti non-residenti in relazione alle aree esterne (figura 33), dipende dalle caratteristiche delle attività che si svolgono all'interno degli edifici. La distribuzione massima sovrastima i valori, poiché prende in esame tutte le attività aperte contemporaneamente e a pieno carico. Al contrario, la rappresentazione minima è nulla, quindi, sottostima notevolmente i valori, perché prende in considerazione le ore di chiusura. In questo modo, la distribuzione box plot mediana restituisce i valori critici più attendibili. Infatti, il range va da 0,07 pp/mq (1° quartile), valutato secondo le ore notturne e 0,16 pp/mq (3° quartile), invece riferito alle ore lavorative; mentre il valore mediano è circa 0,10 pp/mq.

Nella figura 34 viene rappresentata la densità degli utenti non-residenti in riferimento alle aree outdoor della piazza e delle vie di accesso ad essa. Il parametro dipende dalle attività presenti; infatti, la distribuzione massima considera le attività aperte a pieno carico, quindi, sovrastima i valori della densità outdoor degli utenti residenti; al contrario l'andamento minimo sottostima i valori, perché si riferisce agli orari di chiusura. Rispetto al grafico rappresentato nella figura 33, gli utenti non-residenti esposti nell'ambiente costruito sono di più, visto il maggior numero di attività presenti. Per questo motivo, effettuando un confronto tra i grafici (figura 33 e 34), in tutte le distribuzioni si possono notare valori relativi ai quartili più elevati.
L'andamento della mediana rappresenta i dati più attendibili, e va da 0,10 pp/mq a 0,40 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile; invece, il 2° quartile (mediana) è pari a 0,18 pp/mq. I valori sono maggiori rispetto all'andamento mediano che considera i non-residenti della sola piazza.

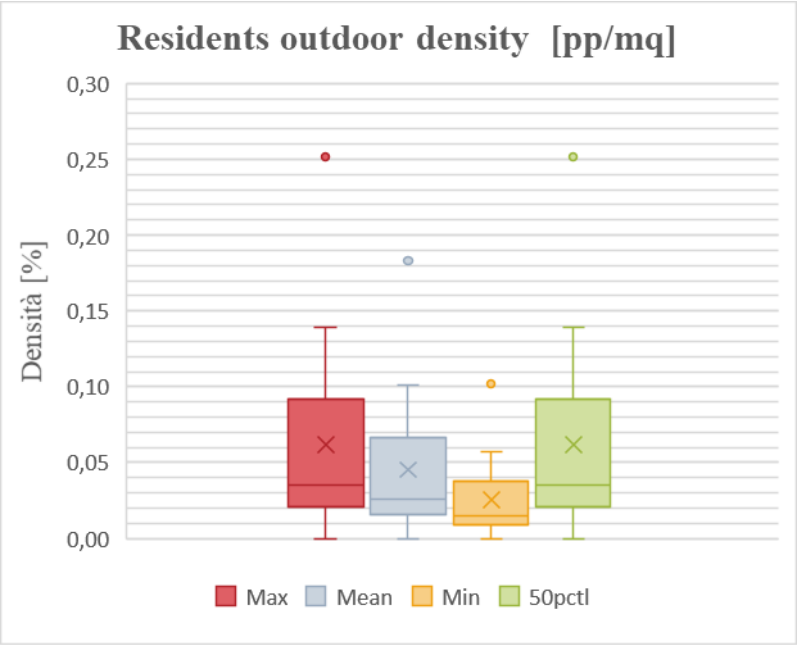


Figura 35. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Residenti (Rd) relativa alle aree outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

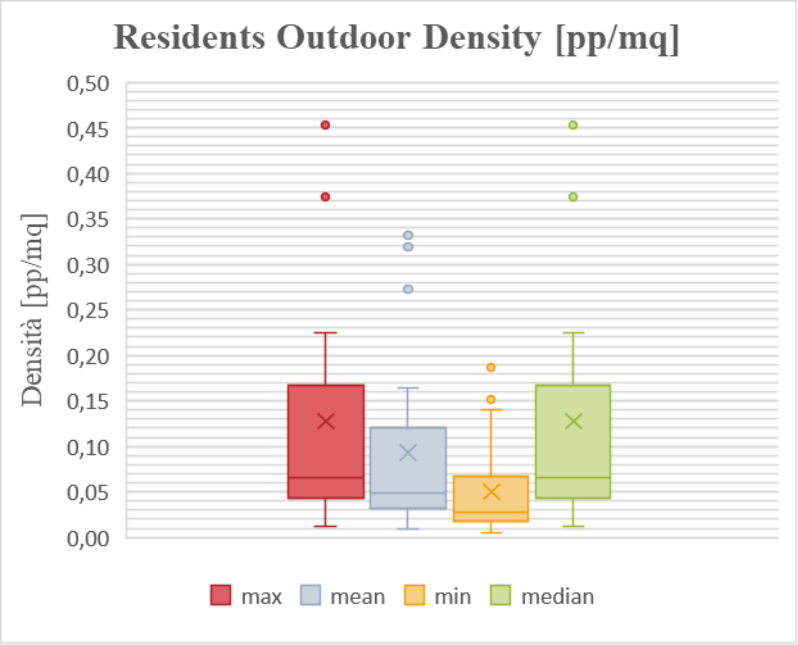


Figura 36. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Residenti (Rd) relativa alle aree outdoor della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Nella figura 35 sono rappresentate le distribuzioni relative alla densità esterna degli utenti residenti. Le persone nel BE vengono considerate costanti nelle varie ore della giornata, proprio per questo motivo gli andamenti massimi e mediani dei valori critici sono uguali e oscillano tra 0,02 pp/mq e 0,09 pp/mq (1° e 3° quartile), mentre il dato mediano è pari a 0,03 pp/mq. La densità maggiore viene presa in considerazione nelle ore non lavorative, quando tutti si trovano nelle abitazioni; invece, i valori minimi corrispondono alle ore lavorative, quando una parte dei residenti (lavoratori) non si trovano negli edifici.
Viene rappresentato un unico valore anomalo ed è relativo al caso di Piazza della Pigna di Roma, infatti il numero di residenti che nelle ore non lavorative si trovano nella abitazioni risulta essere molto elevato rispetto all'area esterna del BE.

Nella figura 36 rispetto al grafico precedente (figura 35) la densità degli utenti residenti riferita all'area della sola piazza, dipende dai soggetti residenti che si trovano negli edifici presenti nella piazza e nelle vie limitrofe ad essa. Il numero di utenti esposti è maggiore; infatti, nonostante l'andamento dei grafici sia il medesimo, i residenti vengono considerati in modo costante durante la giornata, quindi, i valori massimi e i mediani sono uguali, ma con range di valori critici più ampio. La distribuzione mediana ha valori pari a 0,05 pp/mq per il 1° quartile, 0,17 pp/mq per il 3° quartile e 0,07 pp/mq è la densità del dato mediano.
I due valori anomali presenti nella distribuzione massima e mediana corrispondono a Piazza Lancellotti e Piazza della Pigna entrambe di Roma. Il parametro è elevato vista la notevole presenza nelle ore notturne (quando tutti i residenti si trovano nelle abitazioni) di utenti residenti esposti nella piazza.

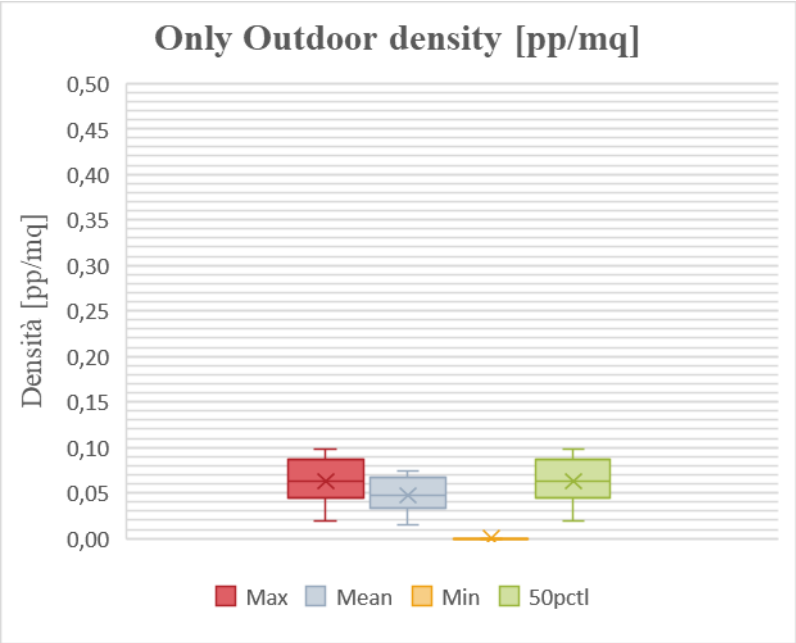


Figura 37. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Only Outdoor (OOd), solo esterni (i passanti), relativa alle aree outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

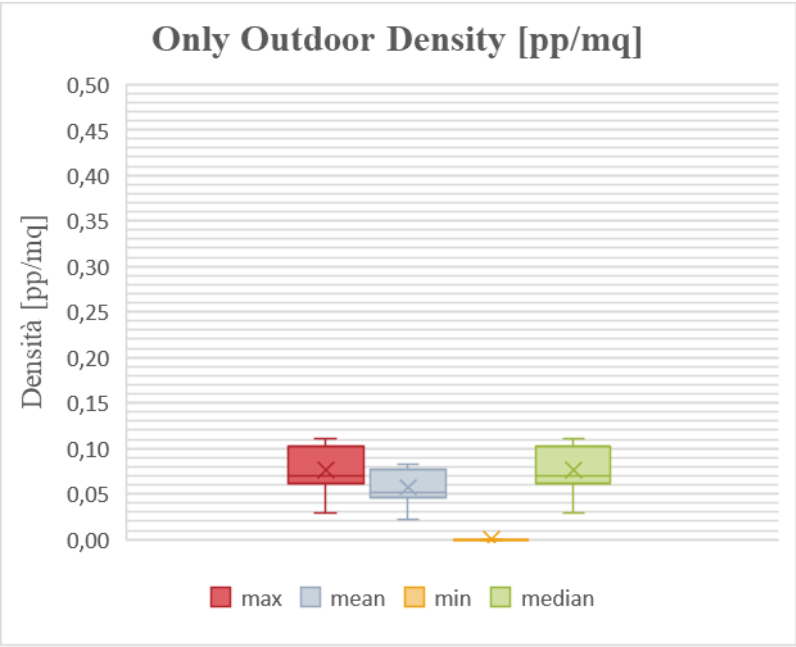


Figura 38. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Only Outdoor (OOd), solo esterni (i passanti), relativa alle aree outdoor della piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Nella figura 37 viene rappresentata la densità degli utenti esterni (i passanti) presenti nella sola area della piazza. Inoltre, come per la categoria precedente, i grafici box-and-whisker plot degli utenti Only Outdoor, vede la distribuzione massima e la mediana coincidere, con valori critici che vanno da 0,04 pp/mq a 0,09 pp/mq (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile è pari a 0,06 pp/mq. Questo, avviene perché gli utenti dalle 7 alle 24 sono in numero costante, invece la distribuzione minima fa riferimento alle restanti ore della giornata, per le quali non vengono considerati i passanti.

Nella figura 38 rispetto al grafico precedente (figura 37) la densità degli utenti esterni (i passanti) riferita all'area pedonale della sola piazza, dipende dai soggetti Only Outdoor che sono esposti negli spazi pedonali sia della piazza che delle vie limitrofe ad essa. Il numero di utenti esposti risulterà essere maggiore; infatti, nonostante l'andamento dei grafici sia il medesimo (i passanti vengono considerati in modo costante dalle 7 ore alle 24 ore), i valori massimi e i mediani sono uguali, ma con valori pari a 0,06 pp/mq per il 1° quartile, 0,10 pp/mq per il 3° quartile e 0,07 pp/mq è la densità del dato mediano.

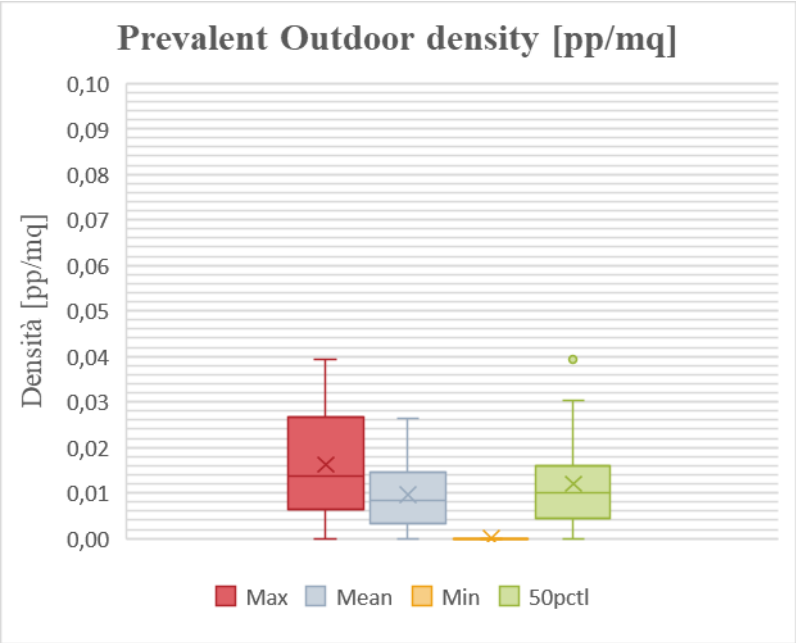


Figura 39. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Prevalent Outdoor (POd), soggetti presenti nei dehors e relativa alle aree outdoor della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

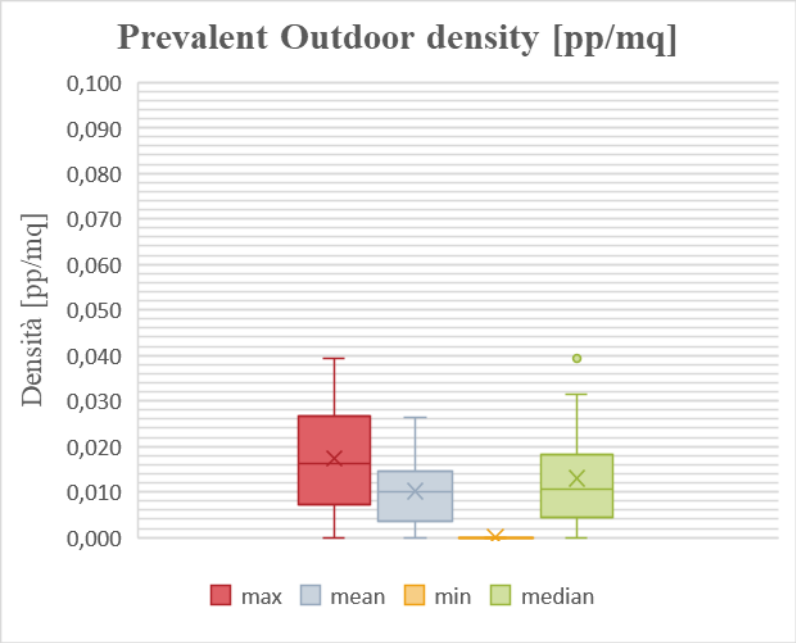


Figura 40. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Prevalent Outdoor (POd), soggetti presenti nei dehors e relativa alle aree outdoor della piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

La densità degli utenti esterni prevalenti dipende dagli orari di apertura [h] e dalle dimensioni [mq] dei dehors. Infatti, nella figura 39 si può notare come la distribuzione massima corrisponda alle ore di apertura e a pieno carico, al contrario l'andamento minimo è nullo, quindi riferito alle ore di chiusura. La distribuzione mediana (poco distante dalla media) ricopre un range di valori che va da 0,005 pp/mq a 0,02 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile; invece, il 2° quartile è pari a 0,01 pp/mq. Nella rappresentazione si può notare un unico valore anomalo pari a 0,04 pp/mq, corrispondente al caso di Piazza Minerva di Siracusa, dove la superficie occupata dai dehors è pari al 10% dell'area outdoor complessiva.

Nella figura 40 viene rappresentato il grafico relativo alla densità degli utenti prevalentemente collocati in esterno. Tale grafico fa riferimento agli utenti esposti negli spazi esterni delle attività di ristoro presenti, oltre che nella piazza, come visto nel grafico precedente (figura 39), anche nelle vie di accesso. Confrontando le due figure si possono notare delle distribuzioni circa uguali; infatti, l'andamento mediano ricopre un range che va da circa 0,005 pp/mq a 0,018 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre il valore mediano è pari a 0,01 pp/mq.
I dehors si concentrano maggiormente nello spazio della piazza, per questo motivo i valori critici sono molto simili.

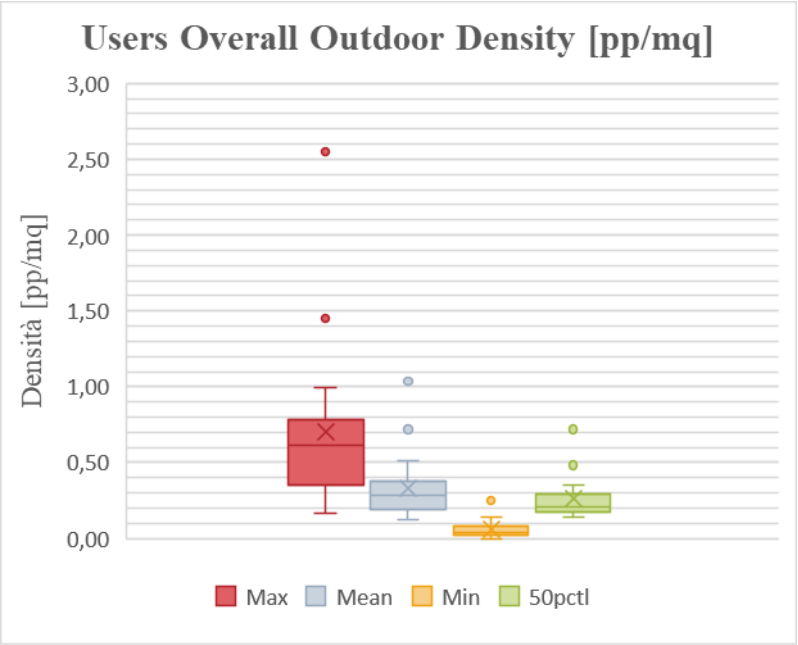


Figura 41. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti esterni complessivi (UOOd) della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

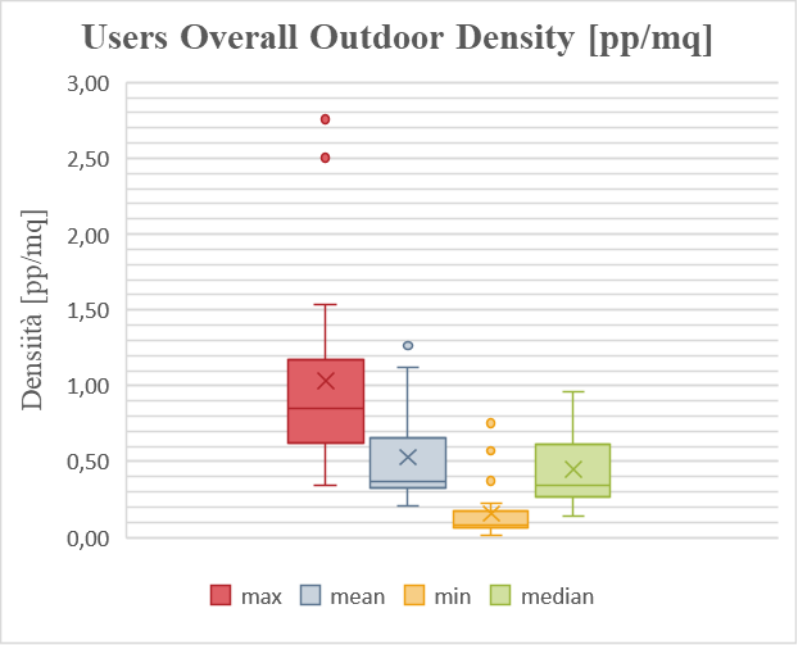


Figura 42. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti esterni complessivi (UOOd) della piazza e delle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

Nella figura 41 viene rappresentata la densità esterna complessiva (UOOd) somma tutte le categorie elencate precedentemente (NRn+Rn+OOn+POn). In questo modo, tutti gli utenti vengono considerati nello spazio esterno del BE. I valori massimi restituiscono un andamento molto sovrastimato, al contrario i valori minimi danno dei valori sottostimati, che fanno riferimento alle ore notturne dove non sono presenti i passanti e la maggior parte delle attività sono chiuse. La distribuzione mediana, come per la maggior parte delle analisi riporta un range di valori pari a 0,18 pp/mq e 0,29 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, invece la mediana è 0,22 pp/mq.
I valori anomali sono influenzati maggiormente dal numero di utenti non-residenti, essendo presenti in quantità più elevate; infatti, sono relativi al caso di Piazza Sordello di Mantova, dove il valore mediano dei non-residenti è pari a 80% degli utenti complessivi esposti nel BE e al caso di Piazza del Comune di Prato, con valore mediano uguale a 83% degli utenti compressivi (Figura 15).

Nella figura 42 viene rappresentato il grafico box-and-whisker plot della densità di tutti gli utenti esposti (NR+R+OO+PO) nell'area della piazza. Inoltre, agli utenti complessivi analizzati nel grafico precedente (figura 41) sono stati aggiunti quelli esposti nelle strade di accesso limitrofe alla piazza, visto che tali soggetti tenderanno a muoversi verso l'area della piazza. Il maggior numero di utenti viene rappresentato dall'andamento delle distribuzioni; infatti, tutti i range dei box plot hanno valori relativi ai quartili maggiori. L'andamento massimo restituisce un dato, come descritto in metodologia per le modalità di ricerca dei dati cautelativo. I valori suddetti, quindi, si riferiscono, nei valori massimi, alla completa distribuzione relativa agli orari di apertura delle attività durante il giorno. Al contrario, la distribuzione dei minimi si riferisce alle ore della notte, quando le attività sono chiuse. Nella figura 42 si possono notare diversi valori anomali tra i dati della distribuzione minima, poiché in diversi casi studio lungo le vie di accesso si trovano hotel con apertura h24. L'andamento mediano ha un intervallo che va da 0,27 pp/mq a 0,62 pp/mq (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile è pari a 0,34 pp/mq.

3.1.4.1 Confronto della densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq] negli scenari giornalieri

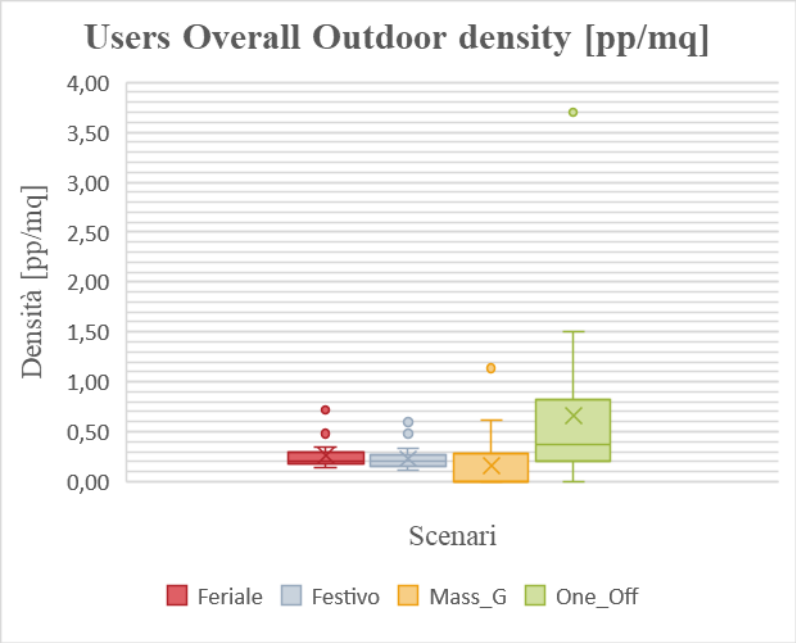


Figura 43. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti esterni complessivi (UOOd) negli scenari giornalieri riferiti della piazza. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani

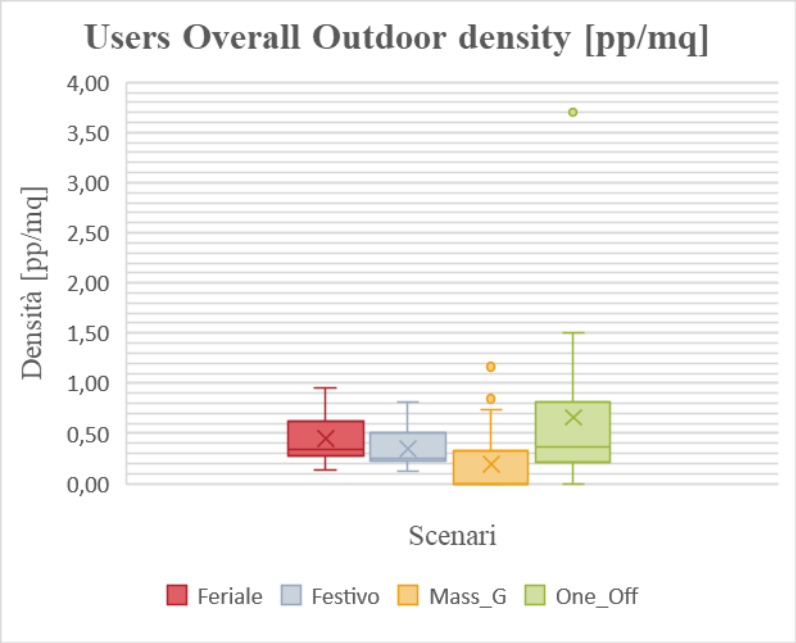


Figura 44. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti esterni complessivi (UOOd) negli scenari giornalieri riferiti della piazza e alle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori mediani

Nella sezione precedente è stato ampiamente descritto il parametro UOOd, oltre ai relativi valori riferiti allo scenario feriale. Tramite la figura 43 si può effettuare un confronto tra la distribuzione mediana feriale e festiva. In quest'ultimo caso, la densità degli utenti riferita all'area outdoor della piazza ha valori che vanno da 0,15 pp/mq a 0,27 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre, il valore mediano è pari a 0,21 pp/mq. Quindi, la densità degli utenti complessivi nei giorni festivi ha un andamento simile all'affollamento previsto nei giorni feriali, ma con valori leggermente inferiori a causa della chiusura delle attività commerciali e uffici chiusi.

La densità degli utenti complessivi durante le ore di svolgimento dell'evento di aggregazione di massa, indipendentemente dalla ricorrenza, dipende dal numero di utenti prevalente, poiché sono presenti in numero maggiore rispetto agli altri. La distribuzione mediana relativa allo scenario mass-gatherings ha valori che vanno da 0 pp/mq a 0,28 pp/mq (1° e 3° quartile), con valore mediano pari a 0 pp/mq. Il valore anomalo, pari a 1,14 pp/mq, è riferito al caso di Piazza Sordello di Mantova, dove la presenza del mercato settimanale va ad aggravare l'affollamento della piazza.

La distribuzione relativa agli eventi una tantum ha un andamento che va da 0,21 pp/mq a 0,82 pp/mq (1° e 3° quartile), con un valore mediano pari a 0,37 pp/mq. Il valore anomalo rappresenta il caso di Piazza del Popolo di Fermo ed è pari a 3,70 pp/mq; infatti, lo svolgimento dell'evento avviene dalle ore 10 alle ore 24 e occupa tutto lo spazio pedonale della piazza. Per questo motivo, gli utenti prevalenti nella fascia oraria citata incidono fortemente sulla densità degli utenti complessivi.

La figura 44 confronta la densità degli utenti complessivi, inclusi quelli proveniente dalle vie di accesso, ma esposti negli spazi outdoor della piazza in relazione ai vari scenari giornalieri.

La distribuzione mediana dei massa-gatherings e degli one-off events rimane circa uguale a quella descritta nel grafico in figura 43; mentre, gli scenari feriali e festivi subiscono degli incrementi. L'andamento festivo va da 0,22 pp/mq a 0,50 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il valore mediano è pari a 0,26 pp/mq. I valori dei quartili sono maggiori, poiché in diversi casi studio il numero di utenti proveniente dalle vie di accesso dipendono dalla presenza di hotel, aperti anche nei giorni festivi h24.

3.1.5 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/mq]

In entrambe le categorie rappresentate nei grafici, i valori sono determinati dal rapporto tra il numero di utenti e l'area del costruito accessibile [mq].

L'andamento delle varie distribuzioni (massimi, medi, minimi e mediana) è simile ai valori analizzati nella sezione precedente.

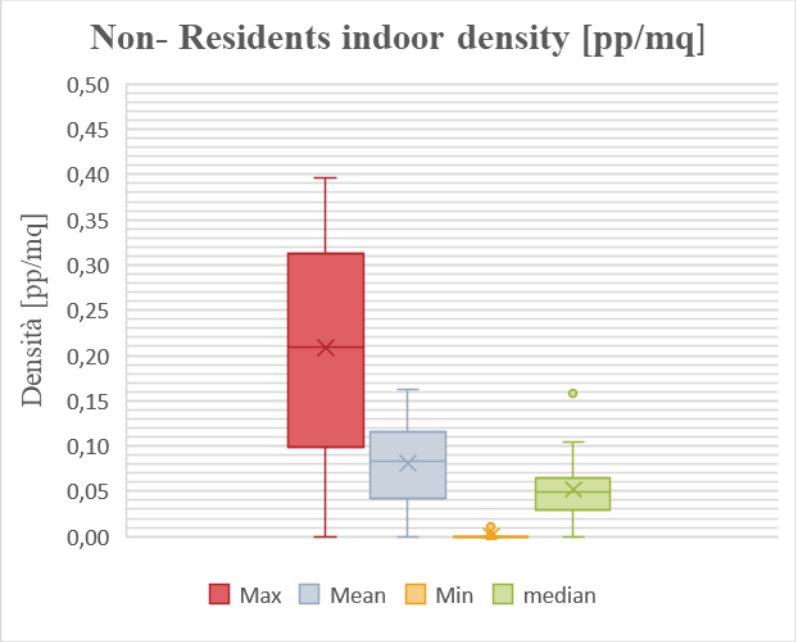


Figura 45. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti non-residenti (NRId), riferita alle aree interne.

Nella figura 45 l'andamento della mediana è quello più attendibile, infatti, i valori critici vanno da 0,03 a 0,06 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, con valore mediano (2°quartile) pari a 0,05 pp/mq. Anche in questo caso, il valore anomalo rappresenta Piazza Sordello di Mantova, perché il numero di non-residenti è molto elevato, a causa delle attività museali situate nel BE. Invece, nella figura 46 sono visibili le distribuzioni relative alla densità dei Residenti, definiti in numero costante durante il giorno, per questo motivo l'andamento massimo e quello mediano sono uguali e con valori critici che vanno da 0,01 a 0,03 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre 0,02 pp/mq è il valore del 2° quartile (mediana).

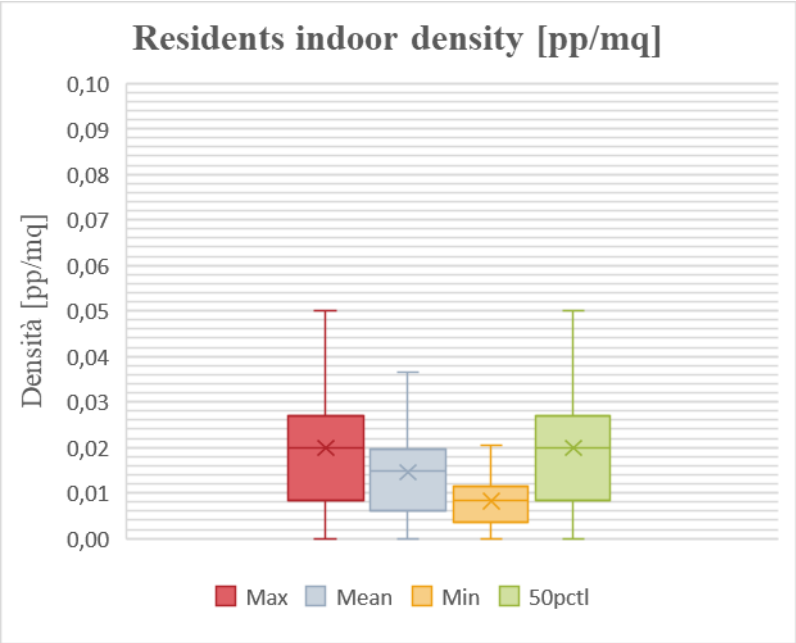


Figura 46. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti residenti (Rid), riferita alle aree interne.

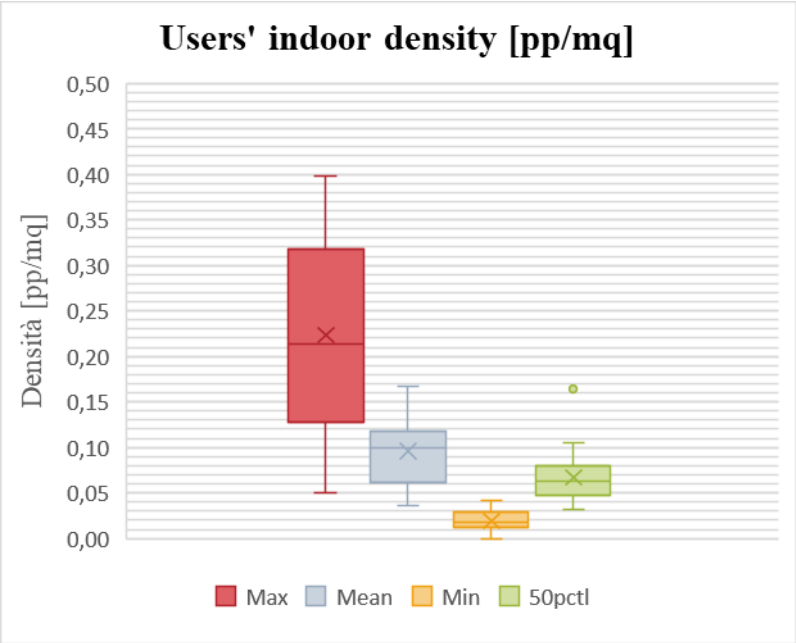


Figura 47. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti interni complessivi (UId). Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

La densità interna (figura 47) viene determinata sommando gli utenti Non-Residenti (NRn) con i Residenti (Rn), quindi, dipende principalmente dagli orari di lavoro e dalle dimensioni interne degli edifici. La distribuzione massima si riferisce alle ore in cui sono aperti al pubblico anche gli uffici governativi, questo avviene soprattutto tra le 10 e le 12 del mattino. Il valore critico

massimo (3° quartile) si aggira intorno a 0,30 pp/mq. Al contrario, la distribuzione minima sottostima i valori, visto che fa riferimento alle ore notturne, quando le attività sono chiuse e gli unici utenti presenti sono i residenti.

La rappresentazione mediana riesce a descrivere in modo migliore la variazione degli utenti durante la giornata, perché i valori critici rappresentati si riferiscono ad orari dove non tutte le attività sono aperte (in particolare uffici governativi), e allo stesso tempo i residenti si trovano nelle loro abitazioni, in questo modo non avviene un'eccessiva sovrastima del parametro. Il range di valori critici va da 0,05 pp/mq a 0,08 pp/mq (1° e 3° quartile), invece 0,06 pp/mq è il dato mediano (2° quartile).

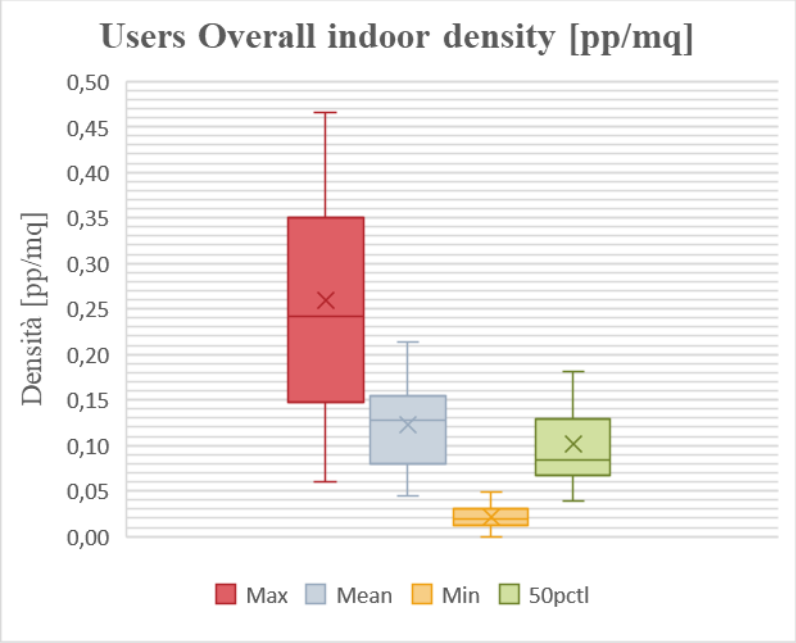


Figura 48. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOId), riferita all'area del costruito accessibile. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

La densità degli utenti complessivi (UOId) è data dal rapporto tra la somma di tutti gli utenti (NRn+Rn+OOn+POn) e l'area totale del costruito accessibile. Tale dato viene definito, poiché in caso di attacchi terroristici all'esterno o emergenze di tipo SLOD, i soggetti presenti nel BE potrebbero cercare rifugio all'interno degli edifici. Al contrario della densità esterna (UOOd), la quale indica gli utenti che evacuano, quindi, che si riversano nelle aree aperte.

Nella figura 48 sono rappresentate le distribuzioni box-and-whisker plot del parametro UOId. La distribuzione massima, come visto nel grafico precedente (figura 47), illustra valori che dipendo maggiormente dagli utenti non-residenti, riferendosi alle ore di lavoro degli uffici governativi; invece, la distribuzione minima rappresenta la densità interna nelle ore notturne,

quando le attività commerciali sono chiuse e gli utenti esterni non sono presenti. Date queste premesse, l'andamento mediano può descrivere in modo migliore i valori critici della densità degli utenti totali riferita alle aree esterne; inoltre, il range varia tra 0,07 pp/mq e 0,13 pp/mq (1° e 3° quartile), mentre il 2° quartile è pari a 0,08 pp/mq. I valori della densità degli utenti complessivi sono leggermente più alti rispetto quelli analizzati nella Figura 33, vista la presenza dei soggetti esterni, passanti e gli utenti nei dehors.

3.1.6 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

Nella figura 49 sono rappresentati i valori relativi al rapporto tra gli utenti interni ed esterni (UIOr) esposti nel BE. Nella distribuzione massima il valore del 3° quartile arriva è di circa 28, influenzato molto dalla notevole quantità di utenti non-residenti; invece, il range della minima oscilla intorno ad 1, ciò sta a significare che la presenza di utenti interni ed esterni è la medesima. I valori confermano le analisi precedenti sui parametri di densità, mettendo in evidenza come gli utenti esterni (OOn e POn) siano in numero minore rispetto agli interni (NRn e Rn), soprattutto in riferimento alla categoria di non-residenti. L'andamento della mediana, anche in questo caso poco distante dalla media, va da un valore di circa 2 fino a circa 7, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre il 2° quartile è circa 3,5.

Lo spazio totale di ogni caso studio, oltre all'area della piazza, include le strade di accesso ad essa; per questo motivo nella figura 50 sono rappresentate le distribuzioni relative al rapporto tra utenti interni ed esterne complessivi.
La distribuzione massima è influenzata maggiormente dagli utenti non-residenti, sovrastima l'esposizione degli utenti; mentre, la distribuzione minima si riferisce alle ore del giorno dove il numero di utenti interni (NR e R) è circa uguale al numero di utenti esterni (OO e PO), valori sottostimati. Da tali premesse, la distribuzione mediana restituisce una stima dei dati più attendibile; è simile alla media e copre un range che va da circa 4 a 11, rispettivamente 1° e 3° quartile e il dato mediano (2° quartile) è pari a circa 5. Questi valori confermano nuovamente, che gli utenti interni sono in numero maggiore rispetto agli utenti esterni.

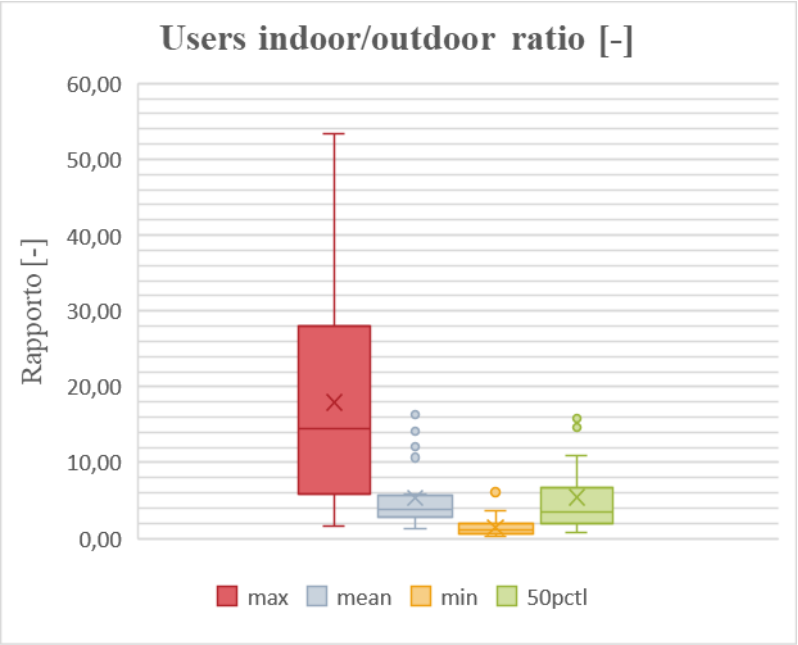


Figura 49. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra il numero di utenti interni ed esterni. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

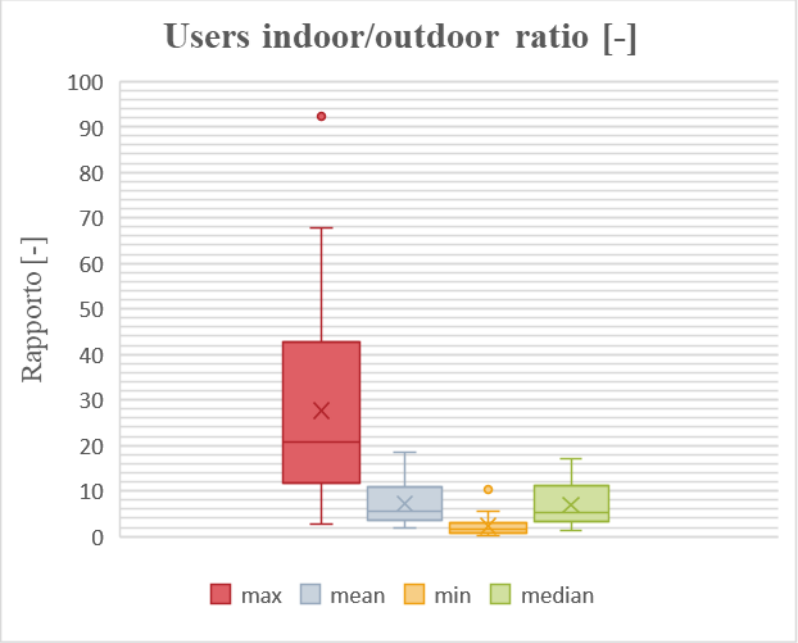


Figura 50. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra il numero di utenti interni ed esterni presenti nella piazza e nelle strade di accesso. Tracciamento della distribuzione dei valori massimi, medi, minimi e mediani della giornata.

3.2 Descrittori TDC:

3.2.1 Percentuale di utenti che tengono conto della familiarità con i luoghi e con le procedure di emergenza [%]

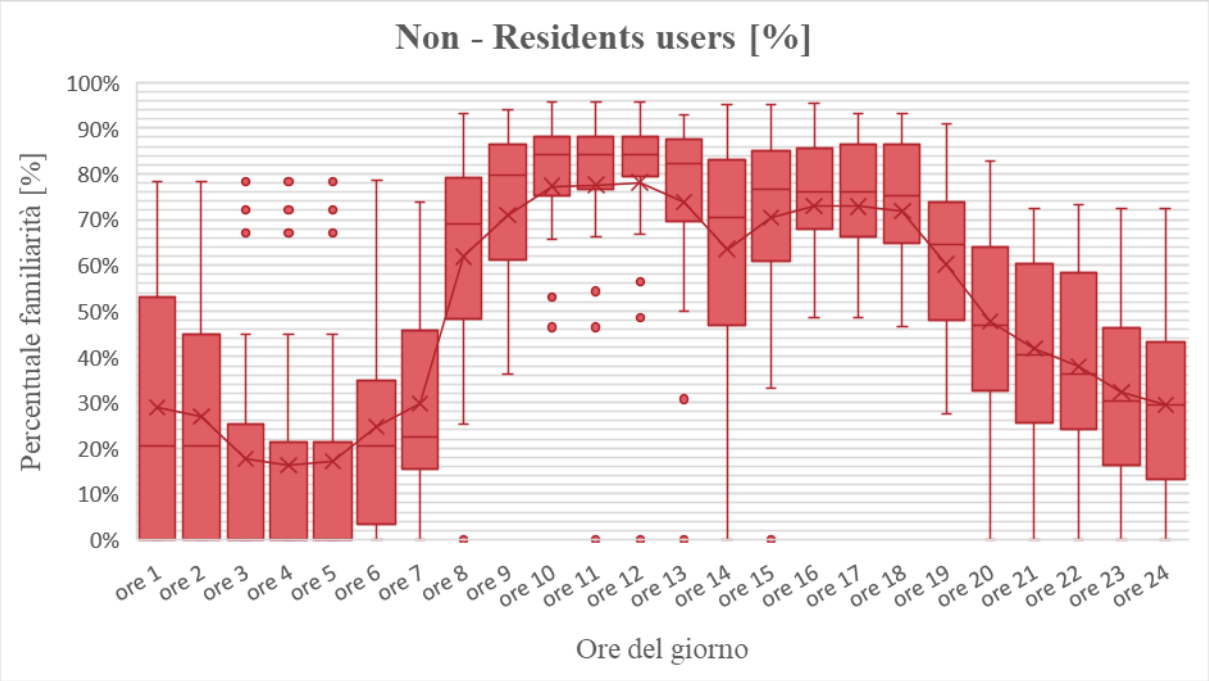


Figura 51. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

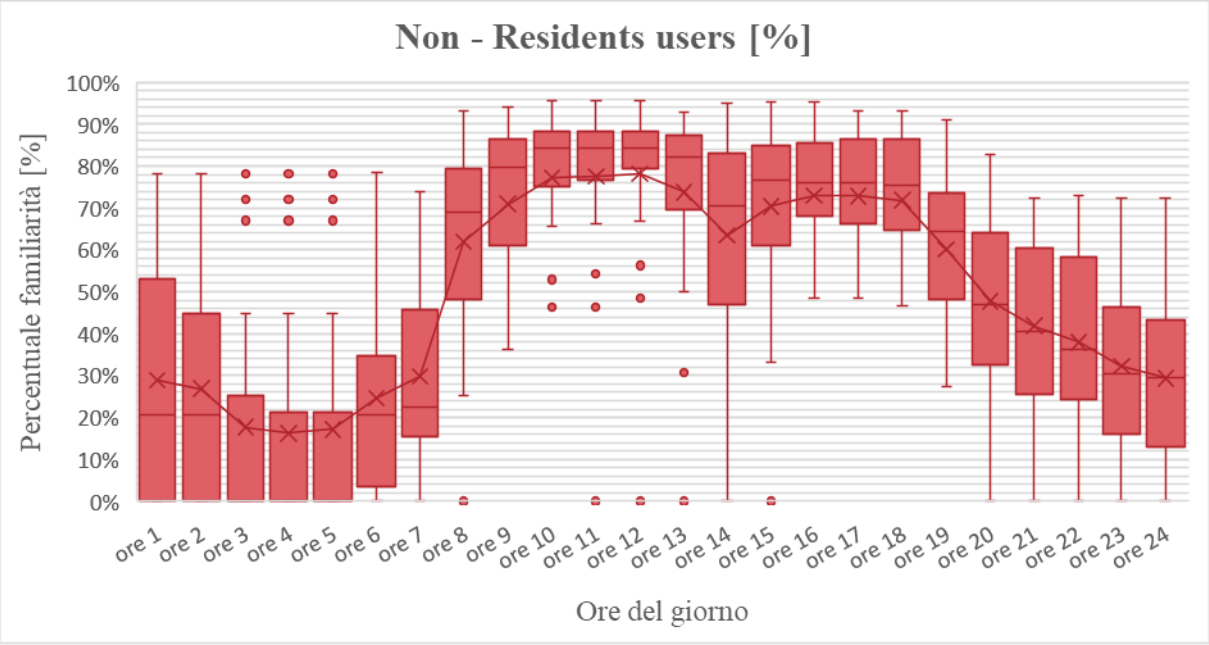


Figura 52. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Il grafico (figura 51) conferma i precedenti risultati generali. Infatti, la percentuale di utenti non-residenti arriva a valori massimi nelle ore lavorative del giorno (dalle 8 alle 19), superando il 50% degli utenti. I picchi più alti si raggiungono dalle ore 10 alle 12, orario di apertura al pubblico degli uffici. Al contrario, nelle ore notturne, quando le attività commerciali e gli uffici chiudono, la percentuale di utenti non residenti scende sotto il 50%, fino ad arrivare intorno al 5% dalle 3 alle 5 del mattino. I valori anomali che si registrano durante le ore notturne, si riferiscono alla presenza di hotel e ristoranti.
Inoltre, Piazza Lancellotti di Roma risulta essere un caso anomalo rispetto a tutto il campione, vista la totale assenza di uffici, attività commerciali e strutture ricettive. Per tale motivo, la presenza di non-residenti è nulla.

All'area della piazza sono stati aggiunti gli spazi delle strade di accesso, quindi, tutti gli edifici che si affacciano sulle vie. Per questo motivo, gli utenti non-residenti esposti sono in numero maggiore. Allora, confrontando i grafici illustrati nella figura 51 e 52, si può notare un andamento delle distribuzioni molto simili; infatti, i valori massimi raggiungono picchi che superano il 50% durante le ore lavorative e si abbassano dalle ore 19, quando le attività commerciali chiudono.
Una notevole differenza tra i grafici avviene dalle ore 3 alle 5, poiché in diversi casi (Mantova, Siracusa, Ravenna, Milano e Crotone) nelle vie di accesso alla piazza considerate ci sono hotel con orari di apertura h24.

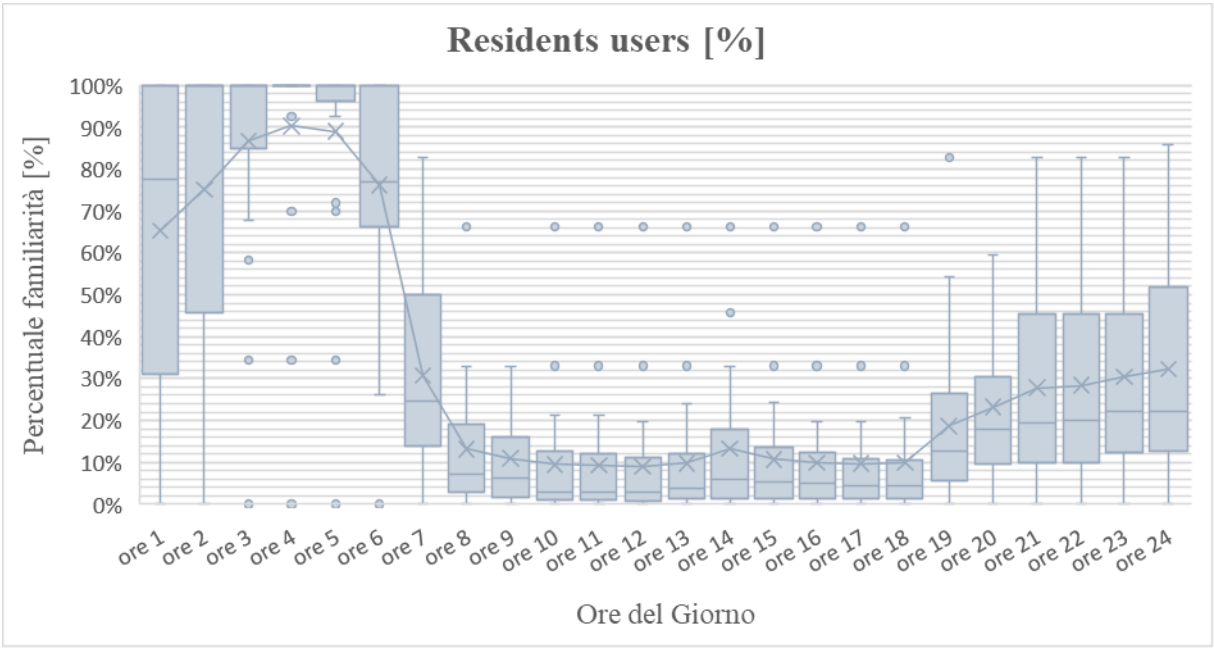


Figura 53. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

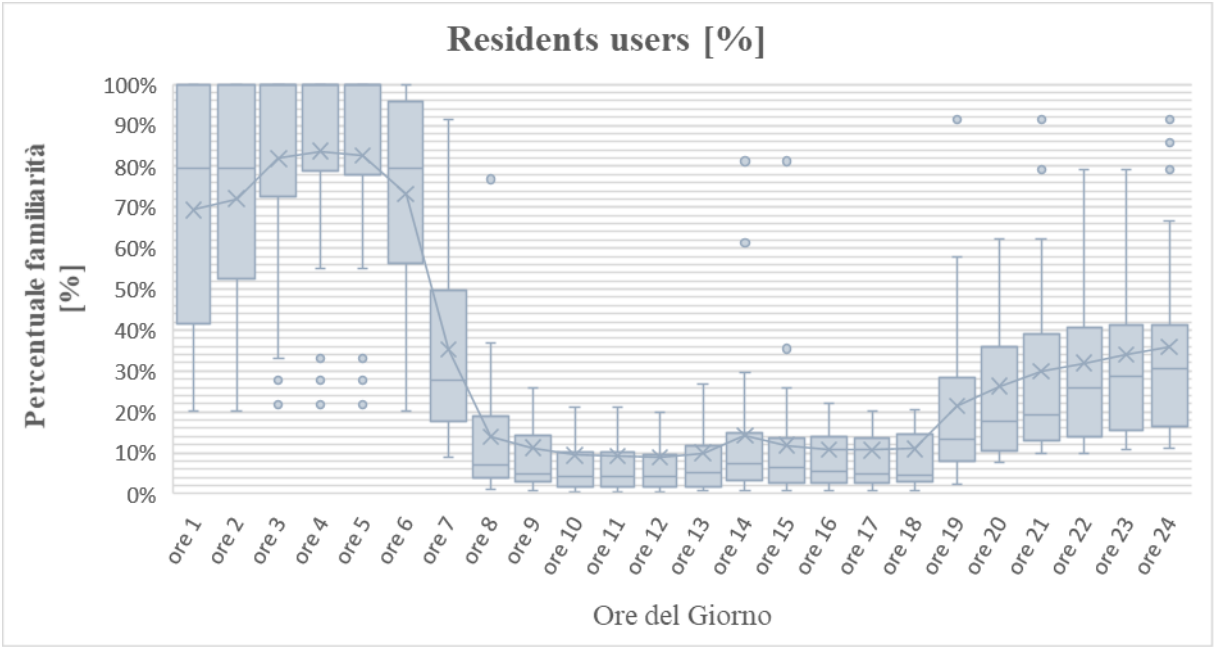


Figura 54. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 53 si può notare, come durante le ore lavorative (dalle 8 alle 18) la presenza di utenti residenti sia minima, si aggira intorno al 10%. Con la chiusura di uffici e attività, durante le ore serali, il dato sale gradualmente fino a raggiungere un valore massimo che supera il 50% e arriva al 100% degli utenti dalle 3 alle 5 del mattino. Questo, perché la notte nel numero totale di utenti non sono presenti gli Only Outdoor e gli utenti non-residenti, vista la chiusura delle attività.
Anche per i residenti ci sono dei valori anomali rispetto al campione generale. Nel caso di Reggio Emilia non ci sono utenti residenti nel BE, quindi, tale dato è nullo in ogni ora della giornata. Invece, nel caso di Piazza Lancellotti di Roma, la percentuale di residenti è molto alta in ogni ora del giorno, vista la totale assenza di attività commerciali e uffici; infatti, già nelle ore lavorative raggiunge il 66% degli utenti.

Come specificato precedentemente per gli utenti non-residenti, ai soggetti presenti nella piazza vengono aggiunti quelli che si trovano negli spazi delle vie di accesso limitrofe alla piazza. Effettuando un confronto tra il grafico nella figura 53 e quello illustrato nella figura 54 si può notare come l'andamento dei residenti esposti nell'area è il medesimo, infatti, dalle ore 8 alle ore 18 la percentuale di utenti è minima essendo presenti in minor numero; invece, dalle ore 19 alle 7 del mattino i residenti vengono considerati in modo costante e tutti presenti nelle proprie abitazioni, quindi, le percentuali variano in relazione alle altre categorie di utenti, specialmente in funzione dei non-residenti. Per questo, dalle 19 alle 24 i valori massimi arrivano intono al 40% degli utenti residenti, dato inferiore rispetto al grafico precedente (figura 53); lo stesso avviene nelle ore notturne (soprattutto dalle 3 alle 5 del mattino). I range dei valori sono più ampi rispetto a quelli nel grafico nella figura 19, superano il 70% fino ad un massimo di 100%, a causa della presenza di varie attività aperte anche durante la notte.

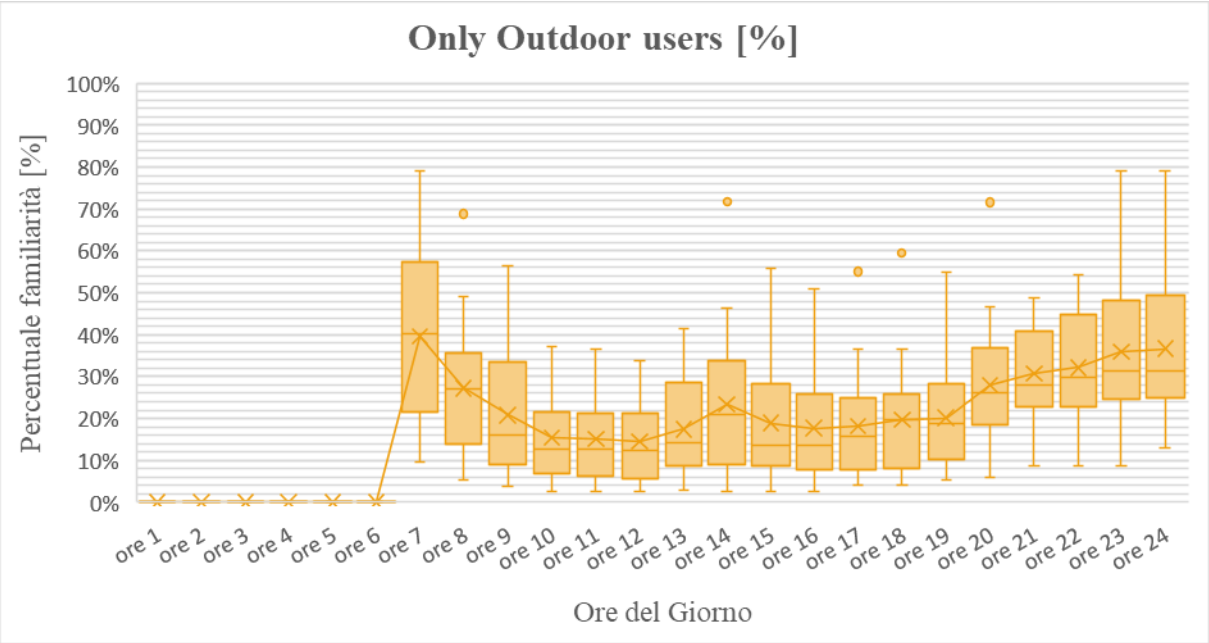


Figura 55. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

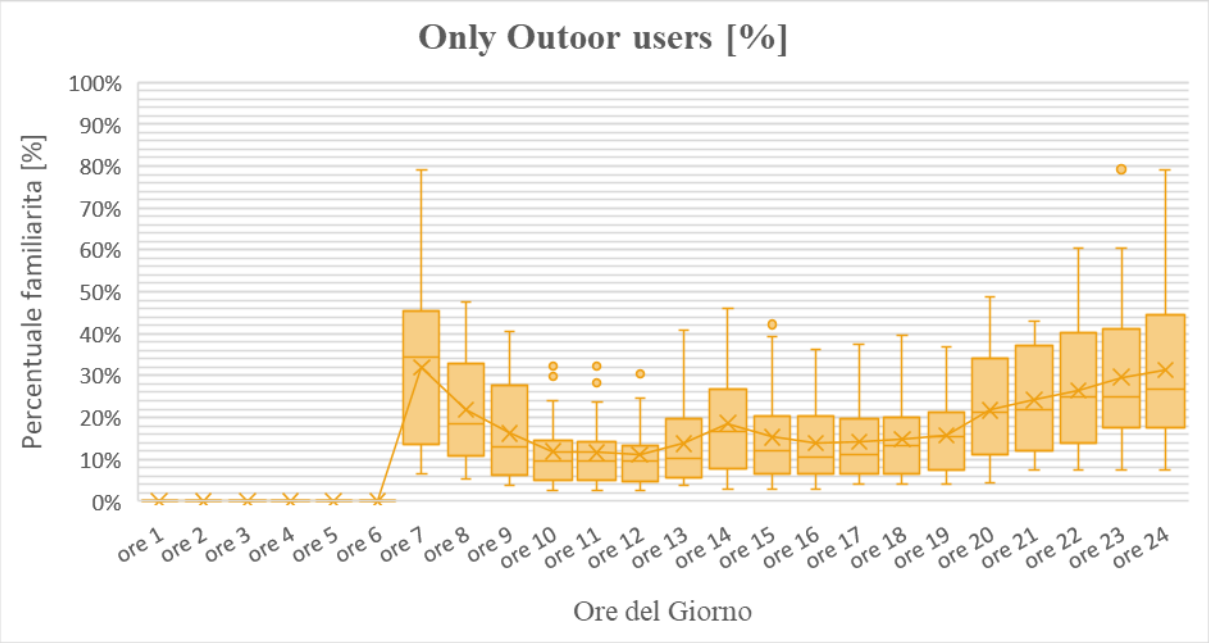


Figura 56. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Gli Only Outdoor (i passanti), dalle 7 alle 24 vengono considerati in numero costante, per questo motivo la percentuale di utenti varia a seconda del quantitativo di utenti presenti nelle altre categorie; infatti, si possono notare valori molto bassi durante le ore di lavoro (dalle 8 alle 18), quando la presenza di utenti non-residenti è molto elevata. I dati vanno da valori massimi che arrivano al 40% di passanti a 10%, nelle ore di apertura al pubblico degli uffici. Invece, nelle restanti ore del giorno (dall'1 alle 6) il numero di utenti esterni è nullo, non ci sono passanti nel BE. L'andamento delle percentuali è ben rappresentato nella figura 55.
La figura 56 rappresenta la percentuale di Only Outdoor presenti sia nell'area pedonale della piazza che in quella delle vie di accesso ad essa, il numero di passanti è maggiore, ma con esso anche il numero di utenti appartenenti alle altre categorie, soprattutto dei non-residenti. Quindi, confrontando i due grafici, si può notare un andamento delle distribuzioni molto simile.

Nella figura 57 viene rappresentato l'andamento giornaliero degli utenti presenti nei dehors di bar e ristoranti. La percentuale di soggetti esposti dipende dagli orari di aperture delle attività e dalla loro dimensione. Nelle ore notturne (dalle 3 alle 5) la percentuale di utenti prevalenti è nulla, poiché le attività sono chiuse. Durante la maggior parte delle ore della giornata la percentuale di utenti Prevalent Outdoor è compresa tra 0% e 5%, poiché non tutte le attività di ristoro sono aperte; mentre gli orari di apertura più comuni sono tra le 20 e le 24, infatti, gli utenti nei dehors aumentano fino ad arrivare a valori massimi che si aggirano intorno al 10%. Inoltre, i valori anomali possono dipendere anche dalle dimensioni più elevate di alcuni dehors, o dall'elevato numero di attività con dehors.
Nella figura 58 la percentuale di utenti prevalenti rappresentata dipende anche dai dehors presenti nelle vie di accesso alla piazza, oltre a quelli già considerati nella sola area della piazza. Confrontando i due grafici, la percentuale di utenti prevalenti riferita a tutto il BE, quindi, incluse le strade è leggermente inferiore alla percentuale di utenti prevalenti riferiti alla sola piazza, questo perché nelle vie di accesso aggiunte all'area della piazza, lo spazio occupato dai dehors, dove presente, si aggira intorno al 2% della superficie outdoor delle strade (figura 95). In conclusione, il numero di utenti appartenenti alla categoria prevalent outdoor ha un relativo aumento rispetto agli utenti complessivi.

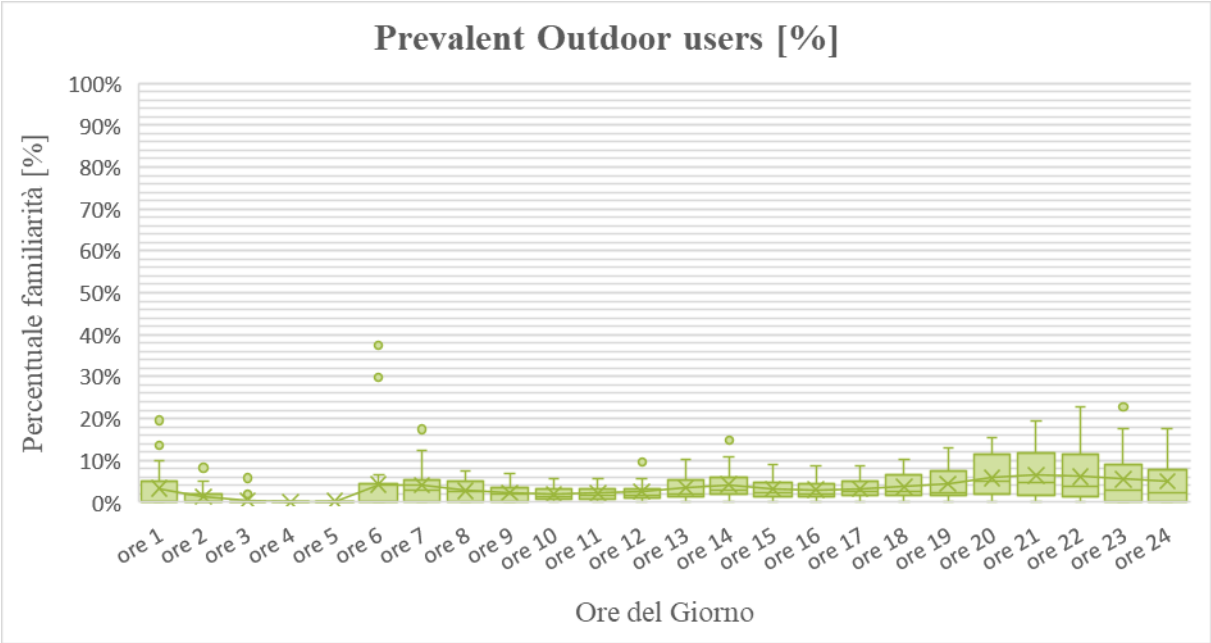


Figura 57. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

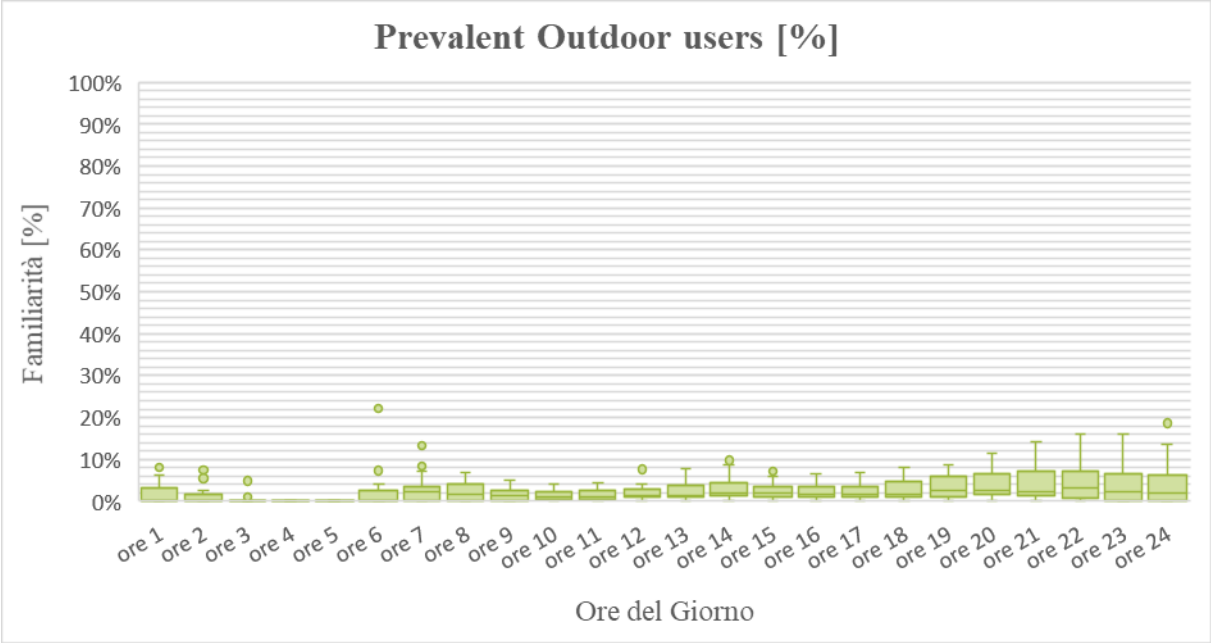


Figura 58. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

3.2.2 Densità degli utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/mq]

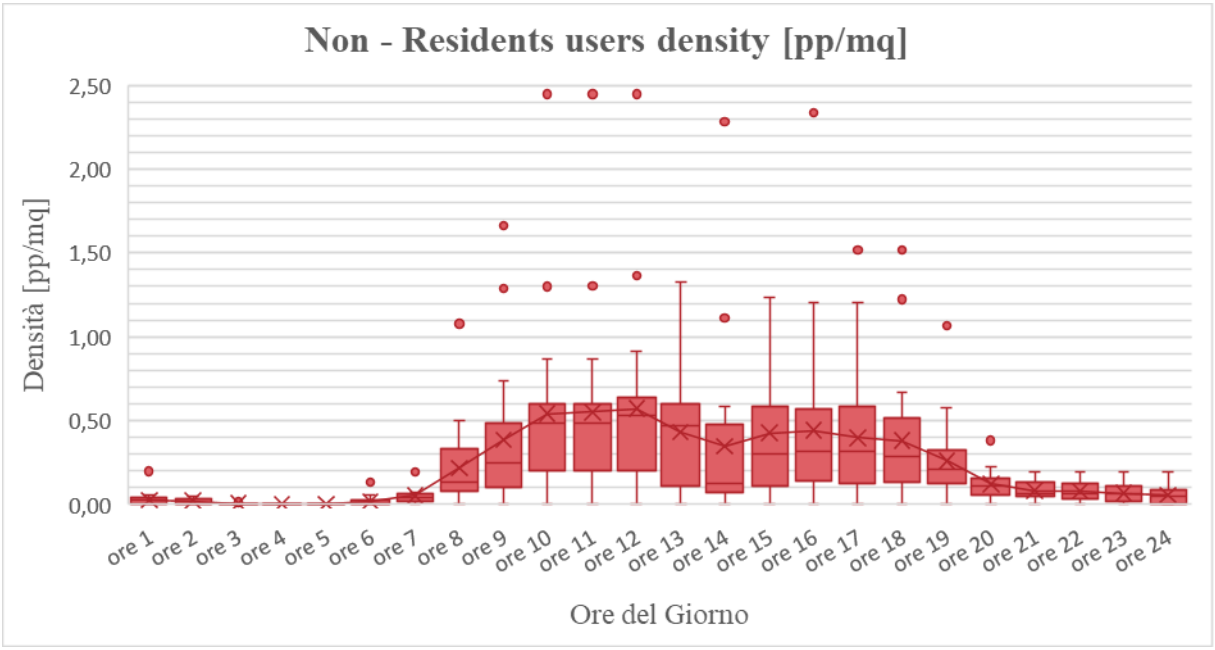


Figura 59. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Non-Residenti (NRd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

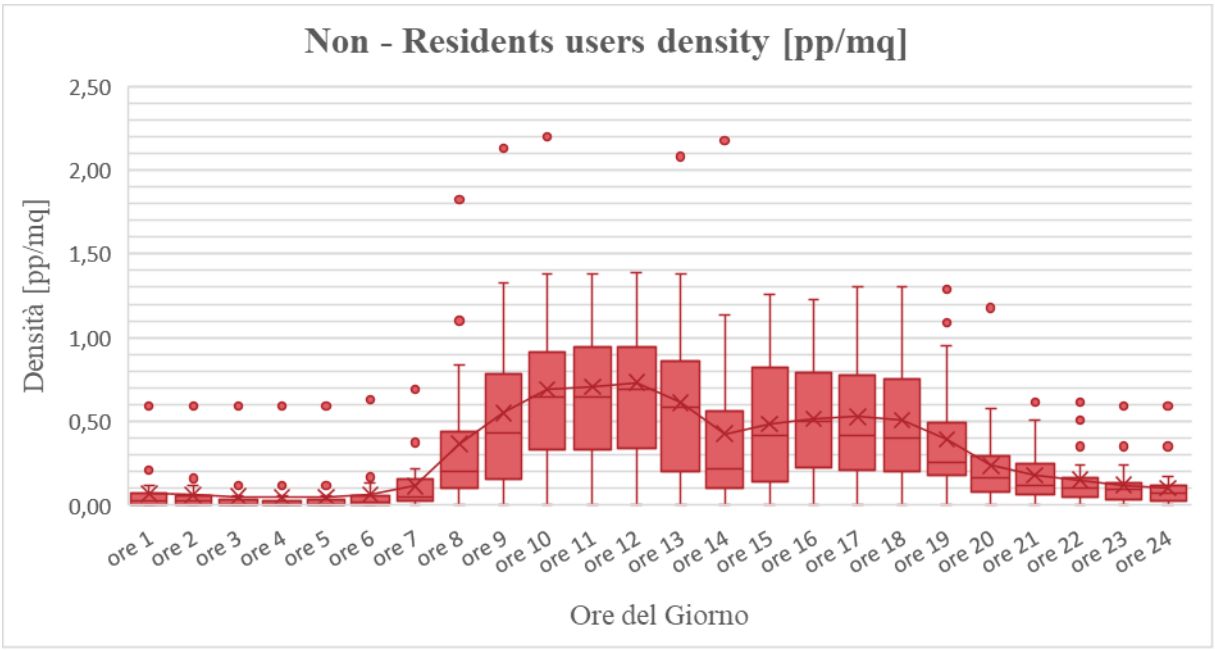


Figura 60. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Non-Residenti (NRd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

La densità degli utenti Non-Residenti (figura 59) nelle ore lavorative (dalle 8 alle 18) va da un valore mediano di circa 0,15 pp/mq fino a circa 0,60 pp/mq, a causa degli orari di apertura degli uffici pubblici; infatti, dalle 10 alle 12 la densità aumenta maggiormente. Progressivamente i valori diminuiscono, fino ad arrivare nelle ore serali ad una densità inferiore a 0,10 pp/mq, vista la chiusura di molte attività commerciali. La densità si annulla completamente dalle 3 alle 5 del mattino.
Dal grafico illustrato nella figura 45, i valori anomali pari a 2,45 pp/mq sono riferiti a Piazza del Comune di Prato e si concentrano durante gli orari di apertura al pubblico degli uffici comunali. Il palazzo comunale ha una superficie pari a 4220 mq; infatti, occupa il 43% della superficie del costruito accessibile, per questo il numero di utenti esposti nell'area della piazza, che al contrario ha dimensioni contenute, fa sì che la densità di tali utenti sia elevata rispetto all'andamento del campione.

Nella figura 60 viene rappresentato l'andamento orario della densità degli utenti non-residenti presenti nella piazza e nelle vie di accesso ad essa, relativa all'area della sola piazza presa in esame per ogni caso. Quindi, confrontando i grafici (figura 59 e 60), si può notare una distribuzione giornaliera con range di valori leggermente più elevati, poiché gli utenti esposti sono in numero maggiore, ma l'area considera è la stessa. Infatti, durante le ore lavorative i valori critici coprono un range che va da 0,30 pp/mq a 0,90 pp/mq circa; per poi diminuisce progressivamente durante le ore serali. Rispetto al grafico precedente (figura 59) la densità non si annulla durante la notte, vista la presenza di hotel nelle vie di alcuni casi analizzati.

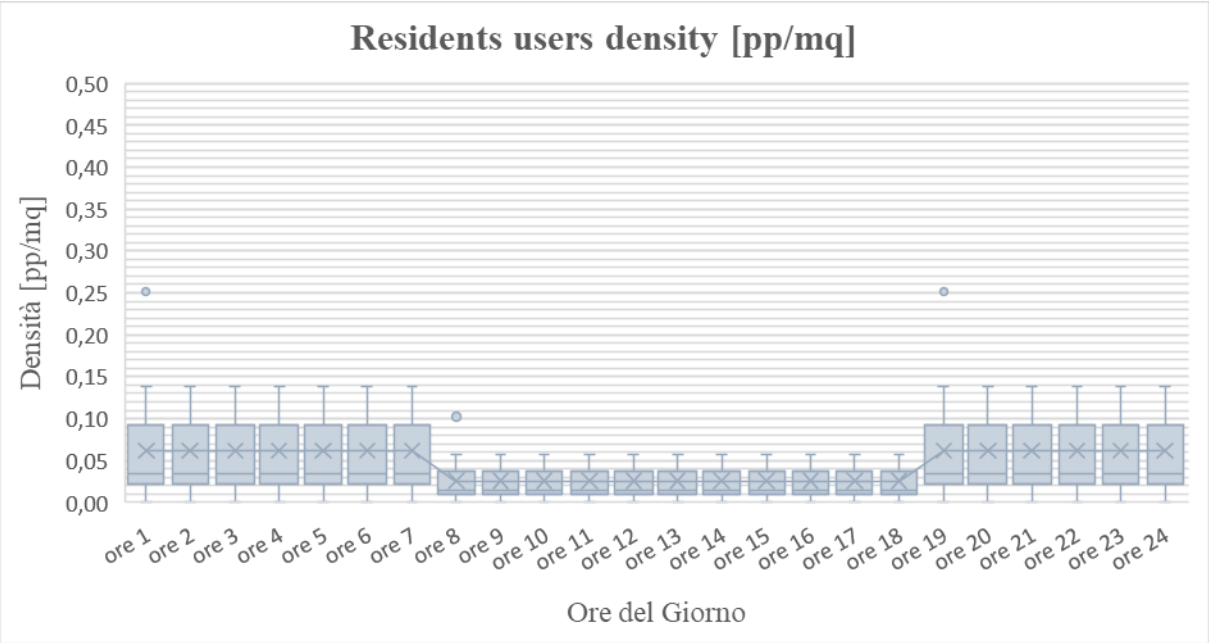


Figura 61. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Residenti (Rd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

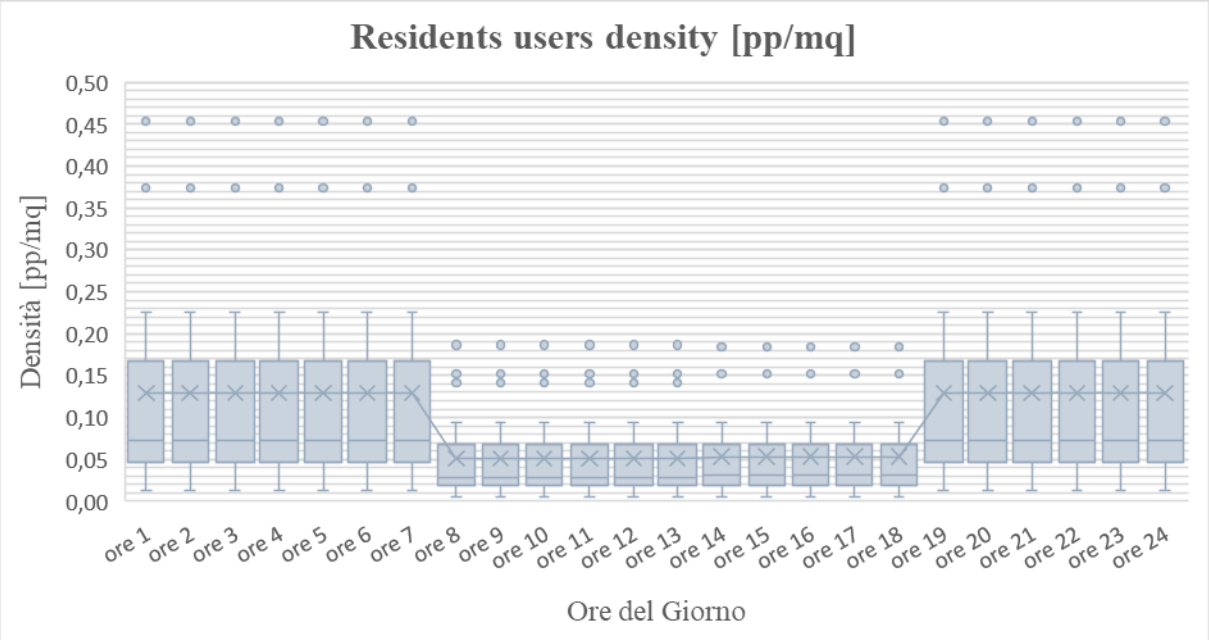


Figura 62. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Residenti (Rd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Al contrario dei Non-Residenti, la densità esterna degli utenti Residenti (figura 61) dipende esclusivamente dall'abitato e dalla dimensione della piazza. Dalle 19 alle 7, la densità è costante e i valori critici variano da 0,02 pp/mq a 0,09 pp/mq, visto che tutti gli utenti si trovano nelle proprie abitazioni. Tali valori diminuiscono durante le ore lavorative (8-18) a 0,01-0,04 pp/mq, visto che una percentuale di utenti Residenti non viene considerata all'interno delle proprie abitazioni per motivi lavorativi.
La densità esterna riferita agli utenti residenti dipende dal rapporto tra il numero di tali utenti e l'area della piazza; infatti, nel caso di Piazza della Pigna di Roma il numero delle persone residenti esposte è elevato rispetto alle modeste dimensioni della piazza. Per questo dal rapporto risulta un valore anomalo della densità pari a 0,10 pp/mq durante le ore lavorative e dalle 19 alle 7 il dato aumenta arrivando a 0,25 pp/mq.

Per ogni BE in esame il numero di utenti esposti nell'area della piazza comprende anche i soggetti presenti nelle vie di accesso limitrofe (figura 62); per questo motivo gli utenti esposti sono aumentati, ma la dimensione dello spazio della piazza è rimasto lo stesso, quindi, la densità esterna riferita agli utenti residenti illustrata nel grafico nella figura 48 ricopre range di valori maggiori, rispetto a quelli commentati nella figura 61.
Dalle 19 alle 7 i valori critici vanno da 0,05 pp/mq a 0,017 pp/mq; invece, durante le ore lavorative gli utenti diminuiscono ricoprendo un intervallo che va da 0,02 pp/mq a 0,07 pp/mq. I valori anomali (rispetto alla figura 61) sono aumentati; poiché, l'inclusione dei soggetti presenti nelle vie di accesso alla piazza per il caso di Piazza Lancellotti e di Piazza Fratelli Bandiera ha causato un aumento notevole dei residenti esposti nella piazza.

Come descritto in metodologia gli utenti Only Outdoor sono i passanti presenti nelle aree pedonali e sono costanti dalle 7 alle 24, per questo motivo la densità degli Only Outdoor relativa alla superficie esterna complessiva (figura 63) copre un intervallo di valori critici che va da circa 0,04 pp/mq a 0,09 pp/mq; mentre, nelle restanti ore del giorno i passanti non vengono quantificati nell'ambiente costruito, quindi, la densità esterna è nulla.
L'andamento descritto può essere confrontato con quello illustrato nella figura 64; poiché al numero di passanti presenti negli spazi pedonali della piazza sono stati aggiunti i passanti delle vie di accesso, quindi, il numero di utenti esposti nell'area complessiva della piazza aumenta. Infatti, la densità esterna (riferita sempre alla superficie complessiva della piazza) copre un range di valori critici leggermente maggiore il 1° quartile è pari a 0,06 pp/mq e il 3° è uguale a 0,10 pp/mq.

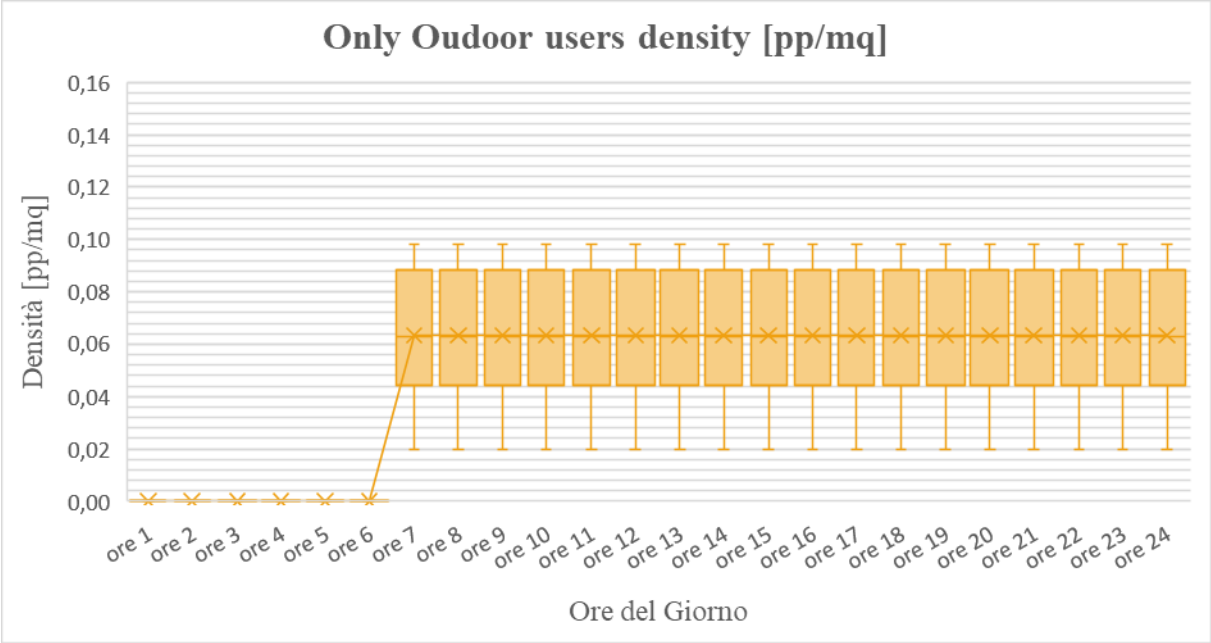


Figura 63. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Only Outdoor (OOd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

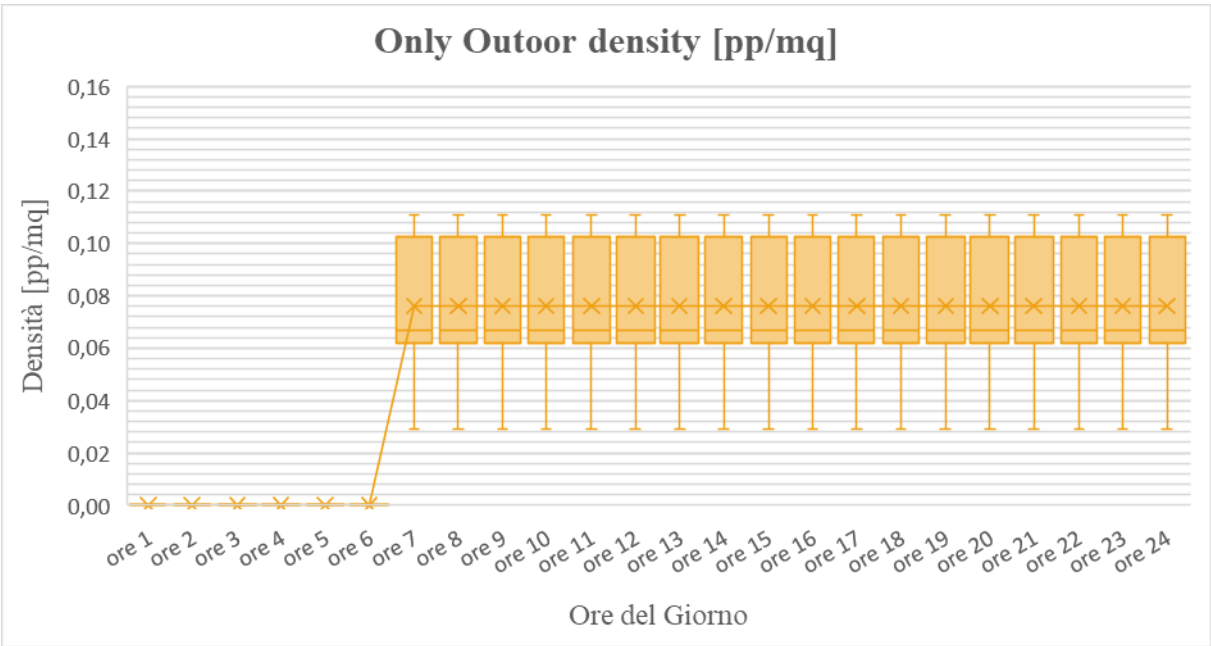


Figura 64. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Only Outdoor (OOd) relativa alle aree esterne e agli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario

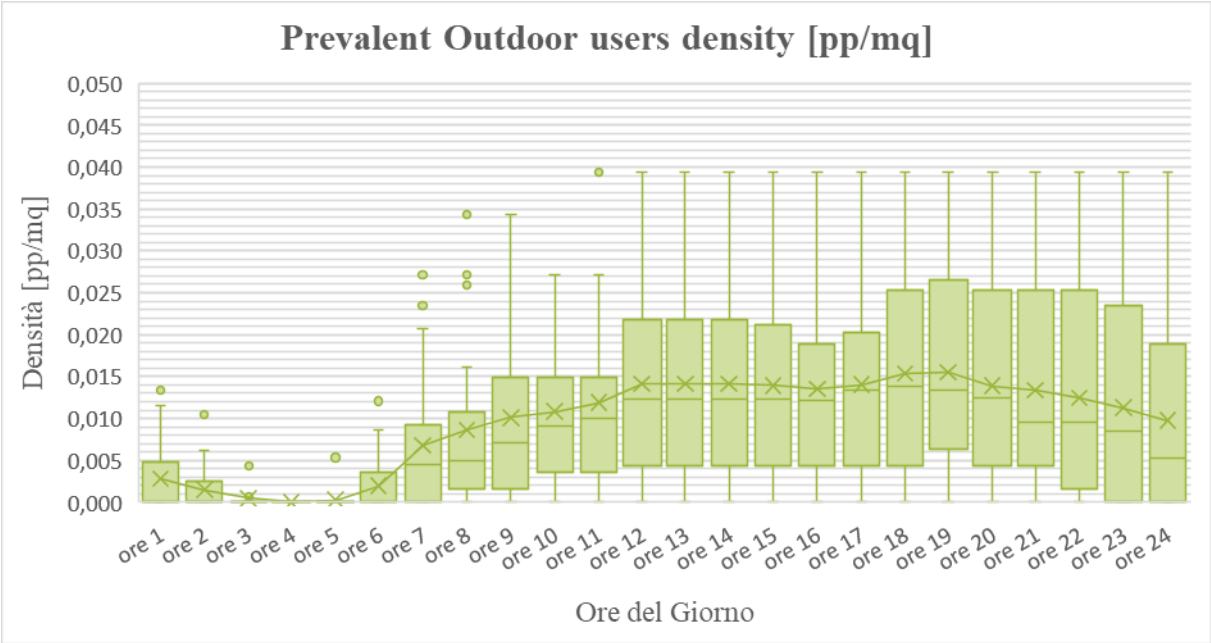


Figura 65. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Prevalent Outdoor (POd) relativa alle aree esterne e degli utenti presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

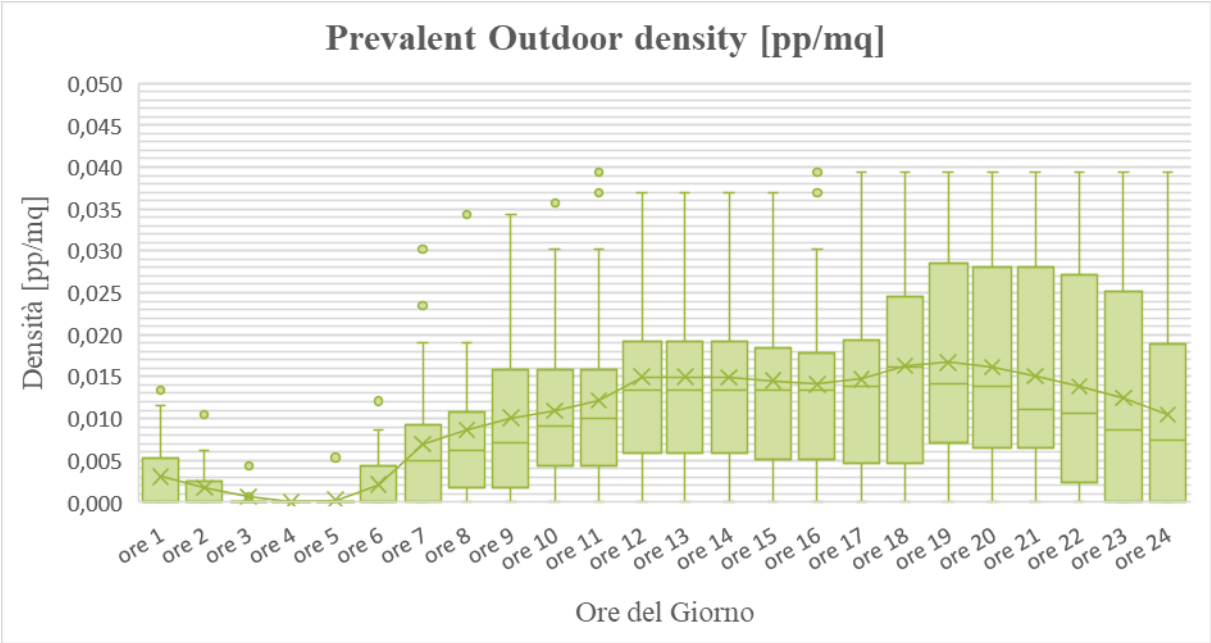


Figura 66. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Prevalent Outdoor (POd) relativa alle aree esterne e degli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

I *Pravalent Outdoor* (figura 65) sono gli utenti che occupano i dehors di bar e ristoranti, quindi, la densità esterna dipende dall'orario di apertura e dalle dimensioni degli spazi.
Nelle ore della mattina la percentuale di utenti presenti nei dehors non supera il 5%, infatti si possono notare valori della densità esterna poco elevati, il dato massimo si aggira tra 0,01 pp/mq e 0,015 pp/mq. Dalle ore 12 alle 14 il numero di utenti aumenta leggermente e la densità esterna degli utenti prevalenti ha valori che vanno da circa 0,005 pp/mq a 0,02 pp/mq (1° e 3° quartile); nelle tre ore successive il dato massimo diminuisce, visto che in alcuni casi le attività chiudono, per riaprire nelle ore serali; infatti, la percentuale massima di utenti nei dehors supera il 10% (figura 57) dalle ore 19 alle 22 raggiungendo un valore massimo di densità esterna di circa 0,025 pp/mq. Nelle ore notturne, principalmente dalle 3 alle 5, le attività di ristoro chiudono e la densità esterna si annulla; però, si possono notare alcuni dati anomali. Fino alle ore 3 in Piazza Vittorio Veneto di Torino ci sono diversi dehors aperti, e la corrispondente a tale fascia oraria è pari a 0,005 pp/mq. Altro valore anomalo relativo alle 3, si riferisce al caso di Carrara, dove la percentuale di dehors è esigua, 2% dell'area esterna complessiva; quindi, la densità pari a 0,007 pp/mq dipende dall'orario di apertura. Alle ore 5 viene illustrato il caso di Fermo, dove la percentuale di dehors è pari a 6% della superficie totale, ma il dato relativo alla densità esterna pari a 0,005 pp/mq dipende esclusivamente dall'apertura di un'unica attività.

Nella figura 66 viene rappresentato l'andamento giornaliero della densità degli utenti presenti nei dehors di bar e ristoranti presenti in tutto il BE considerato, quindi, inclusi i dehors nelle strade di accesso alla piazza. Il numero di utenti prevalenti aumenta, ma non la superficie complessiva esterna; poiché i soggetti sono esposti nell'area della piazza.
I dati rappresentati sono circa uguali ai valori e alla distribuzione discussa sopra (figura 64), visto che nella maggior parte dei casi analizzati non sono presenti dehors nelle vie di accesso alla piazza e dove ci sono hanno dimensioni esigue.

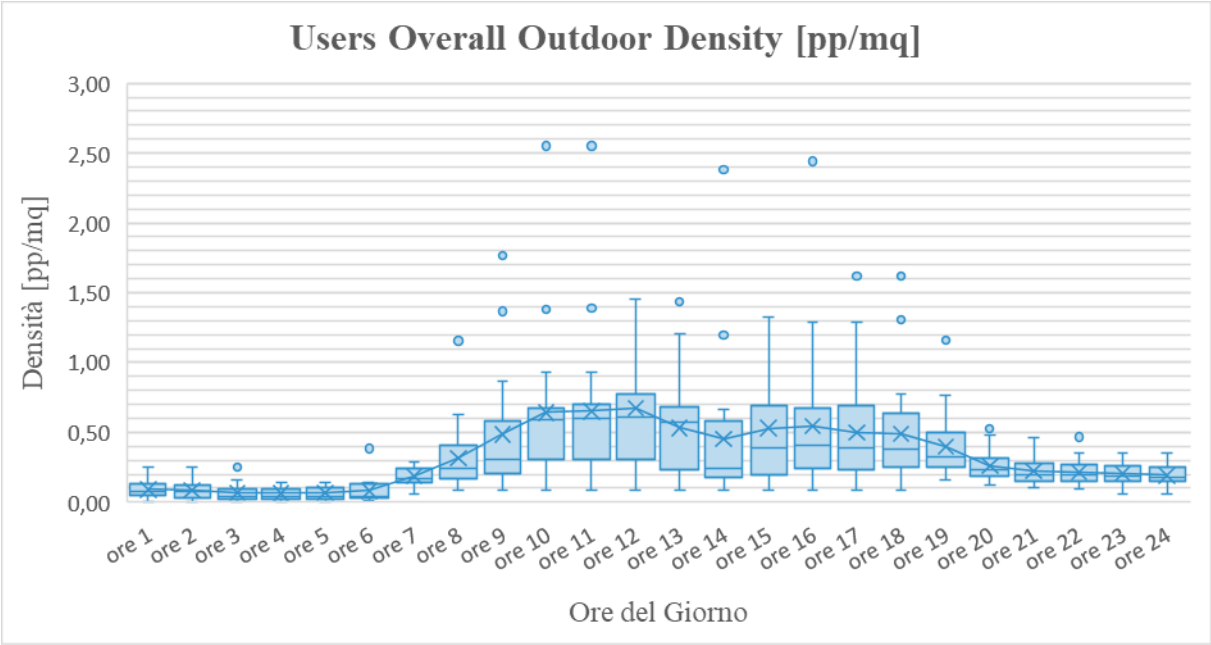


Figura 67. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità esterna degli utenti complessivi (UOOd) relativa alle aree esterne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

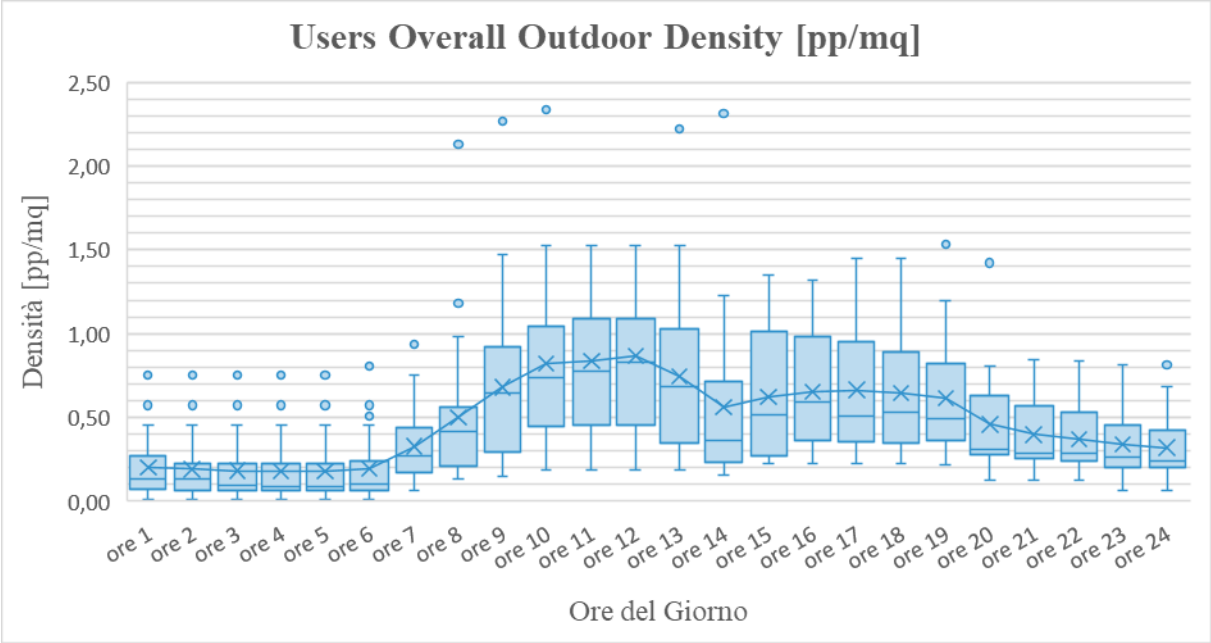


Figura 68. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità esterna degli utenti complessivi (UOOd) presenti nella piazza e nelle strade di accesso relativa alle aree esterne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 67 viene rappresentato l'andamento giornaliero della densità esterna riferita a tutti gli utenti presenti nel BE (NRn+Rn+OOn+POn). Quindi, si può notare come durante le ore del mattino, soprattutto dalle 10 alle 12 i range dei valori critici vanno da 0,30 pp/mq a cica 0,80 pp/mq, vista la notevole presenza di utenti non-residenti, a causa dell'apertura al pubblico degli uffici governativi. Nelle ore del pomeriggio i valori diminuiscono leggermente, infatti, coprono un intervallo che va da 0,20 a 0,55 pp/mq circa. La sera, con la chiusura di uffici e attività commerciali, gli utenti non-residenti sono presenti in numero ridotto; per questo motivo i valori critici della densità si aggirano tra 0,15 pp/mq e 0,20 pp/mq. Durante le ore notturne, principalmente dalle 3 alle 5 del mattino, gli utenti presenti nel BE sono i Residenti, per questo i valori non superano 0,10 pp/mq.

L'ambiente costruito complessivamente comprende l'area della piazza e le strade di accesso ad essa; per questo motivo rispetto alla discussione precedente gli utenti complessivi esposti, però, nel solo spazio esterno della piazza sono in numero maggiore. Nella figura 68 viene rappresentato l'andamento giornaliero della densità esterna degli utenti complessivi. Quindi, confrontando i due grafici (figura 67 e 68) la distribuzione oraria è la medesima, ma con intervalli che coprono valori più elevati; infatti, durante le ore di apertura degli uffici (10-12) i valori critici coprono un range che va da 0,45 pp/mq fino a circa 1,10 pp/mq. Alla chiusura degli uffici governativi il numero di non-residenti diminuisce e nelle ore del pomeriggio i dati progressivamente si riducono.
Considerando gli spazi presenti nelle strade di accesso alla piazza, in diversi casi sono presenti hotel (aperti h24), quindi, dalle ore 2 alle 6 si può notare una notevole differenza sulla densità esterna, causata dal numero di utenti non-residenti. Da una densità esterna di circa 0,10 pp/mq (figura 68) si hanno valori che si aggirano intorno a 0,20 pp/mq.

3.2.3 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/mq]

La densità degli utenti Non-Residenti e Residenti relativa alle aree interne degli edifici, calcolata attraverso il rapporto tra il numero di utenti e l'area totale del costruito accessibile, è molto simile alla densità dei medesimi utenti prevista per le aree esterne dell'ambiente costruito.

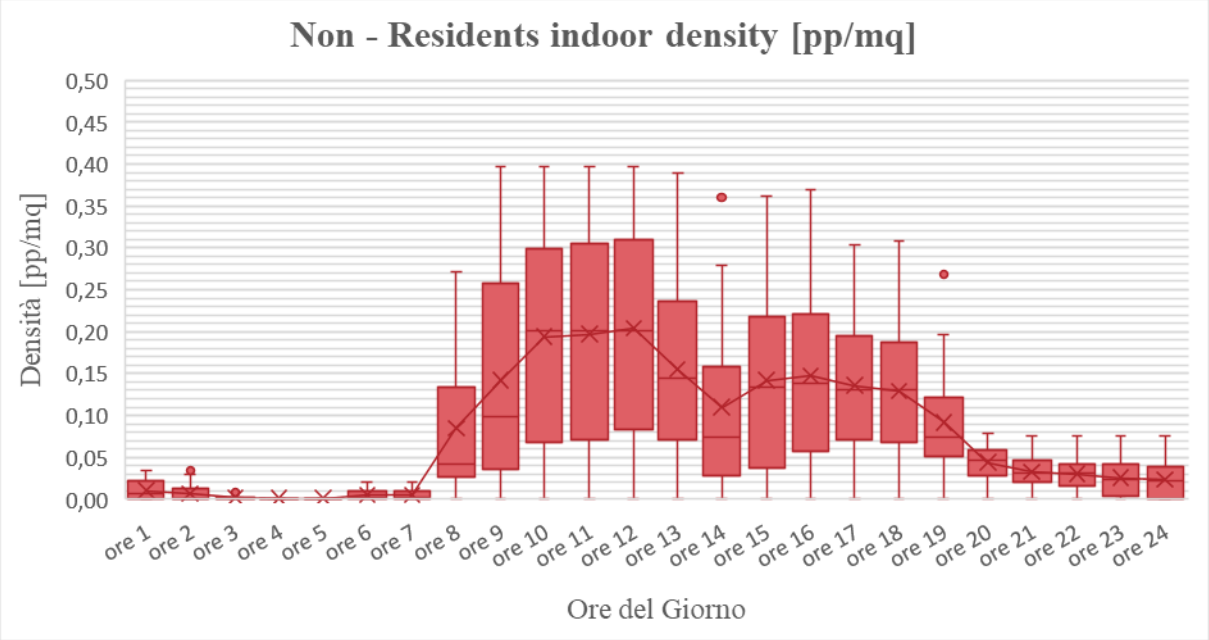


Figura 69. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Non-Residents (NRId) relativa alle aree interne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 69, si può verificare l'andamento della densità interna degli utenti non-residenti. Durante le ore lavorative, soprattutto della mattina (dalle 10 alle 12), la densità interna oscilla tra 0,10 e 0,30 pp/mq. Gradualmente, i valori critici diminuiscono; infatti, dalle ore 20 la densità dipende principalmente dal numero di utenti presenti nelle attività di ristoro, quindi, i valori si aggirano intorno a 0,05 pp/mq. annullarsi con la chiusura delle attività nelle ore notturne. Dalle 3 alle 5 la densità interna degli utenti non-residenti è nulla, visto che generalmente tutte le attività sono chiuse. Si possono, però, notare dei valori anomali relativi alla presenza di hotel, per il caso di Mantova e Cuneo (0,01 pp/mq) e sono alle ore 3 in Piazza Vittorio Veneto di Torino sono aperti diversi bar (0,02 pp/mq)

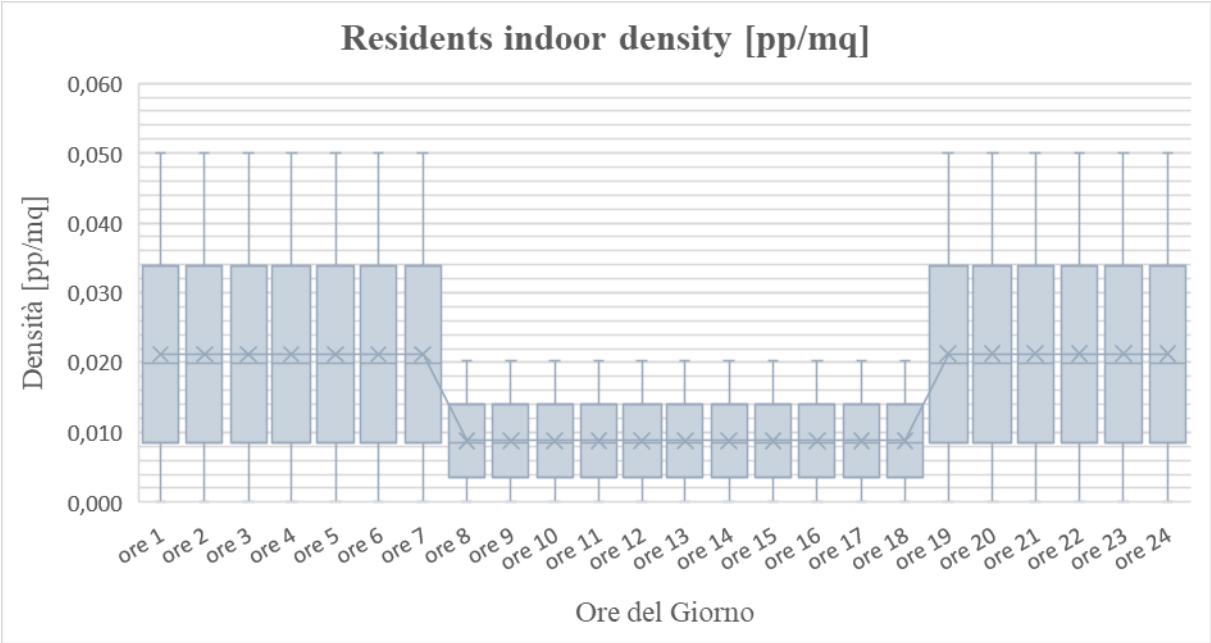


Figura 70. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti Residents (RId) relativa alle aree interne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

La distribuzione della densità interna degli utenti residenti viene rappresentata nella figura 70. Il numero di residenti presenti negli edifici da metodologia viene considerato in modo costante; infatti, dalle ore 19 alle 7 tutti si trovano nelle proprie abitazioni, per questo la densità interna copre un range di valori che va da 0,009 pp/mq a 0,035 pp/mq, rispettivamente 1° e 3° quartile, mentre la mediana è pari a circa 0,020 pp/mq.

Nelle restanti ore lavorative della giornata (dalle 8 alle 18), il numero di utenti residenti diminuisce, poiché si suppongono a lavoro. Di conseguenza anche la densità interna diminuisce e i valori vanno da 0,004 pp/mq a 0,015 pp/mq circa, con un valore mediano pari a 0,008 pp/mq.

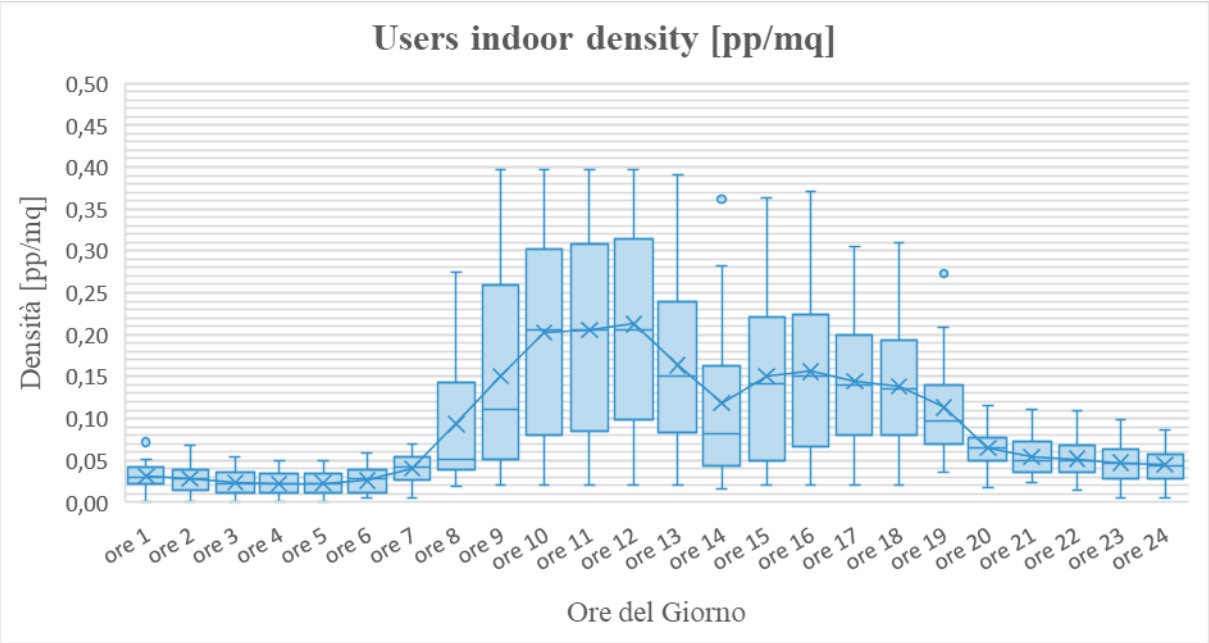


Figura 71. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti interni complessivi (UId) relativa alle aree interne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 71 viene rappresentato l'andamento giornaliero della densità interna riferita ai soli utenti interni (NRn+Rn).

Durante le ore lavorative la densità aumenta notevolmente. La mattina dalle 10 alle 12, soprattutto a causa dell'apertura al pubblico degli uffici pubblici i dati critici arrivano ad un valore massimo di 0,30 pp/mq, per poi diminuire gradualmente nel pomeriggio, con valori compresi tra 0,05 e 0,20 pp/mq. Dalle ore 20 la maggior parte delle attività commerciali chiudono, per questo la densità diminuisce notevolmente (0,03-0,06 pp/mq), fino ad arrivare a valori che non superano 0,03 pp/mq durante le ore notturne, nel corso delle quali la densità interna dipende esclusivamente dai sugli utenti residenti.

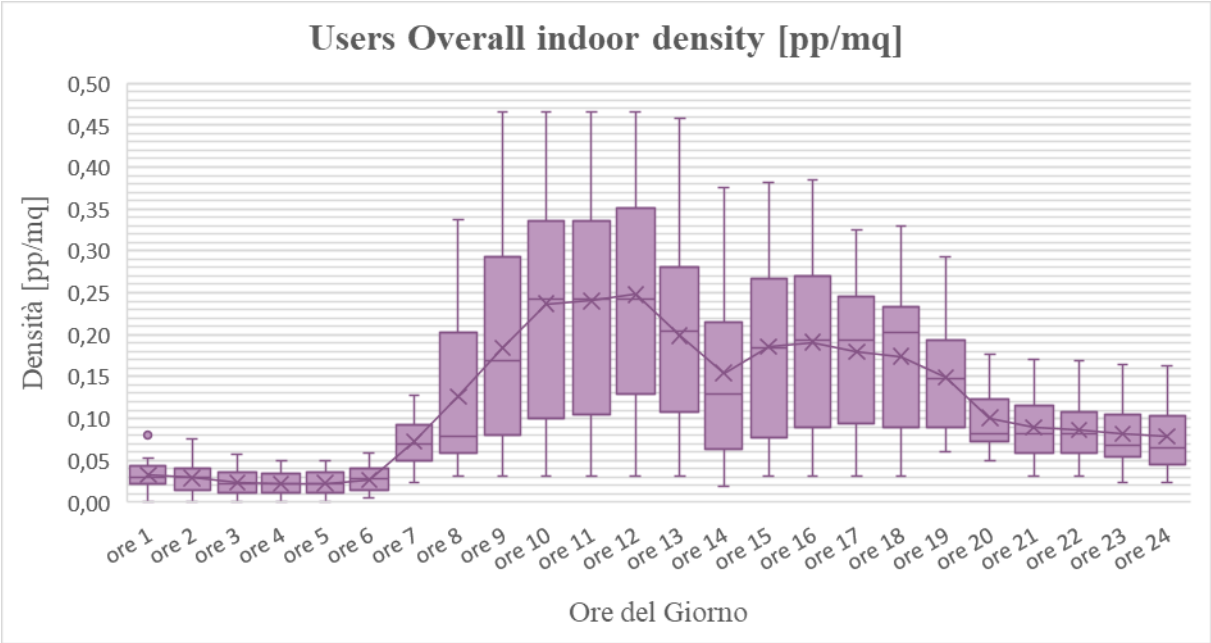


Figura 72. Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOId) relativa alle aree interne, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

La densità degli utenti complessivi (UOId) è data dal rapporto tra la somma di tutti gli utenti (NRn+Rn+OOn+POn) e l'area totale del costruito accessibile. Come specificato già nella sezione 2.1.5, tale dato viene definito, poiché in caso di attacchi terroristici esterni o emergenze di tipo SLOD, i soggetti presenti nel BE cercano rifugio all'interno degli edifici. Al contrario della densità esterna (UOOd), la quale indica gli utenti che evacuano, quindi, che si riversano nelle aree aperte.

Nella Figura 72 si può notare come la densità nelle ore notturne (dall'1 alle 6) sia circa uguale alle densità riferita ai solo utenti interni (UId), perché gli Only Outdoor sono nulli e i dehor di pub e ristoranti hanno un'incidenza molto ridotta. Al contrario, nelle restanti ore della giornata i valori critici della densità complessiva interna aumentano di circa 0,01-0,05 pp/mq, vista anche la presenza degli utenti esterni Only Outdoor e Prevalent Outdoor.

3.2.4 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

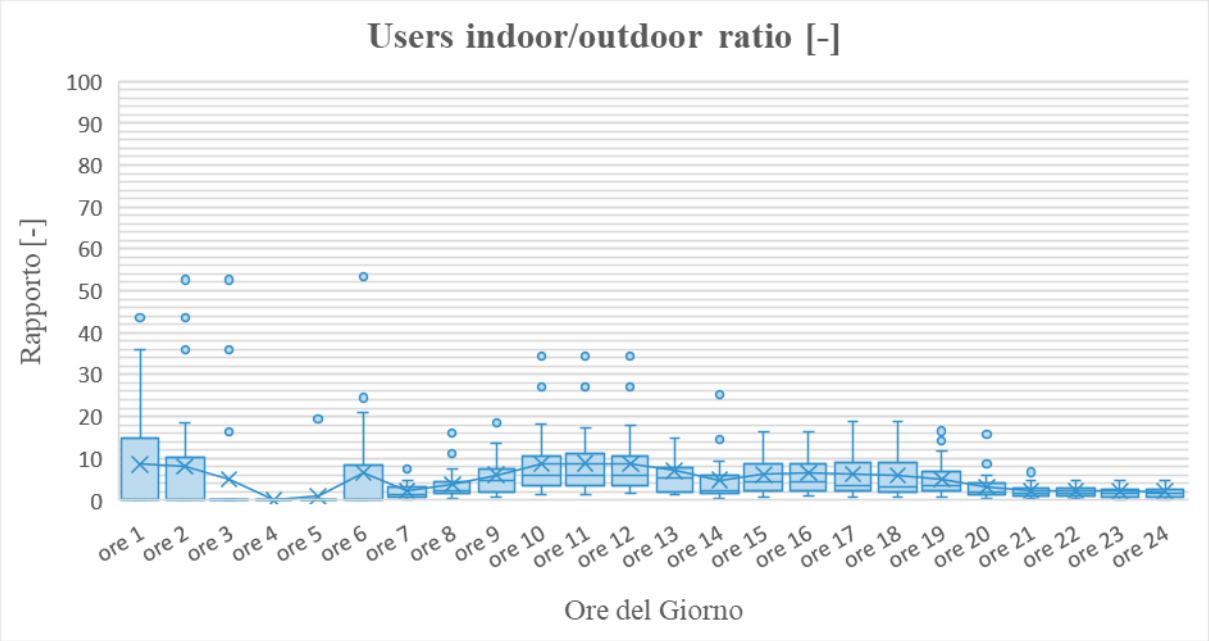


Figura 73. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra utenti interni ed esterni (UIOr) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

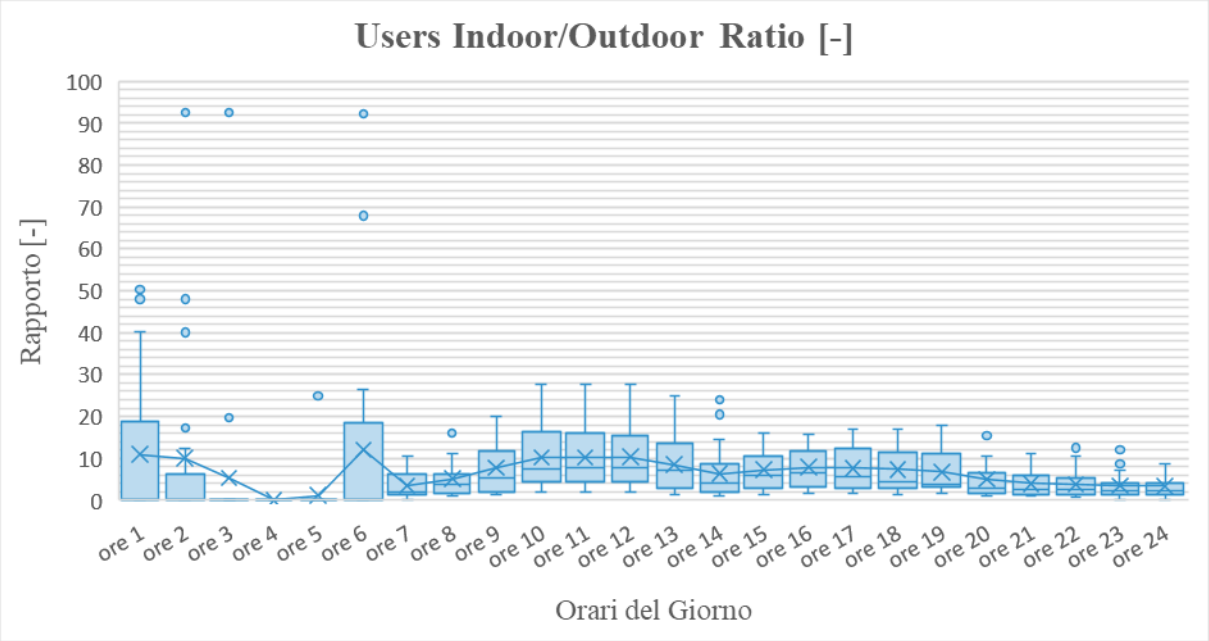


Figura 74. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra utenti interni ed esterni (UIOr) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Il rapporto tra gli utenti interni ed esterni (UOIr) conferma quello che è stato analizzato nella sezione precedente. Infatti, nella figura 73 si può notare come durante le ore lavorative dalle 8 alle 18 i valori critici vanno da 2 a circa 10, con un massimo pari a circa 5-15 raggiunto dalle 10 alle 12, quando gli uffici sono aperti al pubblico, quindi, ospitano un notevole numero di utenti. Dalle 19 i valori diminuiscono, vista la chiusura di diverse attività. Tali dati, rimangono sempre intorno ad 1, ciò vuol dire che gli utenti esterni ed interni sono circa uguali; solo nelle ore notturne (dalle 3 alle 5), con la totale assenza di utenti esterni e di non-residenti, il rapporto si annulla.
Dall'1 alle 2 di notte la distribuzione aumenta nuovamente, in alcuni casi, perché molti ristoranti con dehor restano aperti, quindi, nonostante l'assenza degli utenti Only Outdoor i valori critici si aggirano tra 0 e 10.
Inoltre, si possono notare diversi valori anomali, causati dal numero di attività aperte anche in orari notturni (hotel e pub) e dalla dimensione delle aree interne.

Nella figura 74 viene rappresentato il rapporto tra gli utenti interni ed esterni presenti in tutti il BE analizzato, compreso di piazza e vie di accesso ad essa. La distribuzione giornaliera confrontata con quella illustrata nella figura 59, dove il rapporto si riferisce esclusivamente agli utenti situati negli spazi della sola piazza, ha un andamento simile; infatti, dalle 8 alle 18 i valori critici coprono un range che va da circa 2 a circa 10, fatta ad eccezione per la fascia oraria 10-12, i valori arrivano anche a 15, a causa dell'apertura al pubblico degli uffici. Durante le restanti ore i range coprono dei dati più ampi, vista la presenza di attività, come pub e hotel anche nelle strade limitrofe che vanno ad aumentare ulteriormente il numero di utenti interni.

3.2.5 Numero normalizzato di utenti nel BE [-] considerando la familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza

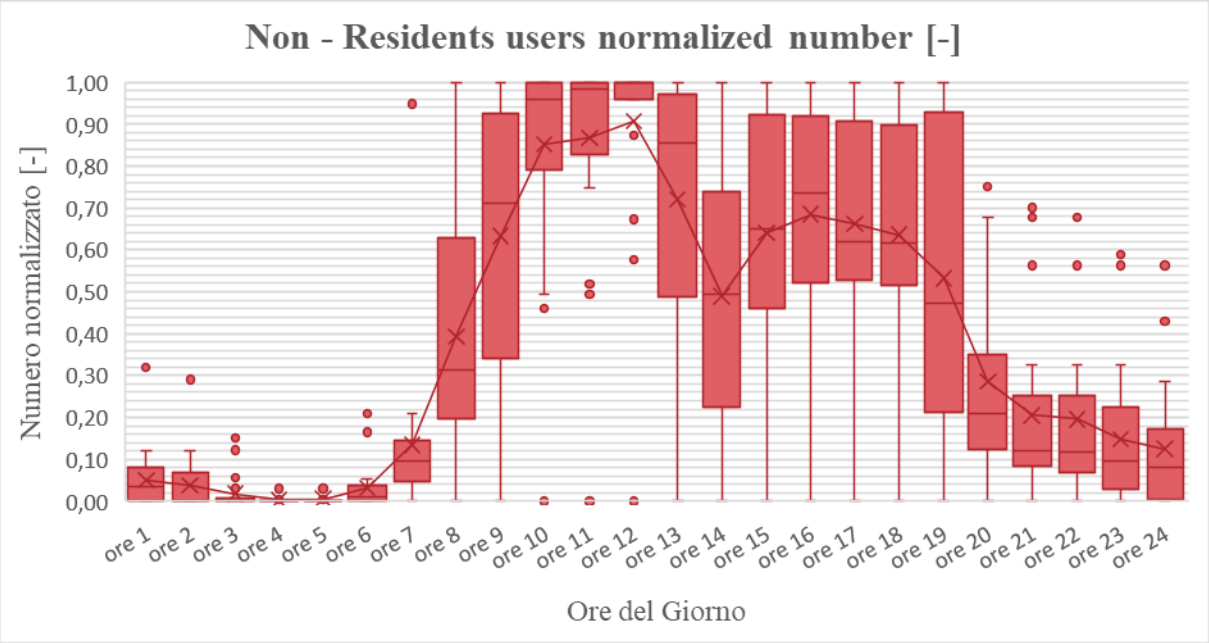


Figura 75. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Non-Residenti (NRnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

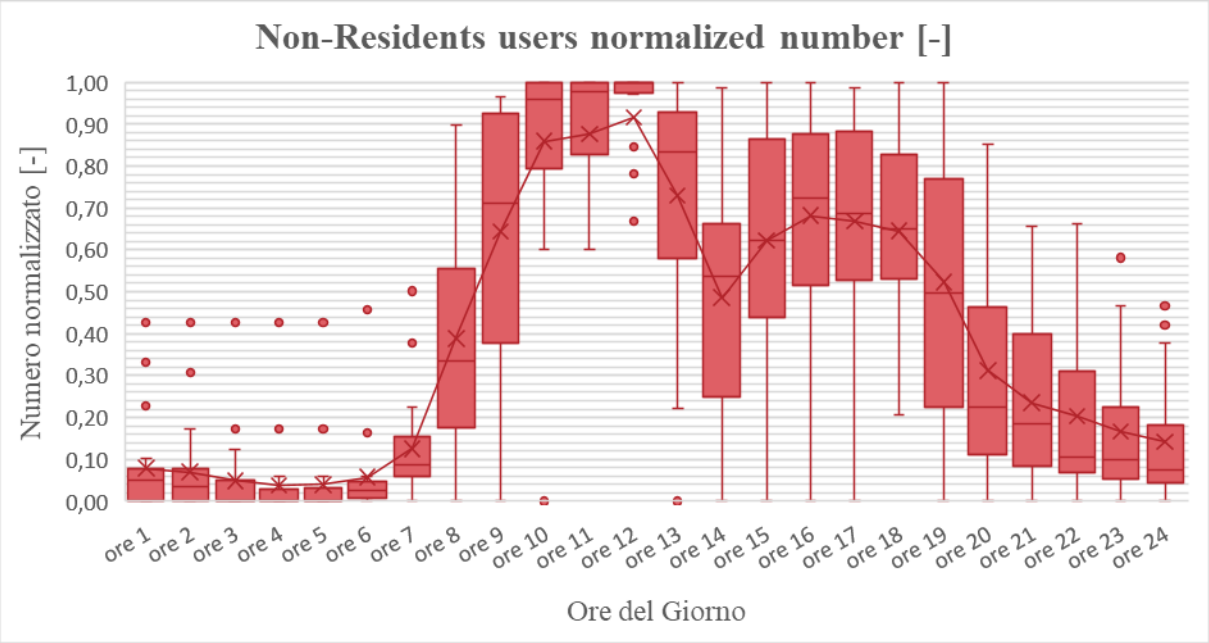


Figura 76. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Non-Residenti (NRnn) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

È stata effettuata la normalizzazione dei dati relativi ad ogni categoria di utenti, quindi, il valore totale orario è stato diviso per il valore massimo della giornata. In questo modo, i dati vengono ridimensionati su un intervallo fisso, in genere da 0 ad 1.
I dati normalizzati (figura 75) degli utenti non-residenti confermano un andamento giornaliero molto variabile, causato dall'apertura di uffici e attività commerciali. Infatti, nelle ore lavorative, soprattutto tarda mattinata e prime ore del pomeriggio i valori vanno da 0,50 a 1; invece, nelle ore serali dalle 20 alle 24 i valori critici si trovano sotto lo 0,50, fino ad arrivare a 0 durante la notte.
Nella figura 76 viene rappresentato l'andamento normalizzato degli utenti non-residenti presenti nella piazza e nelle vie di accesso ad essa. La distribuzione nelle ore lavorative (8-18) e serali (19-24) è molto simile a quanto analizzato nel grafico precedente; mentre, dall'1 alle 5 i dati hanno un intervallo maggiore, a causa della presenza di attività aperte anche durante la notte.

Il numero normalizzato degli utenti non Residenti (figura 77), dalle 8 alle 18, ore lavorative, quindi una parte di utenti residenti non sono nelle loro abitazioni il valore è costante e sì aggira intorno a 0,40, invece quando tutti i Residenti vengono considerati nelle proprie abitazioni è pari ad 1. L'unico valore anomalo riguarda il caso di Reggio Emilia, dove non sono presenti utenti Residenti.
La distribuzione giornaliera nella figura 78 rappresenta gli utenti residenti complessivi, quindi, considerati sia nella piazza che nelle strade limitrofe. I valori, confrontati con quelli del grafico in figura 63, sono i medesimi: costanti e pari ad 1 dalle ore 19 alle 7; invece, durante le ore lavorative sono costanti, ma vanno da 0,41 a 0,43.

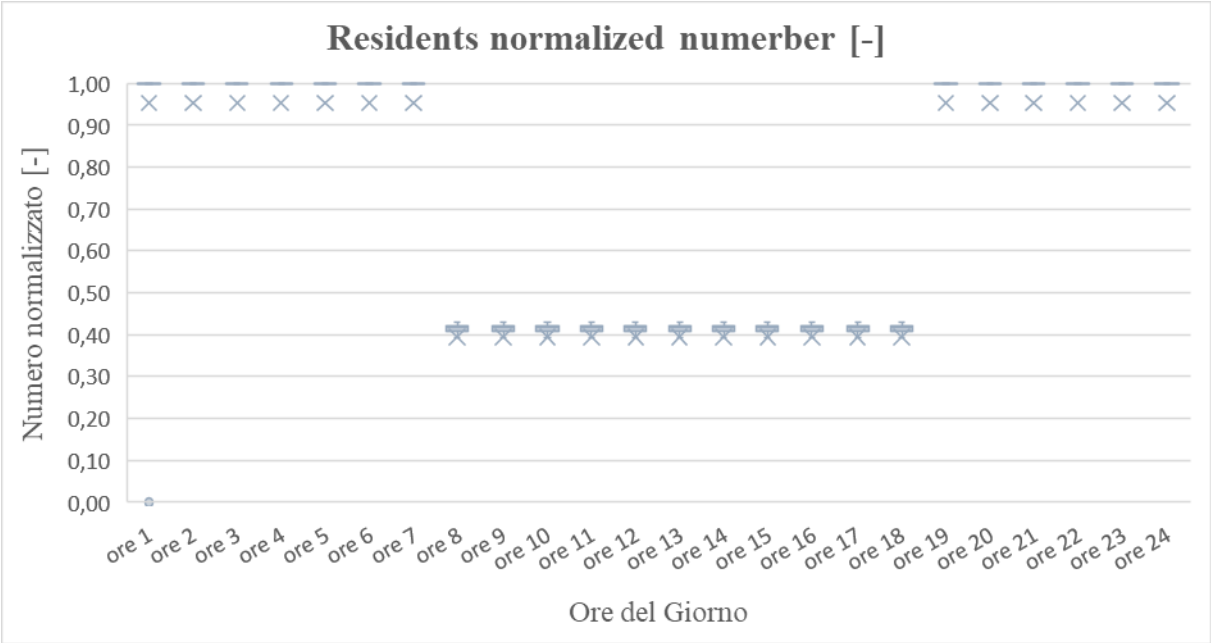


Figura 77. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Residenti (Rnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

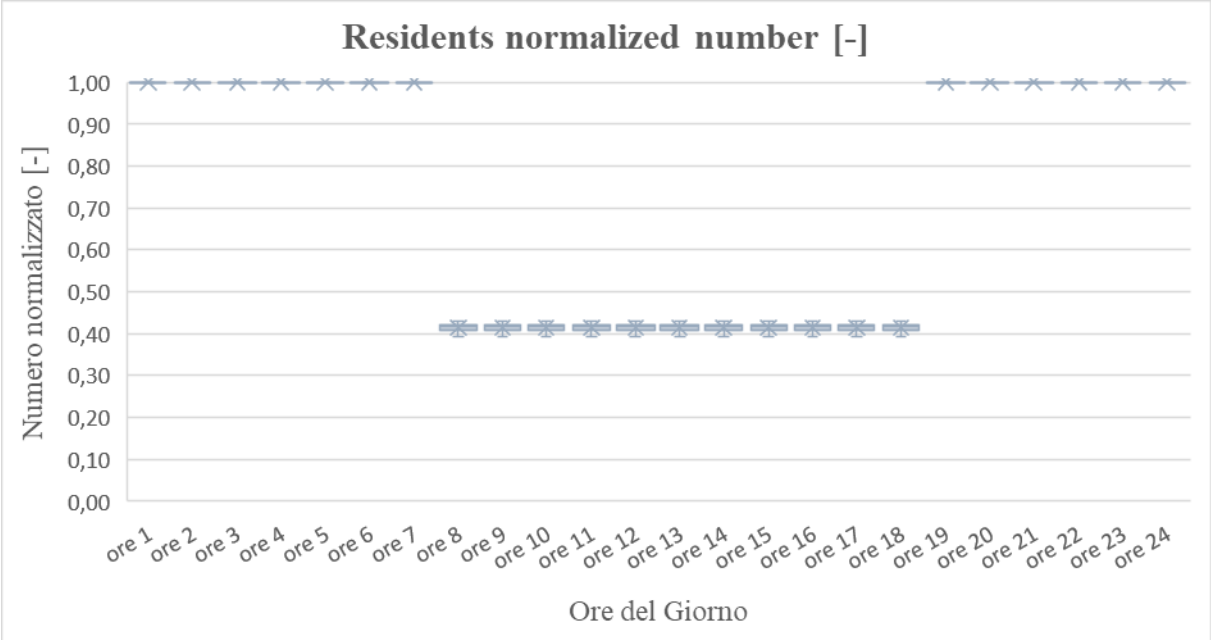


Figura 78. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Residenti (Rnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Gli utenti Only Outdoor (figura 79) dalle ore 7 alle 24 sono presenti negli spazi pedonali in numero costante; quindi, il valore normalizzato è pari ad 1. Invece, è nulla durante le ore notturne, quando i passanti non vengono considerati. Per questo motivo, da metodologia la rappresentazione dell'andamento giornaliero rimane sempre la stessa, sia se riferita alla sola area della piazza, che se riferita a tutto il BE, incluso di strade di accesso.

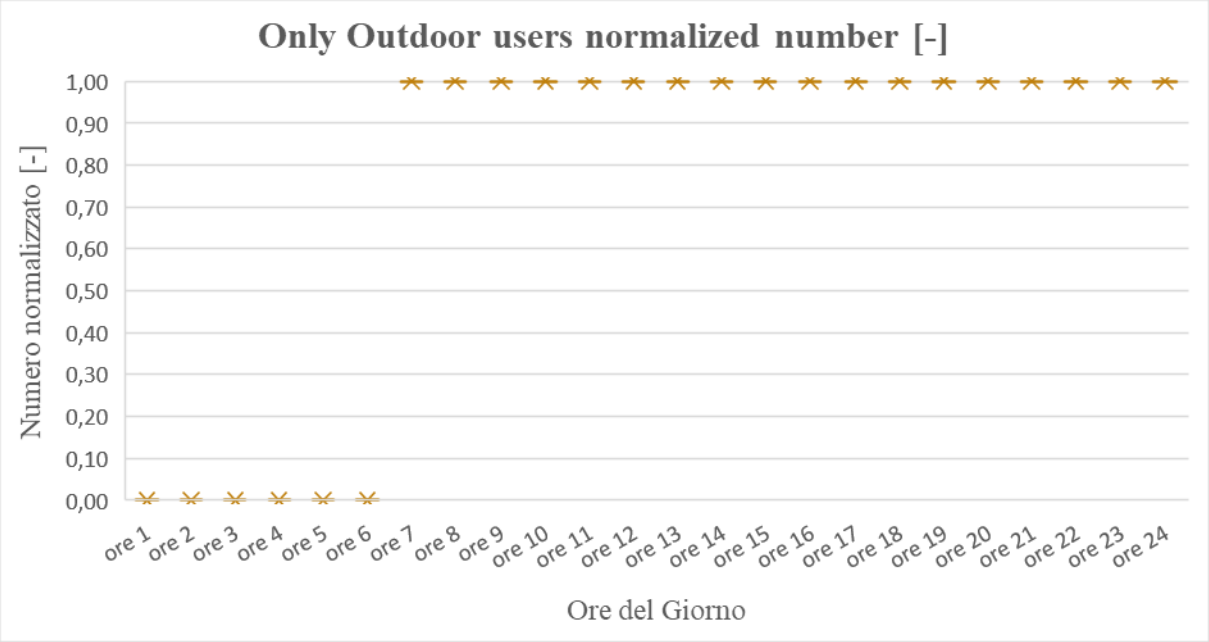


Figura 79. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Only Outdoor (OOnn), tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 80 sono rappresentati i valori normalizzati degli utenti esterni prevalenti (utenti presenti nei dehor). Il numero di utenti appartenenti a tale categoria generalmente non è molto elevato; inoltre, i dati variano in base agli orari di apertura delle attività (bar e ristoranti) e alla dimensione degli spazi. Dalla normalizzazione si può notare, come, nel campione complessivo gli utenti esterni prevalenti si concentrino maggiormente nelle ore pomeridiane dalle ore 18 alle 19, infatti, i dati coprono un range che va da circa 0,8 a 1. Durante le ore del giorno, principalmente dalle 12 alle 18 e di nuovo dalle 20 alle 21, i range di valori sono più ampi vanno da circa 0,5 ad 1. Nelle ore notturne la chiusura della maggior parte delle attività fa si che i dati siano circa 0. Mentre, in alcune ore della mattina (7-9) e della sera (22-24), i valori coprono quasi tutto l'intervallo [0,1], questo indica una variazione negli orari di apertura dei dehors e in alcuni casi la concentrazione di tutti gli utenti prevalenti in un determinato orario.

Nella figura 81 vengono rappresentati gli utenti prevalenti presenti in tutto il BE considerato, quindi, incluse le strade limitrofe. Le aree dedicate ai dehors non aumentano di molto, per questo confrontando i due grafici si può notare un andamento quasi uguale.

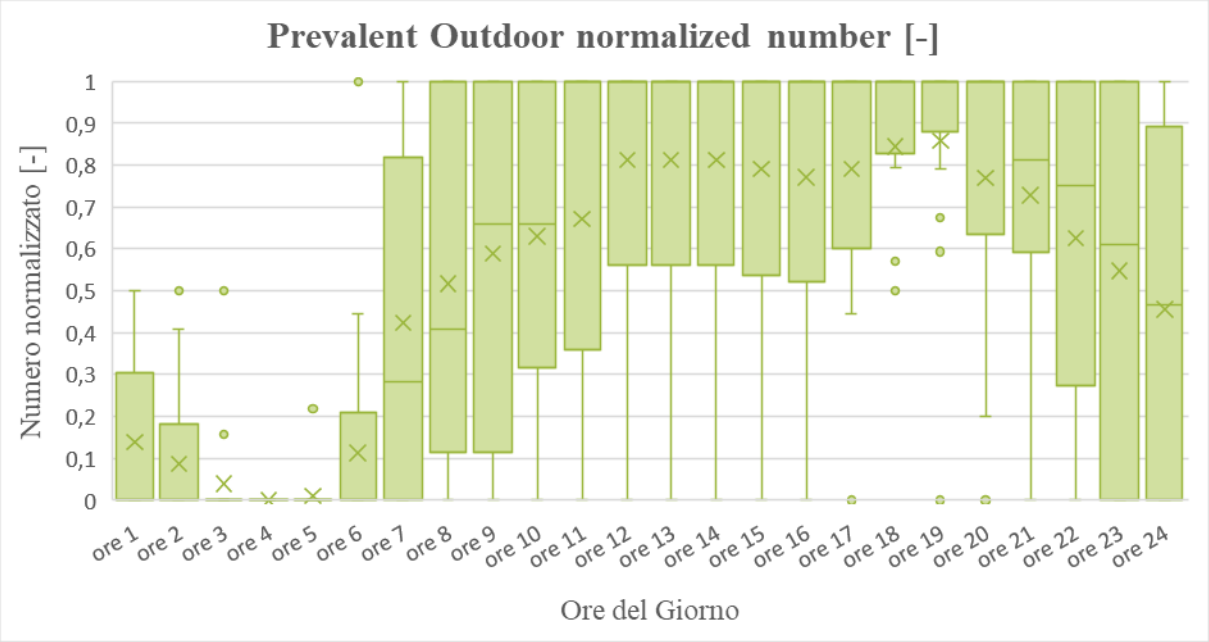


Figura 80. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Prevalent Outdoor (POnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

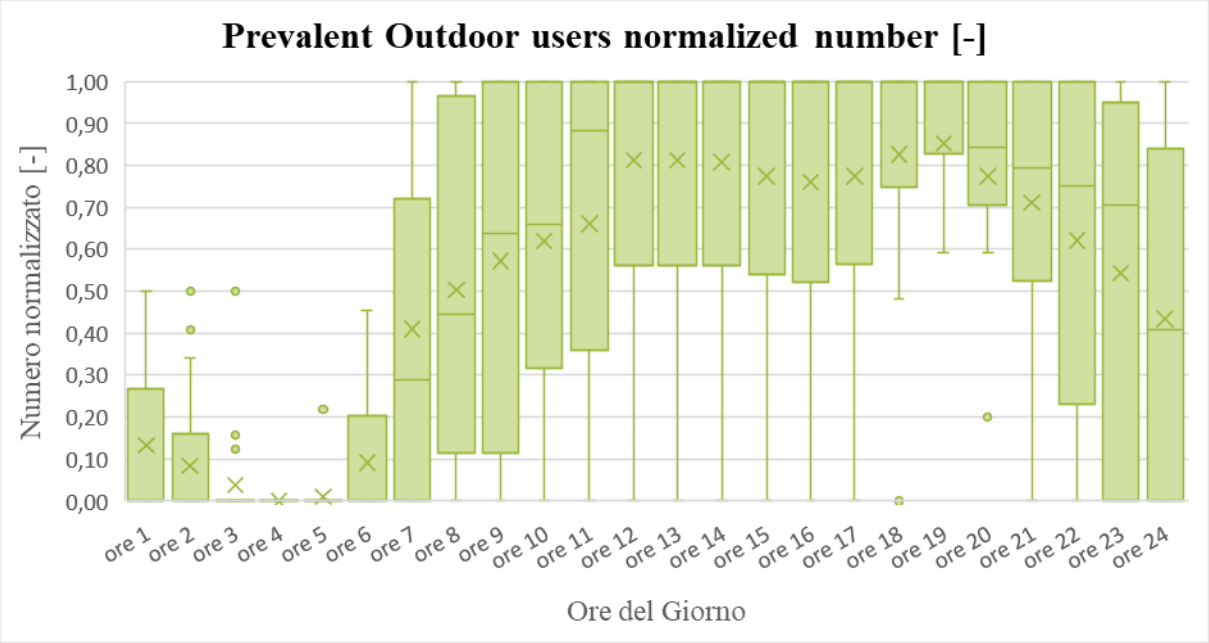


Figura 81. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti Prevalent Outdoor (POnn) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

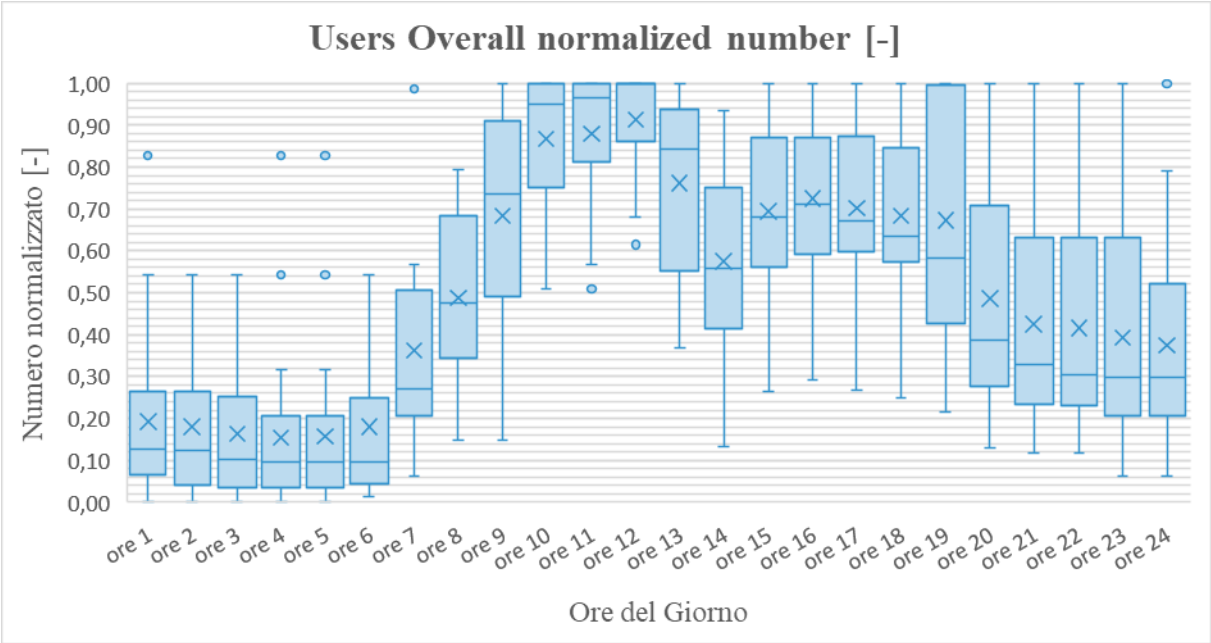


Figura 82. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di tutti gli utenti, Users Overall (UOnn) presenti in piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

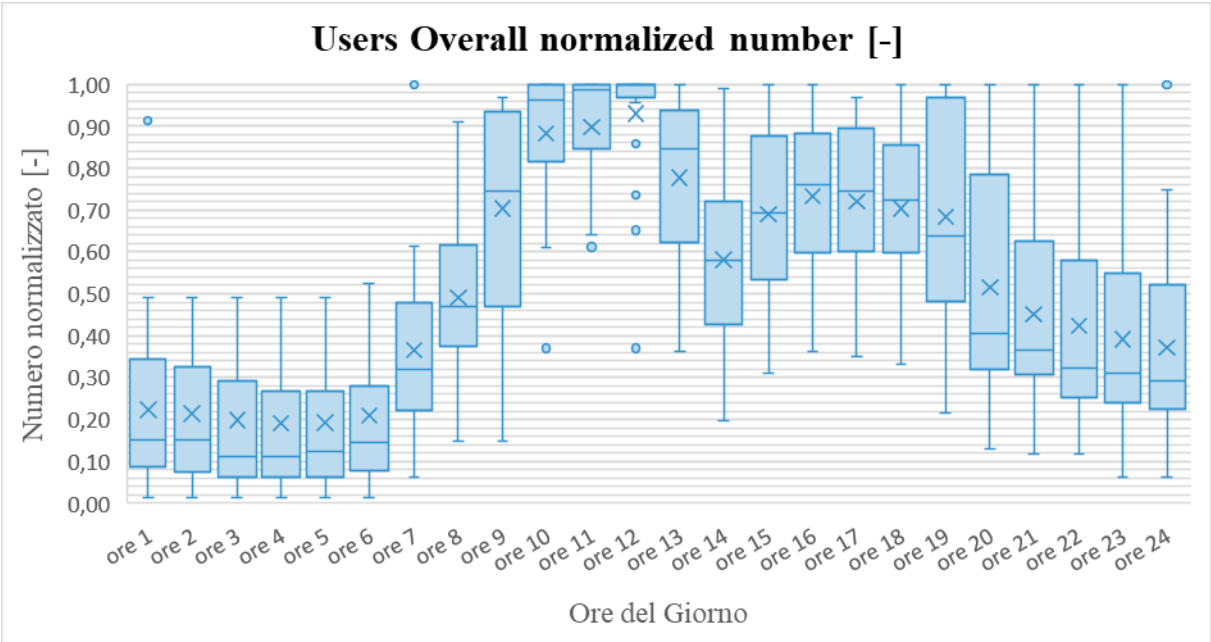


Figura 83. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di tutti gli utenti, Users Overall (UOnn) presenti in piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

L’andamento giornaliero normalizzato del totale degli utenti esposti (figura 82) nel BE viene influenzato da tutte le categorie (NRnn+Rnn+OOnn+POnn). Infatti, dalle 10 alle 12 i valori si avvicinano ad 1, orario in cui gli utenti presenti nella piazza sono in numero maggiore. Nelle restanti ore lavorative il range si abbassa, restando quasi sempre superiore a 0,50. Nelle ore serali il numero di non-residenti diminuisce e aumenta quello dei residenti presenti nelle loro abitazioni, per questo i valori vanno da circa 0,20 a 0,50. Nelle ore notturne i residenti sono in numero maggiore, le altre categorie sono poco rilevanti, quindi, i valori normalizzati vanno da circa 0,03 a 0,20.

Nella figura 83 gli utenti complessive comprendono quelli della piazza e delle strade di accesso ad essa; infatti, nella rappresentazione dell’andamento giornaliero normalizzato, rispetto al grafico precedente, si possono notare dei valori più elevati dalle ore 10 alle 12, vista la maggiore concentrazione di utenti non-residenti. Nelle restanti ore i range sono circa uguali, tranne dalle ore 3 alle 5, oltre ai residenti sono presenti utenti non-residenti, perché ci sono diversi casi analizzati con hotel nelle strade limitrofe alla piazza.

3.2.6 Numero normalizzato di utenti nel BE [-] considerando la vulnerabilità individuale

I valori relativi alle tipologie di utenti divisi secondo la vulnerabilità individuale (età) sono stati normalizzati, quindi, come visto nella sezione precedente i dati sono stati ridimensionati su un intervallo generalmente pari a [0,1] e rappresentati con grafici box-and-whisker plot. La divisione dei soggetti esposti nell'ambiente costruito in base all'età conferma i risultati visti nella sezione precedente.

Nella figura 84 viene rappresentato l'andamento giornaliero relativo agli utenti con un'età compresa tra 0 e 4 anni presenti nella sola area della piazza. Sono bambini con ridotta capacità motoria, quindi, necessitano di assistenza da parte dei genitori. Inoltre, da metodologia per l'intera giornata i bambini appartenenti alla categoria di residenti vengono considerati in numero costante e sempre presenti nelle abitazioni. Dall'1 alle 6 sono considerati solo gli utenti residenti, quindi, i valori sono ridotti e pari ad un intervallo che va da circa 0,05 a circa 0,20. Dalle 7 il numero di utenti appartenenti a tale categoria aumenta fino a raggiungere il massimo alle ore 12. Nelle ore del pomeriggio l'andamento mediano diminuisce progressivamente. In questa fascia oraria, il numero di utenti dipende per la maggior parte dai non-residenti.
Il grafico descritto può essere confrontato con l'andamento della medesima tipologia di utenti presenti in tutto l'ambiente costruito, piazza e strade di accesso (figura 85). La distribuzione è la stessa, con valori più alti, ma intervalli ridotti. Infatti, con l'aggiunta di utenti proveniente dalle vie limitrofe, in diversi casi fa sì che la variazione dei soggetti rispetto al picco massimo si riduce.

L'andamento orario normalizzato della tipologia di bambini accompagnati con età compresa tra 5 e 14 anni viene rappresentata nella figura 86. Grazie alla curva della mediana si possono notare le variazioni che avvengono durante la giornata. Nelle ore notturne i fati sono bassi e si aggirano tra 0,05 e 0,2, poiché sono considerati solo gli utenti residenti. Dalle 7 questa categoria viene considerata anche tra gli utenti Only Outdoor e con l'apertura delle attività commerciali e uffici gradualmente i valori normalizzati aumentano fino al picco, raggiunto alle 12.
Nella figura 87 sono rappresentati i valori normalizzati degli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso. Confrontando i due grafici, dalla curva della mediana si può notare un leggero aumento dei valori, per ogni fascia oraria, ma l'andamento giornaliero resta il medesimo.

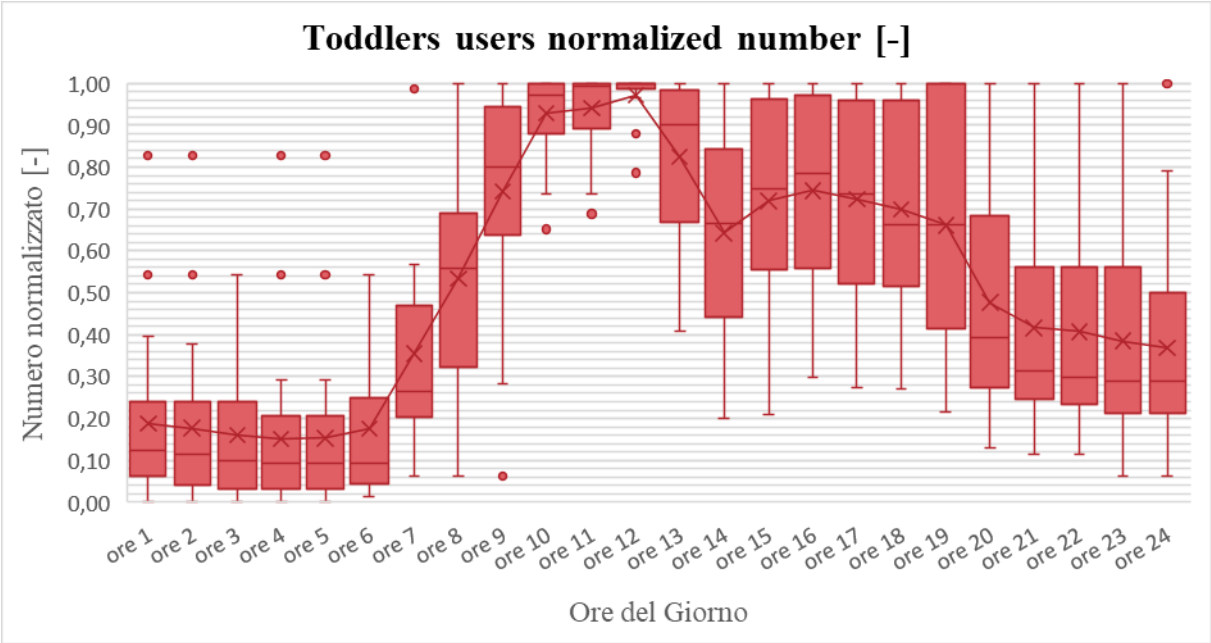


Figura 84. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di bambini (Tnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

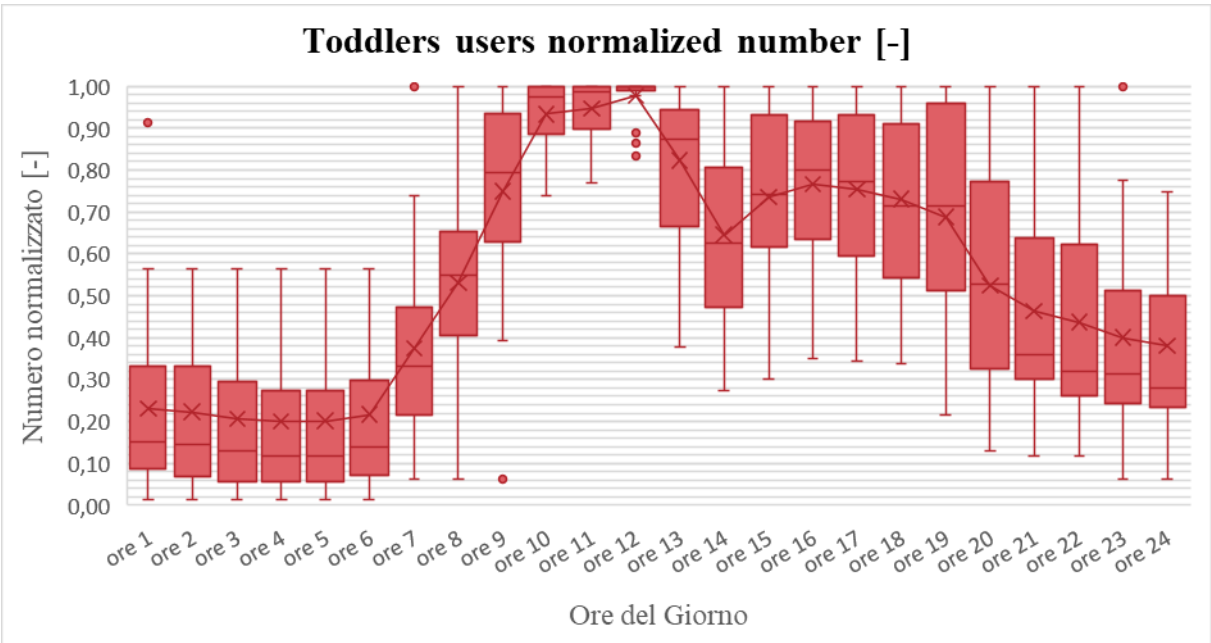


Figura 85. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di bambini (Tnn) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

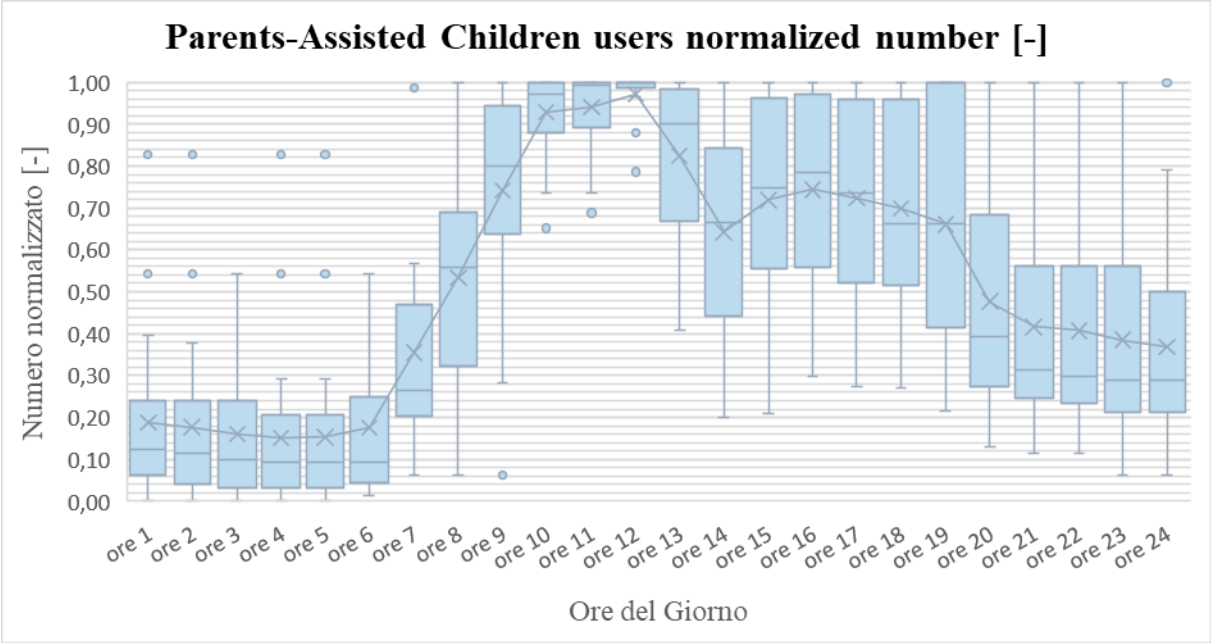


Figura 86. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di bambini accompagnati (PCnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

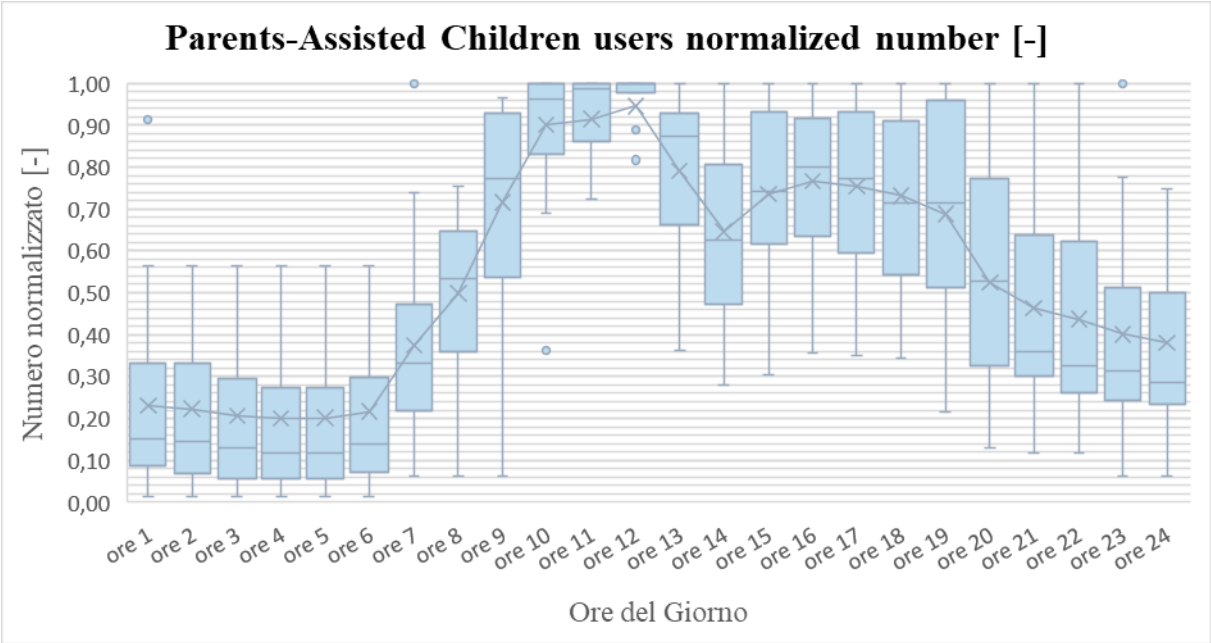


Figura 87. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di bambini accompagnati (PCnn) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

La tipologia di utenti definita giovani adulti copre una fascia di età che va da 15 a 19 anni, considerati studenti di scuola superiore. Nella figura 88 viene rappresentato l'andamento giornaliero normalizzato riferito agli utenti presenti nella sola area della piazza.
La distribuzione è simile alle categorie già citate; infatti, nelle ore notturne i valori si aggirano tra 0,05 e 0,20, visto che tutti gli utenti si trovano nelle proprie abitazioni; quindi, sono inferiori rispetto al numero massimo. Dalle 7 i dati iniziano ad aumentare fino ad un picco massimo raggiorno alle 12. Nel pomeriggio i valori medi si aggirano intorno a 0,70, ma dalle 20, con la chiusura delle attività commerciali diminuiscono ulteriormente coprendo dei range che vanno da circa 0,20 a circa 0,50.

Nella figura 89 la distribuzione illustrata dipende dagli utenti presenti nella piazza e nelle strade di accesso, quindi, il numero di soggetti giovani aumenta. Nonostante l'aumento i valori e l'andamento giornaliero sono simili a quello rappresentato nella figura 86.

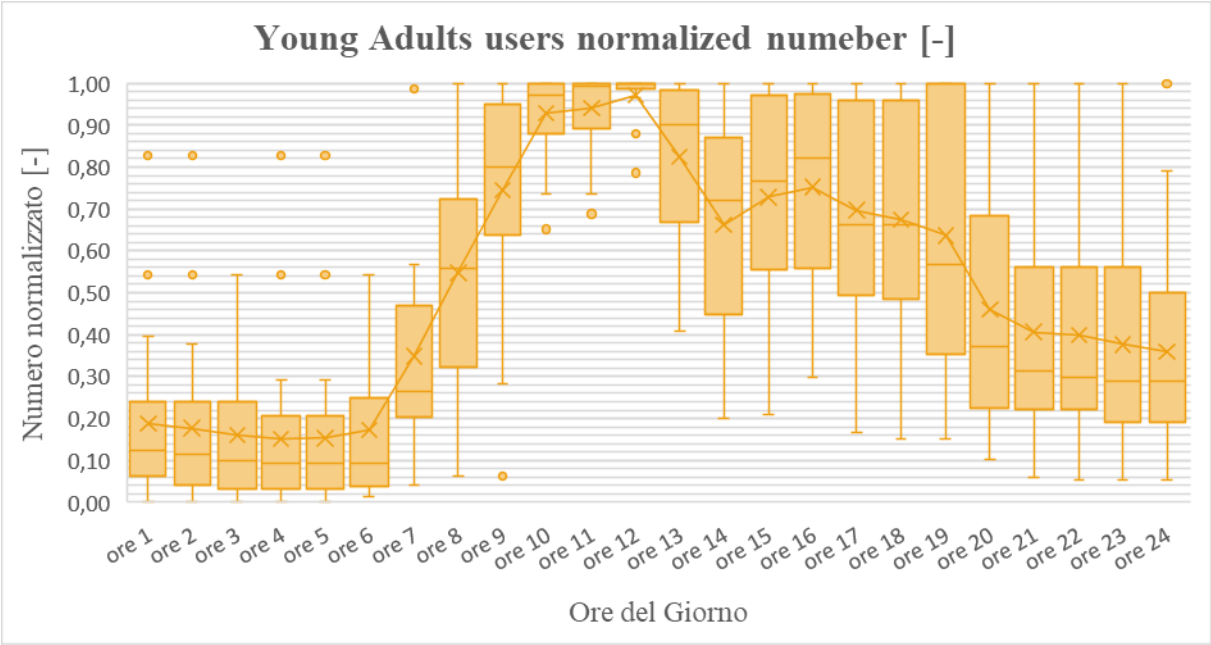


Figura 88. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di giovani adulti (YAnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

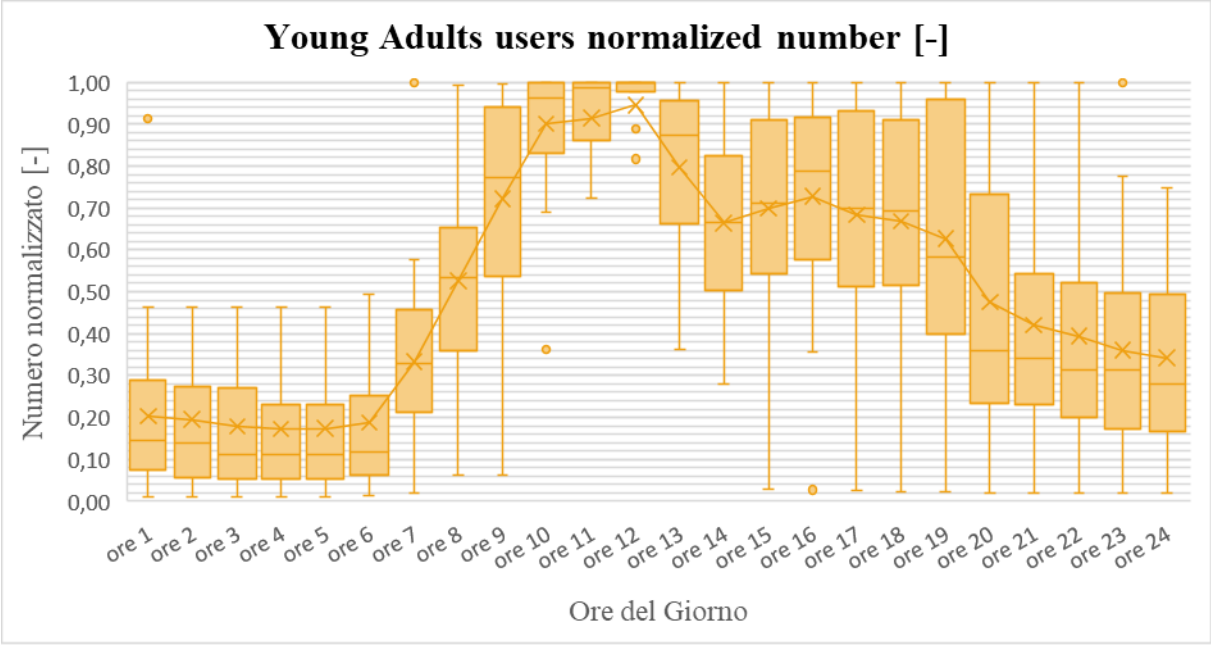


Figura 89. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di (YAnn) presenti nella piazza e nelle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Il numero di utenti adulti normalizzato, con età compresa tra 20 e 69 anni (figura 90), ha un andamento giornaliero simile a quelli precedentemente illustrati; infatti, durante le ore notturne dall'1 alle 6, dipende quasi esclusivamente dagli adulti residenti, presenti tutti nelle loro abitazioni ed i valori vanno da circa 0,05 a 0,20. Dalle ore 8 alle 18 gli utenti adulti residenti da metodologia sono considerati lavoratori, ma al numero complessivo viene applicato il tasso di disoccupazione, poiché non tutti lavorano, quindi, come visto anche nelle altre tipologie di utenti, i valori durante questa fascia oraria dipendo molto dagli utenti adulti non-residenti. Dalla curva della mediana si può notare una notevole variazione causata dall'apertura delle attività commerciali e degli uffici; infatti, iniziano ad aumentare fino al raggiungimento del picco massimo alle ore 12, per poi scendere nuovamente alle ore 14 (orari di chiusura di molte attività commerciali) e risalire nelle ore pomeridiane, con la riapertura di negozi, questo fino alle 19. Nelle ore serali i valori scendono coprendo un range che va da circa 0,20 a circa 0,60; infatti le attività commerciali chiudono e i dati dipendono maggiormente dalla presenza di utenti adulti esterni e dai non-residenti presenti nelle attività di ristoro.

Nella figura 91 viene rappresentata la tipologia di utenti adulti presenti in tutto l'ambiente costruito, incluse le strade di accesso alla piazza. Per questo motivo, il numero complessivo di utenti aumenta, però mettendo a confronto la curva della mediana dei due grafici (figura 90 e 91), la distribuzione giornaliera è la medesima.

L'unica differenza, come specificato anche nelle sezioni precedenti, avviene durante le ore notturne dall'1 alle 6. In diversi casi presenti nel campione, nelle strade di accesso alla piazza sono presenti hotel con apertura h24; per questo motivo, la presenza di utenti adulti non-residenti è maggiore e i valori riferiti a tale fascia oraria coprono un intervallo che va da circa 0,05 a circa 0,35.

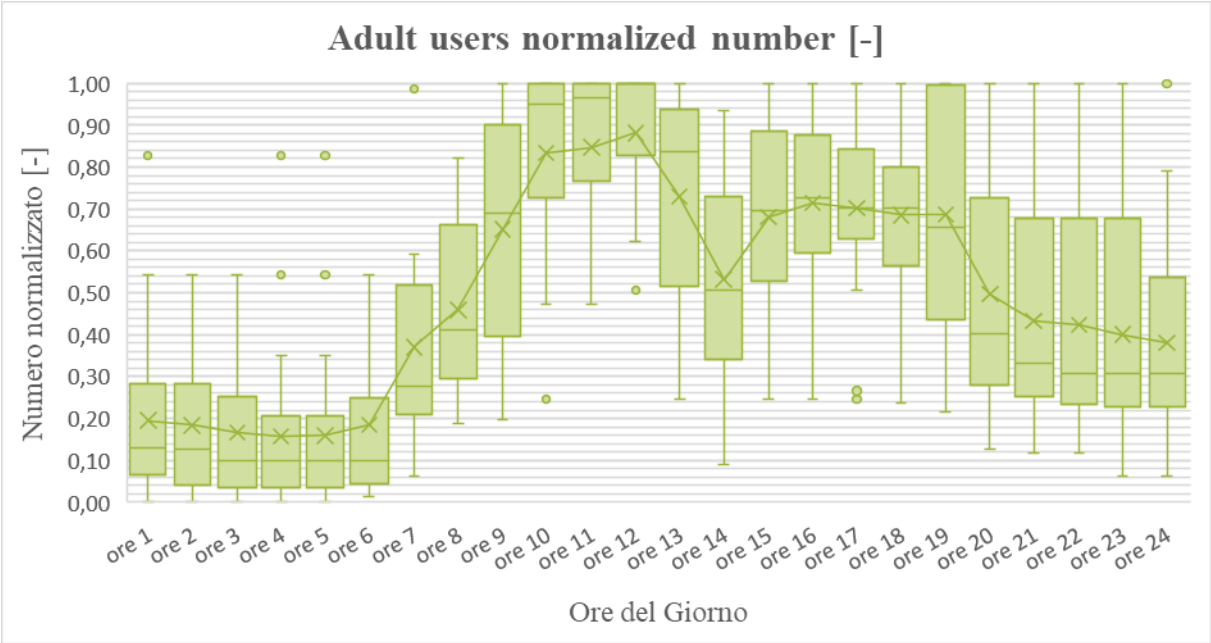


Figura 90. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti adulti (AUnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

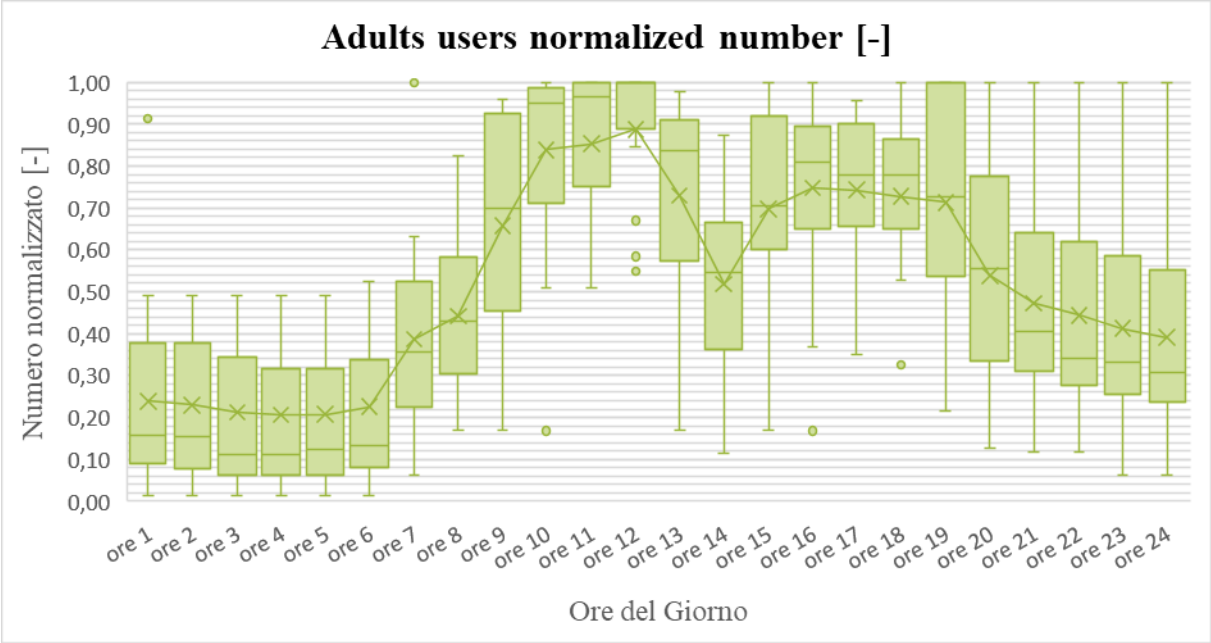


Figura 91. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti adulti (AUnn) presenti nella piazza e nelle strade di acceso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

Nella figura 92 viene rappresentato l'andamento normalizzato giornaliero relativo agli utenti con un'età superiore ai 70 anni, soggetti anziani. Da metodologia, gli utenti residenti appartenenti a tale tipologia vengono considerati in numero costante durante le ore della giornata e sempre presenti nelle proprie abitazioni, come avviene per gli utenti bambini accompagnati (0-4 anni). Si può, quindi, affermare che il numero di utenti anziani e bambini durante le ore del giorno hanno la medesima variazione. Infatti, dall'1 alle 6 sono considerati solo gli utenti residenti, quindi, i valori sono ridotti e pari ad un intervallo che va da circa 0,05 a circa 0,20. Dalle 7 il numero di utenti appartenenti a tale categoria aumenta fino a raggiungere il massimo alle ore 12. Nelle ore del pomeriggio l'andamento mediano diminuisce progressivamente; poiché, il numero di utenti in queste ore dipende principalmente dai soggetti non-residenti.

Il grafico descritto può essere confrontato con l'andamento della medesima tipologia di utenti presenti in tutto l'ambiente costruito, piazza e strade di accesso (figura 93). La distribuzione è la stessa, con valori più alti, ma intervalli ridotti. Infatti, con l'aggiunta di utenti proveniente dalle vie limitrofe, in diversi casi fa sì che la variazione dei soggetti rispetto al picco massimo si riduce.

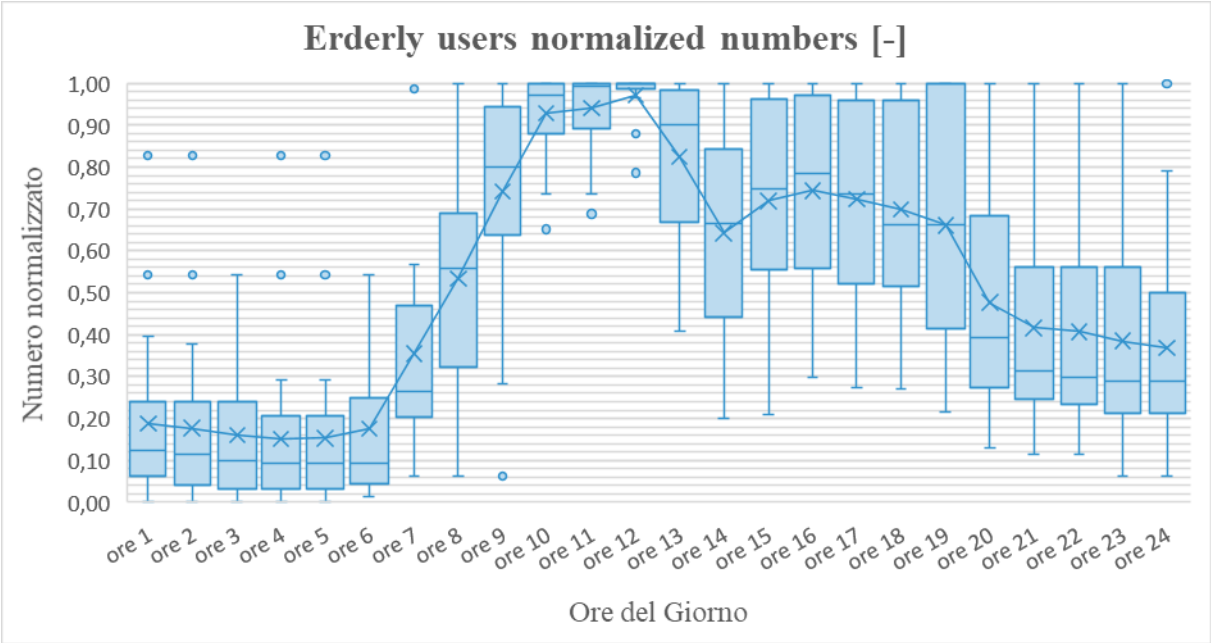


Figura 92. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti anziani (EUnn) presenti nella piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

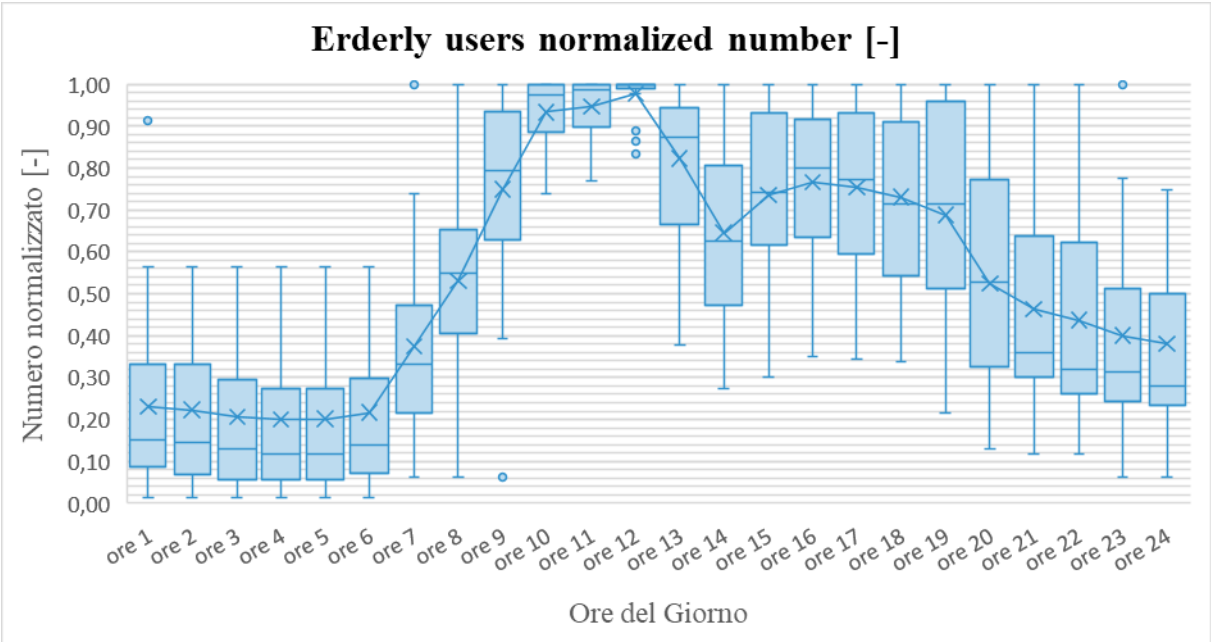


Figura 93. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero normalizzato di utenti anziani (EUnn) presenti nella piazza e nelle strade di acceso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario.

3.3 Descrittori BEC:

3.3.1 Presenza di edifici sensibili [booleano]

La presenza di obiettivi sensibili, viene definita attraverso la variabile booleana, quindi, analizzati secondo due possibilità (si/no).

Nella figura 94 sono rappresentati i risultati dell'analisi effettuata sulle varie categorie di edifici sensibili. Dal grafico box-and-whisker plot, si può notare come in tutto il campione non sono presenti edifici di tipo A (aeroporto, metro, o stazioni ferroviarie). Solo in due casi studio (Reggio Emilia e Milano) è presente una scuola superiore. Invece, gli edifici di tipo B (teatri, musei e chiese) e N1 (edifici governativi) ci sono in quasi tutti i casi; infatti, la tipologia B ha un range di valori che va da 0 a 2 (1° e 3° quartile) e valore mediano 1. Lo stesso avviene per la distribuzione degli edifici governativi, il valore mediano risulta essere pari ad 1.

In tutto il campione solo tre casi studio non presentano edifici sensibili (Carrara, Piazza Vittorio Veneto di Torino e Piazza Lancellotti di Roma), le restanti piazze sono caratterizzate da almeno uno degli edifici ritenuti obiettivi sensibili.

Nell'Appendice A per ogni caso studio gli obiettivi sensibili sono stati indicata graficamente.

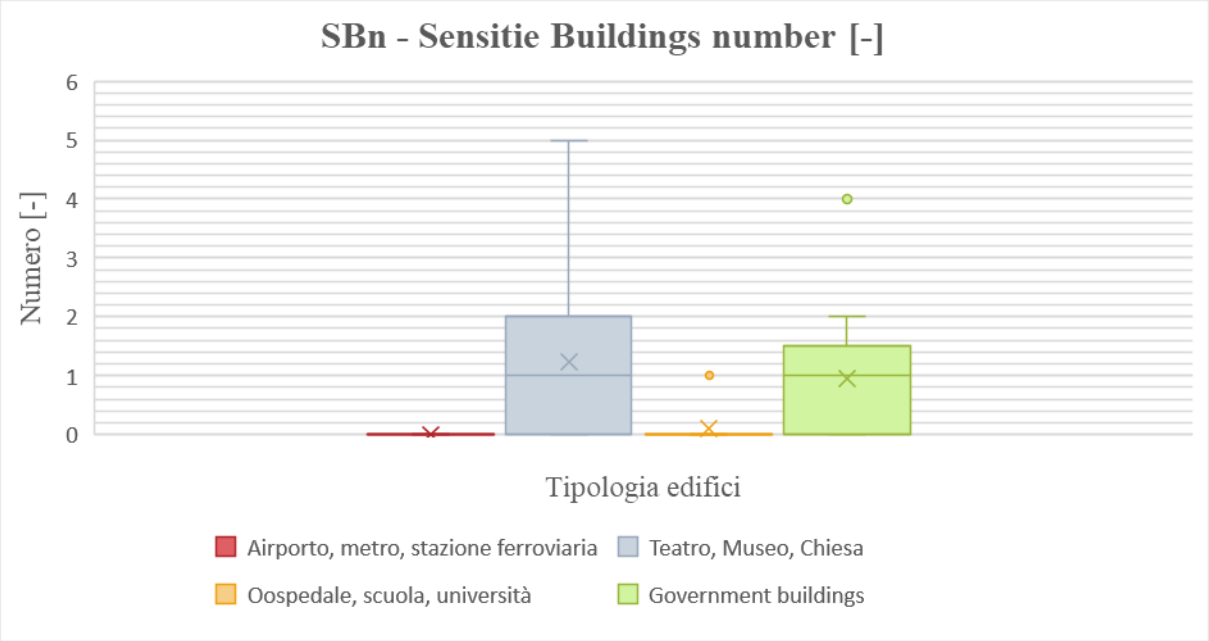


Figura 94. Rappresentazione box-and-whisker plot del numero di edifici sensibili.

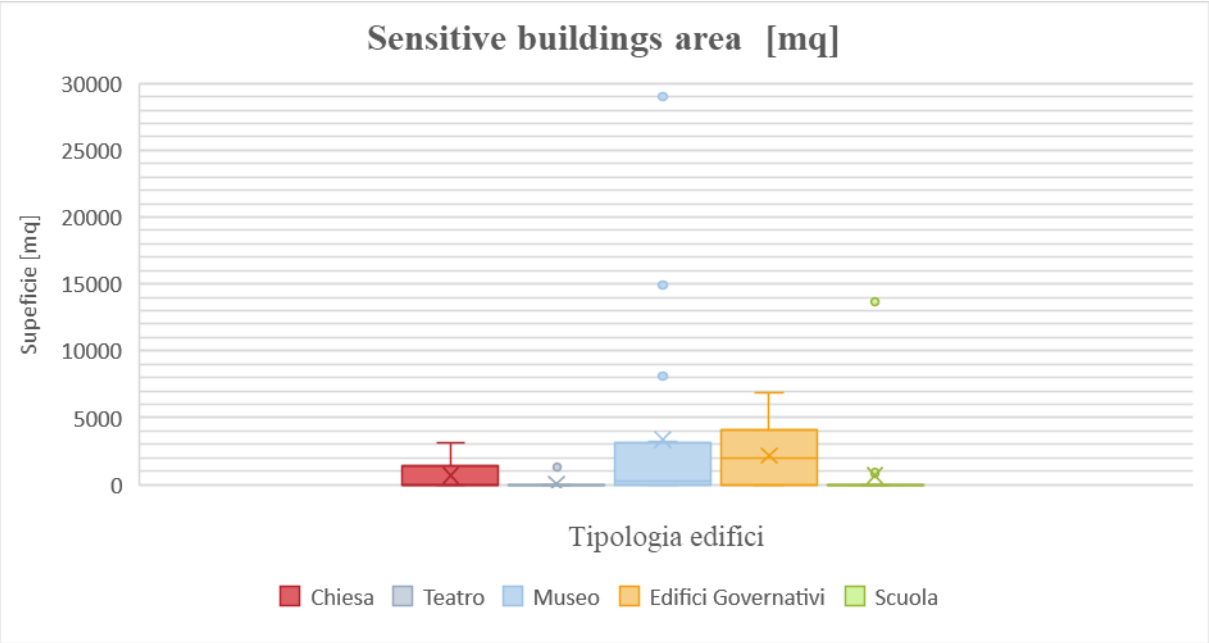


Figura 95. Rappresentazione box-and-whisker plot della superficie [mq] occupata dagli edifici sensibili nel BE.

Nella figura 95 viene rappresentata, per tipologia di edificio, la distribuzione mediana delle superfici occupate dagli obiettivi sensibili presenti nel BE.

Gli edifici governativi hanno un andamento mediano che va da 0 a 4049 mq (1° e 3° quartile), con valore mediano pari a 1980mq, sono presenti nella maggior parte dei casi analizzati nel campione e occupano una notevole superficie.

Anche i musei sono degli obiettivi sensibili presenti in diversi casi studio, e la distribuzione mediana va da 0 a 3120 mq (1° e 3° quartile), con mediana paria a 250 mq. Dal grafico si possono notare diversi outliers: Piazza Sordello di Mantova con una superficie pari a 28995 mq; Piazza Martiri di Carpi, nella quale i musei occupano una superficie di 14940 mq e Piazza dei Signori di Verona, con una superficie pari a 8135 mq.

La distribuzione mediana relativa alle chiese, presenti solo in otto BE analizzati, va da 0 a 1430 mq, rispettivamente 1° e 3° quartile.

Tutti questi edifici, oltre all'importanza culturale e strategica che hanno nel BE, a causa della loro dimensione e della funzione durante l'arco della giornata sono responsabili dell'esposizione di un numero elevato di utenti.

3.3.2 Percentuale di aree esterne per tipologia [%]

La caratterizzazione delle aree esterne, illustrata nella sezione 1.1.1, ha permesso di individuare cinque diverse tipologie di aree outdoor presenti nel BE.

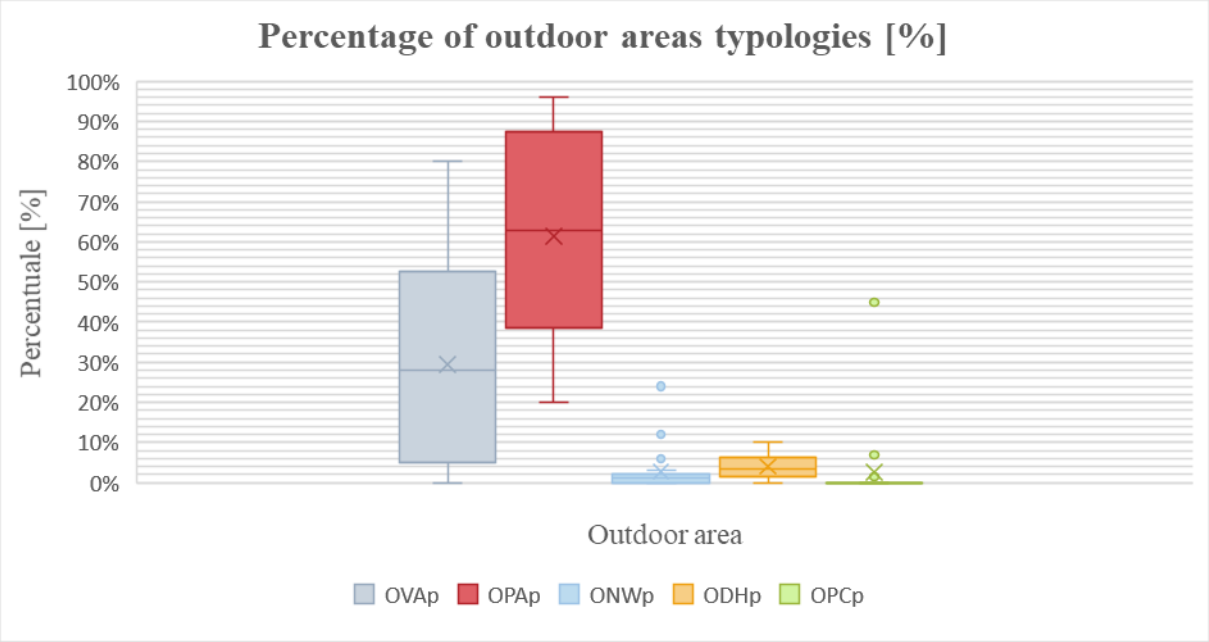


Figura 96. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di aree esterne divise per tipologia riferite alla piazza.

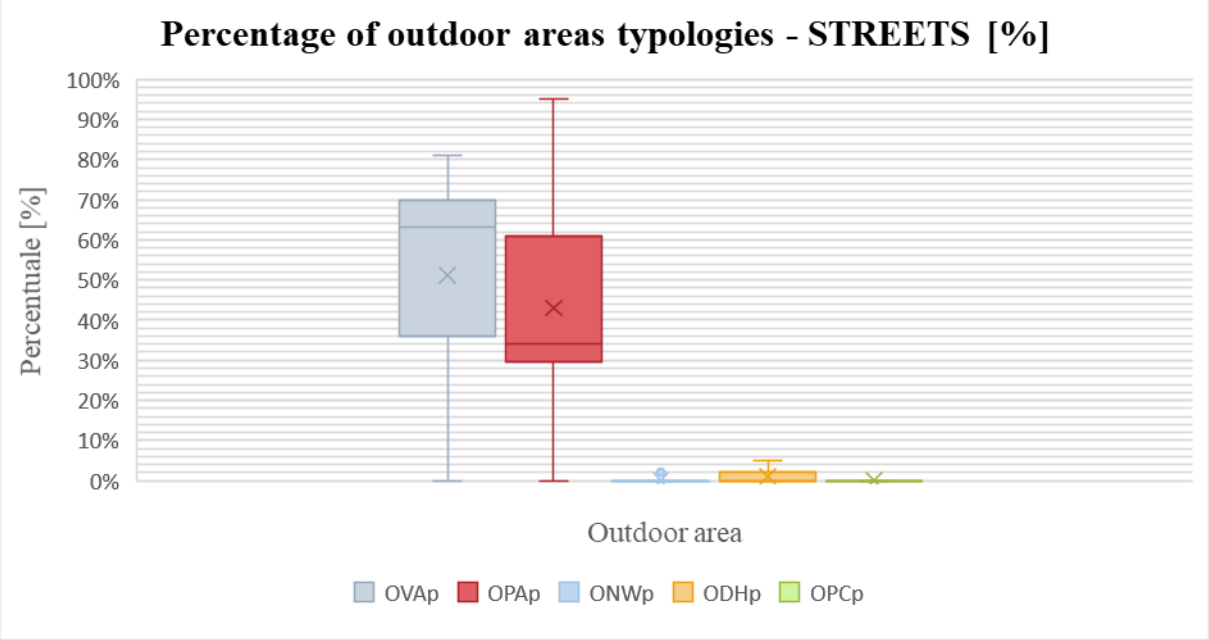


Figura 97. Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di aree esterne divise per tipologia riferite alle strade di accesso alla piazza.

Dalla figura 96 si può verificare, come la percentuale di area pedonale (OPAp) non è nulla in nessuno dei ventuno casi studio analizzati, al contrario in alcuni di essi occupa dimensioni notevoli dello spazio esterno, infatti, il range dei valori critici va da circa 39% a circa 88%, con una mediana circa pari a 63%. Anche la percentuale di area accessibile solo ai veicoli (OVAp) ricopre un range di valori abbastanza ampio, nonostante la sua totale assenza in alcuni casi (Ravenna, Cesena, Verona e Siracusa), quindi, i valori critici vanno da 5% a circa 53%, mentre il valore mediano si aggira intorno al 28%. Invece, la percentuale di area non calpestabile (ONWp), considerata come un ostacolo per il movimento degli utenti presenti nel BE, oscilla tra 0 e 1%. Solo nei tre casi di Gorizia, Carpi e Milano si verifica una dimensione maggiore dello spazio non calpestabile, causata dalla presenza di monumenti e spazi verdi. Poco più ampia, è la percentuale di area occupata dai dehors di bar e ristoranti (ODHp); i valori vanno da circa 2% a 6%, con un dato mediano pari a 4%. La percentuale di area relativa ai cortili (OPCp) ha una distribuzione nulla; infatti, nella figura 81 sono visibili solo tre valori distinti che indicano i casi di Gorizia, Carpi e Verona.

Invece, nella figura 97 vengono rappresentate le percentuali di area outdoor per tipologia relative alle strade di accesso alla piazza, in modo da delineare le principali caratteristiche morfologiche e funzioni dello spazio esterno.
Confrontando le figure sopra (94 e 95), si possono notare degli andamenti nei grafici box-and-whisker plot opposti; infatti, al contrario della piazza, nelle vie di accesso la tipologia di area outdoor prevalente è relativa allo spazio veicolare (OVAp), dove l'andamento percentuale va da un valore pari a 36% fino a 70%, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il dato mediano è pari a 63%. La percentuale di area pedonale (OPAp) ha un range circa uguale alla tipologia veicolare, ma con valori inferiori. La distribuzione va da 29,5% a 61% (1° e 3°), con dato mediano pari a 34%.
Lungo le vie di accesso gli spazi non calpestabili e le aree dedicate a cortili non sono presenti. Invece, i dehors (ODHp) dove presenti occupano delle superfici ridotte; infatti, la distribuzione grafica va da 0% a 2%, con un valore mediano pari a 0%.
La suddivisione delle aree outdoor, il rapporto tra gli spazi outdoor della piazza e le aree delle vie di accesso ad essa possono compresi meglio nelle planimetrie presenti in Appendice A.

3.3.3 Rapporto tra area interna ed esterna

Il parametro relativo al rapporto tra area interna ed esterna si divide in due sotto-parametri: rapporto tra area del costruito totale e area esterna (BAr) e rapporto tra area del costruito accessibile e area esterna (ABAr).

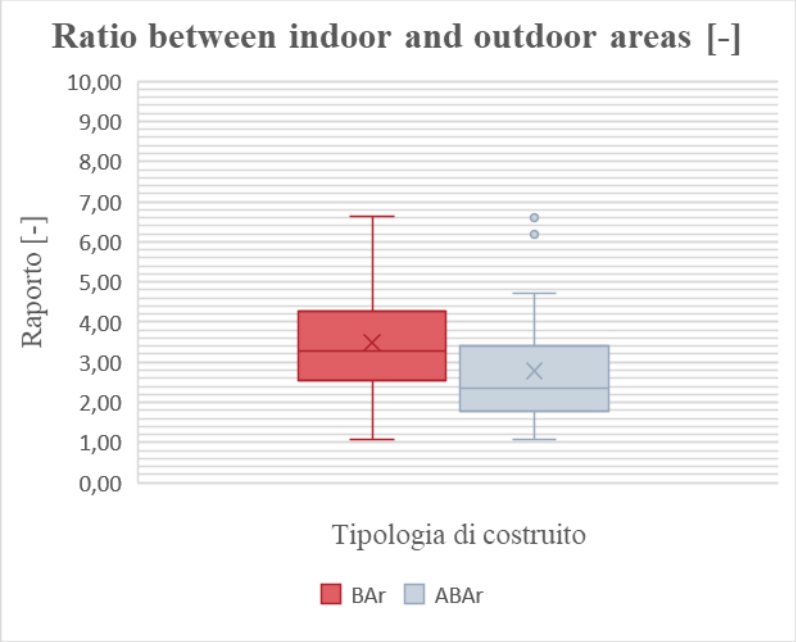


Figura 98. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra area interna ed esterna riferita alla piazza.

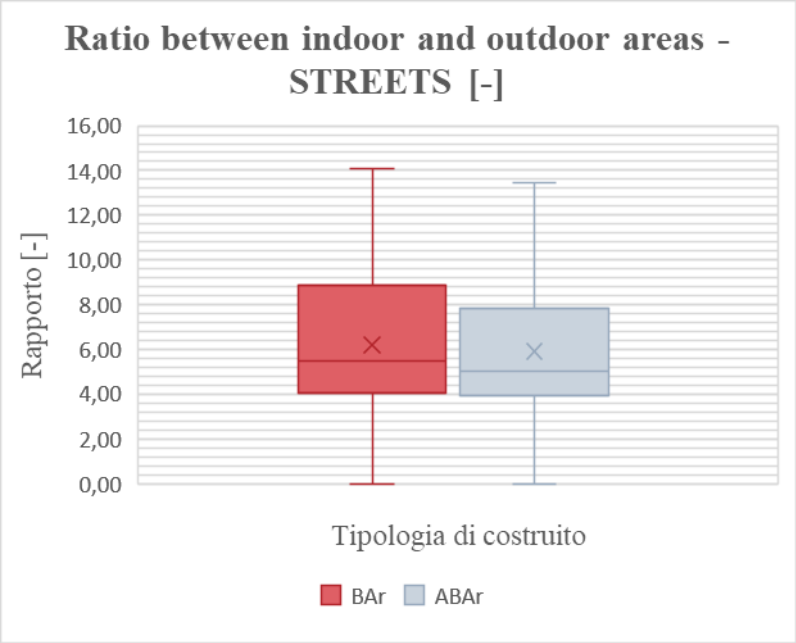


Figura 99. Rappresentazione box-and-whisker plot del rapporto tra area interna ed esterna riferita alle sole strade.

Dai risultati dei dati analizzati (figura 98), si può notare come il parametro BAr ha una un range di valori pari a 2,56 e 4,27, rispettivamente 1° e 3° quartile; mentre, il 2° quartile è pari a 3,3. I dati sono più elevati rispetto a ABAr; infatti, l'intervallo va da 1,8 a 3,4 (1° e 3° quartile), con un valore mediano pari a 2,4. Ciò sta a significare che l'area del costruito totale, in ogni caso studio, è leggermente superiore o uguale all'area del costruito accessibile. Nella distribuzione ABAr si possono notare due valori anomali: Piazza del Comune di Prato, con un dato pari a circa 6,2 (BAr uguale a 6,47) e Piazza della Pigna a Roma, con valore ABAr pari a 6,6 (BAr uguale a 6,63). L'area del costruito accessibile ha dimensioni notevoli rispetto allo spazio outdoor.

Confrontando le figure 98 e 99 il rapporto tra gli spazi indoor e outdoor delle strade di accesso alla piazza confermano che, per ogni caso studio, l'area del costruito totale è circa uguale all'area del costruito accessibile.
La distribuzione mediana del costruito totale (BAr) ha valori che vanno da 4,1 a 8,9 circa e sono rispettivamente 1° e 3° quartile, invece, il dato mediano è pari a 5,5. La distribuzione del costruito accessibile (ABAr) ha valori leggermente inferiori, vanno da 3,95 a 7,8 (1° e 3° quartile), con valore mediano pari a circa 5. Dai dati dei quartili si possono notare degli intervalli più ampi rispetto ai risultati del rapporto indoor/outdoor della piazza, quindi, la conformazione degli spazi delle strade di accesso ha una notevole variabilità. Inoltre, i valori sono maggiori, quindi, le aree indoor hanno una superficie più grande rispetto alle aree outdoor.

La rappresentazione attraverso un grafico a bolle (figura 100) permette di illustrare la relazione tra i due parametri relativi al costruito totale e accessibile, ma anche come questi valori dipendono dall'area esterna complessiva. Infatti, per ogni caso studio la dimensione della bolla, rappresentati in modo qualitativo, indica l'area esterna e il suo posizionamento dipende dalla relazione tra i parametri del costruito, infatti, il centro di ogni bolla viene determinato dall'intersezione dei relativi valori presenti sugli assi cartesiani. Il grafico permette di confermare l'andamento descritto nella figura 98, parametri BAr e ABAr sono circa uguali. Lo stesso avviene per il grafico illustrato nella figura 101 relativa agli spazi delle strade di accesso alla piazza; in questo caso, la linearità tra BAr e ABAr è ancora più leggibile, in tutti i casi il costruito accessibile è pari al costruito totale. Tutte i valori analizzati e i parametri illustrati dai grafici sono stati descritti nelle planimetrie presenti nell'Appendice A.

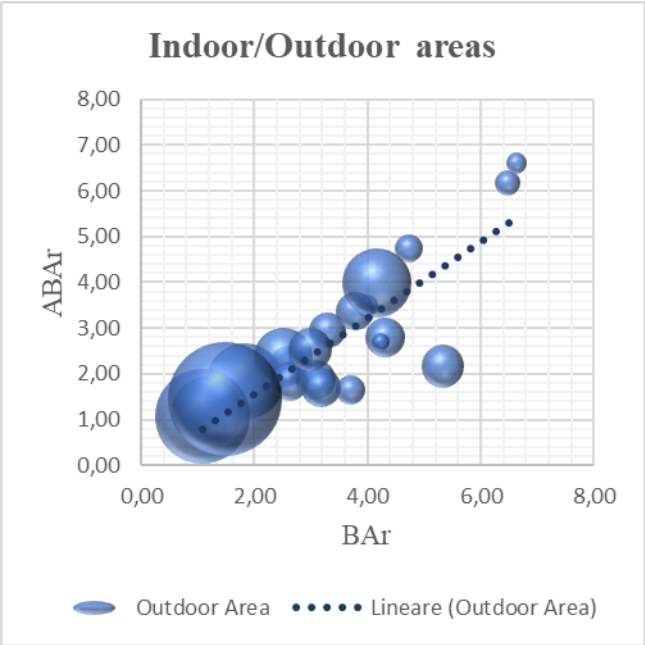


Figura 100. Rappresentazione con grafico a bolle del rapporto costruito accessibile (ABAr) e il rapporto tra costruito totale (BAr) rispetto all'area oudoor della piazza, rappresentata qualitativamente dal diametro della bolla.

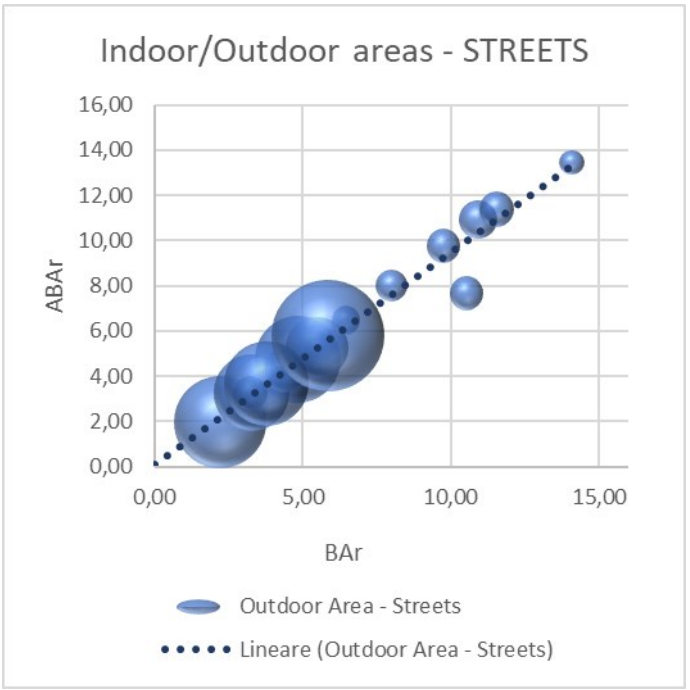


Figura 101. Rappresentazione con grafico a bolle del rapporto costruito accessibile (ABAr) e il rapporto tra costruito totale (BAr) rispetto all'area oudoor delle strade, rappresentata qualitativamente dal diametro della bolla.

3.4 Discussione dei risultati

La tesi si pone l'obiettivo di studiare l'esposizione degli utenti nell'ambiente costruito in condizioni di rischio sismico. In particolare, è stato effettuato un confronto tra gli spazi che costituiscono il BE (piazza e strade), in modo da valutare come l'esposizione degli utenti incide sull'affollamento dello spazio esterno della piazza. Inoltre, l'esposizione degli utenti è stata anche valutata a seconda dell'influenza degli scenari lavoro, festivo, *mass-gatherings e one-off events*.

La metodologia proposta (sezione 2) permette di raccogliere dati in modo sistematico e ripetibile. Si articola in quattro step: caratterizzazione delle aree indoor e outdoor, caratterizzazione del numero massimo di utenti, caratterizzazione degli utenti in base alla vulnerabilità individuale e caratterizzazione in base alla vulnerabilità collettiva. Tale metodologia è stata applicata ad un campione costituito da ventuno BE ed ha portato ad una serie di risultati in termini di valori mediani (schematizzati nella tabella 8).

Un primo confronto può essere effettuato sulle caratteristiche morfologiche della piazza e delle strade di accesso, poiché la conformazione degli spazi indoor e outdoor delle strade, incluse nel BE, incidono sull'esposizione degli utenti. Lo spazio outdoor della piazza è principalmente occupato da aree pedonali; infatti, la percentuale di area pedonale, rispetto alla superficie complessiva, ha un valore mediano pari a 63%. Al contrario, nelle vie di accesso lo spazio outdoor prevalente è quello veicolare, con valore mediano pari a 63% (tabella 8).

Oltre alla conformazione degli spazi outdoor, si possono confrontare le superfici indoor, quindi, occupate dagli edifici che si affacciano sulle aree esterne. Il parametro che definisce il rapporto tra costruito accessibile e area outdoor (ABAr) della sola piazza ha un valore mediano pari a 2,40; invece, il costruito accessibile relativo alle strade di accesso ha un rapporto mediano pari a 5 (tabella 8). Il costruito accessibile in ogni caso è sempre maggiore rispetto all'area outdoor.

In base agli aspetti morfologici si possono distingue due tipologie di ambiente costruito:

- Il 29% delle piazze ha una superficie outdoor complessiva ridotta, infatti, l'area non supera i 2500 mq; mentre, il costruito accessibile occupa una superficie elevata. Per questo motivo, il rapporto ABAr supera notevolmente il valore mediano di 2,40. All'interno del campione cinque casi studio presentano queste condizioni;
- Il 71% delle piazze con area outdoor complessiva superiore a 2500 mq e costruito accessibile che occupa una superficie indoor superiore, ma comunque confrontabile all'area outdoor.

Il parametro della densità degli utenti (UOOd) complessivi ci indica l'affollamento nello spazio outdoor della piazza, ed è un indicatore fondamentale in condizioni di emergenza improvvisa. Nei vari scenari tale parametro subisce delle variazioni:

- Nello scenario feriale il valore mediano della densità riferito alla sola area della piazza è pari a 0,22 pp/mq, durante il giorno tale valore subisce un amento raggiungendo una densità pari a 0,29 pp/mq. Considerando gli utenti presenti nelle vie di accesso il valore mediano della piazza aumenta fino a 0,34 pp/mq, in questo caso durante il giorno la densità raggiunge un valore pari a 0,62 pp/mq;
- Nello scenario festivo la densità si mantiene circa uguale; mentre, considerando gli utenti presenti nelle vie di accesso il valore mediano della piazza ha un aumento minore rispetto allo scenario feriale ed è pari a 0,26 pp/mq, questo valore durante le ore del giorno aumenta fino a 0,50 pp/mq;
- Nei mass-gatherings la densità degli utenti complessivi durante lo svolgimento dell'evento (generalmente dalle 8 alle 14) raggiunge mediamente picchi pari a 2,30 pp/mq. Nel momento in cui l'evento è concluso la densità torna nei range del campione.
- Negli eventi una tantum, *one-off* events. L'indice di affollamento nello spazio outdoor della piazza raggiunge valori di picco fino a 4 pp/mq durante le ore di svolgimento dell'evento, generalmente dalle 20 alle 03. Per poi tornare a valori di densità definiti negli scenari standard.

Gli utenti non-residenti (NRp) sono quelli che in percentuale vanno ad influenzare maggiormente l'affollamento nello spazio outdoor della piazza. Negli scenari può subire delle variazioni:

- Nello scenario feriale il valore mediano della percentuale dei non residenti è pari a 50%, durante le ore del giorno aumenta fino ad un valore mediano pari a 58%, con l'inclusione delle strade il valore mediano rimane invariato; invece, raggiunge una percentuale pari a 71% durante le ore del giorno;
- Nello scenario festivo il valore mediano della percentuale dei non residenti presenti nella sola piazza è pari a 39%; durante il giorno raggiunge un valore pari a 53%. Includendo gli utenti presenti nelle strade di accesso la percentuale di utenti non residenti aumenta solo di un punto percentuale, quindi, è pari a 40%, però nelle ore del giorno raggiunge un valore pari a 63%;

- Nei *mass-gatherings* la percentuale di non residenti rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento dell'evento corrisponde ad un valore mediano pari a 25%;
- Negli eventi una tantum il valore percentuale rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento dell'evento corrisponde mediamente a circa 7%.

Gli utenti *only outdoor* (OOp) sono esposti nelle aree ad uso pedonale, negli scenari subiscono delle variazioni minime:

- Nello scenario feriale la percentuale di utenti esterni presenti nel solo spazio della piazza è pari a 13%, durante le ore del giorno il valore è pari a 23%; mentre includendo gli spazi pedonali delle strade di accesso la percentuale di utenti esterni rispetto al totale diminuisce arrivando ad un valore mediano pari a 11%, di giorno la percentuale incrementa fino ad un valore pari a 19%;
- Nello scenario festivo la percentuale di utenti esterni presenti nel solo spazio della piazza è pari a 19%; durante le ore del giorno la percentuale di utenti è pari a 32%; mentre includendo gli spazi pedonali delle strade di accesso la percentuale di utenti esterni rispetto al totale diminuisce arrivando ad un valore mediano pari a 17%, inoltre durante le ore del giorno il valore arriva a 32%;
- Nei *mass-gatherings* la percentuale di *only outdoor* rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento dell'evento corrisponde ad un valore mediano pari a 4%;
- Negli eventi una tantum il valore percentuale rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento dell'evento corrisponde mediamente a circa 12%.

I *prevant outdoor users* (POp) in percentuale influenzano l'affollamento nell'area outdoor della piazza a seconda del tipo di scenario:

- Nello scenario feriale la percentuale di utenti prevalenti presenti nei dehors della piazza ha un valore mediano pari a 2%; durante le ore del giorno aumenta fino ad arrivare ad un valore pari a 5%; mentre, includendo i dehors presenti nelle vie di accesso il valore mediano degli utenti prevalenti diminuisce di un punto percentuale;
- Nello scenario festivo la percentuale di utenti prevalenti è pari al 2% e rimane invariato considerando gli utenti provenienti dalle vie di accesso, ma durante le ore del giorno subisce un aumento di due punti percentuali;
- Nei *mass-gatherings* la percentuale di *prevalent outdoor* rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento raggiunge dei picchi pari a 50%;

- Negli *one-off events* la percentuale di *prevalent outdoor* rispetto agli utenti complessivi, durante lo svolgimento raggiunge dei picchi pari a 95%.

Dalla discussione si evince che durante lo svolgimento di eventi di aggregazione di massa si verificano dei picchi di affollamento nello spazio outdoor della piazza.
Negli scenari temporali festivi e feriali l'esposizione degli utenti nel BE è maggiore durante le ore del giorno. Inoltre, l'inclusione nel BE delle vie limitrofe non incide in modo eccessivo sull'esposizione degli utenti.

3.5 Casi studio specifici

Il caso studio di Piazza Sordello (Appendice A) a Mantova rispetto alla mediana del campione, ha un'area outdoor estesa (12285 mq), ma anche il costruito accessibile è molto denso, occupa una superficie indoor pari a 48835 mq, prevalentemente con destinazione d'uso speciale (musei, chiesa, procura); per questo motivo, nello scenario standard, la densità degli utenti complessivi in relazione alla piazza ha un valore mediano pari a 0,60 pp/mq, superiore alla mediana del campione e raggiunge picchi maggiori di 1 pp/mq durante le ore lavorative.
A causa della tipologia di edifici che hanno accesso sulla piazza gli utenti esposti sono prevalentemente i *non-residents*, la percentuale rispetto agli utenti complessiva ha un valore mediano pari a 80%. In presenza di uno scenario di rischio improvviso gli utenti che affollano lo spazio outdoor della piazza non hanno familiarità con gli spazi e con i percorsi di emergenze.
L'ambiente costruito di Piazza Duomo di Crotone (Appendice A) include molte aree nelle strade di accesso alla piazza; infatti, la superficie complessiva è pari a 1143 mq di area. L'area occupata dalle strade è circa uguale all'area della piazza (1160 mq). Quindi, gli utenti presenti negli spazi outdoor e indoor delle vie di accesso nel in caso di scenario di rischio improvviso, come il sisma, vanno a gravare sull'indice di affollamento della piazza; poiché seguendo il criterio del percorso più breve raggiungono lo spazio più vicino più ampio.
La densità degli utenti complessivi rispetto all'area outdoor della piazza ha un valore mediano pari a 0,96 pp/mq, notevolmente maggiore rispetto alla media del campione. Come per il caso di Mantova gli utenti più esposti nel BE sono i non-residenti; infatti, la loro percentuale rispetto agli utenti complessivi ha un valore mediano pari a 80%. In questo caso, però, l'esposizione di utenti che non hanno familiarità con gli spazi è data dalla presenza di un edificio con destinazione d'uso di alloggio, quindi, la percentuale di utenti non residenti esposti è costantemente elevata.
Il caso anomalo di Piazza Lancellotti (Appendice A) presenta delle condizioni di esposizione uniche. Nessun altro caso del campione è costituito esclusivamente da edifici con destinazione

d'uso esclusivamente residenziale; infatti, non ci sono attività commerciali, uffici o edifici speciali. La densità degli utenti complessivi ha un valore mediano pari a 0,45 pp/mq, dipende quasi esclusivamente dagli utenti residenti; infatti, la percentuale di utenti residenti sul totale è pari a 91%. Il restante 9% corrisponde alla percentuale di passanti, gli *only outdoor;* poiché, lo spazio outdoor della piazza è principalmente adibito al passaggio e alla sosta dei veicoli, le aree pedonali sono ridotte.

3.6 Selezione dei parametri descrittori delle tipologie di ambiente costruito (BETs) in base all'esposizione degli utenti.

I parametri e i sotto-parametri definiti dalla metodologia di gestione dei dati raccolti, nella sezione 2 sono stati elaborati e valutati tramite analisi statistiche InterQuartile. I risultati restituiti da tali analisi sono espressi attraverso un range di valori (1° e 3° quartile), ma si concentrano maggiormente sui valori mediani (2° quartile), quindi, vengono considerati più significativi; poiché, forniscono un esame attento di metà campione. Nella tabella 8 vengono elencati i parametri più significativi per la descrizione delle BETs secondo la caratterizzazione degli utenti. Viene effettuato un confronto tra i range della piazza e i range che includono le strade di accesso, per ogni scenario giornaliero. Per poter verificare come gli utenti si muovono verso le aree outdoor.

Inoltre, nella tabella si può notare, come i parametri vengono strutturati in modo da delineare la creazione dello scenario BET.

Si susseguono quattro step:

1. Definizione del costruito accessibile (ABAr) e delle aree outdoor specifiche (OPAp, OVAp, ODHp);
2. Definizione della densità degli utenti complessivi nell'area outdoor della piazza (UOOd);
3. Caratterizzare gli utenti indoor in base alla familiarità dei luoghi (NRp, Rp) e alla vulnerabilità individuale per età (Tp, PCp, YAp,AUp, EUp);
4. Caratterizzare gli utenti esterni, passanti e prevalenti (OOp, POp).

Ognuno di questi parametri sono riferiti alla classe di descrittori OUC, quindi, alla caratterizzazione generale degli utenti, senza effettuare nessuna specifica sui valori in funzione del tempo, però negli eventi derivanti da disastri ad insorgenza improvvisa (SUOD), alcuni dati analizzati in funzione del tempo potrebbero essere utili per capire il comportamento degli utenti esposti, che può cambiare in tempi brevi e per verificare condizioni di picco nel BE.

I parametri che possono essere espressi anche in funzione del tempo sono: la densità esterna complessiva (UOOd); il numero di utenti NRp, Rp, OOp e POp.
Inoltre, i parametri vengono impiegati nella simulazione di scenari di rischio improvviso (SUOD), come il terremoto; nei quali, si prevede l'evacuazione dei soggetti presenti all'interno del costruito, per questo tutti gli utenti nel BE vengono considerati nelle aree esterne.

Tabella 8. Selezione dei parametri descrittori delle BETs secondo gli andamenti mediani della sezione 3. Sono elencati gli step, i parametri e i valori per ogni scenario; oltre, al confronto tra lo spazio e gli utenti della piazza e delle vie di accesso ad essa

		Piazza				Strada		
		Per ogni scenario: Range; valore mediano [unità di misura]				Per ogni scenario: Range; valore mediano [unità di misura]		
Step	Parametri	Scenario Feriale	Scenario Festivo	Scenario Mass_G	Scenario One_Off	Scenario Feriale	Scenario Festivo	Scenario Mass_G
1	ABAr (sez. 3.3.3)	1,8÷3,4: 2,4 [-]				3,95÷7,8: 5 [-]		
	OPAp (sez. 3.3.2)	39÷88: 63 [%]				29,5÷61: 34 [%]		
	OVAp (sez. 3.3.2)	5÷53: 28 [%]				36÷70: 63 [%]		
	ODHp (sez. 3.3.2)	2÷6: 4 [%]				0÷2: 0 [%]		
2	UOOd (sez. 3.1.4)	0,18÷0,29: 0,22 [pp/mq]	0,15÷0,27: 0,21 [pp/mq]	0÷0,28: 0 [pp/mq]	0,21÷0,82: 0,37 [pp/mq]	0,27÷0,62: 0,34 [pp/mq]	0,22÷0,50: 0,26 [pp/mq]	0÷0,3: 0 [pp/mq]
3	NRp (sez. 3.1.2)	38 (notte) ÷ 58 (giorno): 50 [%]	18 (notte) ÷ 53 (giorno): 39 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 23 (evento concluso): 0 [%]	5 (svolgimento evento) ÷ 58 (evento concluso): 23[%]	36 (notte) ÷ 71 (giorno): 50 [%]	30 (notte) ÷ 63 (giorno): 40 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 25 (evento concluso): 0 [%]
	Rp (sez. 3.1.2)	7 (ore lavorative) ÷ 29 (ore non lavorative): 15 [%]	10 (giorno) ÷ 50 (notte): 18 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 3 (evento concluso): 0 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 6 (evento concluso): 2 [%]	10 (ore lavorative) ÷ 32 (ore non lavorative): 14 [%]	12 (giorno) ÷ 34 (notte): 20 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 7 (evento concluso): 0 [%]
	Caratterizzazione vulnerabilità individuale (sez. 3.1.3)	**Età**: Tp=3,8%, PCp=9,2%, YAp=4,8%, AUp=64,8%, Eup 17,3%; **Genere**: Mp=48,70, Fp=51,30%				**Età**: Tp=3,8%, PCp=9,2%, YAp=4,8%, AUp=64,8%, Eup 17,3%; **Genere**: Mp=48,70, Fp=51,30%		
4	OOp (sez. 3.1.2)	7 (notte) ÷ 23 (giorno): 13 [%]	12 (notte) ÷ 32 (giorno): 19 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 4 (evento concluso): 0 [%]	1 (svolgimento evento) ÷ 12 (evento concluso): 5 [%]	6 (notte) ÷ 19 (giorno): 11 [%]	8 (notte) ÷ 32 (giorno): 17 [%]	0 (svolgimento evento) ÷ 3 (evento concluso): 0 [%]
	POp (sez. 3.1.2)	1 (notte) ÷ 5 (giorno): 2 [%]	1 (notte) ÷ 5 (giorno): 2 [%]	0	0	1 (notte) ÷ 3 (giorno): 1 [%]	1 (notte) ÷ 4 (giorno): 2 [%]	0

CONCLUSIONI

Le condizioni di emergenza causate dai disastri di rischio improvviso (SUOD), in particolare il terremoto, dipendono dalle caratteristiche morfologiche dell'ambiente costruito, degli utenti esposti e dal tipo di scenario giornaliero (standard o raduni di massa) in cui l'evento si verifica. A tal fine, la metodologia applicata tiene conto degli utenti presenti negli spazi della piazza e delle strade di accesso ad essa, poiché i soggetti situati lungo le vie in caso di evento sismico tendono a muoversi verso spazi più ampi; si occupa di coordinare i fattori relativi alla vulnerabilità (individuale e collettiva) e all'esposizione, in questo modo il fattore umano viene considerato in entrambe le problematiche ed infine, la metodologia tiene conto degli scenari temporali giornalieri, in modo da riuscire a definire una distribuzione spazio-temporale.
Il lavoro di tesi, sulla base delle analisi effettuate permette di selezionare una serie di parametri tipici per l'esposizione degli utenti, riguardanti lo spazio complessivo dell'ambiente costruito, la densità degli utenti complessivi nello spazio outdoor della piazza e la percentuale di familiarità che gli utenti hanno con lo spazio e con le procedure di emergenza. Inoltre, tali parametri sono stati dedotti applicando un confronto tra gli utenti presenti esposti nel solo spazio della piazza e gli utenti complessivi, inclusi quelli provenienti dalle strade di accesso. In conclusione, l'inclusione nel BE delle vie limitrofe non incide in modo eccessivo sull'esposizione degli utenti. L'affollamento complessivo nell'area della piazza in condizioni di emergenza non subisce un aumento rilevante.
Lo studio, inoltre, fornisce i fattori ricorrenti per la caratterizzazione dell'ambiente costruito attraverso un approccio tipologico.

In ogni caso, i valori forniti dai risultati evidenziano anche come sia necessario ampliare il campione studiato, in modo da raggiungere una maggiore precisione nella caratterizzazione dei fattori tipici degli utenti.
Le azioni future per migliorare i risultati attuali dovrebbero introdurre una valutazione critica dei fattori raccolti basata su osservazioni empiriche e sull'analisi statistica di un gran numero di casi studio reali. Questa ulteriore analisi permetterà di creare strumenti e metodi per la rappresentazione delle BETs in modelli BIM e modelli rapidi orientati alla realtà virtuale o aumentati, in modo da riuscire rappresentare le modifiche che gli scenari di rischio possono apportare al BE. Inoltre, i modelli di rappresentazione verranno combinata con i processi di simulazione dei fattori umani.

APPENDICE A - Configurazione morfologica e caratterizzazione delle aree esterne di ogni caso studio

Ogni caso studio è stato individuato tramite planimetria, in modo da avere una visuale generale del BE. Successivamente, è stata effettuata una divisione delle aree esterne e sono stati indicati gli edifici definiti obiettivi sensibili.

Legenda:

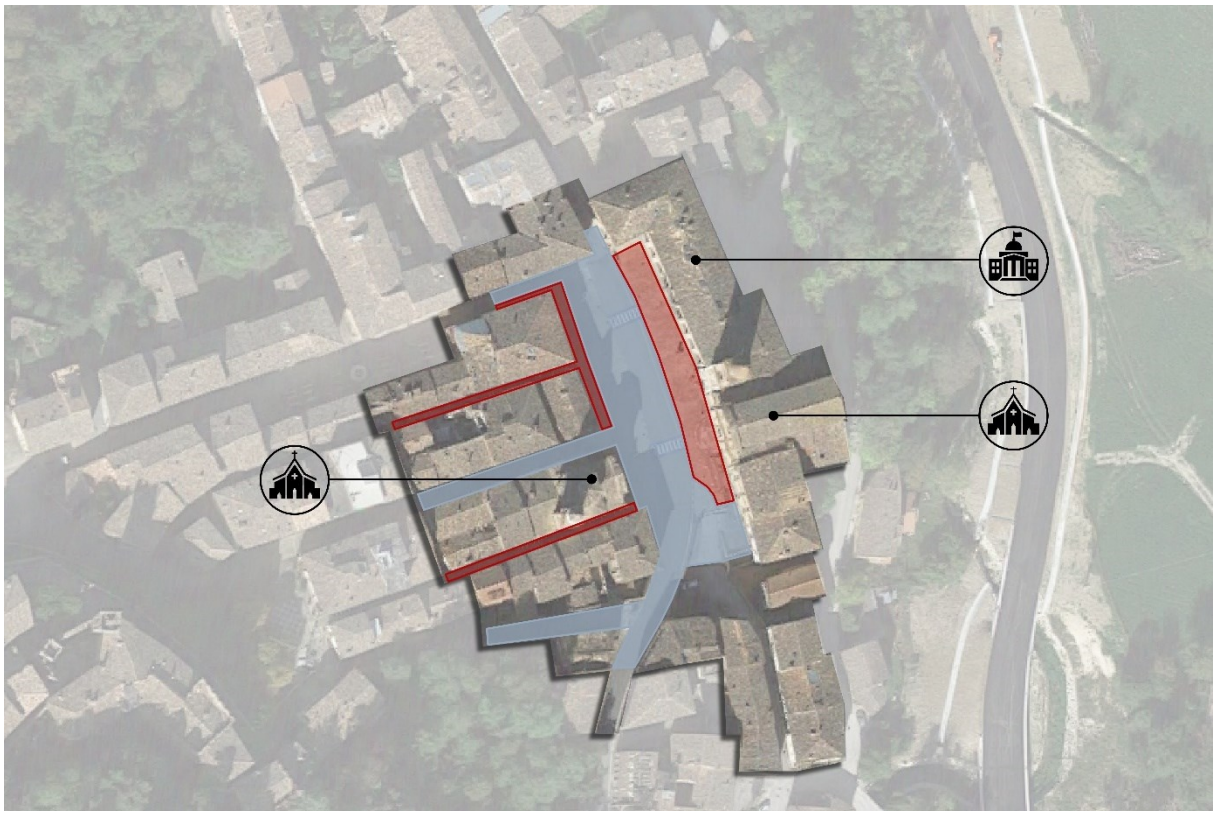
Area Pedonale
Area Carrabile
Area Non Calpestabile
Area Dehor
Area Cortile

Chiesa
Museo
Teatro

Edificio Governativo
Scuola/Università

Elenco dei casi studio:

Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Caldarola	Piazza Vittorio Emanuele		X	64	29	0,45	Elongated		29	e	



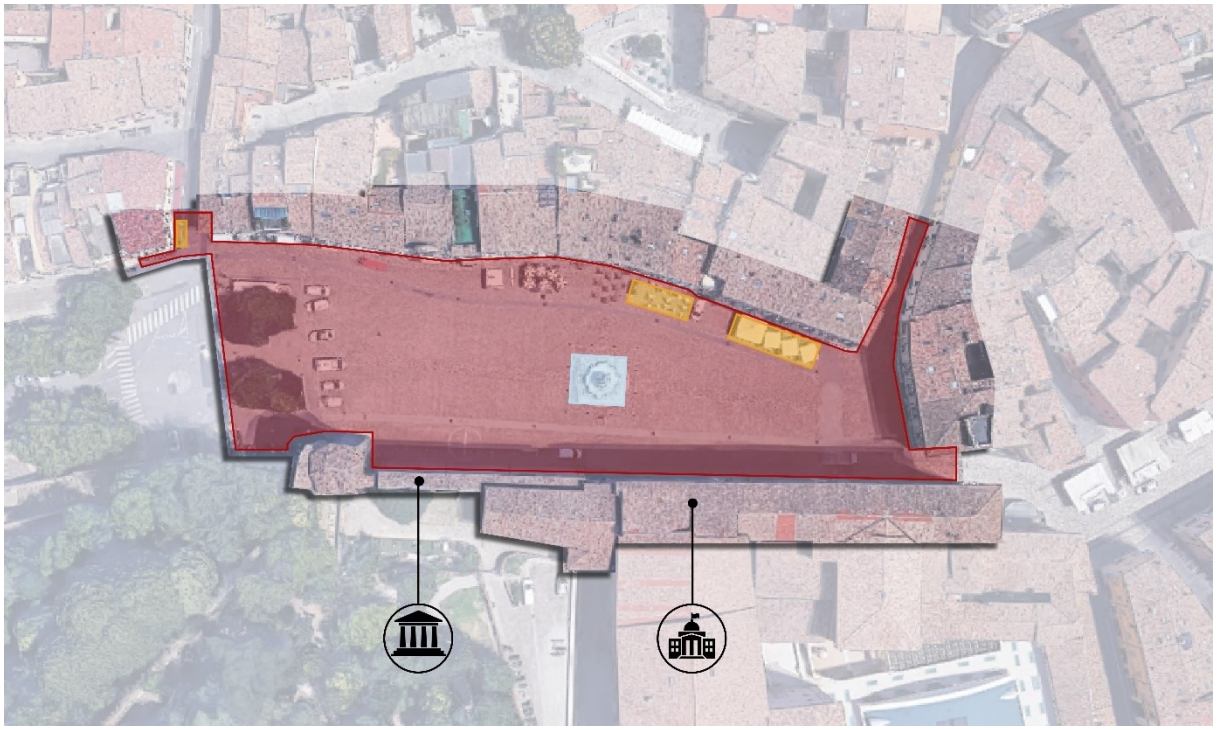
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Carpi	Piazza Martiri		X	270	40	0,15	Very Elongated	30	40	e	4



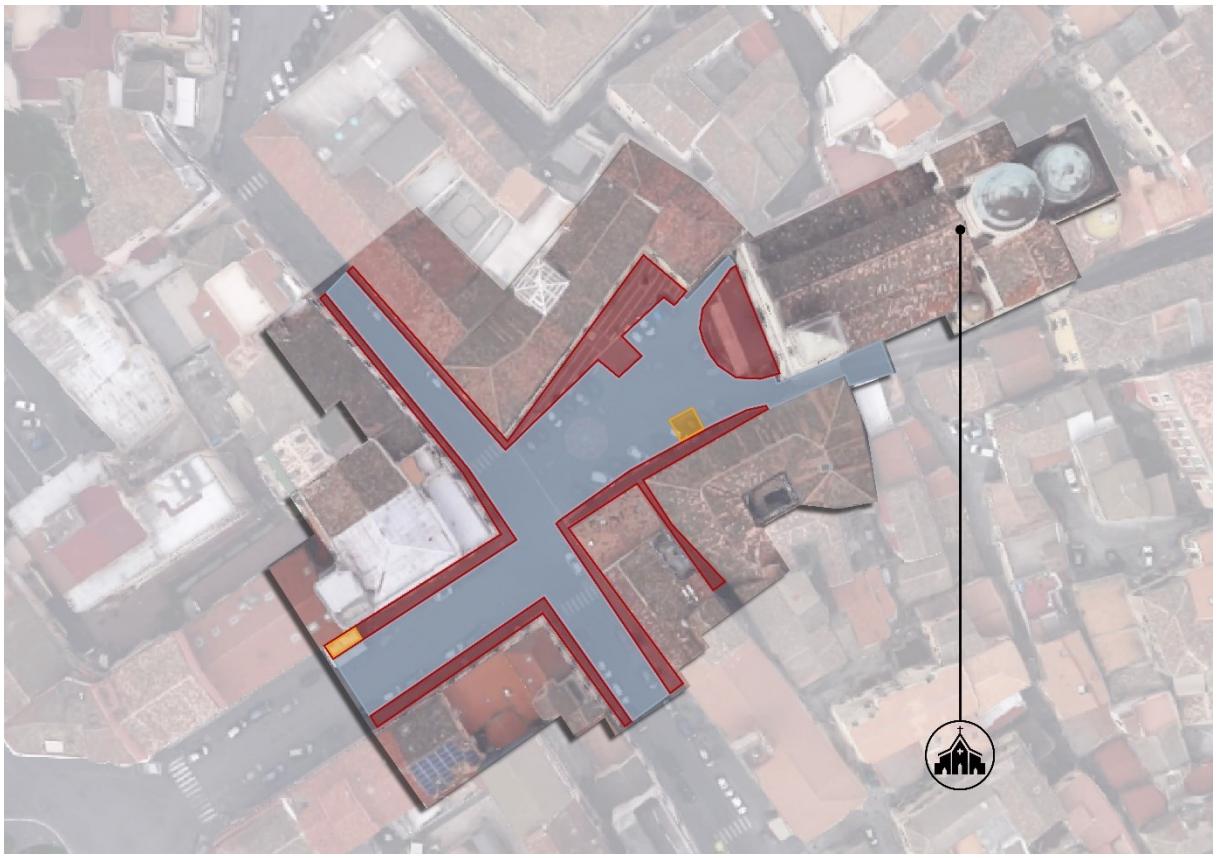
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Carrara	Piazza Alberica		X	100	25	0,25	Very Elongated	20	25	e	4



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Cesena	Piazza del Popolo		X	115	35	0,30	Elongated	25	35	e	3



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Crotone	Piazza Duomo		X	40	20	0,50	Elongated	12	20	e	4



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Cuneo	Piazza Tancredi Galimberti		X	200	100	0,50	Elongated	20	100	e	0



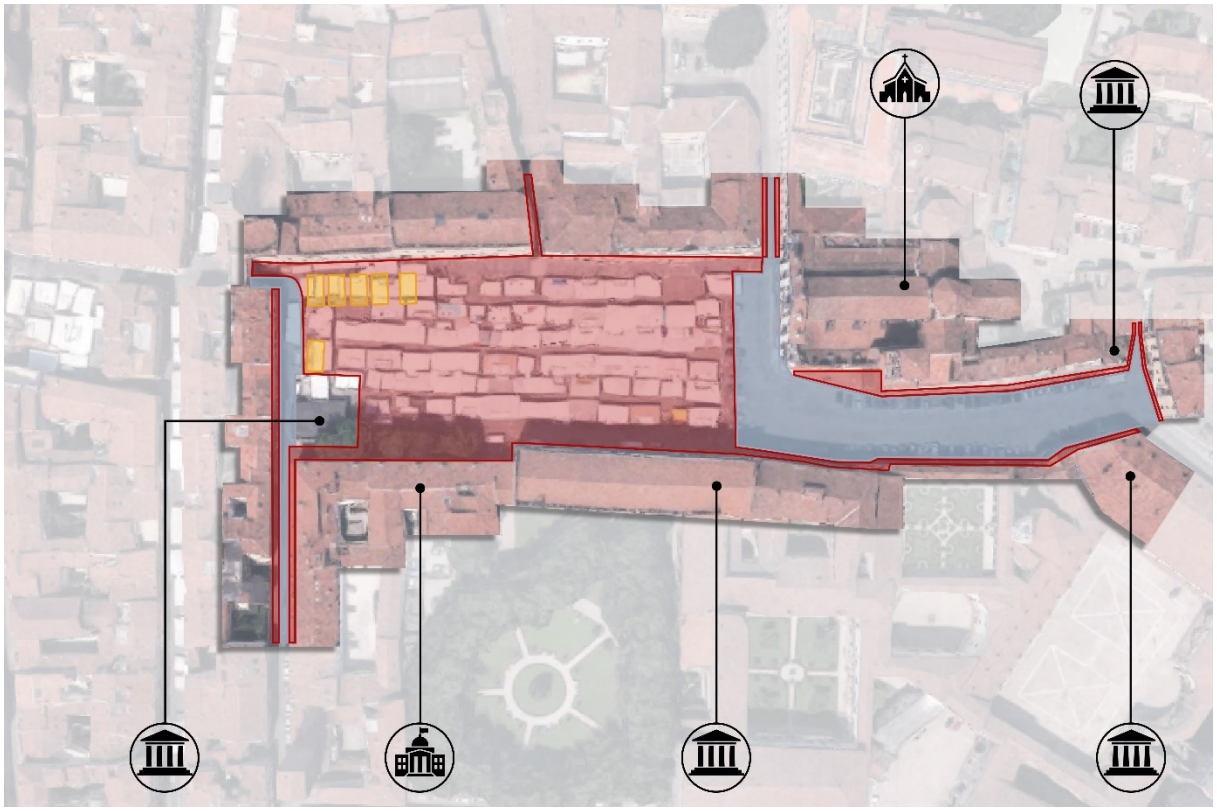
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Fermo	Piazza del Popolo		X	130	20	0,15	Very Elongated	20	20	e	4



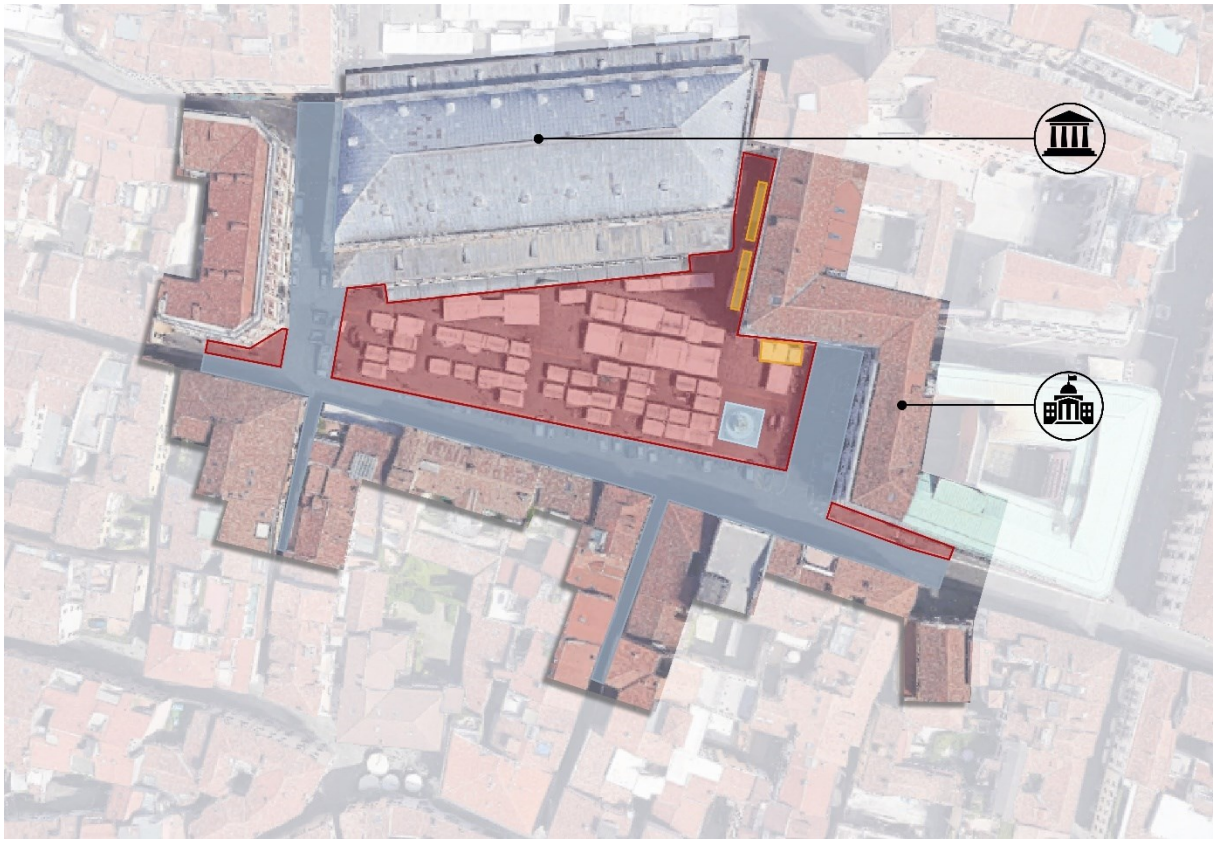
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Gorizia	Piazza della Vittoria		X	150	50	0,33	Elongated	30	50	e	4



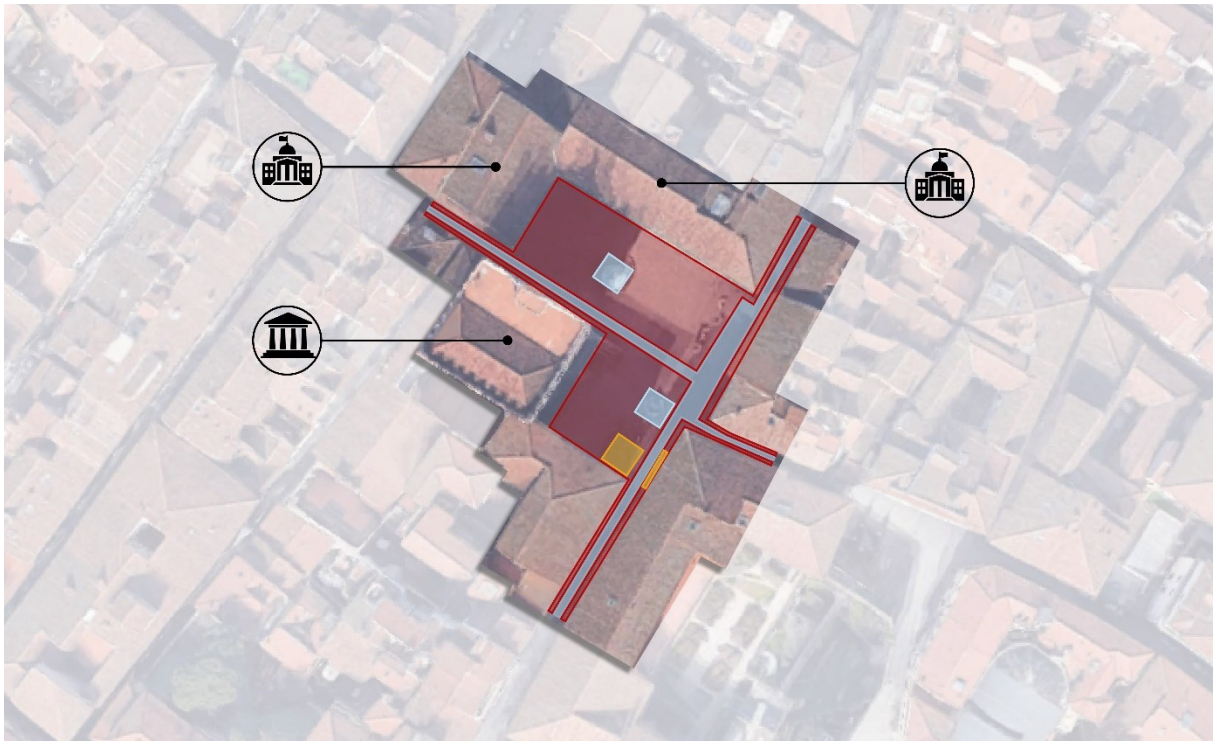
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Mantova	Piazza Sordello		X	135	50	0,37	Elongated	25	50	e	4



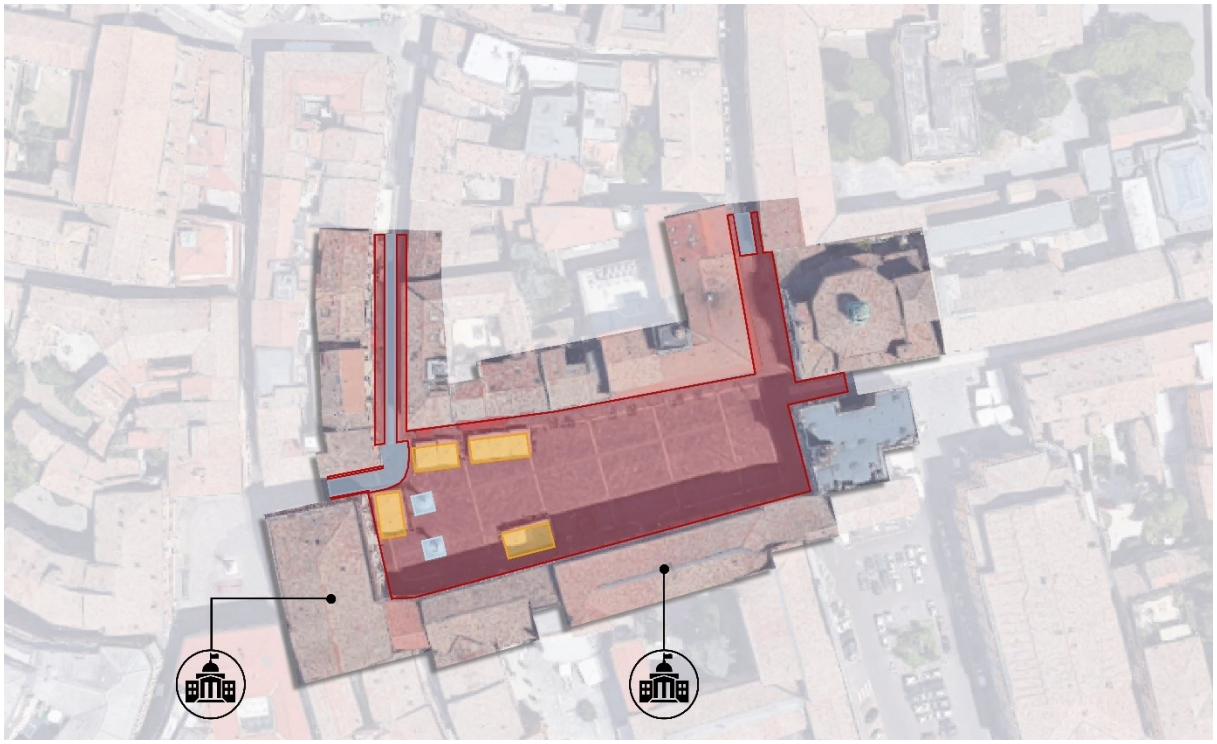
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Padova	Piazza delle Erbe		X	115	35	0,30	Elongated	25	35	e	3



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Prato	Piazza del Comune		X	43	20	0,47	Elongated		20	e	4



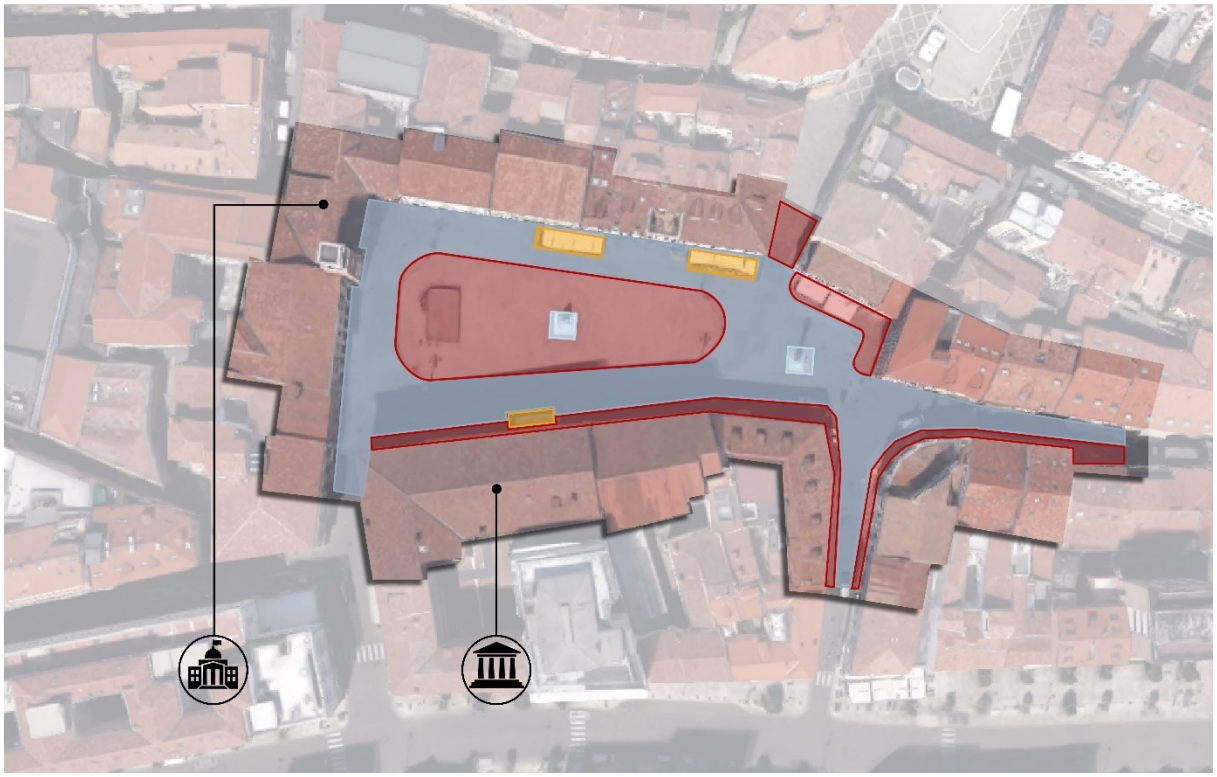
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Ravenna	Piazza del Popolo		X	100	30	0,30	Very Elongated	15	30	e	4



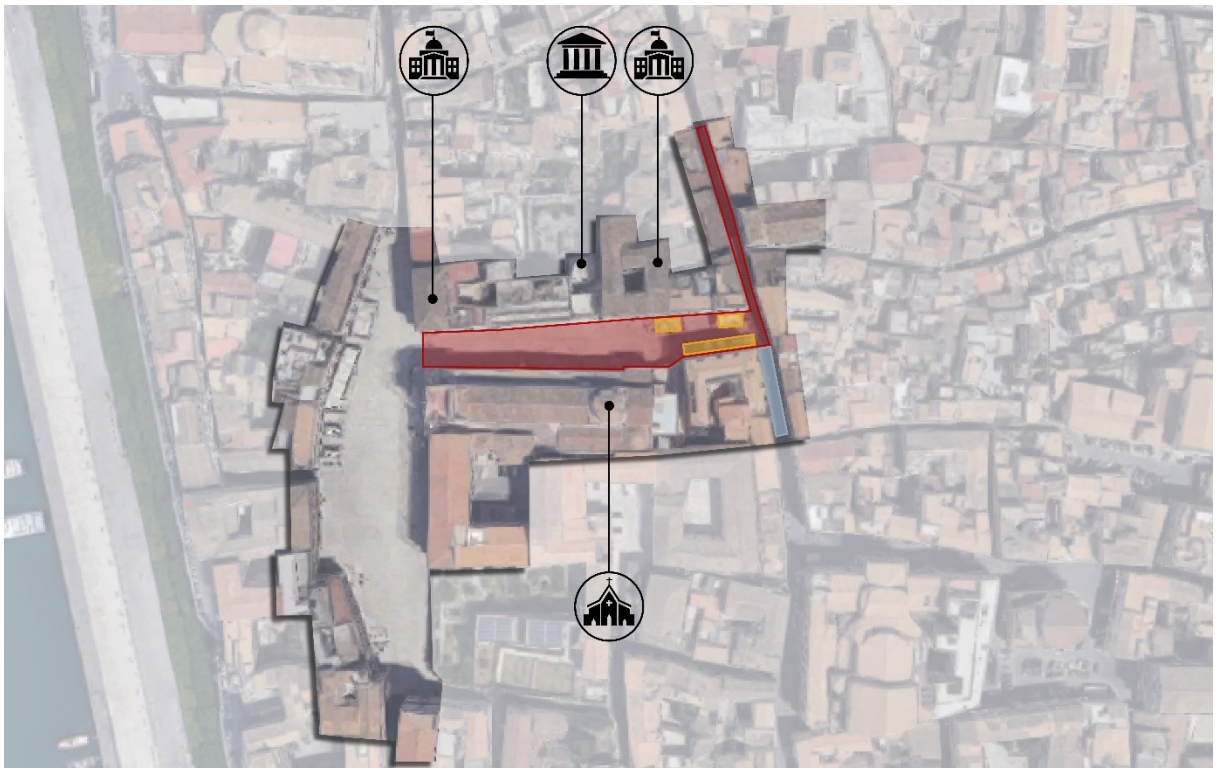
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Reggio Emilia	Piazza Camillo Prampolini		X	85	40	0,47	Elongated	35	40	e	4



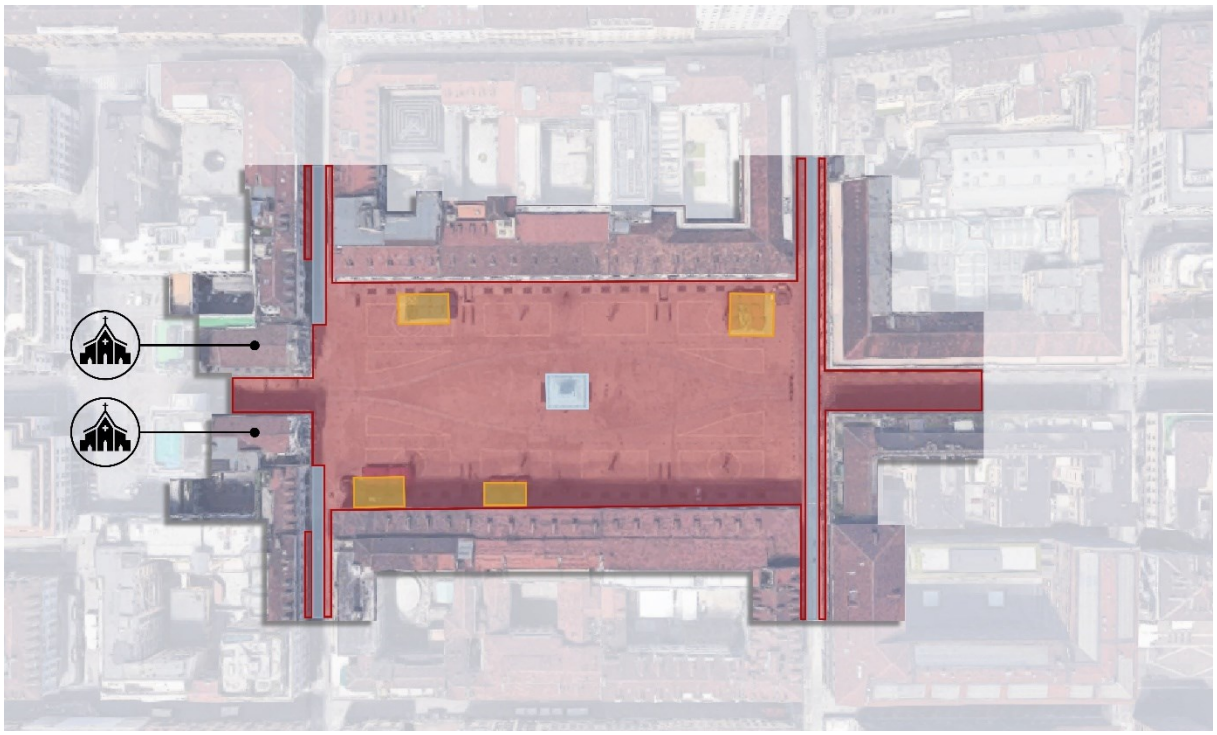
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Rovigo	Piazza Vittorio Emanuele		X	95	35	0,37	Elongated	18	35	e	4



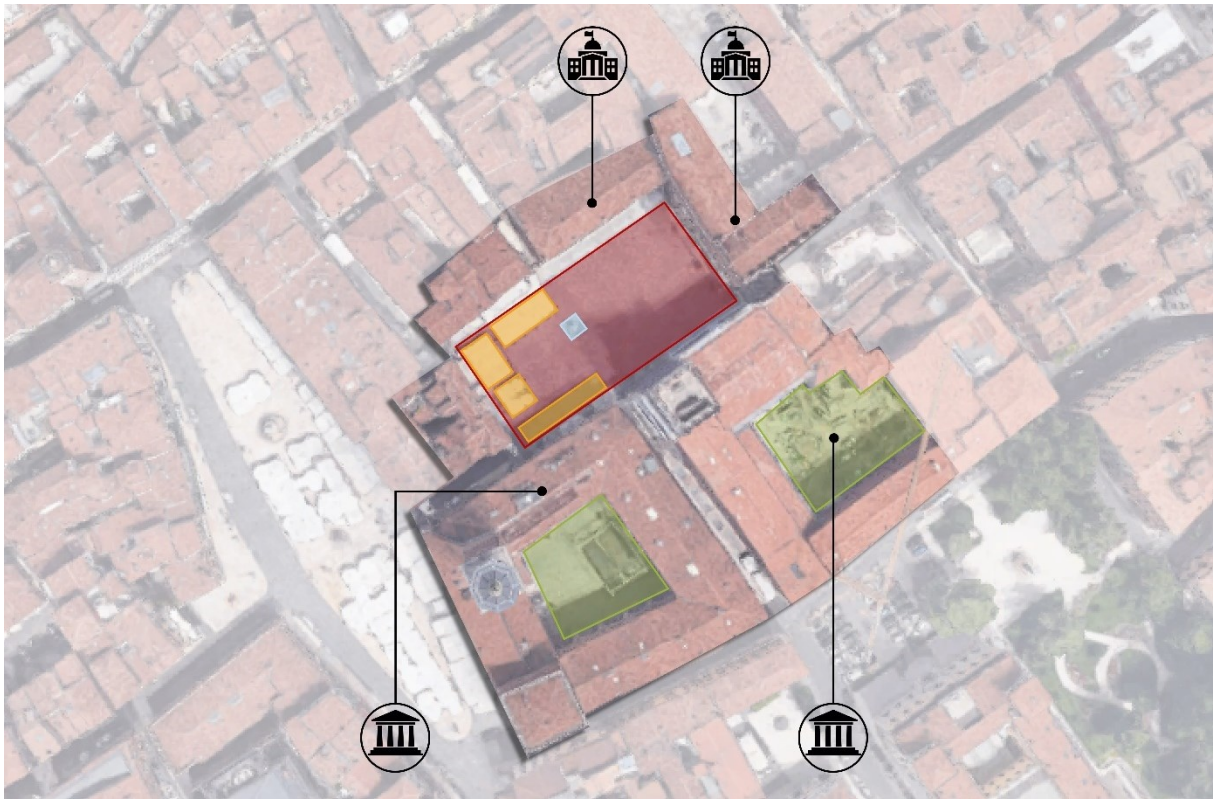
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Siracusa	Piazza Minerva		X	120	20	0,17	Very Elongated	15	20	e	4



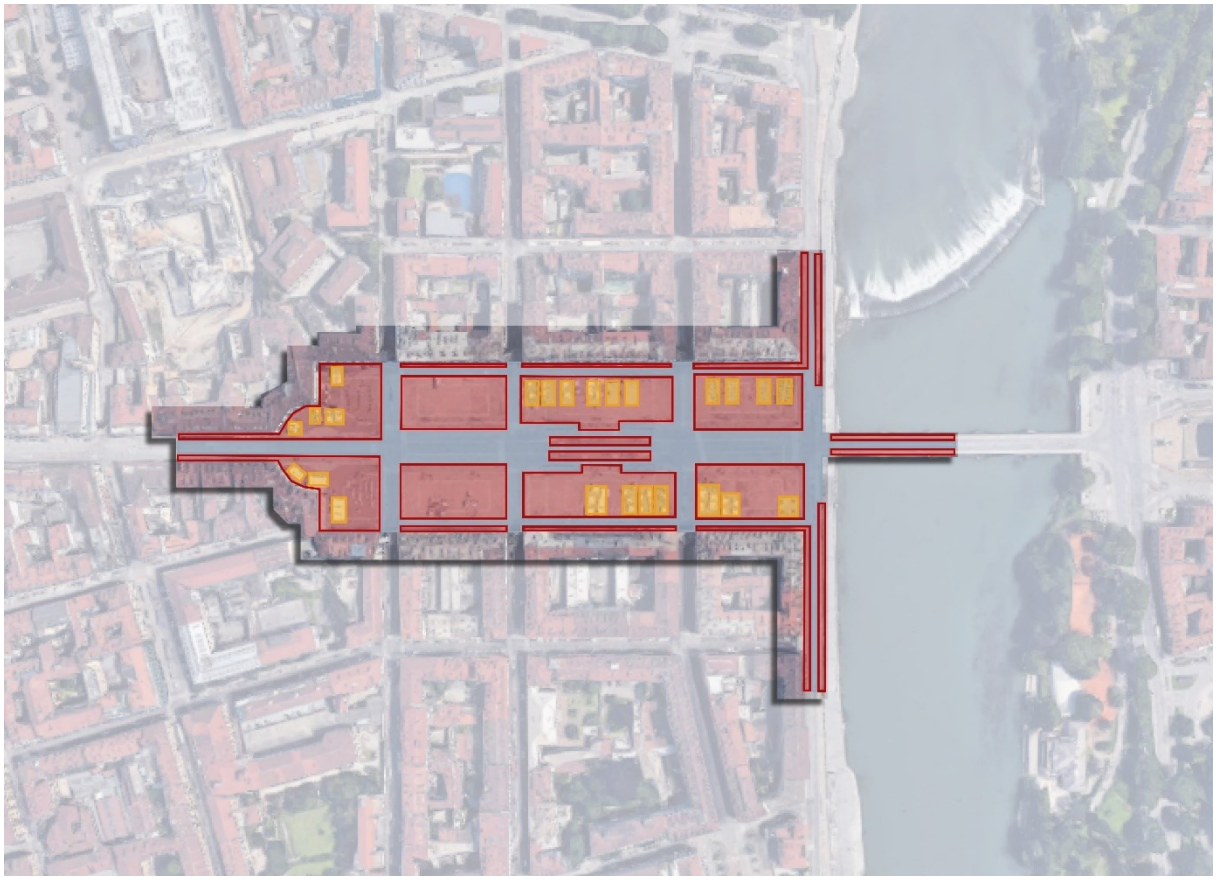
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Torino	Piazza San Carlo		X	160	70	0,44	Elongated	20	70	e	4



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE	Hmax	w2	range	n SA
Verona	Piazza dei Signori		X	65	30	0,46	Elongated	25	30	e	4



Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE
Torino	Piazza Vittorio Veneto		X	325	100	0,30	Very Elongated



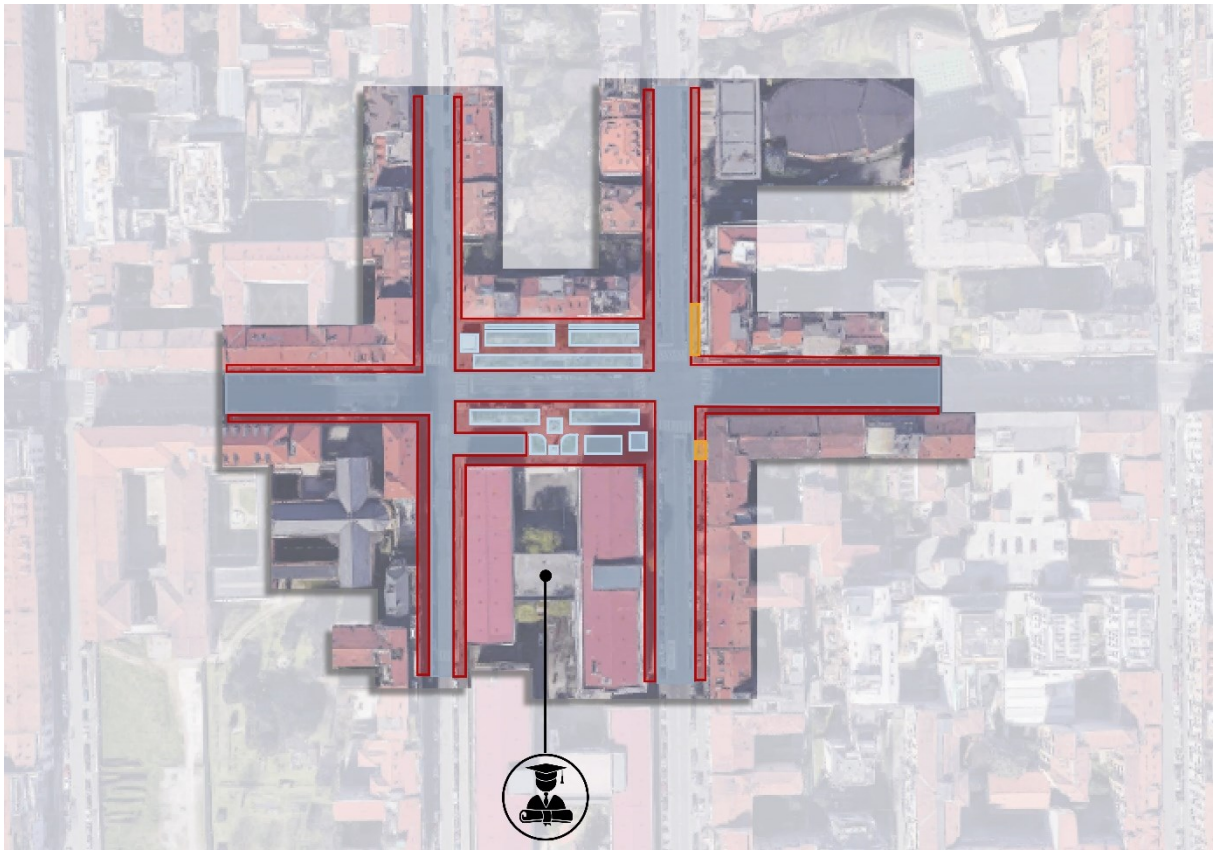
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE
Roma	Piazza della Pigna		X	57	14	0,25	Very Elongated



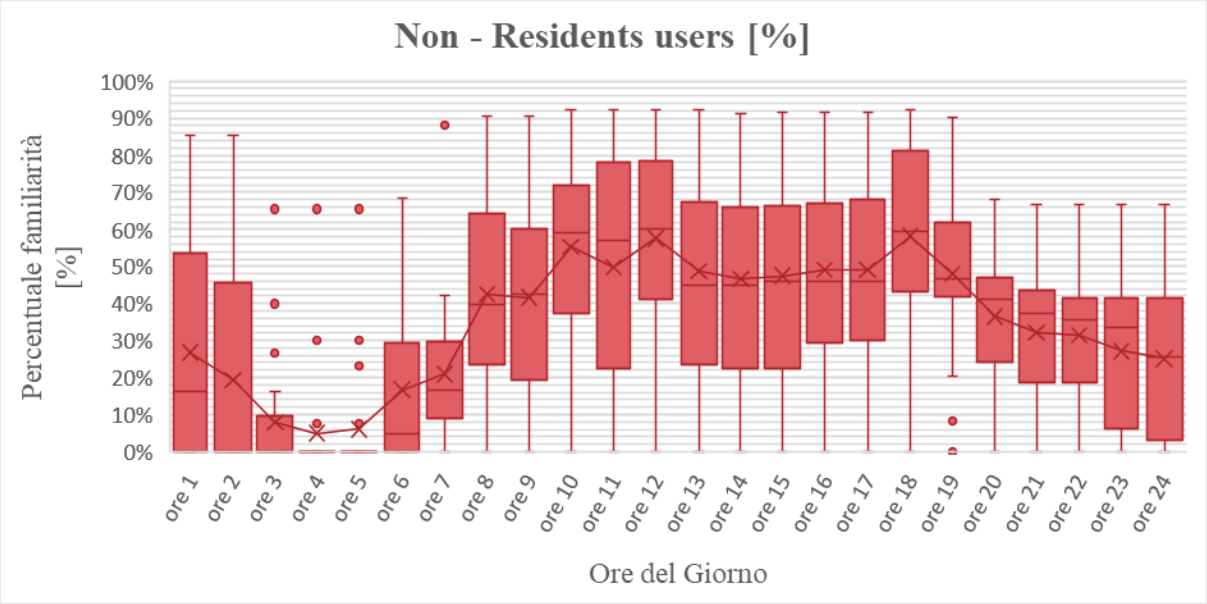
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE
Roma	Piazza Lancellotti		X	42	18	0,43	Elongated



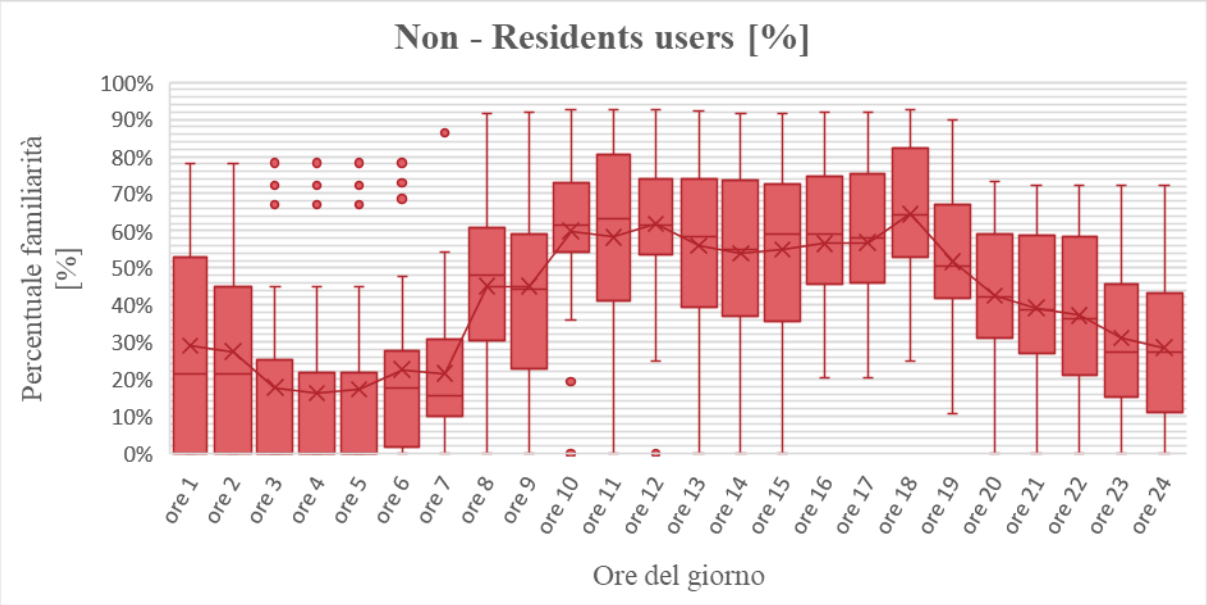
Town	Square	CONCAVE	CONVEX	L	w	R	TYPE
Milano	Piazza Fratelli Bandiera		X	94	50	0,53	Elongated



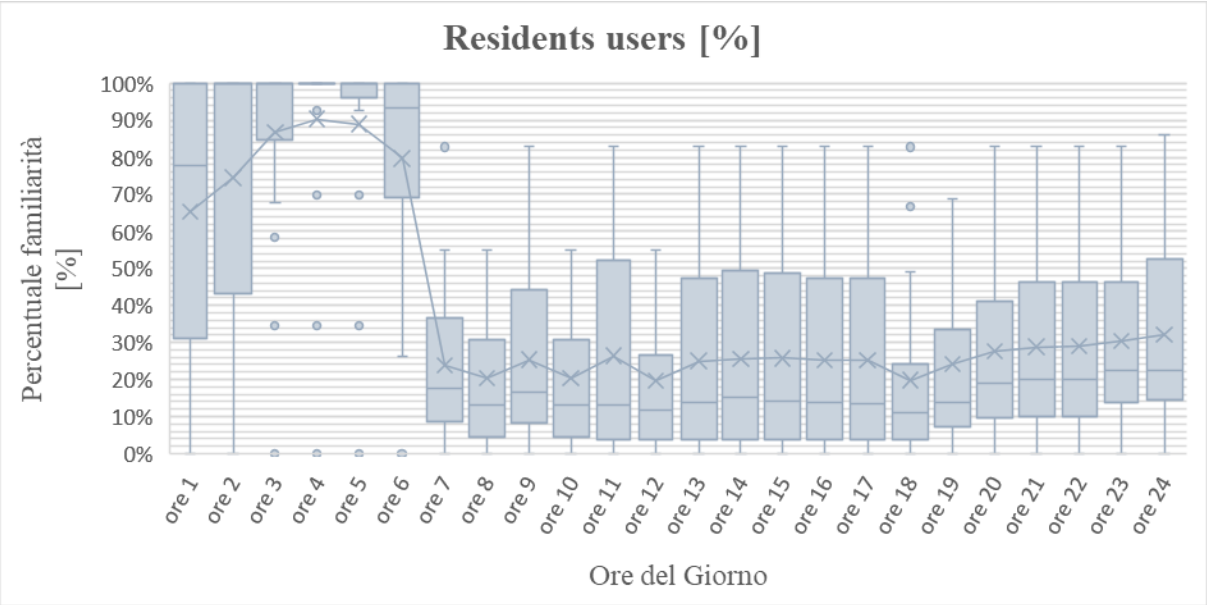
APPENDICE B – Descrittori TDC dei parametri di familiarità e densità degli utenti complessivi riferita alle aree esterne, negli scenari giornalieri: Festivo, Mass-Gatherings e One-Off events.



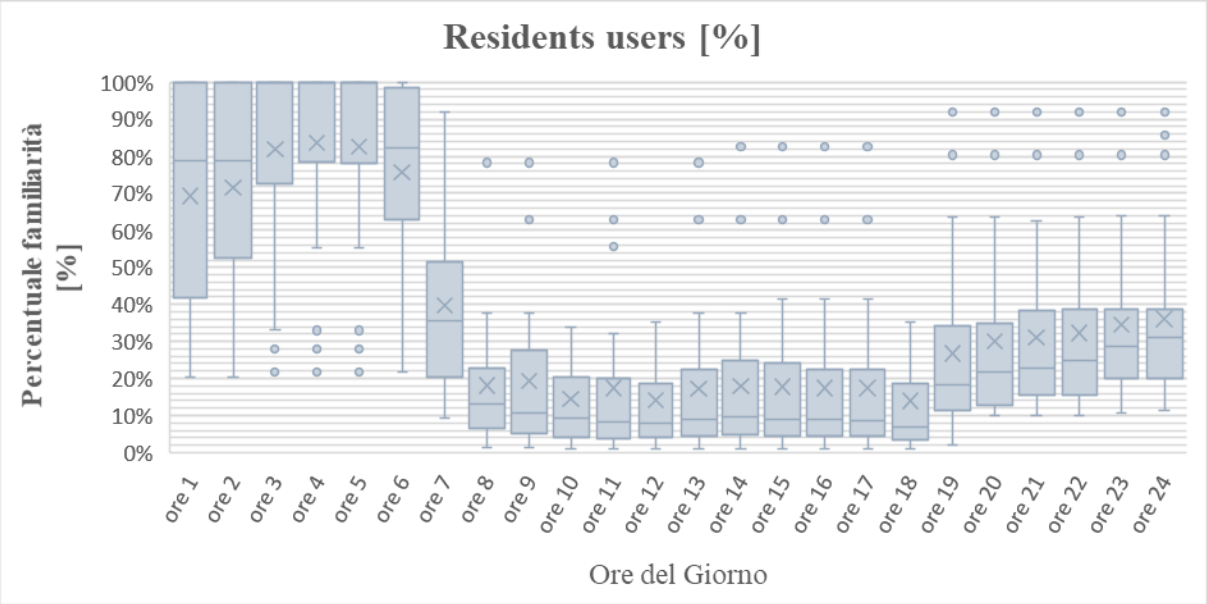
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



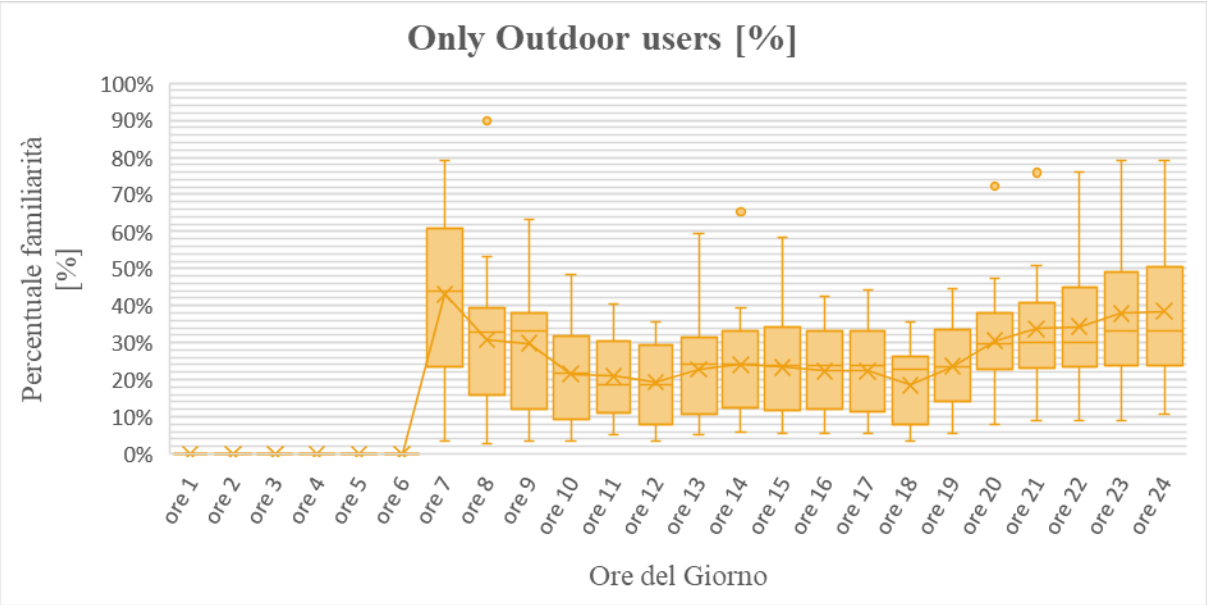
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza e alle strade di acceso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



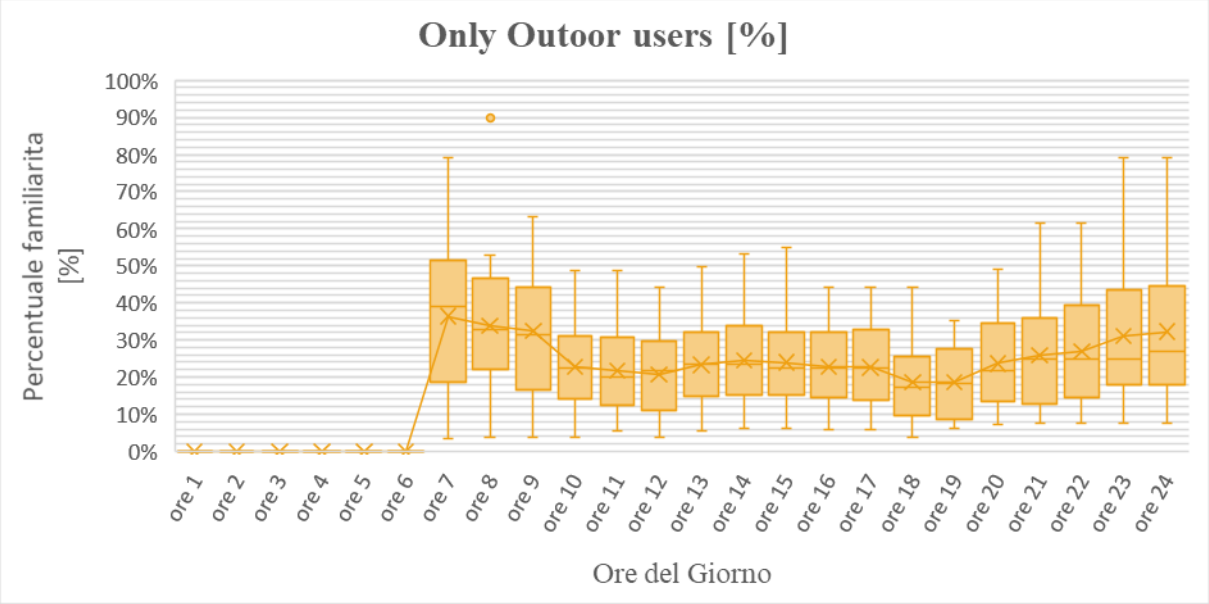
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



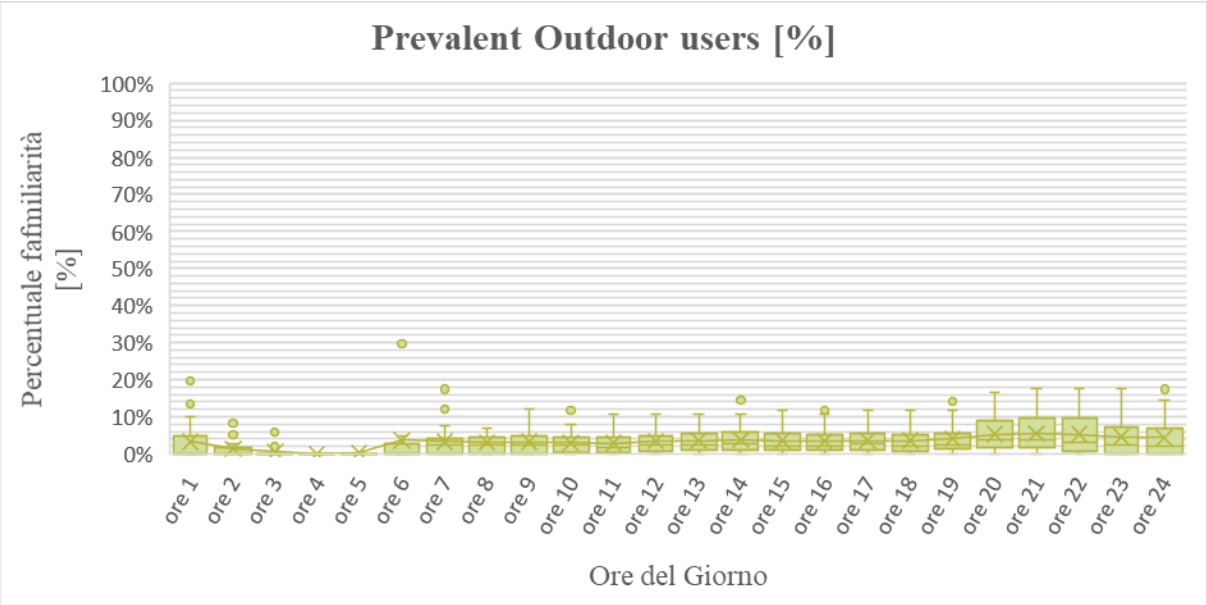
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza e alle vie di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



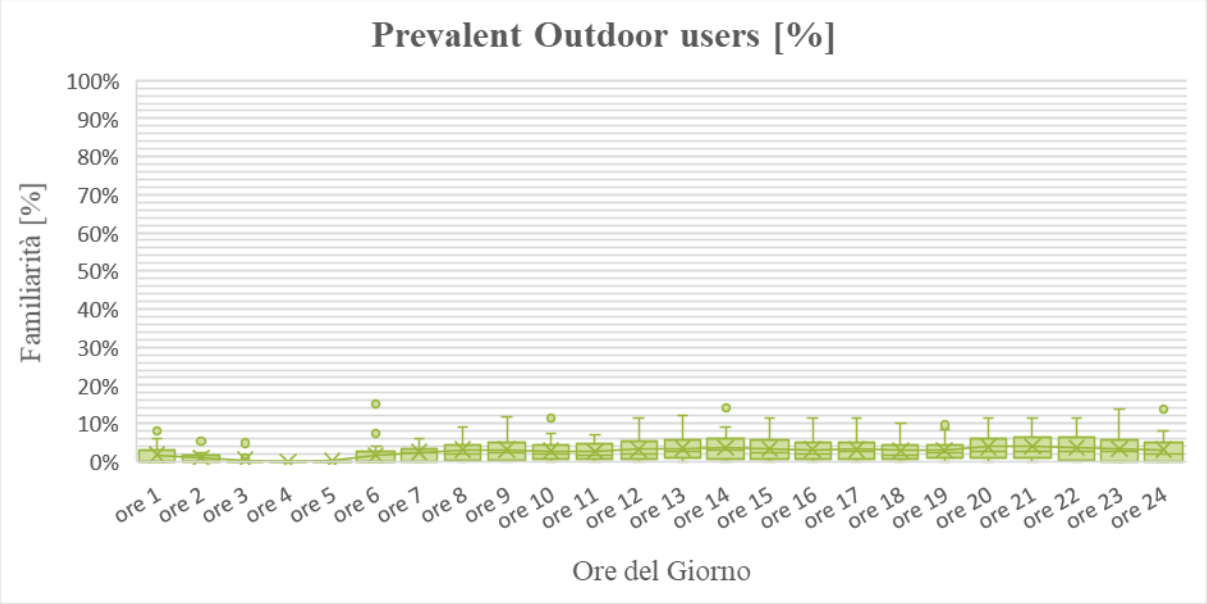
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



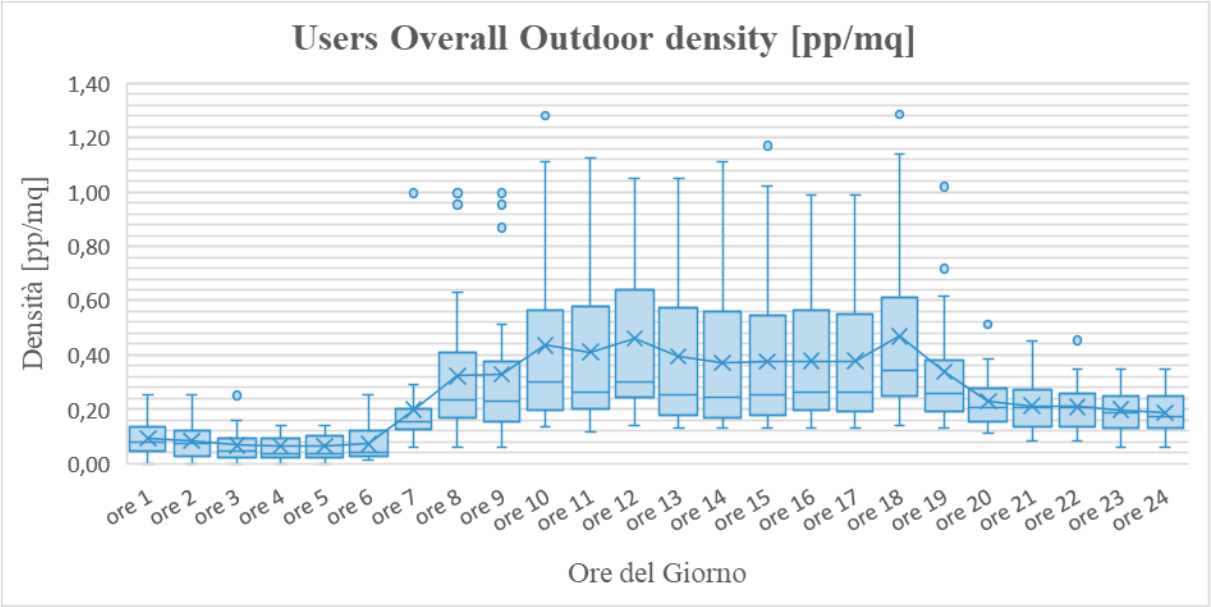
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza e alle vie di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



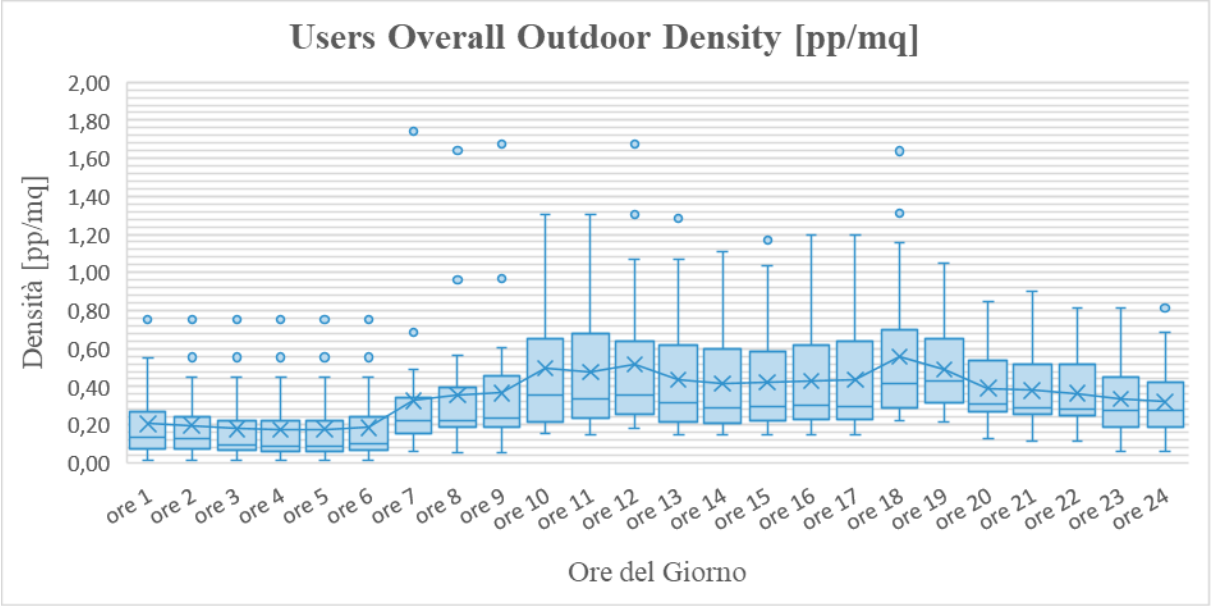
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



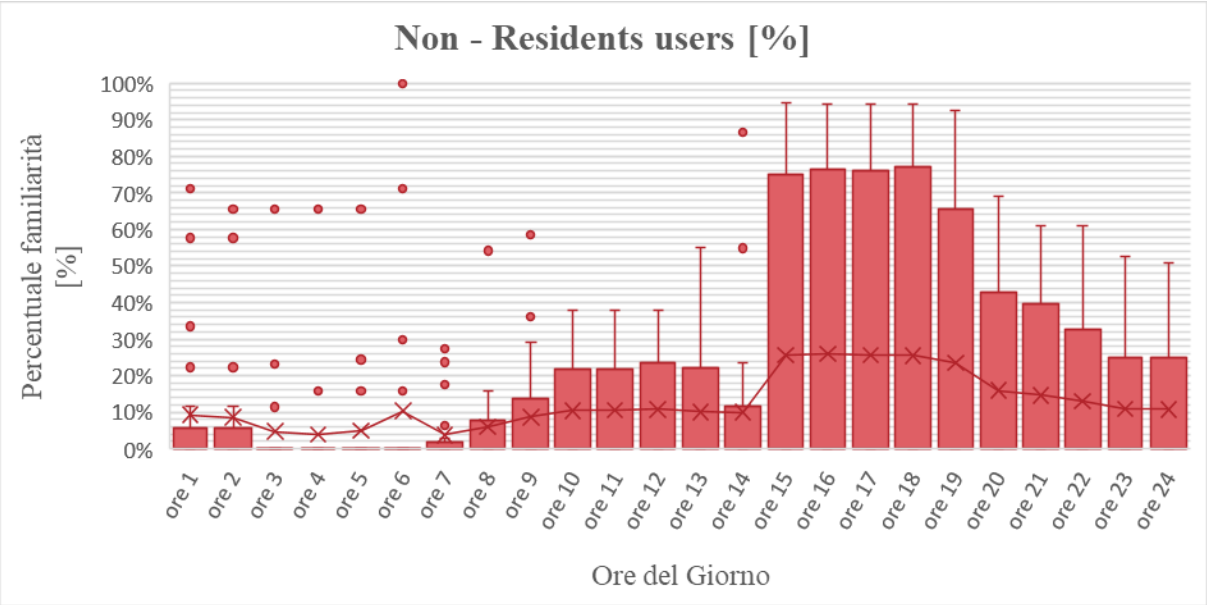
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



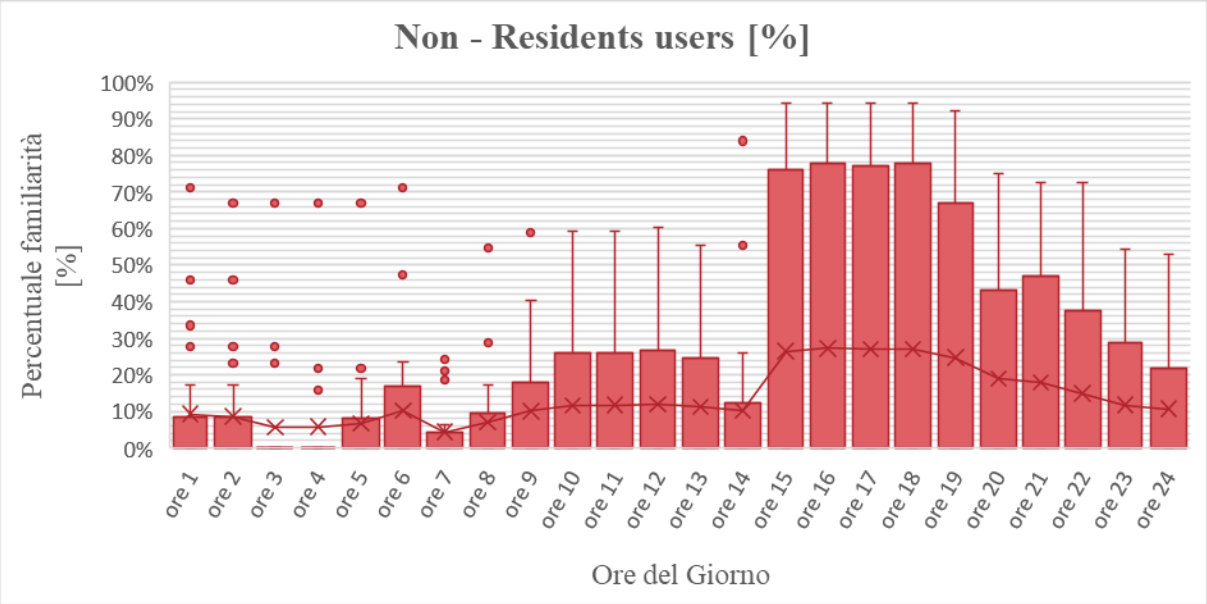
Rappresentazione box-and-whisker plot densità degli utenti complessivi (UOOd) rispetto all'area esterna della piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



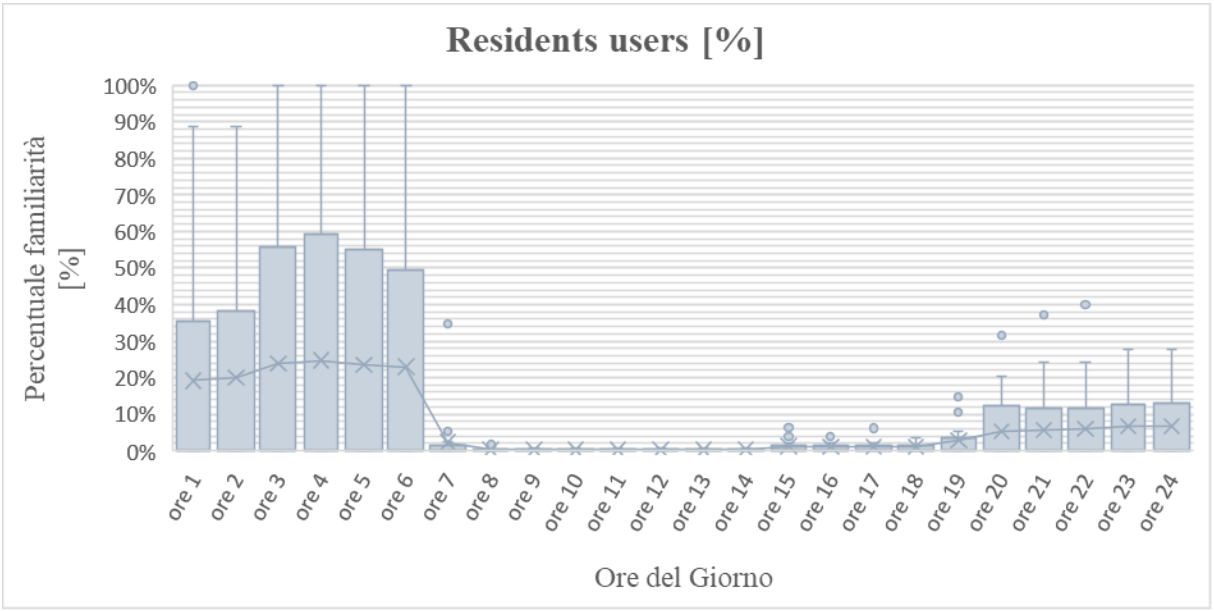
Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOOd) inclusi gli utenti delle strade di accesso, rispetto all'area esterna della piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Festivo.



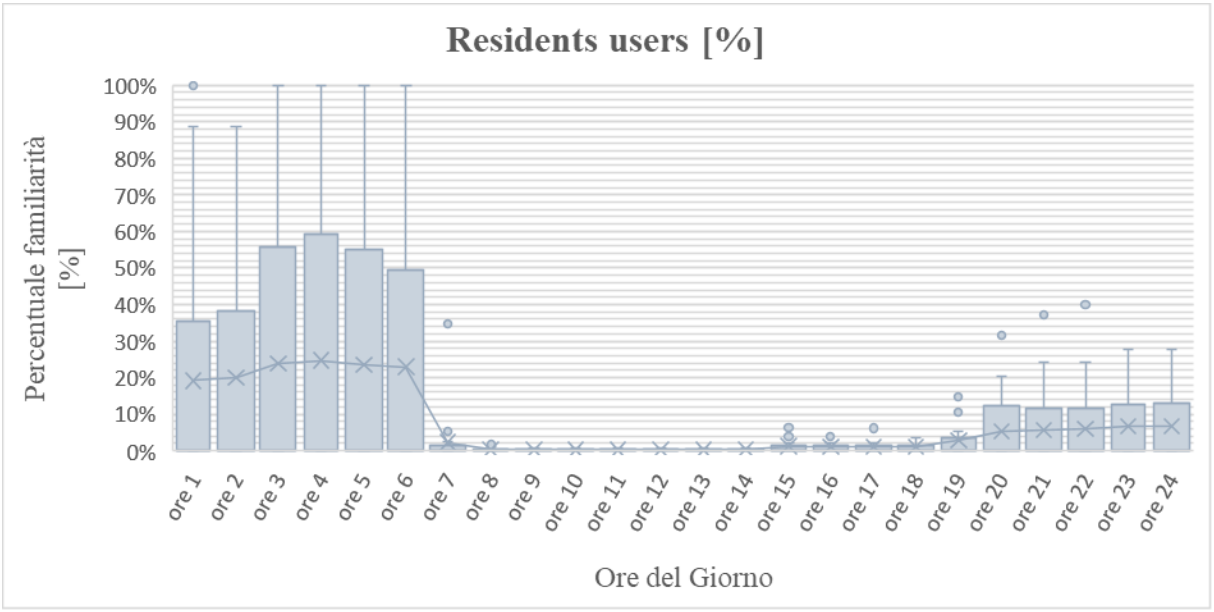
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



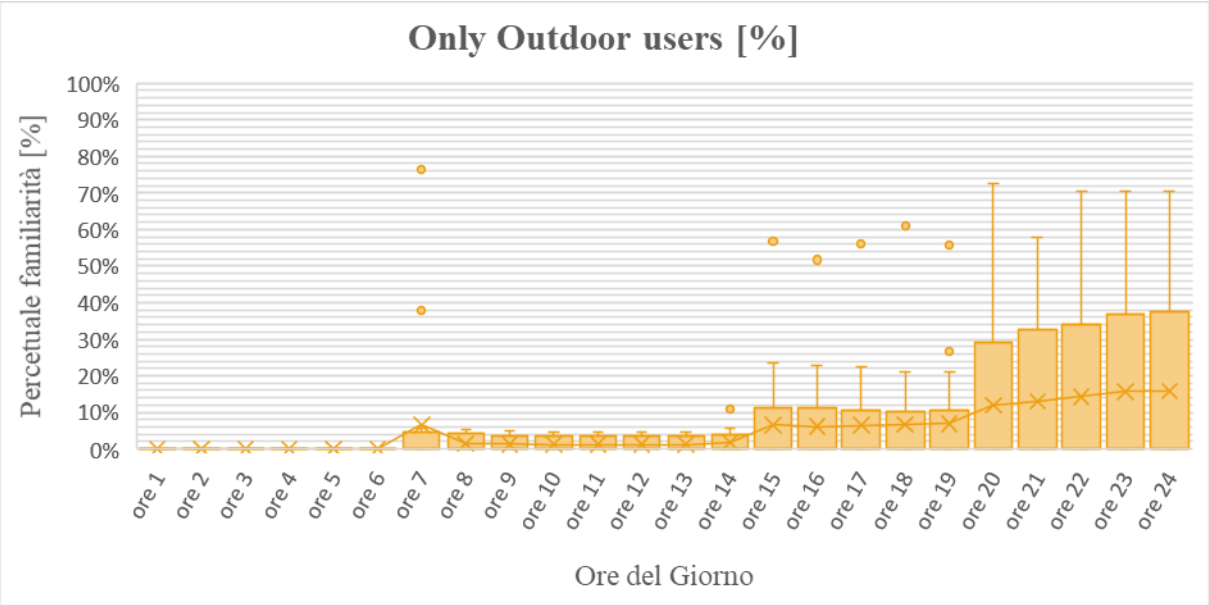
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



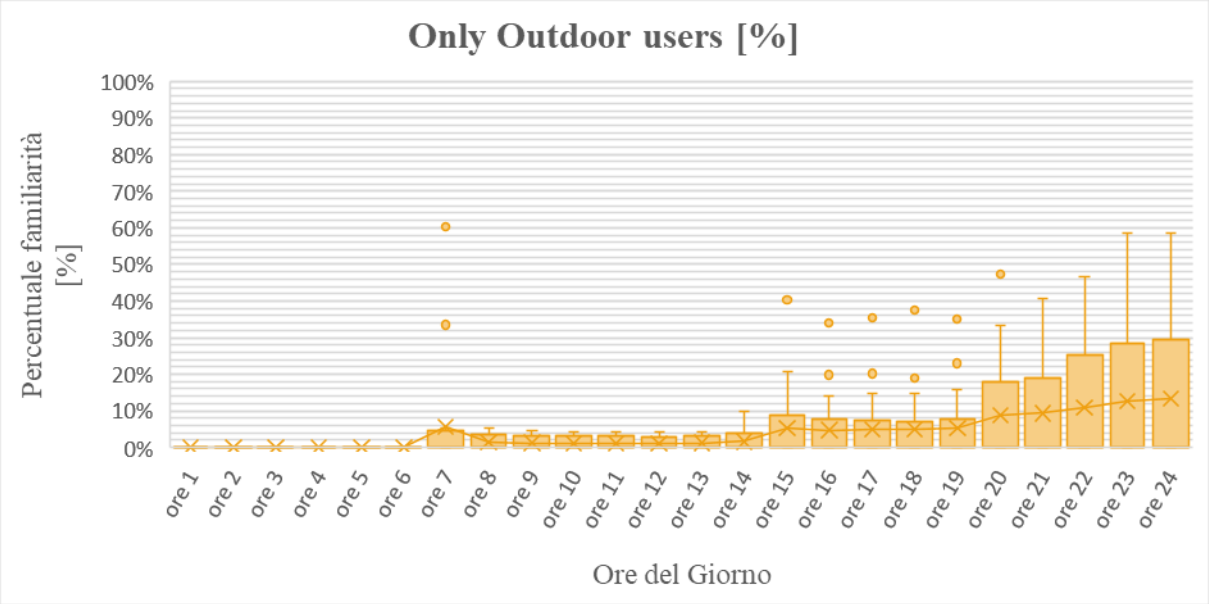
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



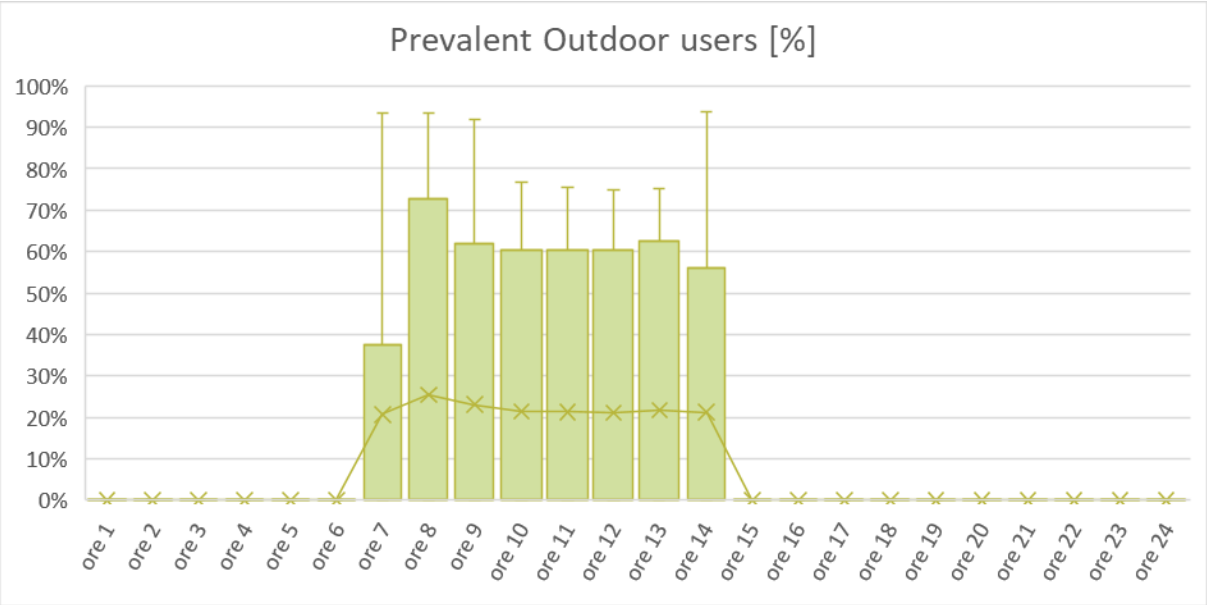
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



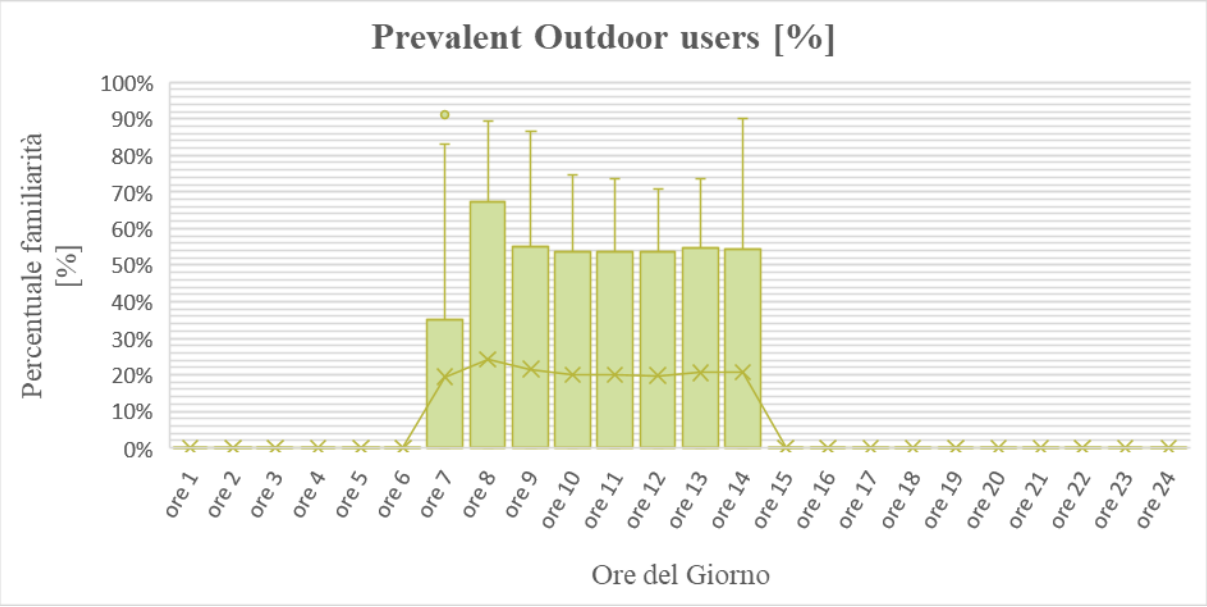
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



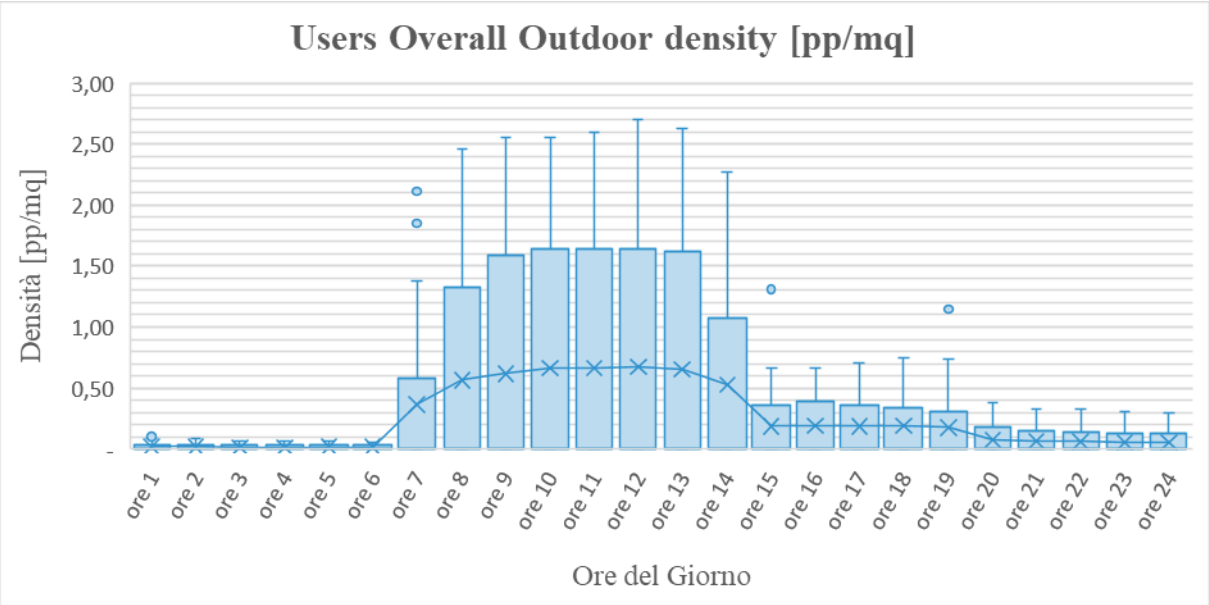
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



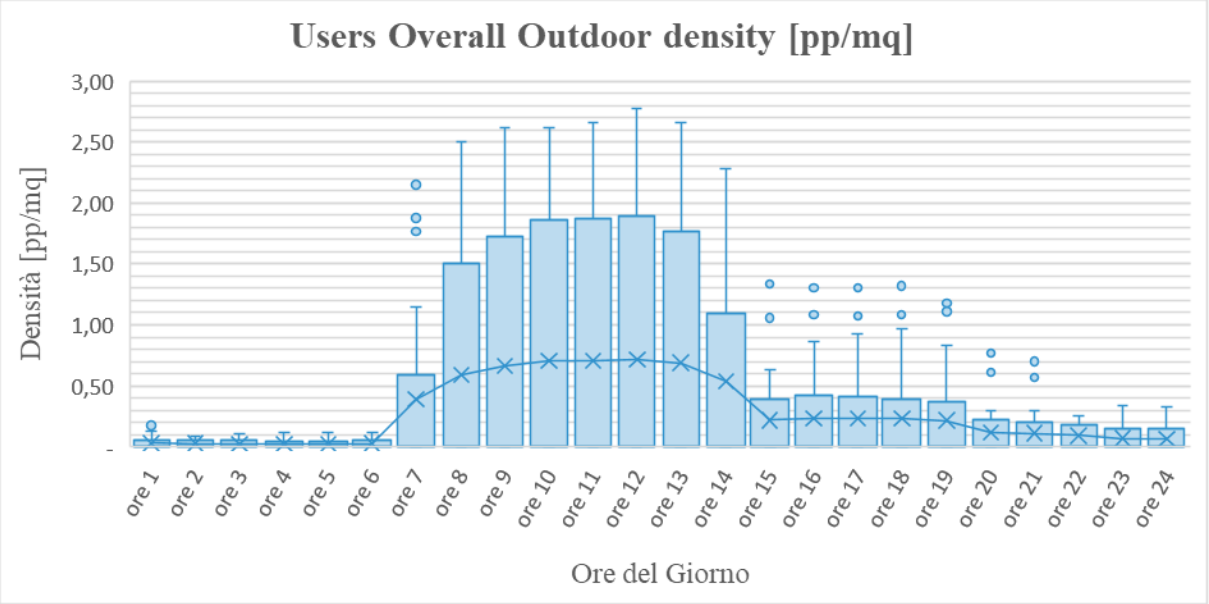
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



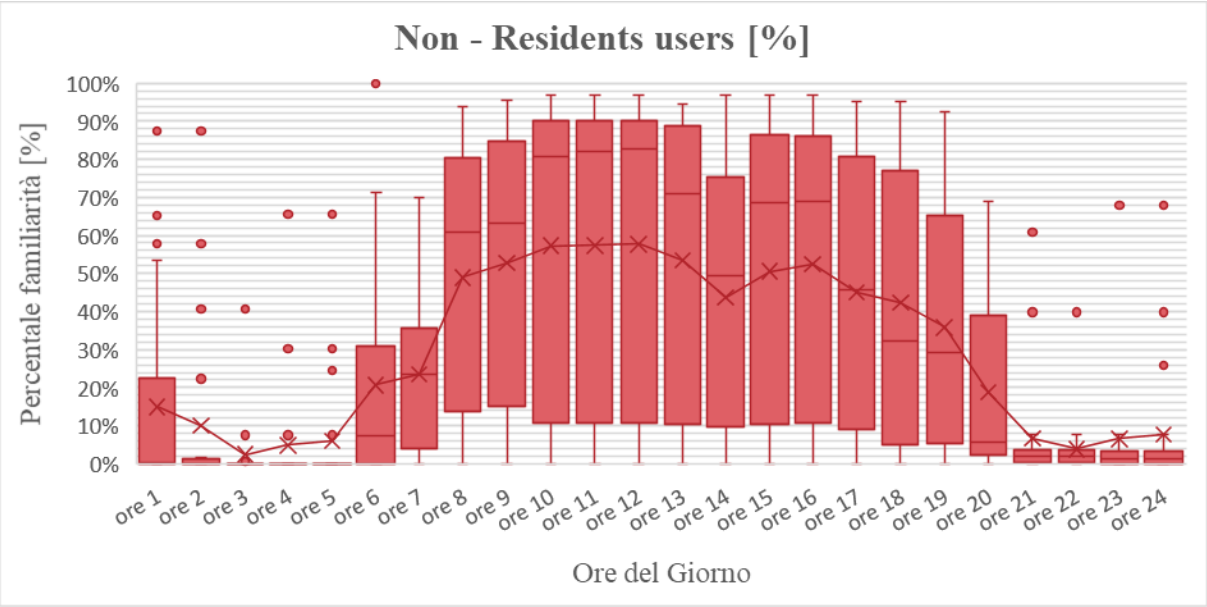
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza e alle strade di accesso, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



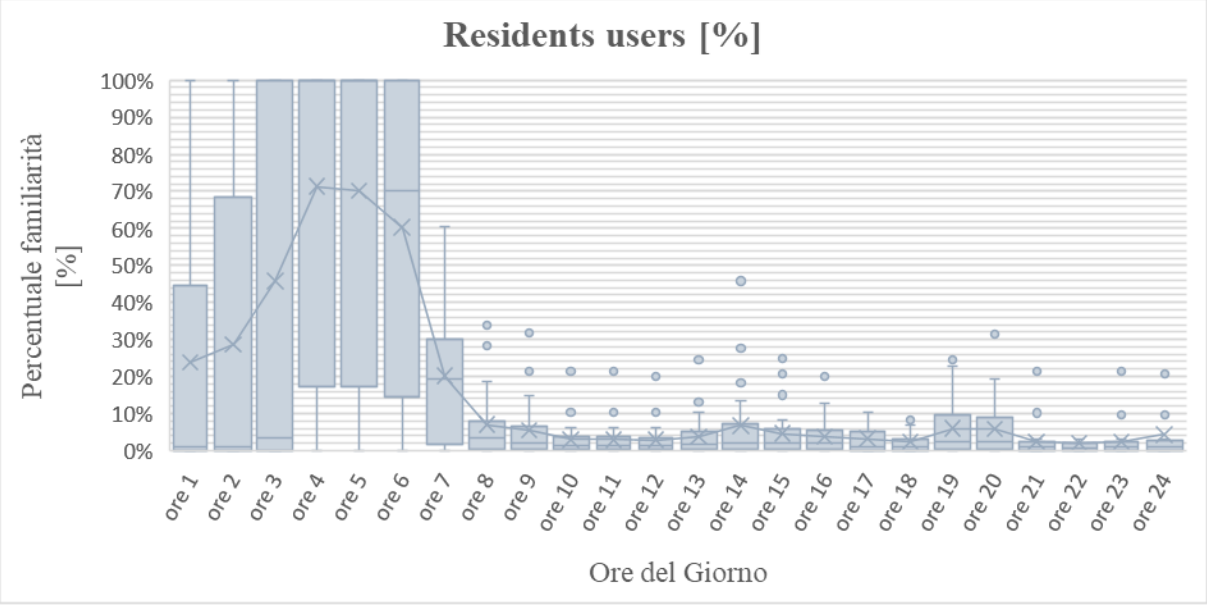
Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOOd) rispetto all'area esterna della piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



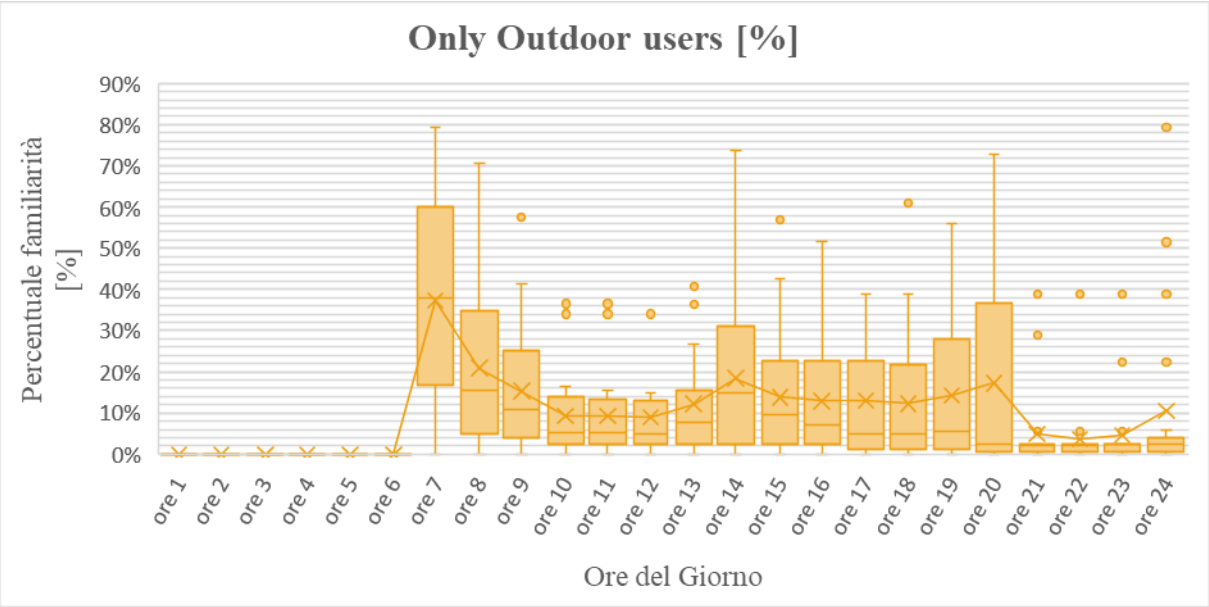
Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOOd) inclusi gli utenti delle strade di accesso, rispetto all'area esterna della piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario Mass – Gatherings.



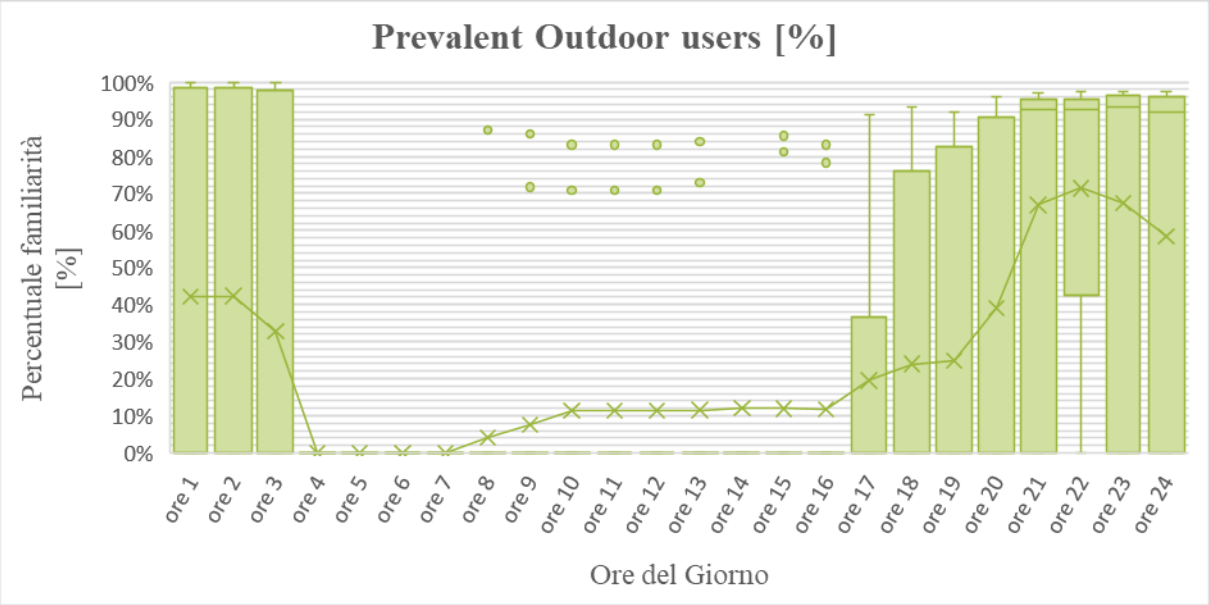
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Non-Residenti (NRp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario One – Off events.



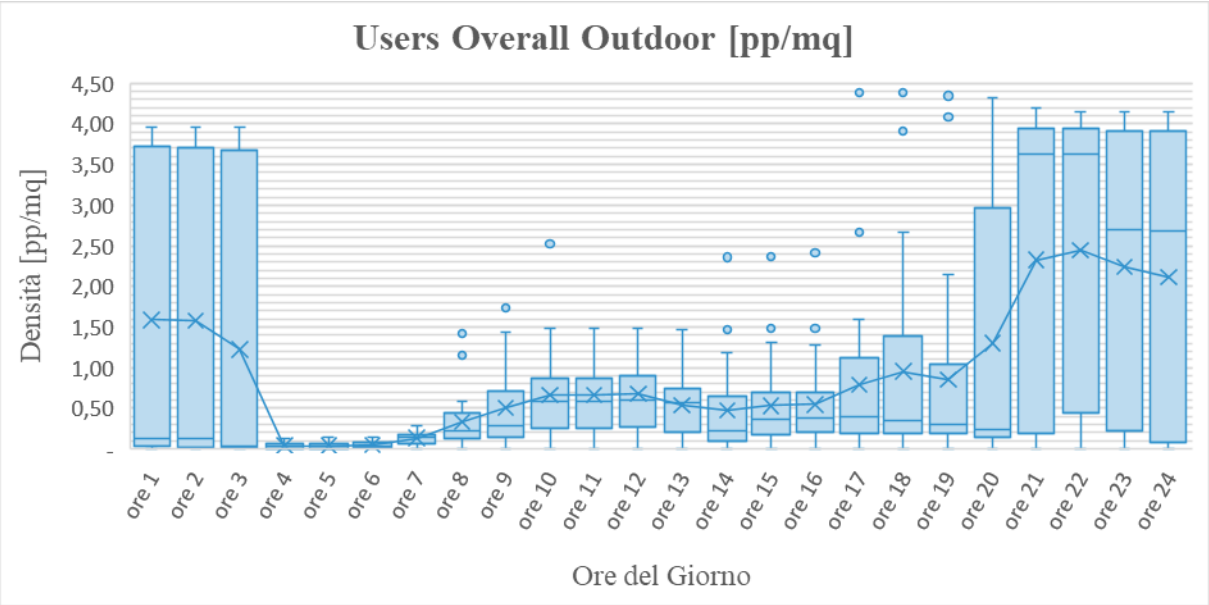
Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Residenti (Rp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario One – Off events.



Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario One – Off events.



Rappresentazione box-and-whisker plot della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp) riferiti alla piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario One – Off events.



Rappresentazione box-and-whisker plot della densità degli utenti complessivi (UOOd) rispetto all'area esterna della piazza, tracciando l'andamento giornaliero sulla base del campionamento orario. Nello scenario One – Off events.

RIFERIMENTI

Aalami S, Kattan L (2020) *Fairness and efficiency in pedestrian emergency evacuation: Modeling and simulation.* Safety Science 121:373–384.

Bernardini G., D'Orazio M., Quagliarini E., *Towards a "behavioural design" approach for seismic risk reduction strategies of buildings and their environment*, in "Safety Science", Vol. 86, Luglio 2016, pp 273–294.

Bernardini G, Lovreglio R, Quagliarini E (2019) *Proposing behavior-oriented strategies for earthquake emergency evacuation: A behavioral data analysis from New Zealand, Italy and Japan.* Safety Science 116:295–309.

Bosina E. e Weidmann U., *Estimating pedestrian speed using aggregated literature data,* in "Physica A: Statistical Mechanics and its Applications", 15 Febbraio 2017, pp 1-29.

Chen C, Cheng L (2020) *Evaluation of seismic evacuation behavior in complex urban environments based on GIS: A case study of Xi'an, China.* International Journal of Disaster Risk Reduction 43:101366.

Chung NE, Yu KM, Hsu HP, *An effectiveness study of an intelligent emergency evacuation system using field verification techniques*, in "2017 6th International Conference on Future Generation Communication Technologies (FGCT), Agosto 2017, 1–6.

Cardona OD, Van Aalst MK, Birkmann J, et al (2012) *Determinants of risk: Exposure and vulnerability.* Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 9781107025:65–108.

D'Orazio M, Quagliarini E, Bernardini G, Spalazzi L, *EPES - Earthquake pedestrians' evacuation simulator: A tool for predicting earthquake pedestrians' evacuation in urban outdoor scenarios*, in "International Journal of Disaster Risk Reduction" Vol. 10, Parte A, dicembre 2014, pp 153–177.

D'Orazio M, Quagliarini E, Bernardini G, Spalazzi L, *EPES - Earthquake pedestrians' evacuation simulator: A tool for predicting earthquake pedestrians' evacuation in urban outdoor scenarios.* International Journal of Disaster Risk Reduction Vol 10, Parte B, dicembre 2014 pp 153–177.

D'Orazio M, Spalazzi L, Quagliarini E, Bernardini G *Agent-based model for earthquake pedestrians' evacuation in urban outdoor scenarios: Behavioural patterns definition and evacuation paths choice.* Safety Science Vol. 62, Parte C, febbraio 2014, pp 450–465.

De Lotto R., *Risk Analysis: A Focus on Urban Exposure Estimation,* in "Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019, pp 407-423.

de Nazelle A, Rodríguez DA, Crawford-Brown D, *The built environment and health: Impacts of pedestrian-friendly designs on air pollution exposure*, in "Science of the Total Environment", Vol. 407, Aprile 2009, pp 2525–2535.

Dedesko S, Stephens B, Gilbert JA, Siegel JA, *Methods to assess human occupancy and occupant activity in hospital patient rooms*, in "Building and Environment", Vol. 90, Agosto 2015, pp 136–145.

Francini M, Gaudio S, Palermo A, Viapiana MF, *A performance-based approach for innovative emergency planning*, in "Sustainable Cities and Society", Vol. 53, Febbraio 2020, 101906.

Langenheim N, White M, Tapper N, *Right tree, right place, right time: A visual-functional design approach to select and place trees for optimal shade benefit to commuting pedestrians*, in "Sustainable Cities and Society", Vol. 52, Gennaio 2020, 101816.

Li J, Li J, Yuan Y, Li G., *Spatiotemporal distribution characteristics and mechanism analysis of urban population density: A case of Xi'an, Shaanxi, China,* in "Cities", Marzo 2019, Vol. 86, pp 62–70.

Manigrasso M, Natale C, Vitali M, et al (2017) *Pedestrians in traffic environments: Ultrafine particle respiratory doses.* International Journal of Environmental Research and Public Health 14.

Meeder M, Aebi T, Weidmann U (2017) *The influence of slope on walking activity and the pedestrian modal share.* Transportation Research Procedia 27:141–147.

Pearce DM, Matsunaka R, Oba T (2021) *Comparing accessibility and connectivity metrics derived from dedicated pedestrian networks and street networks in the context of Asian cities.* Asian Transport Studies 7:100036.

Piselli C, Castaldo VL, Pigliautile I, et al (2018) *Outdoor comfort conditions in urban areas: On citizens' perspective about microclimate mitigation of urban transit areas.* Sustainable Cities and Society 39:16-36.

Quagliarini E, Bernardini G, Santarelli S, Lucesoli M (2018) *Evacuation paths in historic city centres: A holistic methodology for assessing their seismic risk.* International Journal of Disaster Risk Reduction 31:698–710.

Quagliarini E, Lucesoli M, Bernardini G, *How to create seismic risk scenarios in historic built environment using rapid data collection and managing,* in "Journal of Cultural Heritage", Marzo-Aprile 2021, Vol. 48, pp 93–105.

Rojo MB, Beck E, Lutoff C (2017) *The street as an area of human exposure in an earthquake aftermath: the case of Lorca, Spain, 2011.* Natural Hazards and Earth System Sciences 17:581–594.

Salazar Miranda A, Fan Z, Duarte F, Ratti C (2021) *Desirable streets: Using deviations in pedestrian trajectories to measure the value of the built environment.* Computers, Environment and Urban Systems 86:101563.

Shrestha SR, Sliuzas R, Kuffer M (2018) Open spaces and risk perception in post-earthquake Kathmandu city. Applied Geography 93:81–91.

US Department of Homeland Security FEMA, FEMA 455, *Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks (2009)* | FEMA.gov. 174

Wardhani PA (2015) *UNISDR Science and Technology Conference on the implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction*. Efikasi Diri dan Pemahaman Konsep IPA dengan Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Alam Siswa Sekolah Dasar Negeri Kota Bengkulu, Vol.6:1–5.

Woo G., *Understanding the Principles of Terrorism Risk Modeling from Charlie Hebdo Attack in Paris,* in "Defence Against Terrorism Review", Vol. 7 No. 1, Summer 2015, pp 34-46.

Yang L, Hoffmann P, Scheffran J, *An Agent-Based Modeling Framework for Simulating Human Exposure to Environmental Stresses in Urban Areas*, in "Urban Science", Vol.2, 2018, pp 36.

Yuan H, Gao X, Qi W, *Modeling the fine-scale spatiotemporal pattern of earthquake casualties in cities: Application to Haidian District, Beijing*, in "International Journal of Disaster Risk Reduction", Marzo 2019, Vol. 34, pp 412–422.

Zipf GK (1950) *Human behavior and the principle of least effort.* Journal of Clinical Psychology 6:306.