UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura

Affollamento, condizioni di emergenza e ambiente costruito. Scenari di rischio ed esposizione degli utenti.

Crowding, emergency conditions and built environment. Risk scenarios and users exposure.

Relatore: Prof. Ing. Enrico Quagliarini

Correlatore: Prof. Ing. Gabriele Bernardini

Tesi di laurea di:

Elisa Caimmi

Anno Accademico 2020/2021

1. INTRODUZIONE 4

2. STATO DELL'ARTE 7

2.1 Lo spazio aperto e la BET 7

2.2 Sovraffollamento 7

2.3 Terremoti e ambiente costruito 8

2.4 Attentati terroristici e ambiente costruito 8

2.5 Resilienza dell'ambiente costruito 9

2.5 Vulnerabilità 9

2.6 Esposizione 10

3. METODOLOGIA OPERATIVA 12

3.1 Aree dell'ambiente costruito da considerare 14

3.2 Caratterizzazione delle aree esterne ed interne 18

3.3 Caratterizzazione del numero massimo di BEU 21

3.4 Analisi della vulnerabilità individuale e pattern comportamentali 23

3.5 Caratterizzazione della vulnerabilità collettiva di BE 26

3.6 Analisi statistiche dei dati 27

4. RISULTATI 31

4.1 Risultati analitici 31

4.1.1 Descrittori UOC 31

4.1.1.1 Numero di utenti esposti nelle aree del BE [pp] e densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m^2] 32

4.1.1.2 Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%] 39

4.1.1.3 Percentuale di utenti in base alla vulnerabilità individuale degli utenti [%] 43

4.1.1.4 Densità di utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m^2] 44

4.1.1.5 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-] 46

4.1.2. Descrittori TDC 48

4.1.2.1 Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%] 48

4.1.2.2 Densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m^2] 54

4.1.2.3 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m^2] 58
4.1.2.4 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-] 60
4.1.2.5 Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza [-] 62
4.1.3 Descrittore BEC 66
4.1.3.1 Presenza di edifici sensibili [Booleano] e rispettive superfici [m^2] 66
4.1.3.2 Percentuale di aree esterne per tipologia [%] 68
4.1.3.3 Presenza di piano di emergenza [Booleano] 68
4.1.3.4 Rapporto tra area interna ed esterna [-] 69
4.2 Risultati sintetici 70
4.2.1 Parametri di caratterizzazione indipendenti dallo scenario di rischio 70
4.2.2. Parametri di caratterizzazione in base allo scenario di rischio 70
4.2.3 Andamenti orari degli scenari di rischio 74

5. DISCUSSIONE 78

6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI 80

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA 82

APPENDICI

[A] Casi studio 88
[B] Risultati relativi allo scenario lavorativo 98
[C] Risultati relativi allo scenario festivo 100
[D] Risultati relativi allo scenario con eventi ricorrenti 108
[E] Risultati relativi allo scenario con eventi una tantum 117

1. INTRODUZIONE

Il soggetto principale della seguente ricerca è l'ambiente costruito, in inglese Built Enviroment (BE), ovvero un sistema di edifici, infrastrutture e spazi aperti (luoghi di aggregazione, piazze, aree verdi). Esso è solitamente caratterizzato da un alto livello di complessità per la sua interazione tra gli elementi naturali e gli utenti che lo popolano.

Gli eventi di tipo emergenziale a cui il BE è esposto sono principalmente di due categorie. Si possono avere disastri caratterizzati da un'insorgenza lenta (SLOD, dall'inglese SLow-Onset Disaster), come per esempio il fenomeno dell'isola di calore, che porta ad una concentrazione di temperature estive molto elevate in una determinata area, oppure la presenza di una bassa qualità dell'aria a causa dell'inquinamento di origine antropico. La seconda categoria di eventi riguarda invece i disastri di natura improvvisa (SUOD, dall'inglese SUdden-Onset Disaster) ed è quella su cui si è concentrato maggiormente questo percorso di tesi. Esempi di SUOD sono i terremoti e gli attentati terroristici.

Facendo riferimento anche solamente al panorama italiano si può citare la sequenza di eventi sismici che dall'agosto 2016 ha colpito il centro Italia causando ingenti danni materiali e perdite di vite umane. Questi eventi recenti hanno ancora una volta evidenziato la vulnerabilità e la scarsa resilienza del BE, confermando quanto già visto con i terremoti del Friuli (1976), dell'Irpinia (1980), dell'Aquila (2009) e dell'Emilia (2012).

Negli ultimi anni, anche il terrorismo è diventato una realtà in molti paesi europei. I recenti attentati terroristici hanno ripetutamente preso di mira spazi pubblici non protetti e particolarmente frequentati come centri urbani, luoghi ricreativi, luoghi di culto, edifici di rappresentanza o centri commerciali. Ne sono un esempio la strage di Nizza (2016) e l'attentato alla Rambla di Barcellona (2017), i quali hanno causato numerosi morti e feriti.

Il BE è particolarmente a rischio soprattutto se si tratta di costruito storico perché viene messo in pericolo il patrimonio storico-architettonico, il quale rappresenta un valore sia culturale che economico. In secondo luogo, perché, per la sua conformazione, il costruito storico ha delle criticità specifiche rispetto ad un Built Enviroment di più nuova progettazione che influenzano l'esposizione degli utenti. Il costruito storico è una situazione abbastanza ricorrente nel panorama italiano e per questa ragione è importante studiarne le specificità del caso.

Questa tesi di ricerca si pone inoltre in linea con il progetto di ricerca BE S2ECURe [1] che si concentra sull'interfaccia edificio-spazio aperto e ha lo scopo di sviluppare dei metodi e delle linee guida per accrescere la resilienza del BE e proporre soluzioni efficaci per aumentare il livello di sicurezza e di percezione del rischio degli utenti che lo popolano. Il progetto adotta una metodologia olistica basata sul comportamento degli utenti, fondendo le analisi SUOD e SLOD con i fattori che influenzano il rischio. In questo modo è possibile definire parametri, strumenti e soluzioni comuni.

Lo scopo della seguente tesi è stato quello di indagare la correlazione tra l'affollamento, le condizioni di emergenza e l'ambiente costruito, in particolare analizzando come la presenza di differenti scenari di rischio influenzino l'esposizione individuale degli utenti che popolano il BE. Infatti, in presenza per esempio di un grande affollamento è molto probabile che si inneschino fenomeni legati al panico di massa e fenomeni di cooperazioni tra gli utenti, i quali possono causare a loro volta episodi problematici come lo schiacciamento di persone da parte della folla. Nel dettaglio, la tesi propone una metodologia operativa per la caratterizzazione dell'esposizione e della vulnerabilità degli utenti per la definizione tipologica delle BET.

L'approccio multirischio e multi-scenario della tesi permette di avere un risultato valido per un campione numeroso di casi studio. Inoltre, analizzando l'esposizione degli utenti dal punto di vista delle percezioni degli stessi, i risultati tengono conto delle vulnerabilità individuali. Infine, la metodologia ha il vantaggio di poter essere applicata da remoto, utilizzando strumenti open-source, e anche da personale non specializzato, come i tecnici degli enti locali.

I risultati ottenuti riguardo la caratterizzazione dell'esposizione degli utenti permetteranno di sviluppare strumenti e metodi per la rappresentazione delle BET in modelli estesi (basati sul BIM) e modelli rapidi (orientati alla realtà virtuale o aumentata) per consentirne il facile utilizzo in diversi casi di studio.

Sulla base degli obiettivi preposti, nel capitolo seguente (Cap.2) viene affrontata la trattazione relativa allo stato dell'arte attraverso la lettura e consultazione di articoli e testi scientifici. Si analizzano quindi: l'ambiente costruito, i fenomeni SUOD che lo interessano (terremoti e attentati terroristici), le problematiche legate alle condizioni di sovraffollamento e i concetti di resilienza, vulnerabilità ed esposizione. Da questa indagine è stato possibile individuare i punti critici per strutturare una ricerca che fornisse un contributo positivo e innovativo all'argomento.

I dettagli riguardanti la metodologia e l'organizzazione della ricerca sono esposti nel terzo capitolo che descrive il processo di raccolta dati e le analisi statistiche per l'elaborazione degli stessi. Nel quarto capitolo, si riportano i risultati, divisi in analitici (Cap. 4.1) e sintetici (Cap.4.2), ottenuti dall'applicazione della metodologia mediante la realizzazione di grafici e tabelle che consentono la lettura e la comprensione degli output. Segue poi un capitolo di discussione dei risultati (Cap.5), in cui si riassumono i risultati fondamentali, confrontandoli con i dati raccolti dallo stato dell'arte. Infine, nel capitolo sesto si traggono le conclusioni e si descrivono i possibili sviluppi futuri.

2. STATO DELL'ARTE

Il presente capitolo espone quanto noto, fino ad oggi, sull'argomento ambiente costruito e sulla relazione tra quest'ultimo e le emergenze SUOD (terremoti e attentati terroristici). In particolare, si analizzano le conoscenze di letteratura in riferimento a resilienza dell'ambiente costruito, vulnerabilità ed esposizione.

2.1 Lo spazio aperto e la BET

Gli edifici sono già oggetto di strategie di mitigazione/prevenzione per diverse SUOD, ma gli spazi aperti circostanti sono solitamente esclusi da tali strategie [2-3]. Le interazioni tra gli edifici e le aree che li circondano sono spesso ignorate anche se possono avere un ruolo decisivo in termini di sicurezza delle aree urbane (ad esempio i parcheggi non controllati o le strade non accessibili possono rendere inagibili determinate aree).

Sono già state definite le BET [4] e i parametri (9) [4], con le loro opzioni/intervalli, che sono emersi come i più significativi contemporaneamente per le quattro tipologie di rischio. I parametri in questione sono: configurazione morfologica, dimensioni, tipologia strutturale, accesso, presenza di edifici ad uso speciale, omogeneità costruttiva, presenza di portici, pendenza e aree verdi).

2.2 Sovraffollamento

I rischi possono aumentare in condizioni di affollamento poiché si innescano fenomeni legati al panico di massa e fenomeni di cooperazione derivanti da legami sociali che possono portare ad un'alterazione degli spostamenti di massa. Di conseguenza si possono riscontrare ritardi nell'abbandono delle aree pericolose o fughe precipitose con relative problematiche (persone schiacciate/calpestate) [5-6].

Sono stati definiti metodi per indagare le dinamiche di massa, sono stati proposti modelli di rappresentazione degli spostamenti e sono stati sviluppati e applicati strumenti di valutazione/progettazione relativi alla progettazione di spazi e strategie di gestione delle masse in relazione a condizioni di sicurezza generale [6-7]. In ogni caso però gli studi che includono

emergenze per terremoti e atti terroristici sono limitati, così come gli studi che combinano tali rischi con condizioni di sovraffollamento e su una scala relativa al BE.

2.3 Terremoti e ambiente costruito

Sono stati definiti metodi per la valutazione della vulnerabilità del BE su macro-scala (metodi semeiotici) [8]. Tali metodi permettono di avere una panoramica sulle modifiche del BE indotte dal sisma tramite applicazioni rapide al contesto su larga scala. Le ricerche hanno anche cercato di delineare le influenze delle modifiche ambientali sulle scelte, i comportamenti e le procedure di evacuazione dei pedoni, in scenari interni ed esterni [9-10]. Raramente invece vengono svolte analisi sugli spostamenti degli individui e sulle loro scelte in caso di panico [5]. È stato sviluppato e validato un simulatore di evacuazione dal terremoto dei pedoni EPES, il quale permette, tramite modelli probabilistici, l'analisi dei comportamenti umani nell'evacuazione del BE [11].

Infine, sono state condotte analisi su un ampio numero di videocassette riguardanti eventi reali da tutto il mondo, in modo da comprendere i comportamenti umani in condizioni di emergenza sismica e definire delle regole per la previsione della risposta dei singoli individui [12] (Yang et al. 2011[13].; Gu et al. 2016[14].; Shi et al. 2018[15].; Bernardini et al. 2019[16]). Sono state studiate le quantità di movimento (cioè la velocità degli individui), confermando come le persone preferiscono muoversi con una velocità media di circa 2-3 m/s (più alta rispetto ad altri tipi di evacuazione, es. incendio), specialmente nei primi momenti di emergenza e mentre sono vicini a edifici e detriti [12].

2.4 Attentati terroristici e ambiente costruito

Gli attentati terroristici vengono studiati principalmente in riferimento a: la valutazione della vulnerabilità in scenari significativi [17]; il movimento delle persone dopo l'attacco e le azioni dei soccorritori nelle prime fasi di emergenza [18]. Precedenti studi si sono inoltre mossi nella direzione di modellazione del movimento di evacuazione [19] e sono state proposte relative soluzioni di riduzione del rischio [18].

Infine, limitati studi si sono occupati anche di analizzare videocassette di recenti attacchi terroristici in tutta Europa [20] per valutare gli aspetti qualitativi e quantitativi di tali attacchi e quindi confrontarli per studiare i comportamenti umani (intesi come reazioni dell'individuo e della folla a

tali improvvisi disastri). In particolare, la maggior parte degli studi si è concentrata su scenari interni agli edifici (Averill et al. 2005[21]; Li et al. 2017[22]). Tali risultati evidenziano come le persone tendano ad allontanarsi dall'evento scatenante, ma come la necessità di informazioni sull'evento giochi un ruolo fondamentale nei tempi e nelle decisioni. I risultati mostrano l'influenza delle condizioni al contorno (es. tipo di attacco, scenario BE, danni, presenza dei soccorritori) sulla frequenza dei comportamenti.

2.5 Resilienza dell'ambiente costruito

Sono stati definiti metodi di valutazione, basati su strumenti BIM, VR e AR. Tuttavia, le attuali strategie per la definizione degli interventi di riduzione del rischio [9–18-23-24] si concentrano principalmente sulla vulnerabilità degli edifici (per esempio per i terremoti), sugli aspetti geometrici del tessuto urbano (per terremoti e atti terroristici all'aperto), sul layout di evacuazione e sulle azioni dei soccorritori (per la sicurezza della folla). Inoltre, essi definiscono generalmente la risposta dell'utente secondo un approccio deterministico; quindi considerando che tutti gli individui esposti adottano i comportamenti raccomandati in condizioni di emergenza.

2.5 Vulnerabilità

La vulnerabilità della BE può essere suddivisa in vulnerabilità fisica (come vulnerabilità dell'ambiente fisico) e vulnerabilità sociale (ovvero come percepita dalle persone e dai loro sistemi sociali, economici e politici) (Pelling 2003) [25]. La vulnerabilità sociale si riferisce agli utenti BE ed è quindi suddivisa in

- Vulnerabilità individuale
- Vulnerabilità collettiva (riguardante l'intera comunità).

La vulnerabilità sociale, secondo (Villagràn De León 2006) [26], può includere fattori che riguardano gli utenti della BE come le caratteristiche fisiche degli individui, i loro aspetti psicologici e comportamentali, poiché questi elementi compongono l'"insieme di caratteristiche e circostanze" degli individui e delle comunità verso gli effetti dannosi del rischio di disastro considerato. Le caratteristiche degli utenti (es: età, genere, disabilità, difficoltà motorie (D'Orazio et al. 2014) [11], fragilità di salute (Barrow e Clark 1998 [27]; Delfino et al. 2010 [28]), cultura, stato socioeconomico

della famiglia (Koks et al. 2015 [29])) e la risposta delle persone al pericolo (Cardona et al. 2012 [30]) (es: suscettibilità, preparazione alle catastrofi, capacità di far fronte, che si riferisce anche ai loro aspetti comportamentali e alle loro reazioni) possono influenzare positivamente o negativamente la loro propensione a essere minacciati dagli effetti dei disastri (Liu et al. 2018) [31]. Questi elementi possono essere valutati per l'intera comunità soggetta a disastri (vulnerabilità collettiva, ad esempio problemi di evacuazione e gestione delle emergenze; questioni sociali su scala comunitaria) e per l'individuo specifico (vulnerabilità individuale, ad es. comportamenti, genere, età, fragilità di salute, altre caratteristiche e quantità di movimento).

Sono stati definiti i fattori che influenzano la procedura di evacuazione degli utenti da un punto di vista qualitativo (es. persone tendono a stare lontano da edifici e detriti) e quantitativo (es. velocità di movimento sono maggiori per distanze inferiori con gli edifici) [12-20].

2.6 Esposizione

I temi legati all'esposizione, in termini generali, sono focalizzati sulle presenze degli utenti del BE (cioè individui esposti, calcolati come vite umane nella BE), sul patrimonio storico artistico e sulla presenza dei relativi servizi (Mouroux e Brun 2006) [32]. Gli ultimi due beni materiali citati vengono considerati nella valutazione dell'esposizione solo in caso di eventi disastrosi sui quali possono riflettersi effetti distruttivi (es: terremoti, attentati dinamitardi). La presenza di attività industriali e manifatturiere e di sistemi di trasporto commerciale nelle aree colpite potrebbe portare a perdite economiche e all'interruzione della capacità produttiva come conseguenza di tali SUOD. Pertanto, le questioni socioeconomiche sono altri fattori da includere in esposizione (Sarabia et al. 2020) [33]. Nei SUOD, ad esempio, l'esposizione è strettamente correlata alla presenza di persone in un determinato ambiente (Wardhani 2015) [34] definito rischioso, esprimendola quindi in termini di vite umane (es: numero totale di persone esposte, eventuali condizioni di sovraffollamento, e correlazione tra la quantificazione degli individui e la vicinanza alle fonti di rischio). Le stesse considerazioni valgono sia per i terremoti, considerando persone in aree ad alta intensità sismica, sia per gli attacchi terroristici, dove uno o più individui sono esposti al rischio di diventare vittima del terrorismo. L'esposizione aumenta quando i cittadini attraversano ripetutamente una zona con determinati livelli di criticità registrati o quando vi rimangono per lungo tempo. Pertanto, il concetto di esposizione può essere definito allo stesso modo per gli eventi SUOD e SLOD ed è connesso solo alle vite umane in prossimità della fonte di rischio per un determinato istante (per

SUOD e SLOD). In questo senso, le attività ospitate dall'ambiente costruito (comprese sia le aree interne che gli spazi esterni) alterano fortemente il valore dell'esposizione sia in termini spaziali che temporali (Li et al. 2019 [35]; Dai et al. 2020 [36]). Pertanto, una classificazione dei fattori correlati all'uso previsto (compresi quelli sensibili, ad esempio per atti terroristici (National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START) [31]; Matsika et al. 2016 [32]; Karlos et al. 2018 [33]), nonché delle principali caratteristiche dell'ambiente costruito (es. la densità edificata) può essere utile per tracciare l'esposizione ei livelli di vulnerabilità degli utenti in esso (Villagràn De León 2006) [34]. La normativa italiana per la sicurezza antincendio fornisce la densità di utenti al m^2 in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio (Edifici residenziali [41] [42], istituzionali [43] [44] [45] [46], religiosi [47], ospedali [48], ecc..[48] [49] [50] [51]). Grazie a questi coefficienti si può avere una stima del numero di occupanti all'interno degli edifici.

Infine, per quanto riguarda il rischio da attentato terroristico, sono state definite classi di edifici-target, individuando sei classi ambientali omogenee che tengono conto dei potenziali livelli di affollamento; del significato simbolico (politico/religioso) dell'edificio; dei sistemi di sicurezza e controllo presenti e della tipologia di ambiente costruito (area aperta/edificio).[52]

3. METODOLOGIA OPERATIVA

Lo scopo della metodologia è la quantificazione dell'esposizione in termini di vite umane, negli spazi esterni ed interni relativi al BE di riferimento. Gli utenti presi in considerazione sono gli utenti dell'ambiente costruito (BEU: Built Enviroment Users), ovvero coloro che fruiscono gli spazi interni ed esterni che fanno parte del BE o che sono in diretta connessione con esso.

La metodologia scelta è di tipo speditivo, in modo da poter essere facilmente replicabile anche da remoto. I dati in input sono volontariamente sovrastimati per mantenere un certo margine di sicurezza.

Delle 133 piazze considerate come esempi di BE all'interno del progetto BE S2ECURe [4], in questo studio è stato preso in considerazione un campione di 20 piazze (Tab.1) (Appendice A) omogenee per caratteristiche morfologiche costruttive. In particolare, si tratta di piazze convesse e principalmente di forma leggermente allungata o pressoché quadrata ($R=L_{minore}/L_{maggiore}$; $R > 0.50$) [4], quindi tipologicamente simili.

Le piazze di forma allungata sono molto frequenti nel panorama costruttivo italiano e per questo rappresentano un campione tipologicamente significativo di BE. Infatti, su un campione di 90 piazze convesse presenti nei principali comuni italiani, circa il 58% risulta di tipologia allungata o pressoché quadrata [4].

Regione	Provincia	Città	Piazza	Tipologia	R
Puglia	BA	**Bari**	Piazza Umberto I	Compatta	0,79
Calabria	CS	**Cosenza**	Piazza Duomo	Allungata	0,60
Emila Romagna	FC	**Forlì**	Piazza Aurelio Saffi	Allungata	0,57
Sardegna	SU	**Iglesias**	Piazza Municipio	Allungata	0,67
Sicilia	ME	**Messina**	Piazza Duomo	Allungata	0,54
Lombardia	MI	**Milano**	Piazza Emilia	Allungata	0,52
Emila Romagna	MO	**Modena**	Piazza Grande	Allungata	0,60
Lombardia	MB	**Monza**	Piazza Trento e Trieste	Allungata	0,58
Toscana	PI	**Pisa**	Piazza dei Cavalieri	Allungata	0,56
Calabria	RC	**Reggio Calabria**	Piazza Duomo	Allungata	0,67
Emila Romagna	RN	**Rimini**	Piazza Cavour	Allungata	0,63

Umbria	TR - 1	**San Gemini**	Piazza San Francesco	Compatta	1,00
Liguria	SV	**Savona**	Piazza Sisto IV	Allungata	0,53
Lombardia	SO	**Sondrio**	Piazza Garibaldi	Allungata	0,63
Puglia	TA	**Taranto**	Piazza Duomo	Allungata	0,60
Sicilia	TR	**Trapani**	Piazza Lucatelli	Allungata	0,60
Veneto	VE	**Venezia**	Campo Sant'Aponal	Allungata	0,65
Veneto	VR	**Verona**	Piazza dei Signori	Allungata	0,53
Calabria	VV	**Vibo Valentia**	Piazza Armando Diaz	Allungata	0,67
Lazio	VT	**Viterbo**	Piazza del Plebiscito	Allungata	0,58

Tab.1: Campione di piazze analizzate e rispettiva tipologia morfologica

Le fasi metodologiche per la caratterizzazione del BE prevedono:

1. la caratterizzazione delle aree indoor e outdoor del BE in termini di destinazione d'uso e dimensione, quindi il numero massimo di utenti (BEU, Built Enviroment Users) coinvolti (Cap.3.2 e Cap.3.3);
2. l'identificazione della vulnerabilità individuale degli utenti e dei modelli comportamentali, in modo da fornire l'organizzazione dei dati nel tempo (Cap.3.4);
3. l'analisi delle problematiche legate alla vulnerabilità collettiva nel BE (Cap.3.5);
4. le analisi statistiche dei dati per l'estrapolazione dei risultati (Cap.3.6);
5. l'interpretazione dei risultati (Cap.4);



Fig.1: Schema grafico delle fasi per la metodologia operativa

Tutti gli elaborati di calcolo da cui sono stati estratti i risultati sono reperibili al link: https://univpm-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/s1073107_studenti_univpm_it/Er65aPuTv6FFsQBcDyTA9GUBRGVb9yLeBxkmCgnywfXOFA?e=qUNcdA

Di seguito vengono presentate le singole fasi nel dettaglio.

3.1 Aree dell'ambiente costruito da considerare

Le aree da considerare sono:

- le superficie appartenenti alla piazza
- la parte più vicina delle vie di accesso alla piazza

In particolare, per quanto riguarda il precedente punto, si assume il criterio del percorso più breve [53] per definire la parte più vicina della strada di accesso. Il percorso più breve è organizzato in base alle caratteristiche morfologiche delle vie di accesso in modo da definire la lunghezza dell'area della via di accesso che deve essere considerata per il calcolo dell'esposizione.

In primo luogo, vengono definiti i criteri morfologici per l'esclusione di alcune strade di accesso. Almeno una delle seguenti caratteristiche implica l'esclusione della strada dall'applicazione della metodologia:

1) strada di accesso con arco o portici sul lato d'ingresso al BE. Le arcate caratterizzano una vulnerabilità nei confronti di possibili terremoti. Inoltre, gli utenti preferiscono allontanarsi dagli edifici durante l'evacuazione sismica (D'Orazio et al. 2014c)[54] (Fig.2).

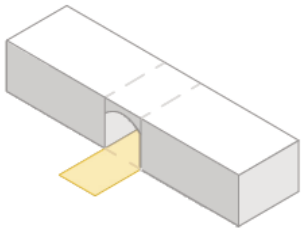


Fig.2: Schema grafico dell'accesso alla strada tramite portico o arco

2) strade con pendenza > 8% in ingresso verso il BE (cioè, gli utenti lungo di essi dovrebbero spostarsi in salita per raggiungere il BE). Si assume che gli utenti preferiscano spostarsi lungo percorsi pianeggianti o preferibilmente in discesa (Salazar Miranda et al. 2021)[55] (Fig.3).

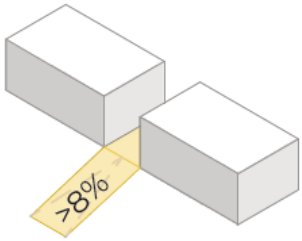


Fig.3: Schema grafico della strada di accesso con pendenza >8% in entrata nel BE

3) strade di accesso che presentano una scalinata in ingresso al BE, indipendentemente dalla loro pendenza poiché possono rappresentare un ostacolo all'accessibilità come spiegato sopra (Fig.4).

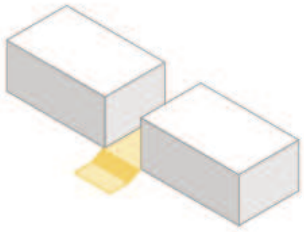


Fig.4: Schema grafico della strada di accesso con scalinata

Quindi, per le vie di accesso considerate, la lunghezza della via di accesso L_{strada} [m] è pari alla distanza tra il lato di accesso alla BE e l'incrocio di riferimento più vicino, cioè un incrocio che collega strade di larghezza paragonabile o maggiore, oppure l'area più ampia più vicina lungo la strada, come un ampliamento della strada stessa. Questi punti, infatti, possono fornire un punto di ritrovo spontaneo dove le persone possono radunarsi in condizioni di emergenza (D'Orazio et al. 2014c)[54]. Non vengono invece considerati gli incroci tra una strada di accesso principale e i vicoli secondari. Inoltre, nel caso di strade con accesso veicolare (2,5 o 3 m o più come per i veicoli di accesso dei soccorritori (Aguado et al. 2018)[56]), gli incroci rilevanti possono essere considerati come quelli con altri passi carrai.

Nel caso sia presente un ostacolo al movimento, es. archi, portici o scale, L_{strada} è pari alla distanza tra il lato di accesso alla BE e il primo incrocio rilevante lungo la via di accesso. Lo stesso criterio viene scelto in caso di notevoli variazioni di pendenza lungo il percorso.

Infine, la lunghezza effettiva considerata per le valutazioni dell'esposizione $L_{c,s}$ [m] si basa sul criterio del percorso più breve, quindi:

- generalmente: $L_{c,s} = \frac{L_{strada}}{2}$ (Eq. 1)

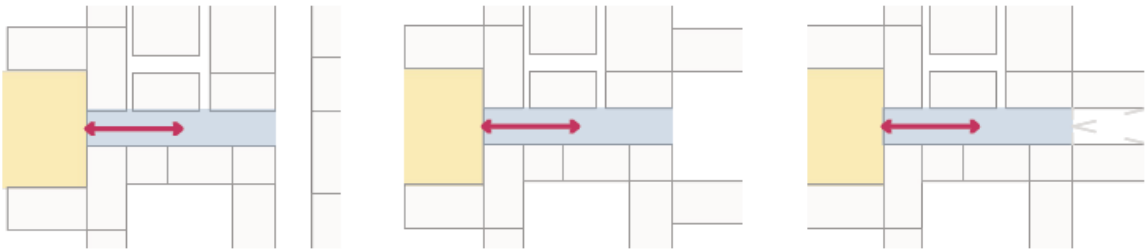


Fig.5: Schema grafico del calcolo della lunghezza effettiva della strada in caso di (a) primo incrocio rilevante, (b) slargo, (c) cambio di pendenza. In rosso è indicata $L_{c,s}$, in blu L_{strada}

- in caso di presenza di archi, portici e scale: $L_{c,s} = L_{strada}$ (Eq. 2)

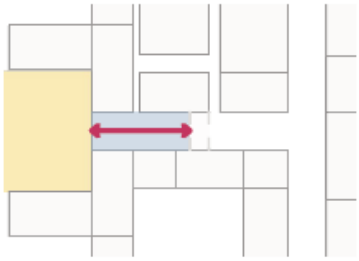


Fig.6: Schema grafico del calcolo della lunghezza effettiva della strada in caso di presenza di un portico o un arco. In rosso è indicata $L_{c,s}$, in blu L_{strada}

- se la strada di accesso ha ingressi asimmetrici sarà calcolato linearmente tramite l'equazione 3: $L_{c,s} = \frac{L_{strada}\, x\, W_{be}}{W_{be} + W_{ex}}$ (Eq. 3)

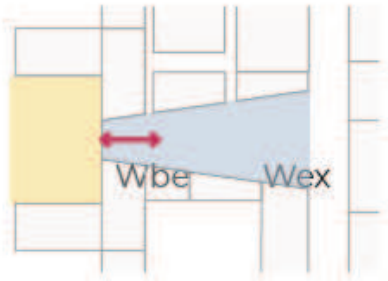


Fig.7: Schema grafico del calcolo della lunghezza effettiva della strada in caso di strada ad imbuto. In rosso è indicata $L_{c,s}$, in blu L_{strada}

dove W_{be}= la larghezza del lato di ingresso al BE [m]

W_{ex} = la larghezza del lato di ingresso opposto [m].

Questa correlazione garantisce di limitare o aumentare l'area da considerare in funzione della geometria della via di accesso.

Tutte le aree comprese nelle vie di accesso alla piazza considerate dovranno essere analizzate sia in termini di aree interne che esterne, come per le aree apparenti al BE, secondo le regole che seguono.

3.2 Caratterizzazione delle aree esterne ed interne

Per prima cosa si individua quindi l'area esterna del BE individuando separatamente

- aree pedonali
- aree carrabili
- aree occupate da monumenti non pedonabili (es: statue, fontane, obelischi, aree recintate comprese zone giardino non accessibili) o aree verdi calpestabili
- dehors (quali terrazze all'aperto di ristoranti posti al piano terra, sia rimovibili che permanenti)
- corti o cortili privati con accesso diretto sulla piazza (es. tramite un portale)

La relativa superficie [m^2] è stata calcolata utilizzando l'applicazione online Calcmaps (https://www.calcmaps.com/it/map-area/ ultimo accesso il 27.09.2021).

In seguito, sono state individuate le aree interne, ovvero le superfici coperte degli edifici che hanno un accesso diretto sull'area esterna della piazza. Come per le aree esterne, anche per quelle interne è stato fatto ricorso all'utilizzo dell'applicazione Calcmaps e al supporto di GoogleMaps e StreetMaps per questioni relative alle caratteristiche geometriche in elevazione.

Le aree interne sono state in seguito catalogate (Tab. 2) secondo le destinazioni d'uso presenti all'interno degli edifici.

Uso	Densità d'uso [pp/m^2]
Edifici residenziali	0.05 pp/m^2 [41]
Edifici istituzionali compresi quelli con valori storico e architettonico adibiti a uffici, musei, ecc…	Chiuso al pubblico: 0.1 pp/m^2 [41][42] Aperto al pubblico: 0.4 pp/m^2 [43][44] Area con eventi culturali: 0.7 pp/m^2 [41][45][46]
Edifici religiosi	0.7 pp/m^2 [45][46][47]
Ospedali e case di cura	Ambulatori o simili: 0.1 pp/m^2 [42] Spazi per i visitatori: 0.4 pp/m^2 [42]
Edifici scolastici	Durante l'orario di lezione: 0.4 pp/m^2 [41][43][48]

	Fuori dall'orario di lezione: 0.1 pp/m^2 [41][42]
Edifici con scopi culturali o di intrattenimento (esibizioni pubblici e attività sportive)	Corridoi: 0.7 or 1.2 pp/m^2 [45][47][49][50] Platea teatro: 3 pp/m^2 [45][47][49][50] Posti in piedi: 3.5 pp/m^2 [45][47][49][50] Attività sportive: 2 pp/m^2 [45][47][49][50]
Edifici commerciali	0.4 pp/m^2 [51][41]
Attività ricettive	0.4 pp/m^2 [41][51]
Ristoranti, bar e caffè	0.7 pp/m^2 [45] [46][37][41]

Tab.2: Catalogazione delle aree interne secondo destinazione d'suo

In particolare, si è tenuto conto anche della presenza di eventuali edifici strategici connessi al rischio di attentato terroristico e sono stati catalogati (Tab.3).

Cod.	Edifici di riferimento
A	Aeroporti, stazioni della metro, stazioni ferroviarie
B	Teatri, musei, chiese
C	Ospedali, scuole, università
N1	Edifici governativi
N2	Altri

Tab.3: Catalogazione degli edifici ad uso speciale

La superficie totale interna, nel caso di edifici omogenei in altezza, è stata calcolata come il prodotto della superficie di copertura per il numero di piani. (Li et al. 2019[35]; Quagliarini et al. 2021[57]).

Le aree individuate e i codici identificativi associati ad ogni edificio sono stati rappresentati anche in pianta in modo da avere anche un supporto grafico, quindi immediato, alla comprensione del caso di studio (Figura 8).

Di seguito vengono presentati alcuni casi rari che hanno richiesto una considerazione specifica per il calcolo delle aree:

- le aree porticali sono state considerate come aree interne agli edifici poiché spesso utilizzate dagli edifici commerciali come dehor;
- rientrano nella categoria di dehor anche eventuali strutture coperte utilizzate come tali
- la presenza di edifici a più piani con portali attraversabili a piano terra non è stata considerata perché, ragionando in maniera cautelativa, in caso di terremoto la via di fuga potrebbe essere ostruita da eventuali detriti;
- Le torri dei campanili sono state considerate solo come ingombro a terra e accorpate al calcolo della superficie della rispettiva chiesa. Non si è tenuto conto dell'effettivo ingombro volumetrico delle torri poiché hanno delle vulnerabilità specifiche che modificherebbero notevolmente lo scenario di emergenza;
- la presenza di eventuali parcheggi sotterranei non è stata tenuta in considerazione.

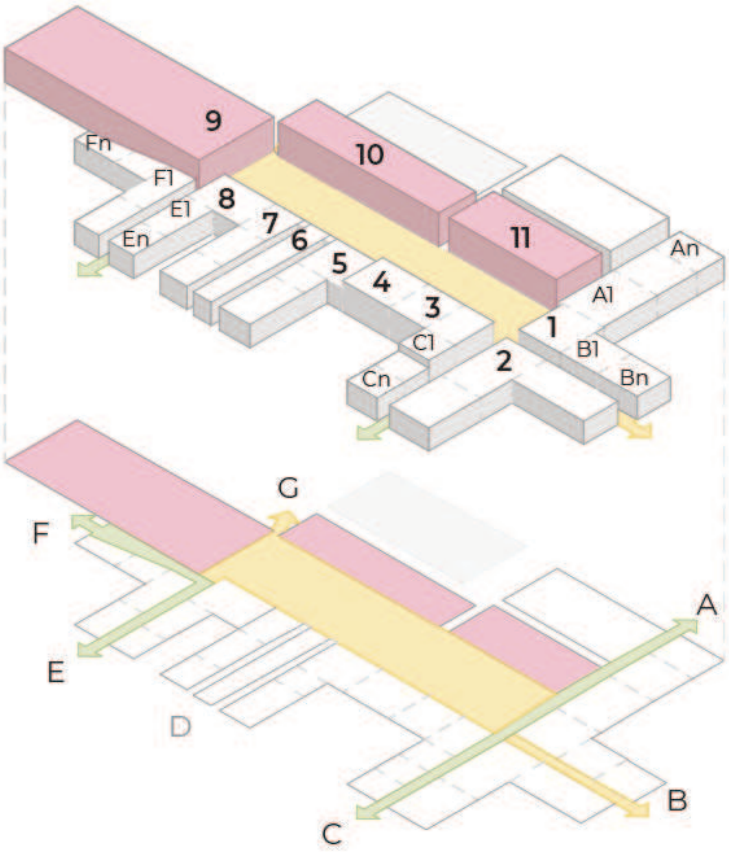


Figura 8: Schematizzazione del caso studio di Rimini, Piazza Cavour, con individuazione delle aree interne ed esterne

3.3 Caratterizzazione del numero massimo di BEU

Gli utenti si distinguono innanzitutto in esterni e interni secondo le seguenti quattro categorie (Tab.4). Con utenti esterni si intendono tutti quelli che fruiscono degli spazi aperti del BE, mentre gli utenti interni sono coloro che si muovono all'interno degli edifici, come i residenti e i frequentatori delle attività aperte al pubblico (uffici, scuole, attività commerciali, ecc..)

Utenti esterni	Outdoor Users	OO
	Prevalent Outdoor Users	PO
Utenti interni	Residents	R
	Non-Residents	NR

Tab.4: Categorie di utenti fruitori del BE secondo la familiarità con il contesto

In particolare, gli OO sono i passanti; i PO sono gli utenti dei dehors o delle manifestazioni di massa e i NR sono gli utenti degli uffici, delle scuole, delle chiese, delle strutture ricettive, ecc..

A ciascuna categoria è associato un carico dell'utente, ovvero la capacità espressa in pp/m^2 di una determinata area che ospita una determinata funzione (Tab.2). Di conseguenza, il numero di utenti in ciascuna area interna viene calcolato come nell'equazione 4:

$$occupant\ load\ \left[\frac{pp}{m^2}\right] x\ area\ occupata\ [m^2] \quad \text{(Eq. 4)}$$

In linea generale si considerano per gli utenti esterni solo passanti OO (Yıldız e Çağdaş 2020[58]; Cheliotis 2020[59]):

- 0 pp/m^2 per aree carrabili, poiché si assume che la carreggiata sia occupata solo da veicoli;
- 0,1 pp/m^2 per le aree pedonali, considerando quindi un basso livello di affollamento nell'area ordinaria

Per quanto riguarda i dehors, si possono distinguere tre categorie:

- un dehor relativo a bar e ristoranti, con indice di 0,4 pp/m2, secondo il suggerimento dei Codici di Sicurezza Antincendio Italiani. Gli utenti in tali aree sono definiti come utenti esterni prevalenti PO;

- Aree coperte/parzialmente coperte all'interno della piazza, la cui destinazione può essere diversa durante il giorno (es. mercato all'aperto al mattino, zona pedonale o parcheggio nel pomeriggio/ notte). Durante le ore di servizio, l'indice precedente di 0,4 pp/m^2 è suddiviso in due quantità per distinguere due tipologie di utenza: 0,3 pp/m^2 calcolare utenti esterni prevalenti PO, la cui presenza è strettamente correlata all'orario di lavoro del mercato; 0,1 punti percentuali/m^2 calcolare utenti esterni OO, la cui presenza è costante durante la giornata e non correlata all'apertura del mercato;
- Aree coperte/parzialmente coperte adiacenti alla piazza (es. mercato aperto), e indice di 0,4 pp/m^2 può caratterizzare tali aree al fine di calcolare utenti esterni prevalenti PO, la cui presenza è strettamente correlata all'orario di lavoro del mercato. Da notare che in questo caso la superficie del dehor [m^2] è esclusa dal calcolo dell'area pedonale o carrabile che occupa.

I monumenti sono esclusi da tale conteggio perché in caso di emergenza le rispettive aree dovrebbero essere sottratte alle aree complessivamente disponibili, in quanto costituiscono degli ostacoli al movimento degli utenti. Infine, in caso di assembramenti nelle aree esterne BE, il carico degli occupanti può essere considerato pari a 2 o fino a 4 pp/m^2. Questo carico dovrebbe essere assegnato all'area effettiva dell'adunata di massa (cioè solo aree pedonali o aree pedonali più aree accessibili ai veicoli).

3.4 Analisi della vulnerabilità individuale e pattern comportamentali

Lo scopo di questa fase è capire come gli utenti utilizzano gli spazi a seconda della categoria tipologica di appartenenza (Tab.5). Le categorie sono distinte per fascia d'età e hanno caratteristiche di movimento diverse, ricavate da letteratura (De Lotto et al. 2019[60]; Quagliarini et al. 2021[50]; Bosina e Weidmann 2017[61]).

Nome		Età	Caratteristiche tipiche	Utilizzo dello spazio nel tempo
TU	Toddlers	0-4	Utenti che dipendono direttamente dai genitori per muoversi nel BE	Sempre a casa
PC	Parent-assisted children	4-15	Utenti potenzialmente autonomi, in genere influenzati dall'uso del BE dei genitori	Non a casa la mattina Accompagnati
YA	Young autonomous adults	15-19	Utenti autonomi nel BE, generalmente studenti	Non a casa la mattina Autonomi
AU	Adult users	20-69	Utenti autonomi nel BE, lavoratori	Non a casa mattina e pomeriggio
			Utenti autonomi nel BE, disoccupati	Sempre a casa
EU	Elderly	70-100+	Utenti con possibile utilizzo ridotto del BE	Sempre a casa

Tab. 5: Categorie di utenti fruitori del BE secondo la vulnerabilità

In riferimento all'ultima colonna della Tabella 5:

- gli utenti Toddlers e Elderly sono considerati sempre a casa in quanto utenti non autonomi e non occupati in attività di studio o lavoro
- gli utenti Parent-assisted children e Young autonomous adults vengono considerati non a casa la mattina perché in età scolare (4-19 anni) e quindi presenti a scuola o all'università nella fascia oraria 08:00-13:00 circa.
- gli utenti adults lavoratori sono fuori casa durante le ore diurne perché si trovano sul posto di lavoro

Il numero di residenti possibili fruitori della piazza, suddiviso per categoria, è stato ricavato da statistiche ISTAT, aggiornate al 2021 e ricavate dal sito web www.tuttaitalia.it che fornisce i dati dei residenti nel comune di riferimenti, suddivisi per fasce d'età di 4 anni. Da questi dati è stato quindi

possibile calcolare la percentuale di utenti residenti per ogni categoria PCT [%] e le percentuali di utenti divisi per genere (M_p e M_f [%]).

Per quanto riguarda gli adulti disoccupati, la percentuale AUE_p [%] è calcolata secondo le statistiche nazionali.

Per quanto riguarda gli utenti non residenti NR, i dati di Google Maps sono utilizzati per ricavare l'orario di apertura delle relative destinazioni d'uso sia durante la singola giornata che durante la settimana. I dati di apertura vengono verificati tramite:

1) Google Maps;

2) https://www.paginegialle.it/ o https://www.paginebianche.it/ o https://www.oraridiapertura24.it/, in quanto questi database contengono informazioni sulle aziende nel contesto italiano;

3) pagine di social network delle aziende e delle attività aperte al pubblico (es. pagina aziendale su Facebook).

Nel caso in cui non sia possibile assegnare dati sull'orario di apertura in funzione di tali passaggi, gli orari di apertura standard degli edifici pubblici in Italia vengono ipotizzati in base all'uso dell'area interna e secondo le normative e gli standard nazionali [62].

Il numero di solo utenti esterni OO (es. passanti) è definita in funzione delle condizioni di utilizzo generale del BE a causa di eventi di assembramento che interessano il numero degli utenti. In particolare, le situazioni interessate da assembramenti di massa sono considerate in base alle pagine web dell'amministrazione locale o ai dati dei social network sugli eventi passati (cioè prima del 2020, in modo da garantire l'inclusione degli eventi in condizioni di emergenza pre-COVID19). Nella variazione settimanale degli utenti sono inclusi gli eventi ricorrenti di aggregazione come le fiere locali, che possono essere ospitate settimanalmente dalla BE (Quagliarini et al. 2021[50]). Gli eventi una tantum, come i festival, sono considerati eventi eccezionali per le condizioni del numero degli utenti.

La quantificazione del numero massimo di utenti e le analisi statistiche vengono ripetute quattro volte per ogni piazza del campione in modo da valutare l'esposizione in relazione ai seguenti scenari (con le opportune correzioni del caso):

1. scenario ordinario lavorativo W

2. scenario ordinario festivo H “standard” (es. domeniche, altre festività nazionali senza manifestazioni di massa)
3. giornate lavorative con fiere/raduni ricorrenti
4. raduni di massa una tantum

Si possono di conseguenza evidenziare le seguenti condizioni in termini di tipologie di utenti rispetto agli spazi interni/esterni:

- per giorni lavorativi “standard” e festivi standard: NR e PO dipendono dall'orario di apertura delle attività; quindi possono uscire differenze tra giorni feriali e festivi. OO è una componente non variabile pari a: 0pp dalle 0:00 alle 6:00 (la notte i passanti sono considerati assenti); il massimo presunto basso livello di affollamento in condizioni ordinarie durante le ore giornaliere (dalle 7:00 alle 24:00).
  In presenza di locali notturni
- per le giornate lavorative con fiere/raduni ricorrenti e raduni una tantum: NR e R sono considerati come nei giorni lavorativi e festivi. I PO sono calcolati come somma di PO per usi standard nella BE (es. dehors) e PO per le fiere/raduni di massa. OO può essere ragionevolmente escluso quando l'area di fiera/raduno è vicina a tutte le aree esterne BE o il numero di OO è inferiore al 10% di PO, poiché OO assume un'influenza limitata sulle condizioni di esposizione complessive. Infine, si considera operativamente che gli utenti provenienti dalle vie di accesso considerate possono essere qui considerati come OO, poiché possono essere passanti provenienti dall'esterno della piazza o uscenti dalla piazza stessa.

In riferimento allo scenario con raduni di massa una tantum va specificato che essi si riferiscono ad eventi che si svolgono solo nella piazza e che l’affollamento dell’evento nella piazza è sostanzialmente maggiore rispetto a quello delle strade che vi si connettono (3-4 pp/m^2). Di conseguenza lo scenario si focalizza solo sulla piazza, considerando il contributo delle vie di accesso trascurabile.

3.5 Caratterizzazione della vulnerabilità collettiva di BE

Considerando le caratteristiche di BE che influenzano la vulnerabilità collettiva degli utenti nei SUOD, gli elementi dell'ambiente costruito e la sua gestione riguardanti il piano e il layout di evacuazione vengono indagati attraverso Google Maps o l'accesso alle mappe del piano di evacuazione e al documento del comune (documenti online), in modo da risalire se:

- è disponibile un piano di emergenza specifico per la BE (da documento comunale);
- sono implementati segnali di orientamento e strutture di evacuazione (ad esempio tramite Google Street View);
- è presente il personale addetto alla sicurezza pronto ad intervenire (da documento comunale);
- l'area è utilizzata per la gestione delle emergenze e l'evacuazione secondo il piano comunale (da documento comunale).

3.6 Analisi statistiche dei dati

Lo scopo dell'analisi è quello di ottenere i parametri di esposizione e vulnerabilità per la definizione delle BET. A tal fine, i parametri sono organizzati in classi di descrittori (Tab.6):

OUC	Caratterizzazione complessiva degli utenti
TDC	Caratterizzazione dipendente dal tempo
BEC	Caratterizzazione dell'ambiente costruito

Tab.6: Classi di descrittori

- OUC: questi parametri tracciano un quadro generale del campione di BEs analizzati, considerando l'insieme giorno/notte. Per ogni BE, vengono prima calcolati e organizzati i valori massimo, minimo, mediano e medio riferiti al BE per abbinare tutti i casi studio BE. Il contributo degli utenti (OO, PO, R, NR, per classi di età e così via) sarà valutato per l'intero numero di utenti valutati, nonché per quelli collocati all'interno delle aree della piazza (e degli edifici collegati) e per quelli collocati lungo le parti più vicine delle strade di accesso.
- TDC: questi parametri tracciano una panoramica temporale (0-24h) delle tipologie di BE
- BEC: questi parametri descrivono le problematiche di esposizione e di vulnerabilità collettiva che influenzano le caratteristiche della BE

I dati vengono raccolti secondo le categorie di utenti definite precedentemente in Tab.5.

Bisogna tenere conto del fatto che i parametri possono assumere significati differenti a seconda che si consideri uno scenario SLOD o SUOD, ovvero in base al rapporto tra edificio e utente durante l'emergenza (evacuazione o invacuazione). In questo caso, facendo riferimento allo scenario SUOD, si tratta di evacuazione (dagli edifici e dalla piazza stessa) nel caso di sisma. In questo senso la quantificazione degli utenti indoor (NR e R) e la loro densità permette di avere una stima di quanti utenti si sommano a quelli già presenti nelle aree esterne del BE in caso di evento sismico rilevante. Nel caso di attentato terroristico invece può avvenire sia un'evacuazione dall'edificio o dall'area interessata che anche una possibile invacuazione all'interno di altri edifici per cercare riparo.

I parametri valutati ai fini OUC e TDC sono organizzati nelle classi relative ai 4 giorni definite al Cap.3.3: 1) giorni lavorativi "standard"; 2) festività ordinarie 3) giornate lavorative con fiere/raduni

ricorrenti; 4) raduni di massa una tantum. I parametri BEC sono organizzati in un'unica classificazione, ma la presenza del piano di emergenza è organizzata distinguendo giorni lavorativi e festivi "standard" e, qualora siano disponibili piani di emergenza specifici: 1) giorni lavorativi con fiere/raduni ricorrenti; 2) raduni di massa una tantum.

Le analisi statistiche vengono eseguite sull'intero campione in aggregato, per evidenziare le condizioni ricorrenti per la definizione della BET.

I parametri booleani vengono indagati rispetto alle due possibili classi (true o false) (Tab.7).

I parametri espressi in [numero di elementi per BE] sono organizzati in classi discrete, quindi valutati in termini di valori interi di mediana e media per l'intero campione, nonché di mediana, modale, minimo e massimo valori. Si assume che il valore modale rappresenti condizioni ricorrenti del BE (Tab.7).

Gli altri parametri sono organizzati in classi continue secondo la regola di Sturges (Scott 2009)[63] e sono valutati secondo analisi statistiche attraverso un approccio per quartile, in modo da evidenziare tendenze significative nei loro valori. I valori massimi di questi valori anomali possono essere considerati per rappresentare condizioni eccezionali presenti in un singolo caso studio del campione. Si assume che il valore mediano rappresenti condizioni ricorrenti della BE (Tab.7).

Parametro [unità di misura]	Metodo di calcolo	Condizioni specifiche dei sottoparametri	Classe
BE numero utenti [pp]	Somma degli utenti dipendenti dalle condizioni specifiche dei sotto-parametri	numero complessivo degli utenti UOn In base della loro familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza: residents Rn; non-residents NRn; only outdoor users OOn ; prevalent outdoor users POn	OUC
Grado di familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]	rapporto percentuale tra specifiche tipologie di utenti e numero complessivo di utenti	In base della loro familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza: residents Rn; non-residents NRn; only outdoor users OOn ; prevalent outdoor users POn	OUC TDC

Vulnerabilità individuale degli utenti (a seconda della fascia di età e del sesso) [%]	rapporto percentuale tra specifiche tipologie di utenti e numero complessivo di utenti	In base alle fasce d'età: toddlers TUp, parent-assisted children PCp, young autonomous users YAp, adult AUp users, elderly EUp In base al sesso: Mp, Fp	OUC TDC
Densità di utenti nelle aree esterne del BE [pp/m2]	rapporto tra il numero degli utenti BE e l'area esterna (escluse le aree pedonali)	Densità esterna complessiva degli utenti UOOd In base della loro familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza: residents Rn; non-residents NRn; only outdoor users OOn ; prevalent outdoor users POn	OUC TDC
Densità di utenti nelle aree interne [pp/m2]	rapporto tra il numero di utenti BE e l'area coperta	Densità interna degli utenti UId a seconda di NRn e Rn	OUC TDC
N. normalizzato di utenti nel BE [-]	il numero di soggetti esposti nella BE è normalizzato rispetto al suo picco giornaliero.	Numero totale normalizzato degli utenti UOnn In base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza: residents Rn; non-residents NRn; only outdoor users OOn ; prevalent outdoor users POn	TDC
Presenza di edifici speciali [Booleano], [num. di articoli per BE]	presenza o meno di edifici speciali o con destinazioni d'uso specifiche	presenza di edifici/usi speciali numero di edifici/usi specifici (vedi tab. 2)	BEC
Percentuale di aree esterne per tipologia [%]	rapporto tra la tipologia dell'area e l'area esterna complessiva	per tipologia: aree pedonali OPAp, aree carrabili OVAp, aree non percorribili ONWp, aree verdi accessibili OGAp, dehors ODHp, cortili privati OPCp	BEC

Presenza di piano di emergenza [Booleano]	il valore è vero se almeno uno dei seguenti aspetti è vero: piano di emergenza disponibile per la ST; implementati segnali di orientamento e strutture di evacuazione; azioni del personale di sicurezza disponibili; l'area è utilizzata per la gestione dell'emergenza secondo il piano comunale	presenza di un piano di emergenza per la BE EPp [booleano]	BEC
Rapporto tra caratteristiche esterne ed interne [-]	rapporto tra la specificità degli spazi interni ed esterni nel BE	rapporti tra: le aree edificate (come somma di tutte le aree edificabili ad ogni livello edilizio) e le aree esterne [-]; le aree edificabili accessibili (come somma di tutte le aree edificabili effettivamente accessibili dai singoli dagli spazi esterni) e le aree esterne ABAr. rapporti UIOr tra NRn+Rn (utenti negli spazi interni) e OOn+POn (utenti negli spazi esterni) [-]	BEC

Tab.7: Metodo di analisi statistica

4. RISULTATI

Essendo le piazze analizzate principalmente di tipologia allungata, i risultati che seguono forniscono una caratterizzazione delle stesse. I dati ottenuti derivano dalla combinazione di tutti i casi studio, in modo da avere una statistica descrittiva complessiva.

I risultati per ogni parametro vengono prima presentati in maniera grafica ed esplicativa per quanto riguarda lo scenario dei giorni lavorativi poiché rappresentano la condizione più ricorrente nel BE (circa l'80% dei giorni dell'anno). A seguire vengono presentati i risultati più significati relativi agli scenari festivo, con eventi ricorrenti e con eventi una tantum. Tutti gli altri grafici possono essere consultati nelle Appendici B, C, D e E (suddivisi in base allo scenario di riferimento).

4.1 Risultati analitici

4.1.1 Descrittori UOC

I parametri UOC (Caratterizzazione complessiva degli utenti) tracciano un quadro generale delle tipologie BE, considerando l'insieme giorno/notte. Per ogni BE, vengono prima calcolati e organizzati i valori massimo, minimo, mediano e medio riferiti al BE per abbinare tutti i casi studio BE. Il contributo degli utenti (OO, PO, R, NR, per classi di età e così via) sarà valutato per l'intero numero di utenti valutati, nonché per quelli collocati all'interno delle aree della piazza (e degli edifici collegati) e per quelli collocati lungo le parti più vicine delle strade di accesso.

4.1.1.1 Numero di utenti esposti nelle aree del BE [pp] e densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m²]

Scenario lavorativo standard

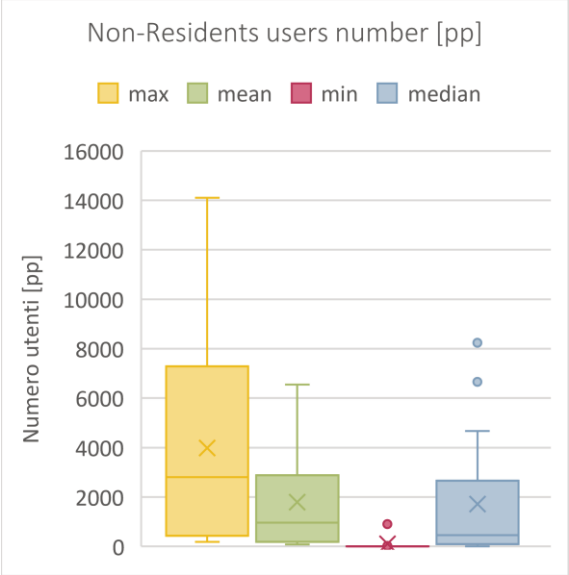


Fig.9: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti non-residents esposti in aree esterne ed interne (RNn)

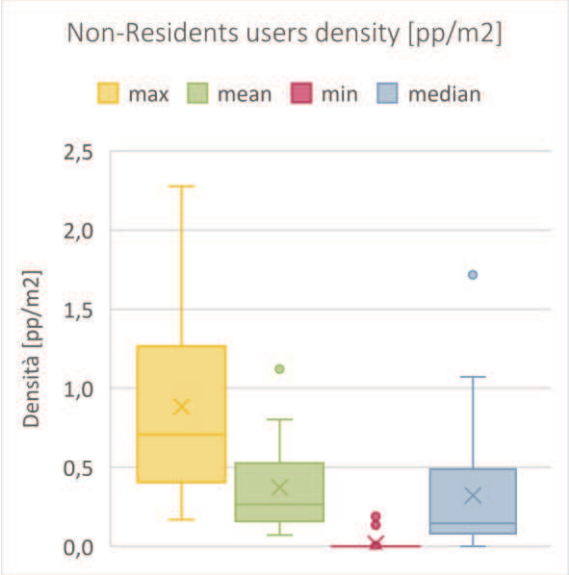


Fig.10: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Non-Residents (RNd)

I non-residents sono la tipologia di utenza con la maggiore variabilità perché la loro presenza è legata al tempo di apertura e alla dimensione delle attività in termini di m2. I valori critici massimi si riferiscono al caso studio di Bari e di Milano. Nel primo caso ciò è dovuto alle grandi dimensioni della piazza, totalmente circondata da funzioni commerciali a piano terra. Nel secondo caso invece l'aumento del numero di non-residents è dovuto al contributo delle strade di accesso alla piazza, lungo le quali sono presenti numerose attività commerciali a piano terra e un centro commerciale. Il valore mediano (2° quartile) per ogni caso studio (458 pp), che restituisce la variabilità più affidabile (Fig.9).

Per quanto riguarda la densità di utenti Non-Residents (Fig.10), i valori critici massimi rappresentano il caso in cui tutte le attività sono aperte e a pieno carico. I valori minimi, invece, sono rappresentativi delle ore notturne, quando le attività sono generalmente chiuse, ad eccezione di valori anomali come gli hotel. Quindi, considerando il trend mediano (simile alla media), NRd può essere considerato compreso tra 0,08 e 0,53 pp/m2 (1° e 3° quartile) mentre i valori mediani sono 0,15 pp/m2 (2° quartile).

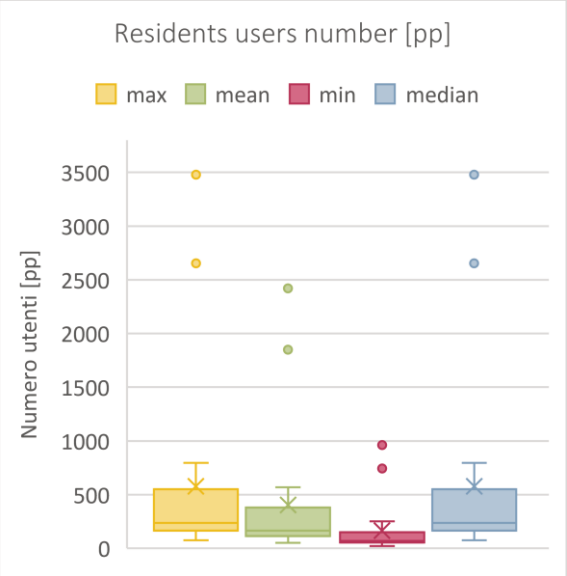


Fig.11: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti residents esposti in aree esterne ed interne (RN)

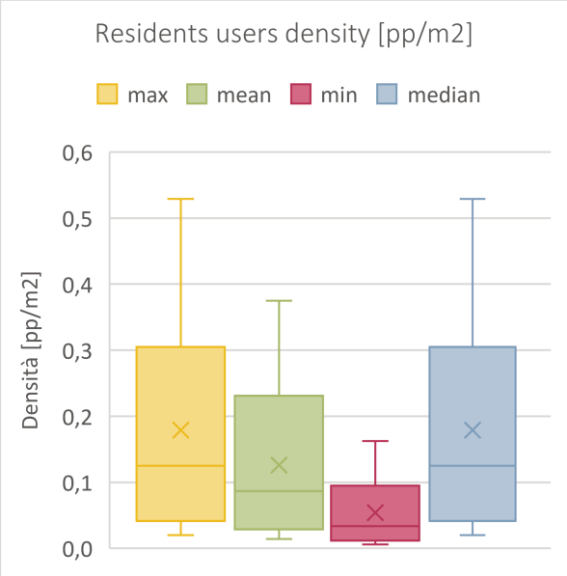


Fig.12: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Residents (RNd)

La densità di utenti Residents Rd (Fig.12), così come il numero Rn (Fig.11), dipende dal fatto che questa tipologia di utenti è distribuita uniformemente durante le ore diurne perché i residenti vengono conteggiati nelle ore non lavorative (dalle 19:00 alle 7:00), mentre durante il giorno studiosi e lavoratori sono considerati assenti. Di conseguenza, poiché la maggior parte delle ore notturne possono essere considerate spese in casa, i dati medi coincidono con quelli massimi, mentre i dati minimi sono riconducibili all'orario di lavoro. I valori massimi e critici medi della densità vanno da 0,04 a 0,3 pp/m2 (1° e 3° quartili) mentre la mediana è 0,13 pp/m2 (2° quartile). La mediana restituisce il valore più affidabile ed è pari a 238 residenti (2° quartile). I valori critici massimi si riferiscono ai casi di studio di Bari e Milano. In entrambi i casi si tratta di una piazza di circondata da edifici residenziali di 6-9 piani mediamente.

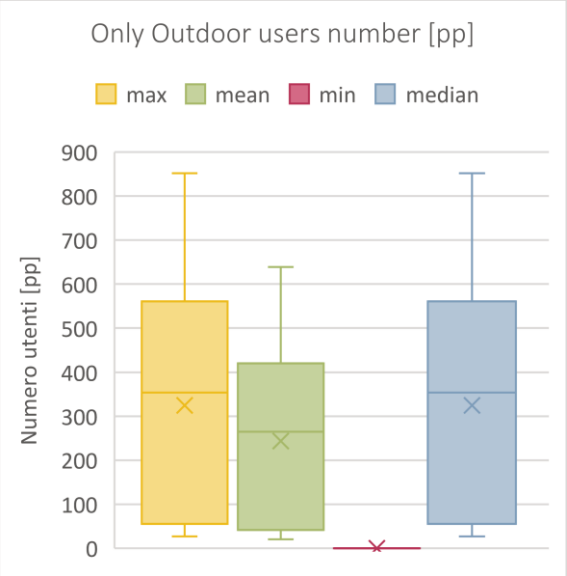


Fig.13: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti only outdoor esposti in aree esterne ed interne (OOon)

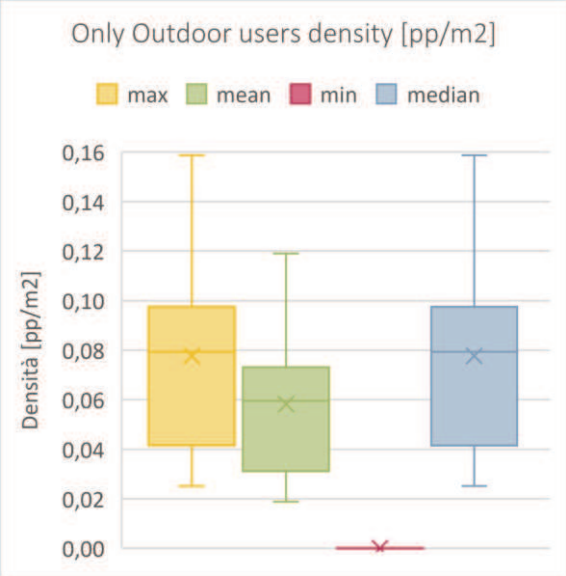


Fig.14: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Only Outdoor (OOd)

Gli Only Outdoor sono costanti durante le ore diurne (07:00 - 24:00) e per questo i dati mediani coincidono con quelli massimi (Fig.13 e Fig.14), mentre i dati minimi sono riconducibili alle ore notturne (01:00 - 06:00) in cui non vengono conteggiati (0,00 pp/m2). La mediana è di 354 persone che corrisponde a 0.08 pp/m2 (2° quartile). I valori anomali (0,16 pp/m2) dipendono dalla presenza, in alcuni casi studio, di piazze di grandi dimensioni con ampie aree pedonali (es. Sondrio e Modena).

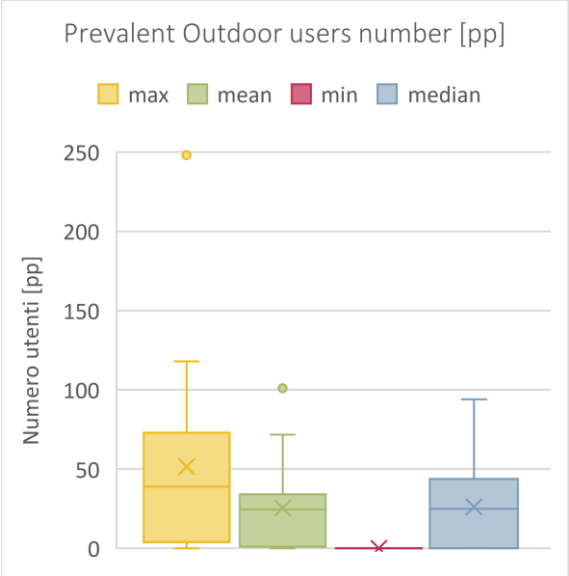


Fig.15: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti prevalent outdoor esposti in aree esterne ed interne (POn)

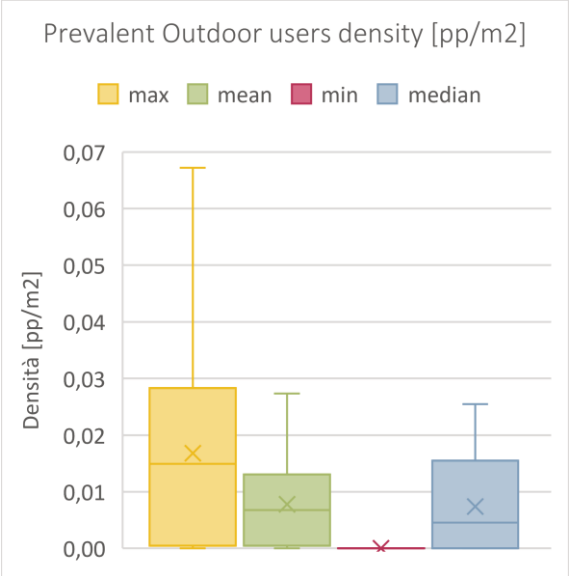


Fig.16: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Prevalent Outdoor (POd)

I Prevalent Outdoor, sia in termini di numero di utenti POn (Fig.15) che in termini di densità POd (Fig.16) dipendono dalla presenza di aree dehor all'interno del BE, unitamente alla loro dimensione (m2) e l'orario di apertura. I dati mediani e medi sono comparabili, poiché i valori critici vanno da 0 a 50 persone (1° e 3° quartili) mentre la mediana è di 25 utenti (2° quartile). Ciò significa che in condizioni lavorative standard la densità di utenti Prevalent Outdoor è praticamente nulla (0 pp/m2). I valori massimi rappresentano il caso in cui tutte le attività sono aperte e a pieno carico, mentre i dati minimi si riferiscono all'orario di chiusura (o assenza di aree dehor). Il valore anomalo in termini di numero di utenti si riferisce al caso studio di Rimini in cui è presente una struttura di 350 m2 affacciata sulla piazza utilizzata dai clienti dei locali serali come dehor. In termini di densità il valore critico si riferisce invece a casi studio in cui la porzione di piazza coperta da dehors è notevole (es. Verona).

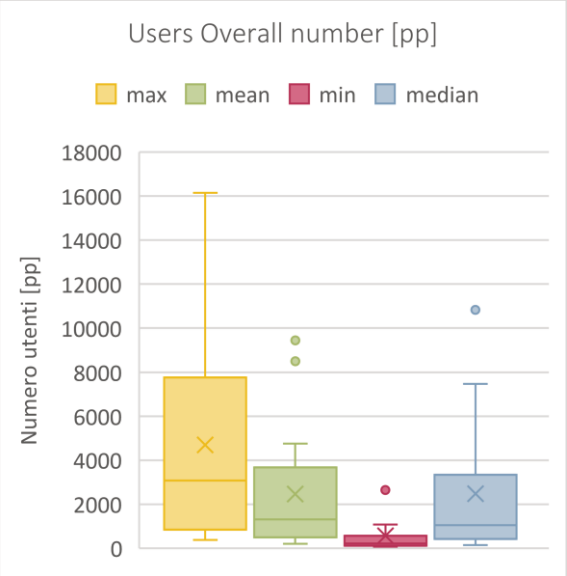


Fig.17: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti complessivi esposti in aree esterne ed interne (UOn)

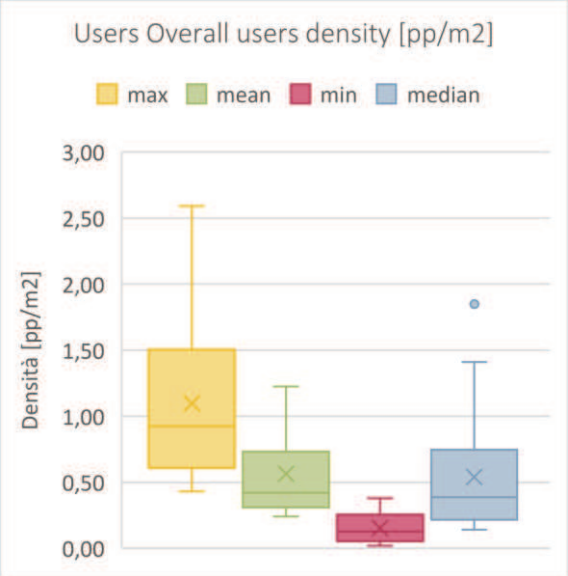


Fig.18: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti complessivi (OUd)

Gli utenti totali presentano valori critici massimi che massimizzano la presenza di tutte le suddette categorie (NRn+Rn+OOn+POn) (Fig.17). Considerando invece gli andamenti mediani, che appaiono confrontabili con quelli medi, i valori critici vanno da circa 420 fino a circa 3670 utenti (1° e 3° quartili), mentre la mediana è di 1054 utenti complessivi (2° quartile). Facendo riferimento ai valori mediani la categoria che incide di più nel numero di utenti complessivi è quella dei Non-Residents. Questo risultato è dovuto alle numerose attività aperte al pubblico presenti nei BE considerati nello scenario lavorativo. Poiché le piazze analizzate hanno un ruolo di fondamentale importanza nel tessuto urbano, lì si concentrano la maggior parte delle attività commerciali e degli uffici poiché questa posizione garantisce visibilità.

Considerando il campione totale degli utenti in termini di densità UOOd (Fig.18), il trend massimo descrive il caso in cui tutte le suddette categorie concorrono all'interno della BE (NRn+Rn+OOn+POn). Tuttavia, escludendo i valori anomali e le soglie superiori (4° quartile), il valore critico massimo è all'incirca 1,5 pp/m2 (tendenza massima 3rd quartile è uguale a 0,75 pp/m2). Riferendosi invece agli andamenti mediani, che appaiono confrontabili con quelli medi, i valori critici di UOd oscillano tra circa 0,22 e 0,75 pp/m2 (1° e 3° quartili), mentre la mediana è 0,39 pp/m2 (2° quartile).

Scenario festivo

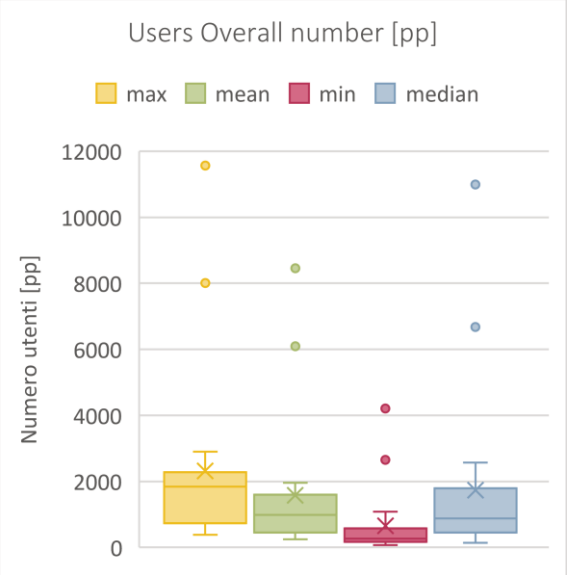


Fig.19: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti complessivi esposti in aree esterne ed interne (UOn)

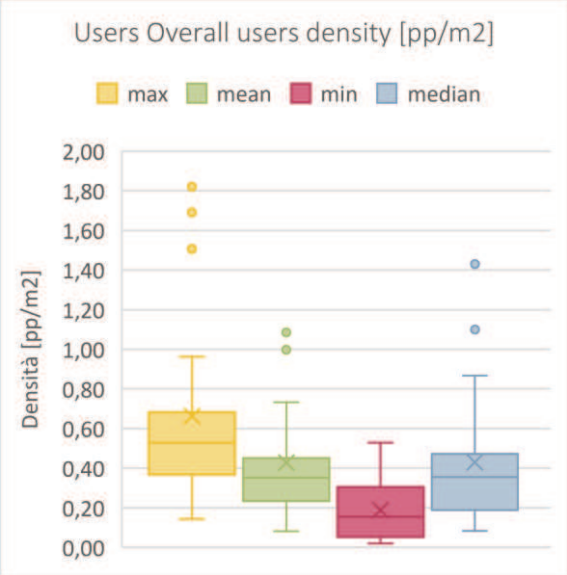


Fig.20: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti complessivi (OUd)

La densità degli utenti (Fig.20), come quindi il numero di utenti totali (Fig.19), nei giorni festivi risulta complessivamente minore perché numerose attività aperte al pubblico (commerciali, scuole, uffici) sono chiuse. Escludendo i valori anomali e le soglie superiori (4° quartile), il valore critico massimo è inferiore a 1 pp/m2 (tendenza massima 3° quartile è uguale a 0,47 pp/m2). Riferendosi invece agli andamenti mediani, che appaiono confrontabili con quelli medi, i valori critici di UOd oscillano tra circa 0,19 e 0,47 pp/m2 (1° e 3° quartili), mentre la mediana è 0,35 pp/m2 (2° quartile).

Scenari con eventi ricorrenti e una tantum

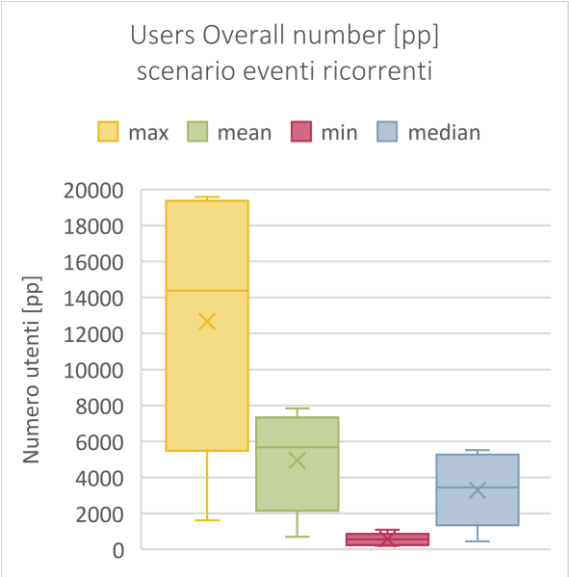


Fig.21: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti complessivi esposti in aree esterne ed interne (UOn), nello scenario con eventi ricorrenti

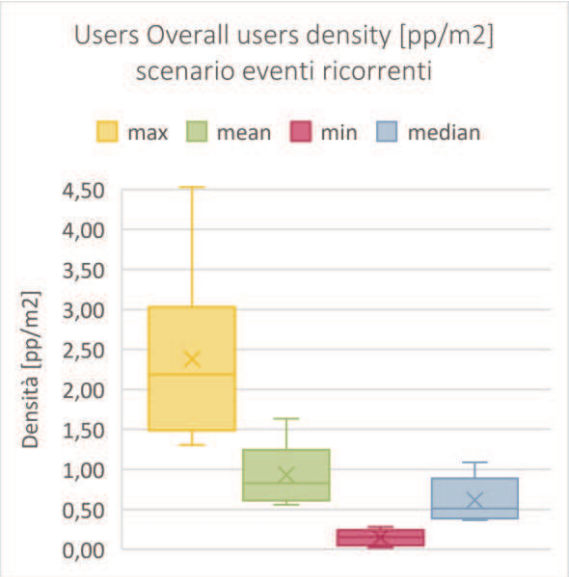


Fig.22: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti complessivi (OUd), nello scenario con eventi ricorrenti

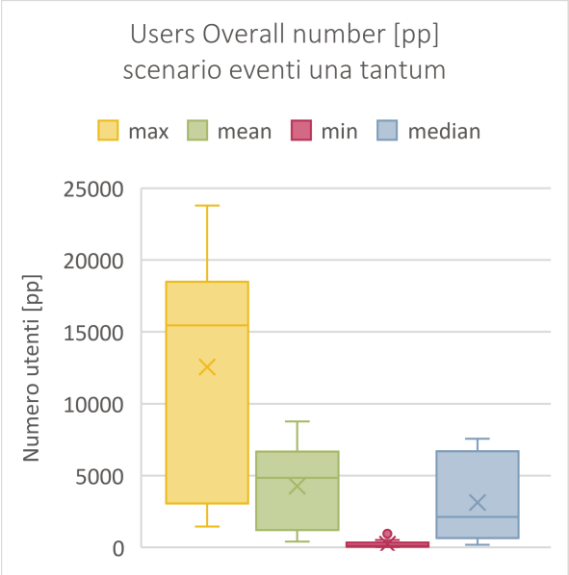


Fig.23: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti complessivi esposti in aree esterne ed interne (UOn), nello scenario con eventi una tantum

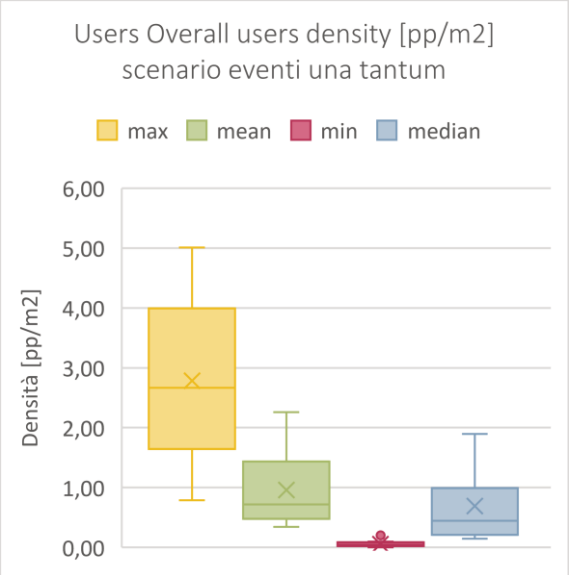


Fig.24: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti complessivi (OUd), nello scenario con eventi una tantum

I risultati relativi agli scenari con eventi ricorrenti e una tantum mostrano un generale aumento della densità (Fig.22 e Fig.24) e del numero di utenti (Fig.21 e Fig.23). Nonostante i raduni di massa una

tantum prevedano affollamenti maggiori rispetto a quello dello scenario con eventi ricorrenti, lo scenario con eventi ricorrenti risulta quello preponderante in termini di valori mediani di utenti totali distribuiti sull'intera giornata. Ciò è dovuto al fatto che, nei casi studio analizzati, gli eventi ricorrenti hanno una durata prolungata nel corso della giornata (es. mercato settimanale) mentre gli eventi una tantum, pur considerando una densità da 2 a 4 pp/m2, si riferiscono ad eventi di poche ore (es. concerti).

4.1.1.2 Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

Scenario lavorativo standard

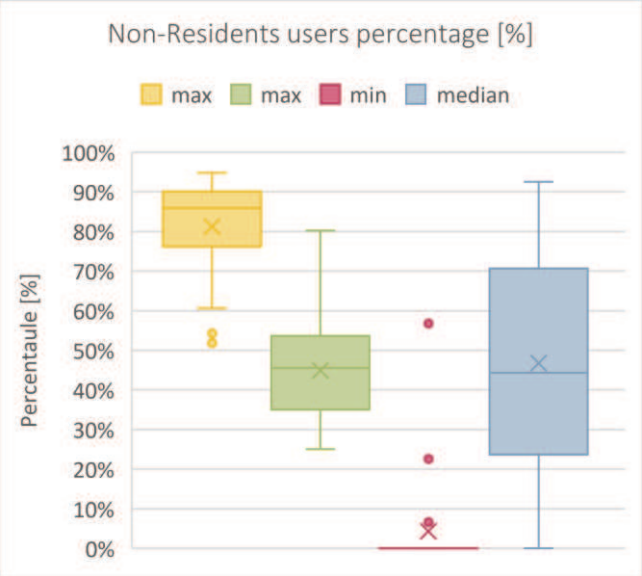


Fig.25: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (RNp)

I Non-Residents sono in percentuale la parte preponderante degli utenti che popolano la BE (Fig.25), in quanto i valori medi e mediani critici di NRp oscillano tra circa il 24 e il 70% (1° e 3° quartili), mentre la mediana è di circa il 44%. I valori massimi si riferiscono alle ore lavorative in cui non si contabilizzano i Residents, mentre i minimi si riferiscono alle ore notturne, che sono correlate alle percentuali massime di residenti. I valori anomali nella distribuzione dei valori minimi si riferiscono ad attività aperte in maniera continuativa come gli hotel (es. Sondrio e Bari).

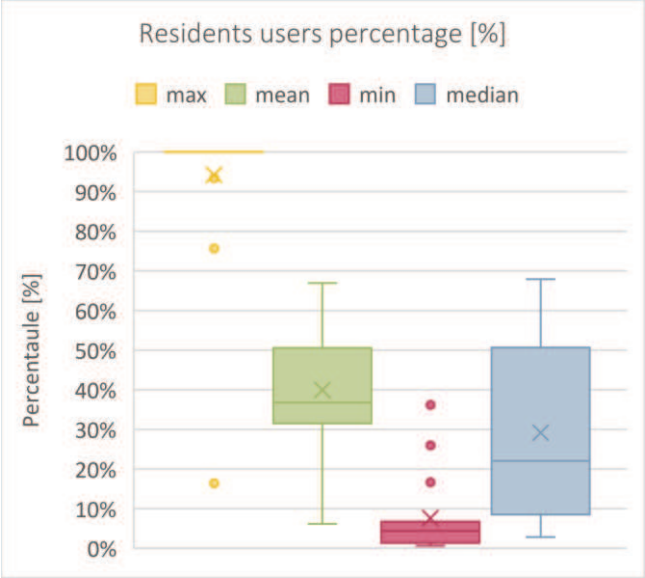


Fig.26: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp)

La percentuale di utenti Residents Rp (Fig.26) presenta una grande variabilità durante il giorno: da meno del 10% (dato minimo, che è in orario di lavoro) fino a >70% (dato massimo, durante le ore notturne), il che implica che gli andamenti medi sono fortemente influenzati dalla grande differenza a seconda all'ora del giorno. Quindi, i valori critici mediani sembrano essere più efficaci, registrando circa 4%, 22% e 37% Rp per i quartili 1°, 2° e 3°.

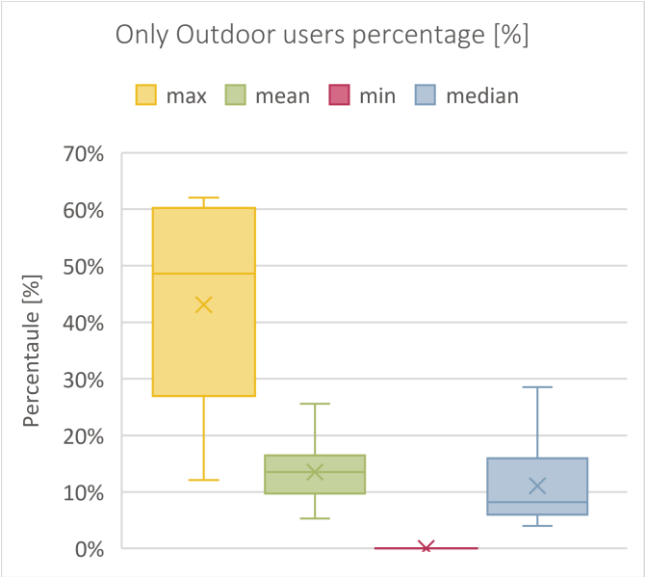


Fig.27: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp)

I dati medi e mediani di della percentuale di utenti Only Outdoor OOp sono confrontabili (essendo OOn costante durante il giorno, ad eccezione delle ore notturne), compresi tra il 6% e il 16% circa (quartili 1° e 3°) mentre 2° quartile è compreso tra 8 e 14% (Fig.27).

I valori minimi si riferiscono alle ore notturne in cui i passanti sono considerati nulli. Il massimo si riferisce a particolari ore della giornata in cui sono assenti altre categorie (es. la mattina presto).

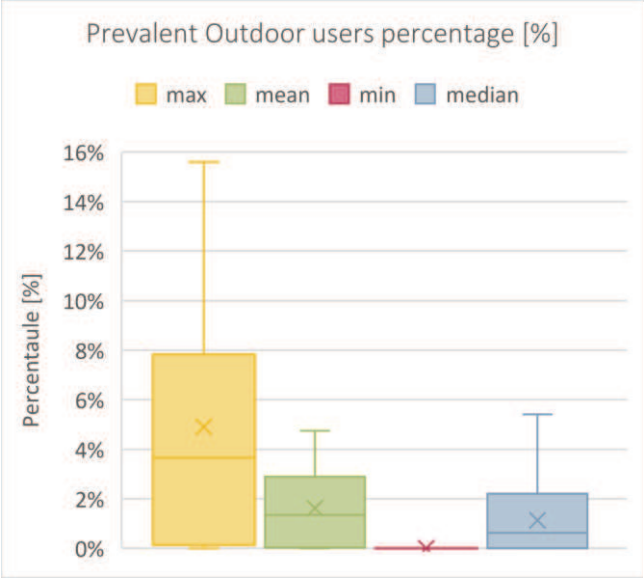


Fig.28: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp)

Le utenze Prevalent Outdoor dipendono dalla presenza di aree dehor all'interno della BE, unitamente alla loro dimensione (m2) e l'orario di apertura. I dati mediani e medi sono comparabili, poiché i valori critici variano da 0 a 3% persone (1° e 3° quartili) mentre la mediana è solo dell'1% (2° quartile) (Fig.28). I valori massimi di POp rappresentano il caso in cui tutte le attività sono aperte e a pieno carico, mentre i dati minimi sono relativi all'orario di chiusura (o assenza di aree dehor). I valori anomali si riferiscono ai casi studio in cui la superficie di BE adibita a dehor è elevata rispetto al totale (es. Verona).

Scenario festivo

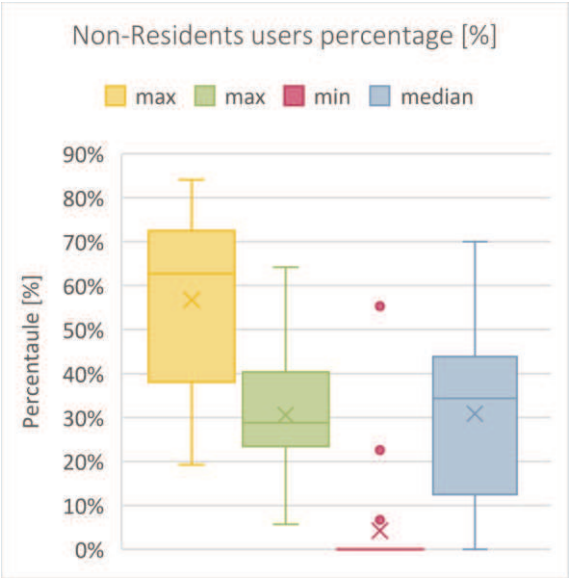


Fig.29: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non-Residents (NRp)

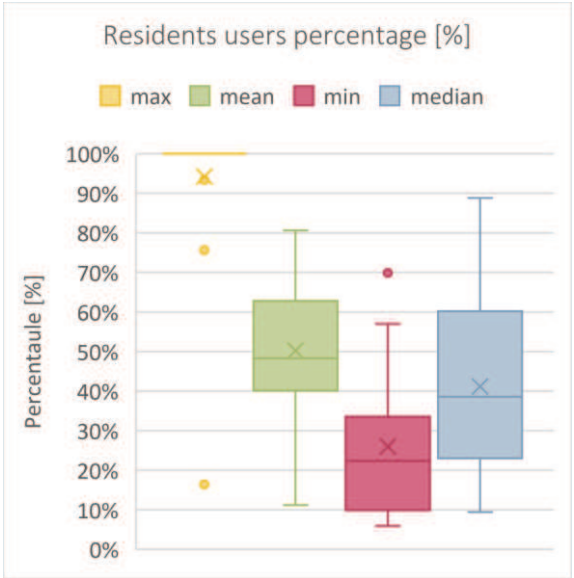


Fig.30: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp)

Nello scenario festivo si riscontra una percentuale di utenti Non-Residents (Fig.29) minore rispetto allo scenario lavorativo a causa delle numerose attività aperte al pubblico solo nei giorni feriali. I valori di utenti Residents (Fig. 30) risultano invece più alti rispetto allo scenario lavorativo perché sono contati sempre a casa. Lo scarto è evidente soprattutto nel caso dei valori minimi in cui si passa dal 4% nello scenario lavorativo al 22% nello scenario festivo.

Scenari con eventi ricorrenti e una tantum

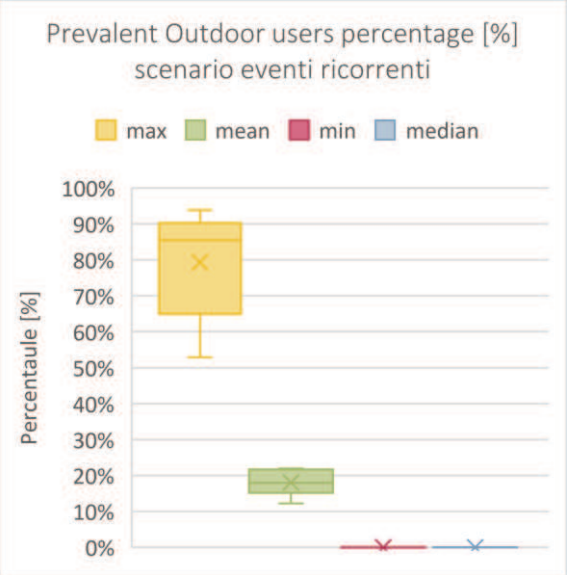


Fig.31: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (Pop), nello scenario con eventi ricorrenti

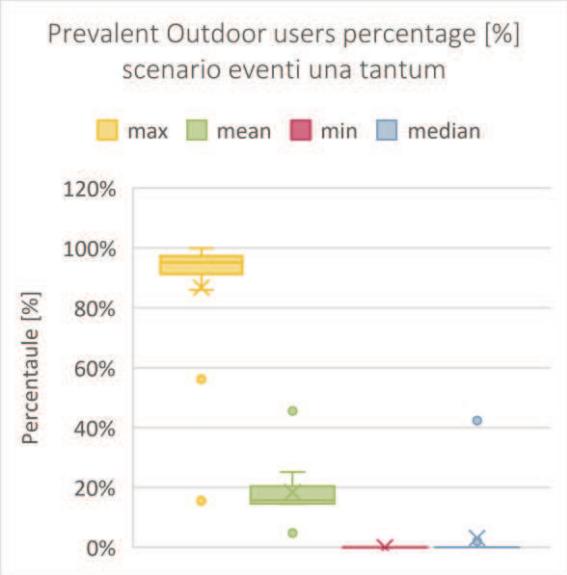
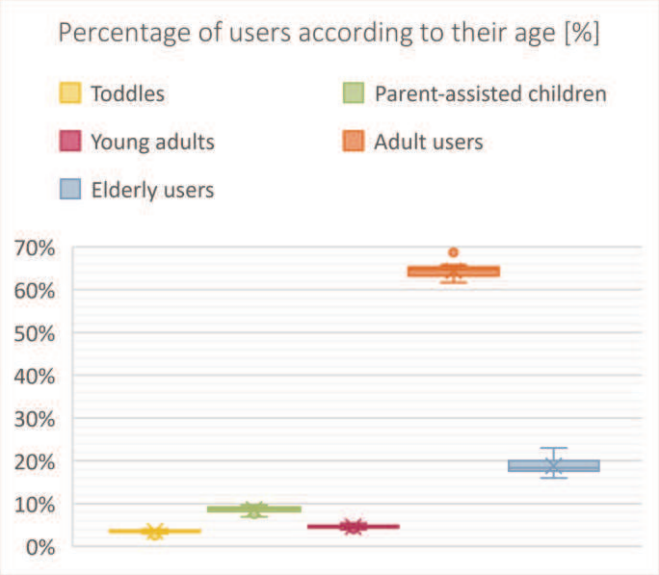


Fig.32: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), nello scenario con eventi una tantum

Negli scenari con eventi ricorrenti e una tantum rivestono particolare importanza gli utenti Prevalent Outdoor poiché sono coloro che partecipano all'evento. In particolare, in termini di percentuale i massimi valori percentuali raggiungono livelli molto elevati durante le ore dell'evento (85% nel caso di eventi ricorrenti (Fig.31) e 95% nel caso di eventi una tantum (Fig.32)). In questo ultimo caso si raggiungono le percentuali più alte di tutti gli scenari anche perché molti degli eventi considerati sono serali (es. concerti e veglione di Capodanno) quindi quando gli utenti Non-Residents sono pressoché assenti.

4.1.1.3 Percentuale di utenti in base alla vulnerabilità individuale degli utenti [%]



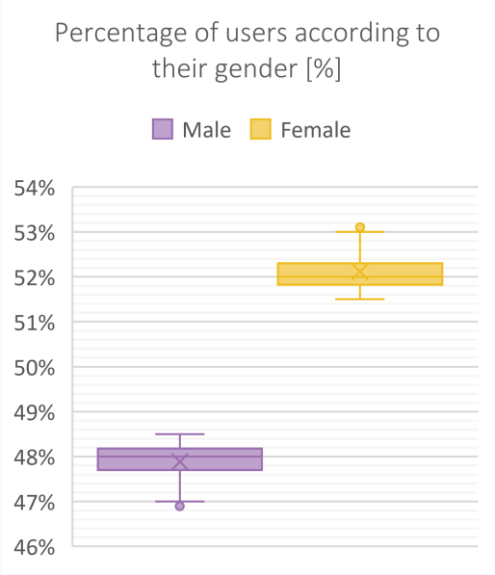
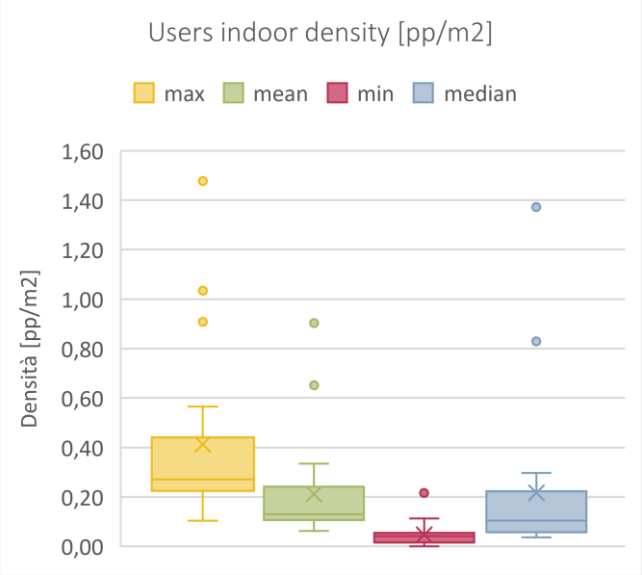


Fig.33: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti in base alla fascia di età
Fig.34: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti in base al sesso

I dati riscontrabili dal campione analizzato sono in linea con i valori della distribuzione su tutta la popolazione italiana (ISTAT 2021), sia per le percentuali relative alla fascia di età (T=3,69%; PA=8,81%; YA=4,53%; A=64,68%; E=18,36%) che per la suddivisione secondo il genere (Mp=48%; Mf=52%). Inoltre, i valori mostrano un margine di errore mimino nel complesso del campione, dovuto probabilmente al fatto che i parametri comunali considerati sono stati riferiti solo al BE, quindi ad un'area più piccola.

4.1.1.4 Densità di utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m²]

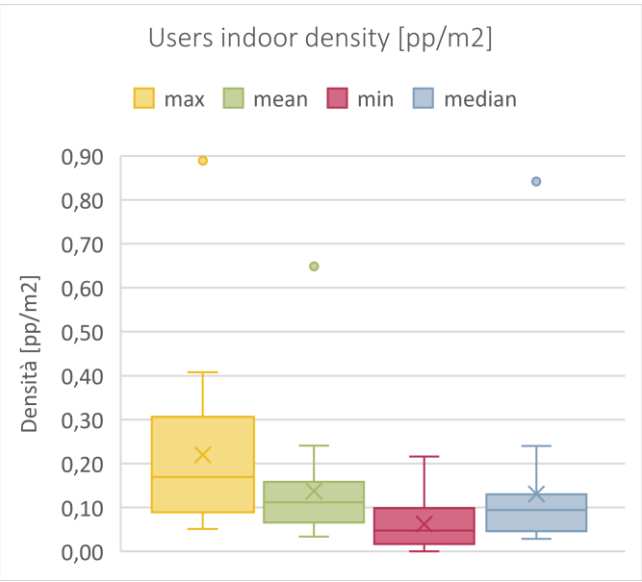
Scenario lavorativo standard



La densità degli utenti all'interno (UId), considerano le utenze NRn e Rn (Fig.35). Il valore critico massimo è 0,44 pp/m2 (tendenza massima 3° quartile è pari a 0,24 pp/m2). Per quanto riguarda l'andamento mediano, confrontabile con quello medio, i valori critici sono compresi tra circa 0,06 e 0,24 pp/m2 (1° e 3° quartile) mentre il valore mediano è 0,10 pp/m2 (2° quartile).

Fig.35: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti nelle aree interne degli edifici, nello scenario lavorativo standard

Scenario festivo



Confrontando lo scenario festivo con quello lavorativo standard in termini di densità di utenti interni, si può notare che il valore mediano rimane invariato (0,9 pp/m2) (Fig.36), pur riscontrando un aumento del valore minimo in quanto i Residents sono conteggiati sempre a casa durante i giorni festivi.

Fig.36: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti nelle aree interne degli edifici, nello scenario festivo

Scenari con eventi ricorrenti

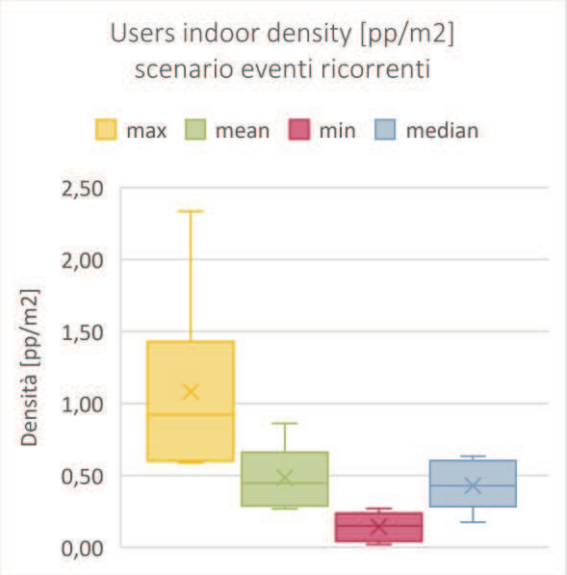


Fig.37: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti nelle aree interne degli edifici, nello scenario con eventi ricorrenti

Negli scenari con eventi ricorrenti la densità di utenti interni subisce un leggero aumento passando da 0,10 pp/m2 nello scenario lavorativo standard (Fig.35) a 0,43 pp/m2 nello scenario con eventi ricorrenti (Fig.37). Questo risultato è dovuto alla maggior affollamento presente a causa dell'evento, sia indoor che outdoor.

4.1.1.5 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

Scenario lavorativo standard

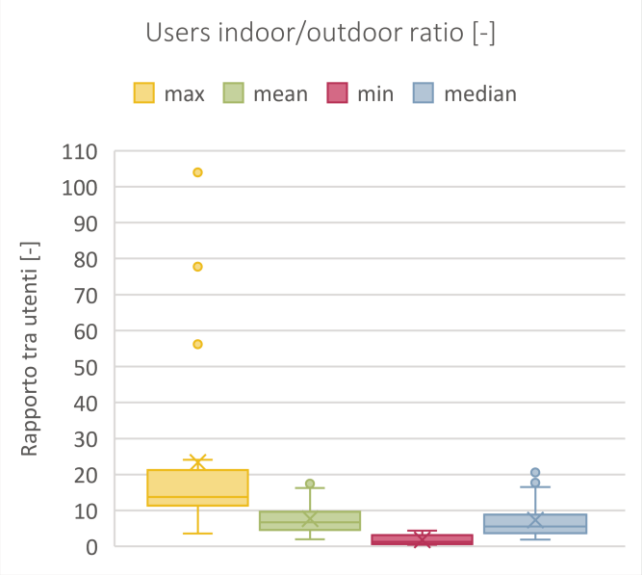


Fig.38: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra utenti interni ed esterni, nello scenario lavorativo

I valori UIOr in media oscillano tra 5 e 6 (Fig.38), con un picco massimo di quasi 10 (massimo trend, 3° quartile). Quindi è possibile concludere che gli utenti outdoor rappresentano una quantità limitata sul totale.

I valori critici massimi si riferiscono a quei casi studi (es. Savona, Monza e Reggio Calabria) in cui in determinate ore della giornata sono presenti numerosi utenti indoor (principalmente Residents) e relativamente pochi utenti outdoor perché i dehors aperti sono in numero ridotto.

Scenario festivo

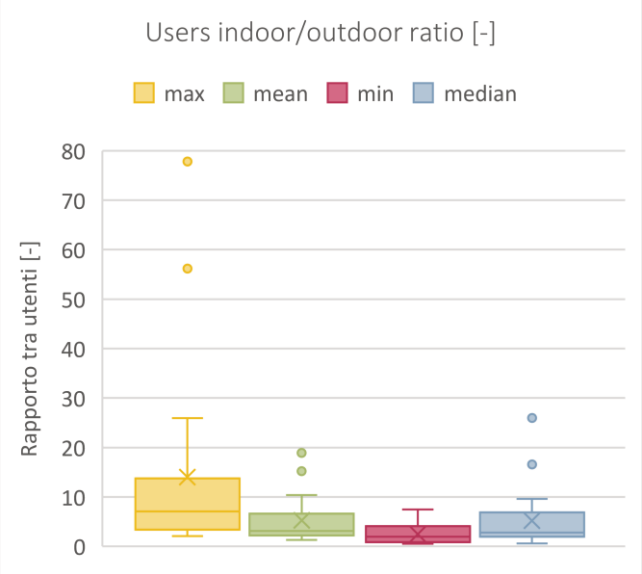


Fig.39: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra utenti interni ed esterni, nello scenario festivo

Nonostante la minore quantità di utenti indoor presente nello scenario festivo (Fig.39), il rapporto tra utenti indoor e outdoor risulta minore rispetto allo scenario lavorativo standard. Ciò è dovuto al calo anche degli utenti outdoor complessivi (in particolare Prevalent outdoor).

Scenari con eventi ricorrenti

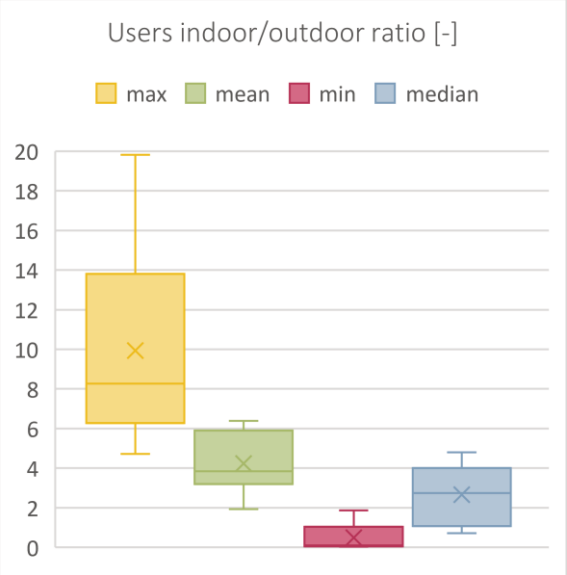


Fig.40: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra utenti interni ed esterni, nello scenario con eventi ricorrenti

Il rapporto tra utenti indoor e outdoor nel caso di scenario con eventi ricorrenti risulta (Fig.40) risulta minore rispetto allo scenario lavorativo, con valori mediani di 2,74 pp/m^2. Ciò è dovuto all'aumento degli utenti Prevalent Outdoor, ovvero coloro che partecipano all'evento, e di conseguenza al valore del denominatore nel rapporto tra utenti indoor e outdoor.

4.1.2. Descrittori TDC

Caratterizzazione dipendente dal tempo, questi parametri tracciano una panoramica temporale delle tipologie di BE, basandosi su metodologie di campionamento orario o anche combinando condizioni orarie simili in classi uniche.

4.1.2.1 Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

Scenari lavorativo standard e festivo

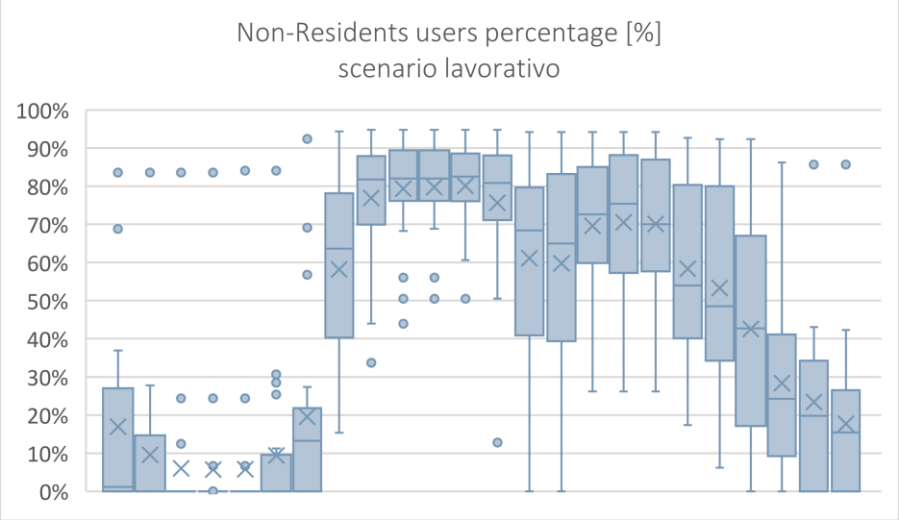


Fig.41: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (NRp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

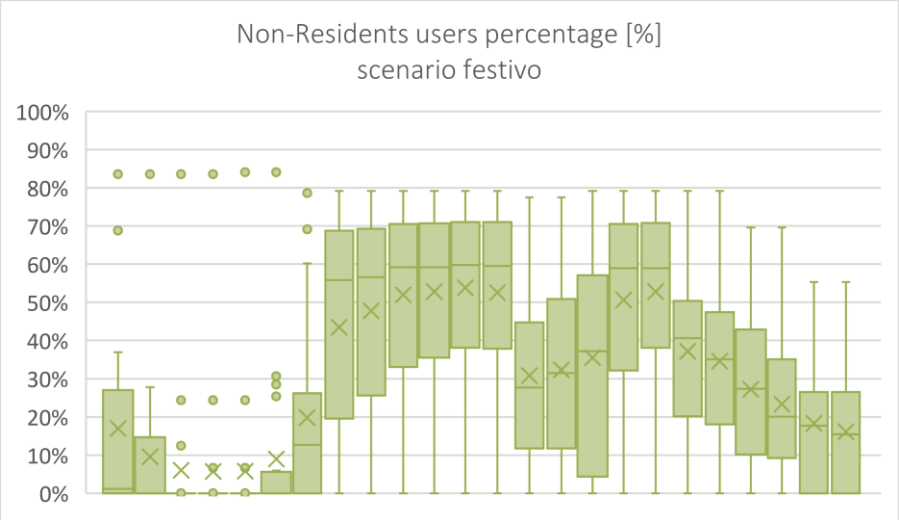


Fig.42: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (NRp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo

La presenza dei non-residents è massimizzata durante l'orario di lavoro (dalle 8:00 alle 19:00) nei giorni lavorativi (Fig.41), in quanto NRp è sempre superiore al 50%, e ridotto al minimo nelle ore notturne (inferiore al 50%), anche se alcune eccezioni possono garantire la presenza di una piccola percentuale di utenti NR, come la presenza di bar serali o notturni. I valori anomali si riferiscono ai casi studio in cui sono presenti hotel e strutture ricettive (es. Sondrio).

Durante i giorni festivi invece la presenza di non-residents (Fig.42) è massima principalmente la mattina (dalle 8:00 alle 13:00) e il pomeriggio dalle 17:00 alle 18:00 a causa dell'affluenza nelle Chiese. Si ha in seguito un leggero calo nelle ore intermedie perché i non-residents in questa fascia oraria si riferiscono alle poche attività commerciali aperte durante i giorni festivi. In generale si riscontra una variabilità maggiore dei valori nei giorni festivi a causa delle diverse attività presenti nei singoli casi studio.

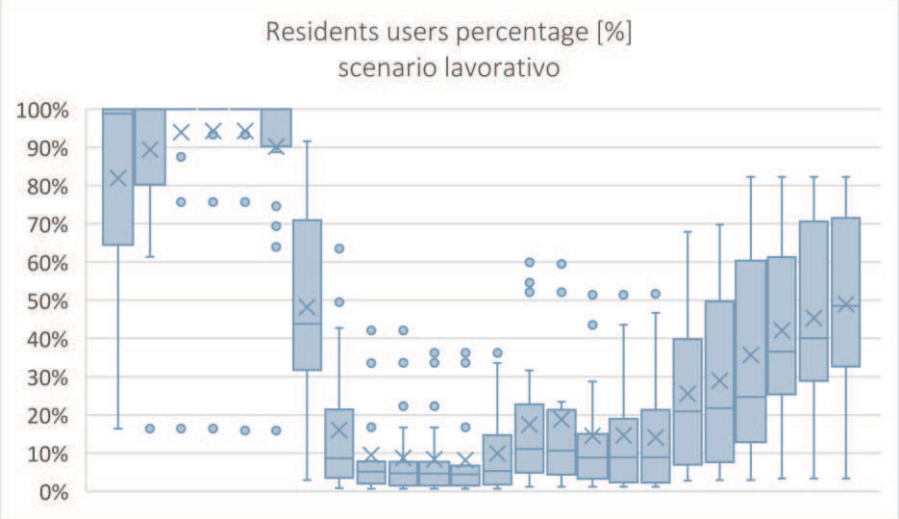


Fig.43: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

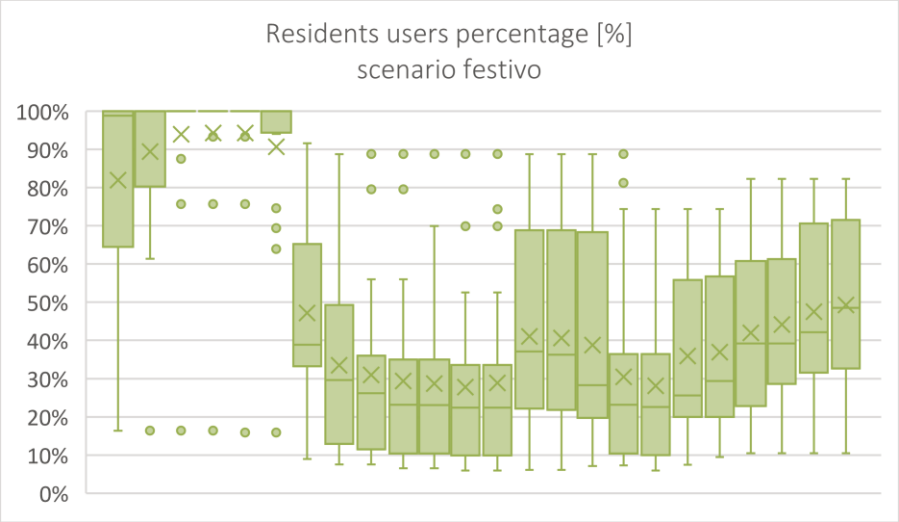


Fig.44: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo

I residents rappresentano una piccola parte della popolazione all'interno della BE durante l'orario di lavoro (Fig.43). Durante la sera la percentuale sale al 20-60% (19:00 - 24:00). Infine durante le ore notturne, quando gli utenti Only Outdoor non sono contabilizzati e la maggior parte delle attività sono chiuse, si raggiunge il 70-100%.

Nello scenario festivo i Residents hanno un impatto maggiore nella fascia oraria 14:00 - 16:00 e la sera (Fig.44) a causa dell'assenza della maggior parte dei non-Residents.

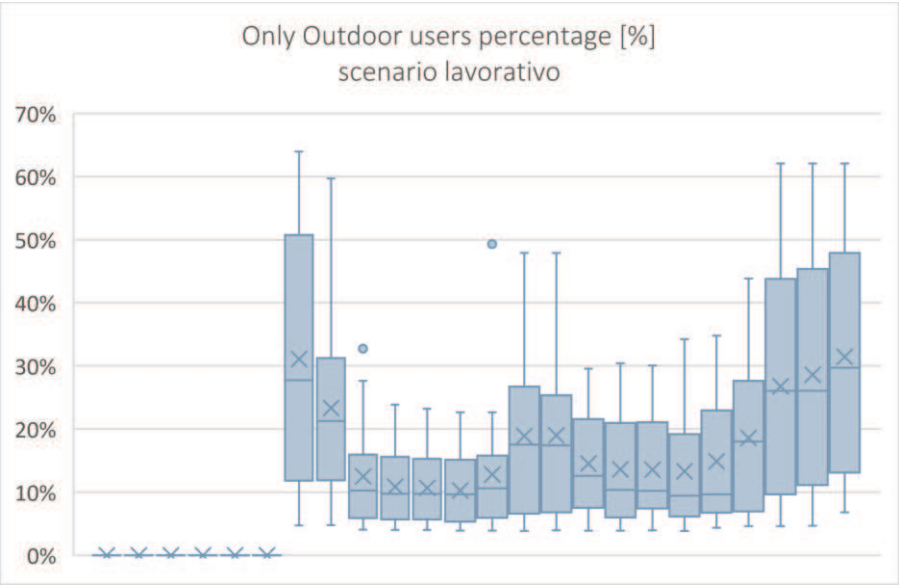


Fig.45: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, scenario lavorativo

Le utenze Only Outdoor (Fig. 45) vengono considerate costanti durante le ore diurne; pertanto, la loro presenza percentuale OOp dipende strettamente dalle altre tipologie di utenti. Di conseguenza, gli OOp oscillano tra il 10-20% durante gli orari di lavoro e tra il 20-30% nelle restanti ore. Durante le ore notturne non vengono calcolate (1:00 - 05:00).

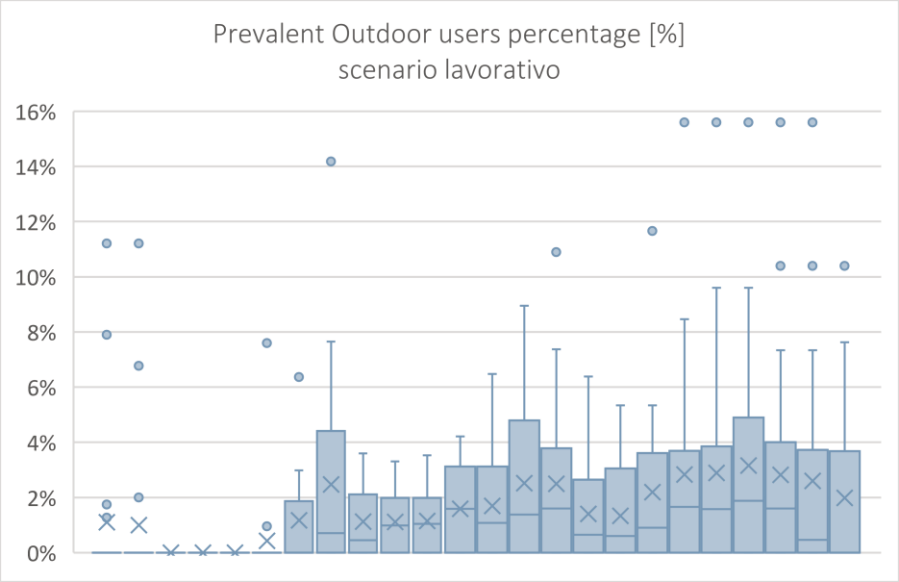


Fig.46: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

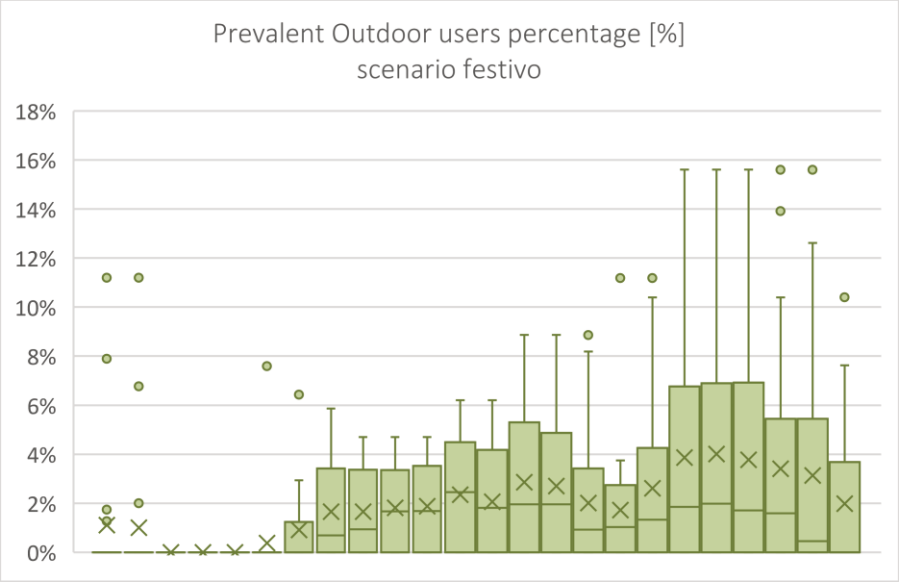


Fig.47: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo

La percentuale di Prevalent Outdoor dipende dalla presenza di aree dehor all'interno della BE, alla rispettiva dimensione (m2) e all'orario di apertura. Escludendo le ore notturne (dalle 2:00 alle 6:00), il POp è sempre compreso tra 0 e 6% nello scenario lavorativo (Fig.46). I valori anomali si riferiscono a casi studio in cui la porzione di piazza coperta da dehors è notevole (es. Verona).

I dati dello scenario festivo (Fig.47) sono pressoché comparabili a quelli dello scenario lavorativo perché la maggior parte delle attività di ristorazione con dehor rimane aperta anche durante i giorni festivi. I dehors aperti la sera anche durante i giorni festivi contribuiscono a far aumentare leggermente la percentuale di prevalent outdoor rispetto allo scenario lavorativo (fino a 8%).

Scenari con eventi ricorrenti e una tantum

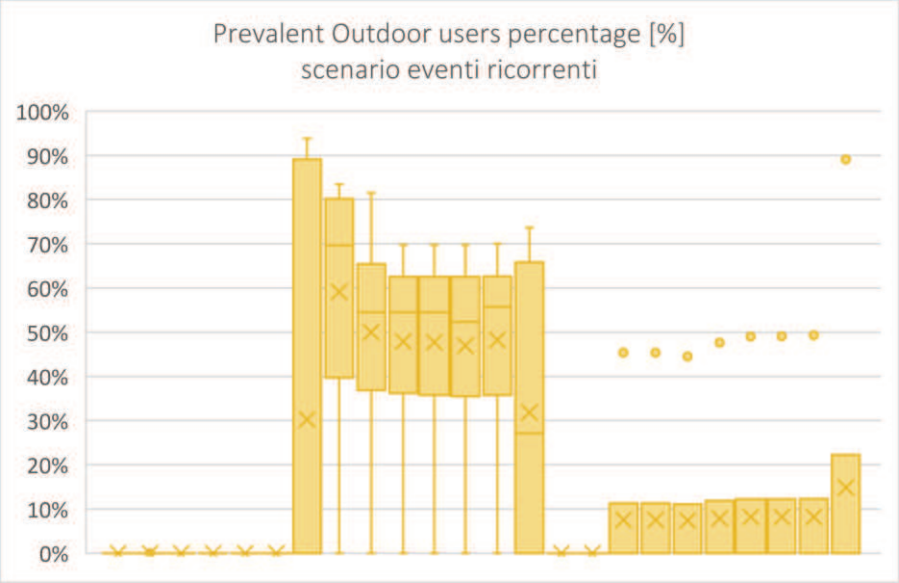


Fig.48: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi ricorrenti

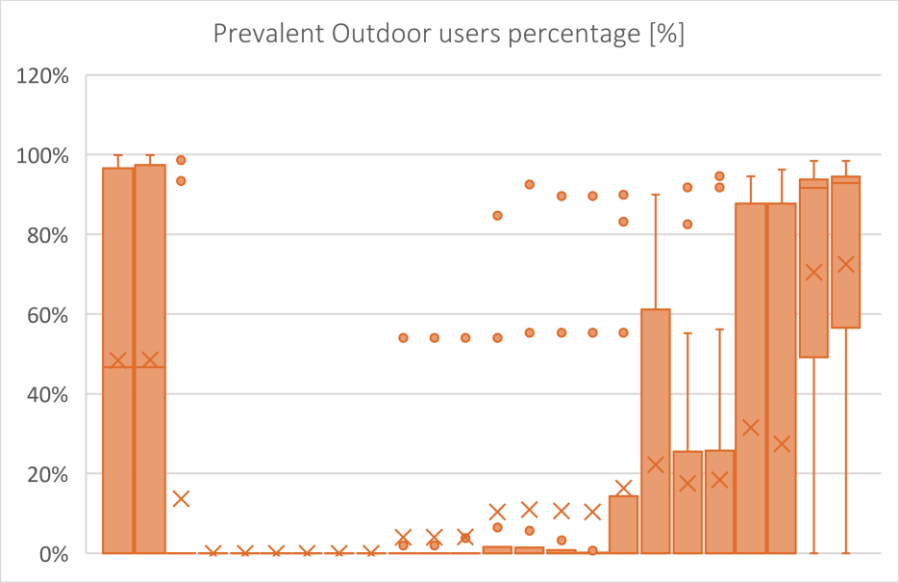


Fig.49: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi una tantum

Negli scenari con eventi ricorrenti abbiamo un picco di utenti Prevalent Outdoor durante la mattina (Fig.48) perché la maggior parte degli eventi analizzati si riferisce a mercati settimanali che si svolgono nella fascia oraria 08:00 – 13:00. Al contrario, gli eventi una tantum con i maggiori affollamenti si svolgono la sera (es. concerti e veglioni di Capodanno), quindi in questi orari si raggiungono anche picchi di 90% (Fig.49). In generale per entrambi gli scenari con eventi la categoria dei Prevalent Outdoor risulta nettamente predominante sulle altre durante lo svolgimento delle manifestazioni e assente nelle restanti ore.

4.1.2.2 Densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m²]

Scenario lavorativo standard

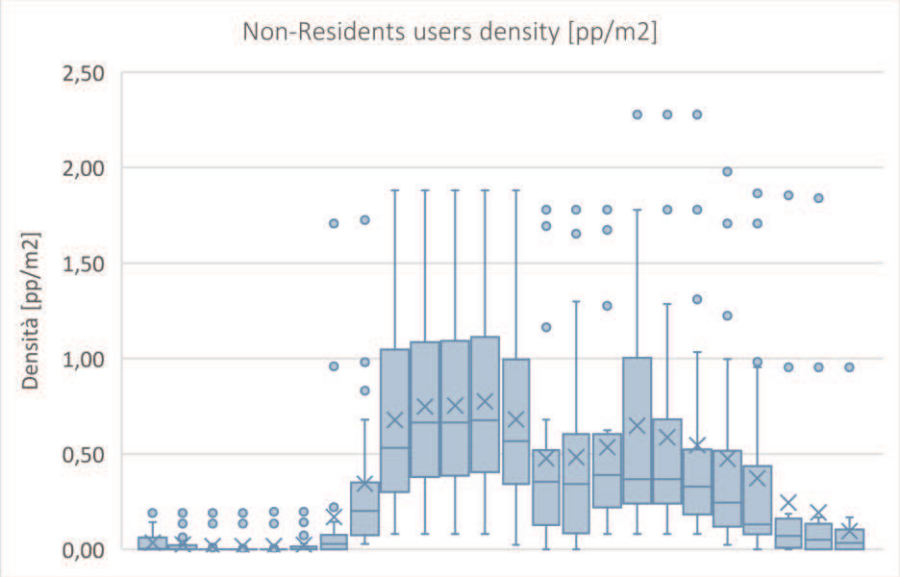


Fig.50: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (NRd) degli utenti Non Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

La densità dei non residenti (Fig.50) è massima al mattino (dalle 09:00), quando NRd è compreso tra circa 0,15 e 1 pp/m2 principalmente a causa degli orari di apertura degli uffici. Questi valori diminuiscono nel pomeriggio (0,10-0,68 pp/m2) e la sera (0,05-0,20 pp/m2), fino ad arrivare essenzialmente allo 0 nelle ore notturne (03:00-05:00). I valori anomali si riferiscono ad hotel, strutture ricettive e bar/ ristoranti con orario continuato.

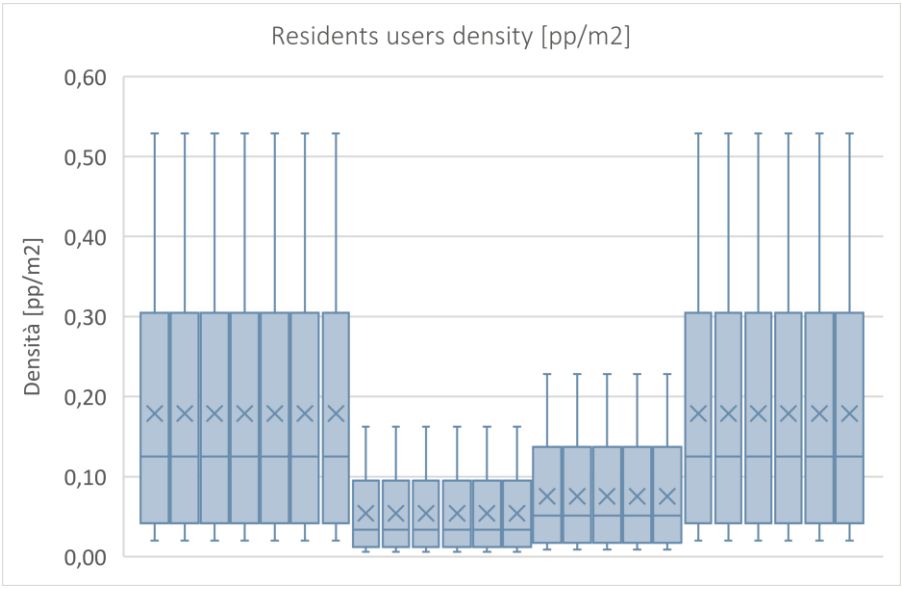


Fig.51: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (Rd) degli utenti Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

Rd (Fig.51) dipende solo dalle aree edificate residenziali. Quando tutte le utenze residenti sono in casa, cioè dalle 19:00 alle 07:00, i valori critici di Rd sono compresi tra 0,04 e 0,3 pp/m2, mentre nell'orario di lavoro scendono a 0,01-0,1 pp/m2 (al mattino) e 0,01-0,14 pp/m2 (nel pomeriggio). I valori anomali si riferiscono a casi studio di piccole BE con edifici residenziali a più piani (es. Cosenza).

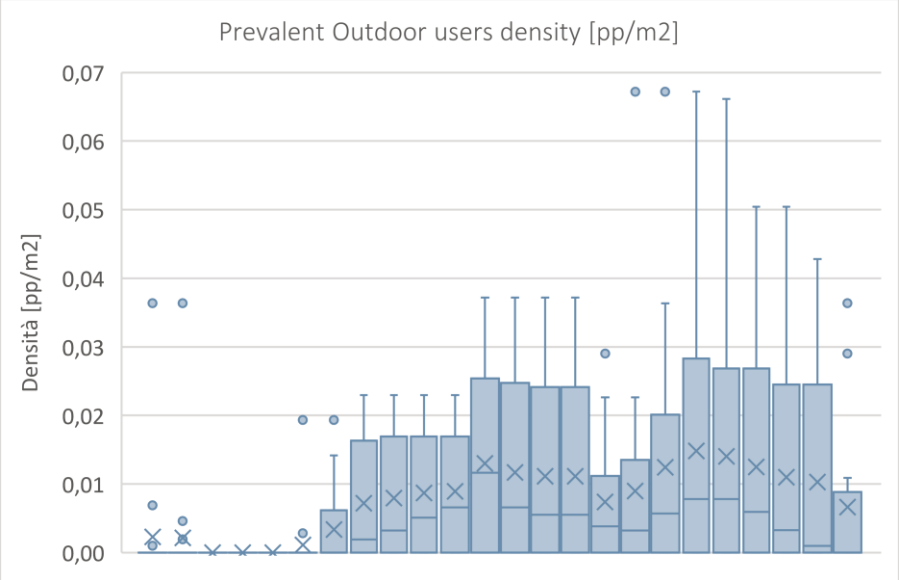


Fig.52: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (POd) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

La densità di Prevalent Outdoor (Fig.52) dipende, oltre che dalla POp, dalla presenza di aree dehor all'interno della BE, alla rispettiva dimensione (m2) e l'orario di apertura. Escludendo le ore notturne (dalle 02:00 alle 06:00), la POp è sempre compresa tra 0 e 0,02 pp/m2. I valori anomali si riferiscono a casi studio in cui la porzione di piazza coperta da dehors è notevole (es. Verona).

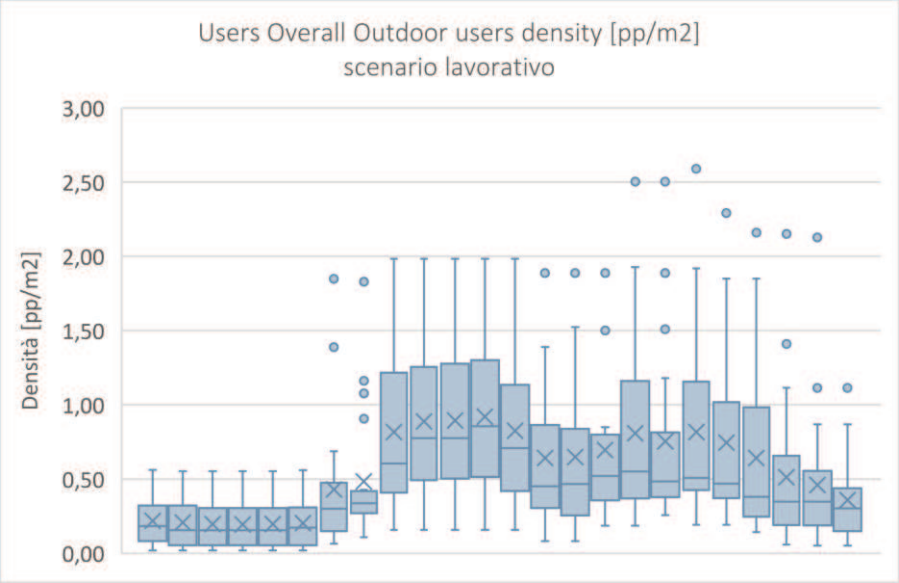


Fig.53: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (UOd) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

UOOd (Fig.53) raggiunge valori critici massimi al mattino, fino a 1,5 pp/m2, quando tutte le categorie sono presenti all'interno della BE (NRn+Rn+OOn+POn). Questi valori diminuiscono nel pomeriggio (0,17-0,73 pp/m2) e la sera (0,10- 0,40 pp/m2), fino ad arrivare a circa 0.05/0.10 pp/m2 nelle ore notturne (03:00 – 05:00) quando gli utenti sono prevalentemente Residents.

Scenario festivo

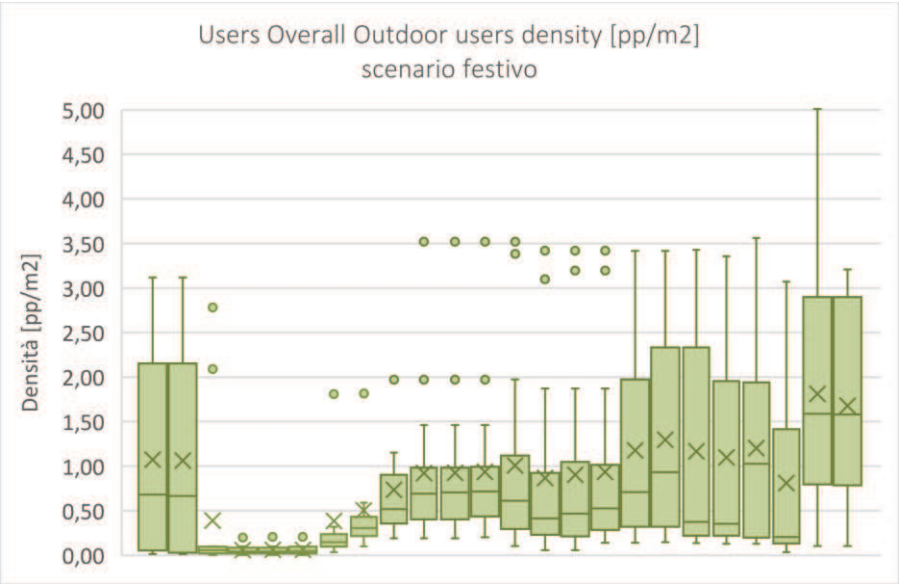


Fig.54: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (UOd) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

Nello scenario festivo si hanno in genere valori di densità minori in termini di utenti complessivi durante le ore diurne (0,4-0,6 pp/m2) (Fig.54) a causa del minor affollamento generale nel BE.

Scenario con eventi ricorrenti e una tantum

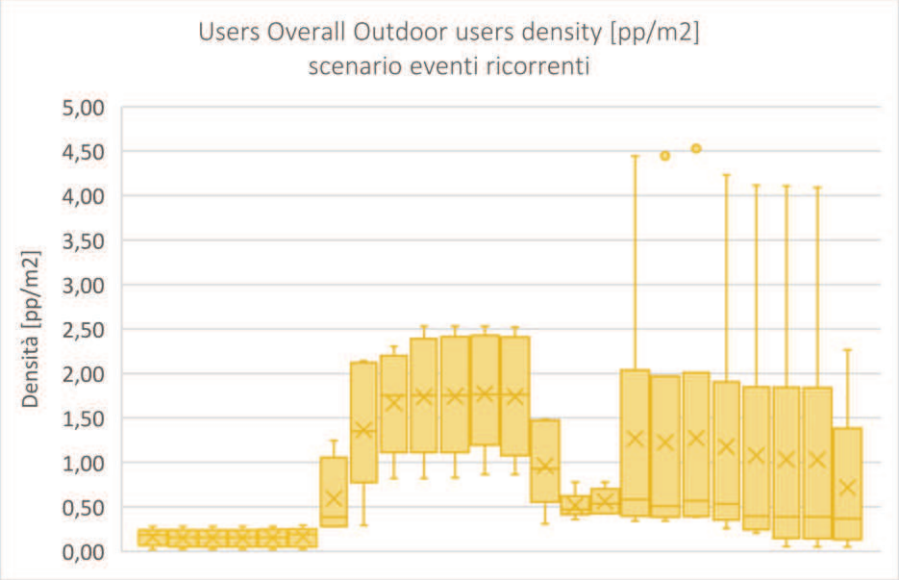


Fig.55: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (UOd) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

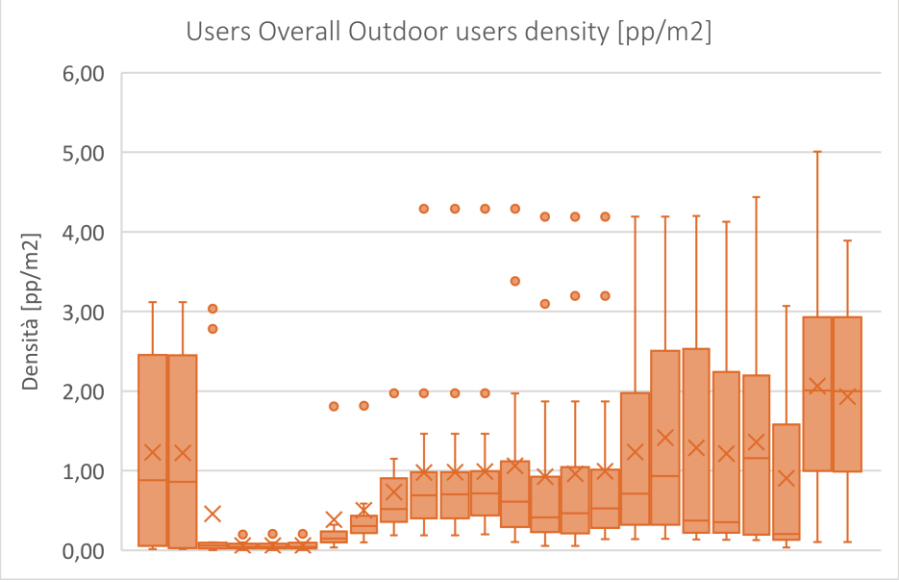


Fig.56: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (UOd) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

Confrontando gli andamenti giornalieri delle densità di utenti esterni complessivi nello scenario con eventi ricorrenti (Fig. 55) e con raduni di massa una tantum (Fig.56) si può notare un sostanziale aumento dei valori della densità, in corrispondenza degli orari dell'evento. I valori mediani si aggirano intorno a 1,7 pp/m^2 nel primo caso e 2 pp/m^2 nel secondo.

4.1.2.3 Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m^2]

Scenario lavorativo standard

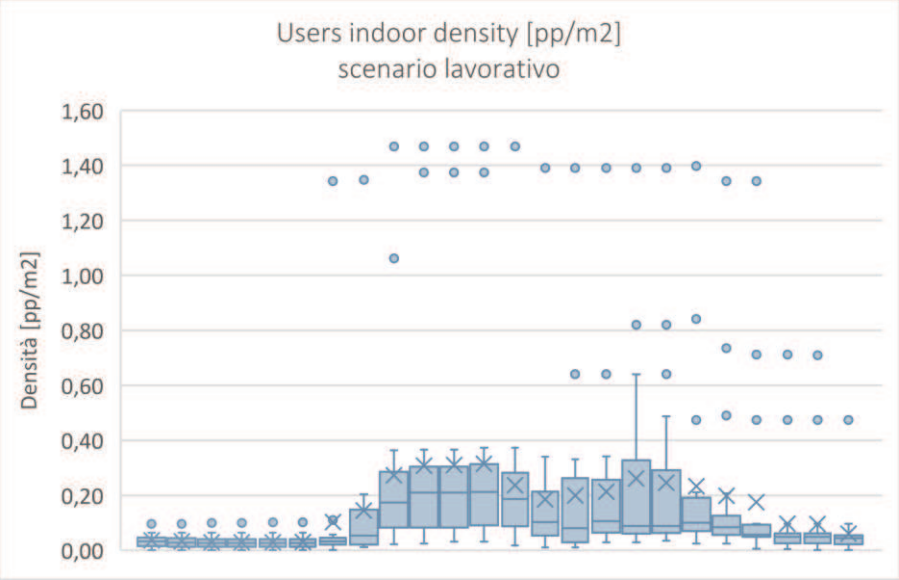


Fig.57: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità degli Utenti Indoor (UId), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo

La densità degli utenti all'interno (UId), considera le utenze NRn+Rn (Fig.59). I valori massimi di densità sono tra le 9:00 e le 13:00 con circa 0,2-0,3 pp/m2, che corrispondono all'orario di apertura della maggior parte degli uffici e delle scuole. Questi valori diminuiscono lentamente nel pomeriggio (0,06-0,20 tra le 15:00 e le 18:00), scendendo a circa 0,02-0,06 pp/m2 la sera (21:00-23:00) e 0,01-0,05 pp/m2 di notte (1:00-7:00). I valori anomali si riferiscono ai casi studio di Pisa a causa della presenza di numerosi edifici pubblici di grande capienza.

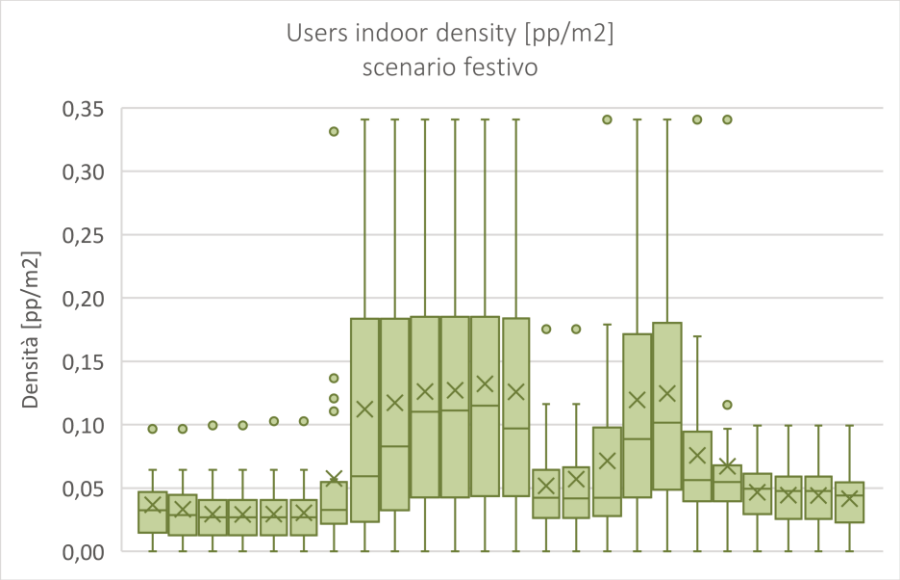


Fig.58: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità degli Utenti Indoor (UId), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo

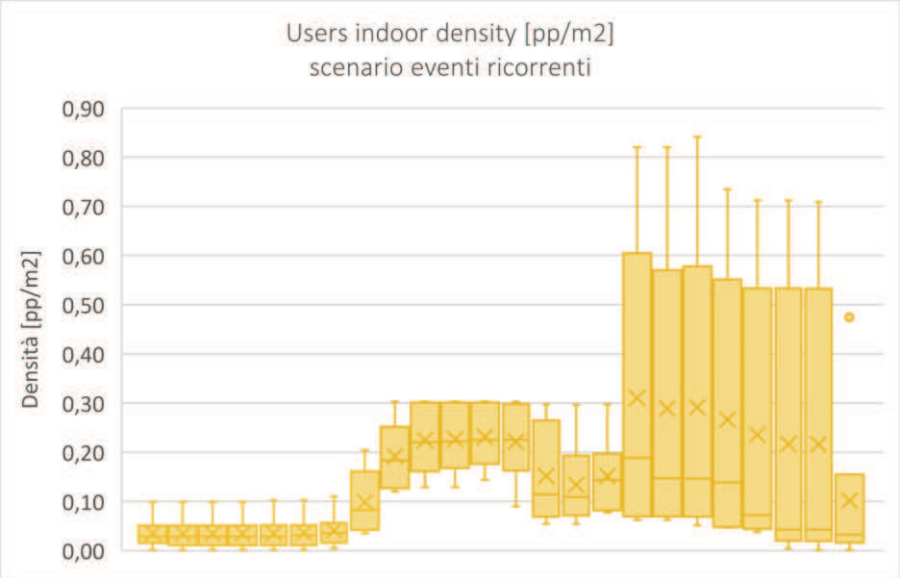


Fig.59: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità degli Utenti Indoor (UId), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi ricorrenti

Gli andamenti orari della densità degli utenti indoor riferiti agli scenari festivo (Fig.58) e con eventi ricorrenti (Fig.59) risultano comparabili durante le ore diurne (01:00 – 06:00) con quello lavorativo poiché non sono stati riscontrati eventi notturni nel campione di BE analizzato. Nel caso dello scenario con eventi ricorrenti si registra un aumento della densità durante le ore del pomeriggio (17:00 – 23:00) sia in termini mediani (0,14 pp/m^2) che massimi (0,53 pp/m^2). Lo stesso avviene anche per lo scenario festivo, ma in corrispondenza degli orari di maggiore affluenza nelle chiese.

4.1.2.4 Rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

Scenario lavorativo standard

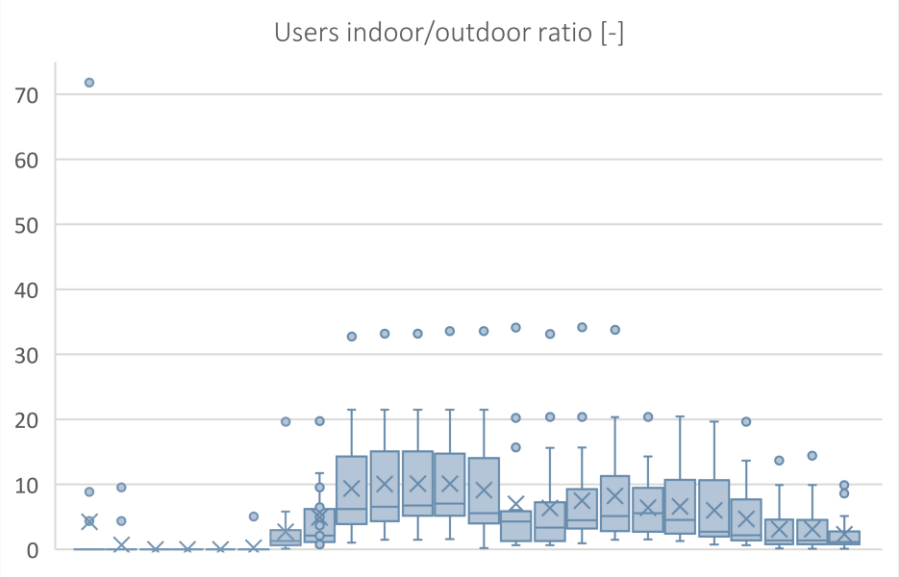


Fig.60: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra il numero di Utenti negli spazi interni e negli spazi esterni (UIOr), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

Si registrano i valori più elevati nelle ore mattutine (tra 3 e 14 dalle 9:00 alle 13:00) (Fig.60), che diminuiscono nel pomeriggio (tra 2 e 10 dalle 14:00 alle 18:00) e la sera (tra 2 e 5 dalle 9:00 alle 12:00). Questi ultimi rappresentano i valori minimi di UOIr, il che significa che le utenze interne ed esterne sono sempre almeno uguali, eccetto per le ore notturne in cui le utenze esterne sono quasi assenti (UOIr=0).

Scenario festivo

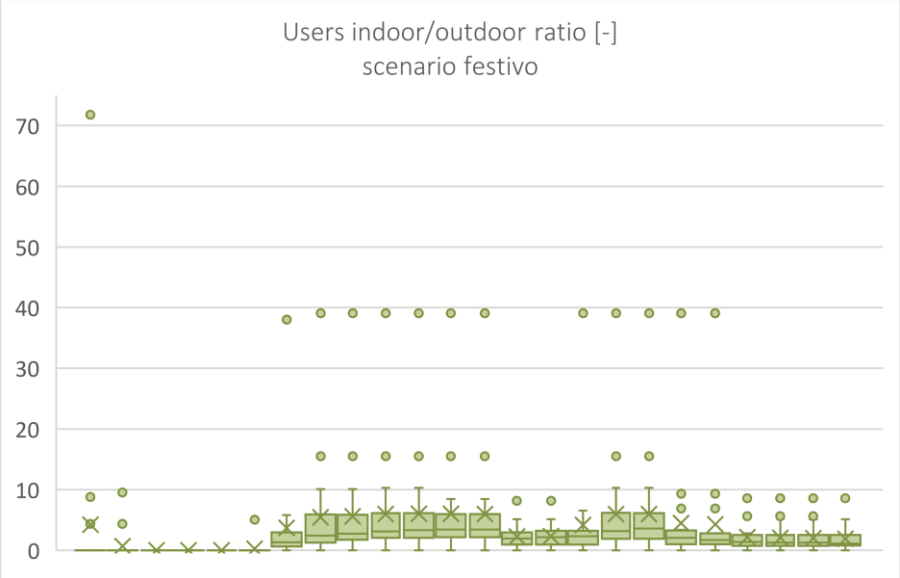


Fig.61: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra il numero di Utenti negli spazi interni e negli spazi esterni (UIOr), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo

Scenario con eventi ricorrenti

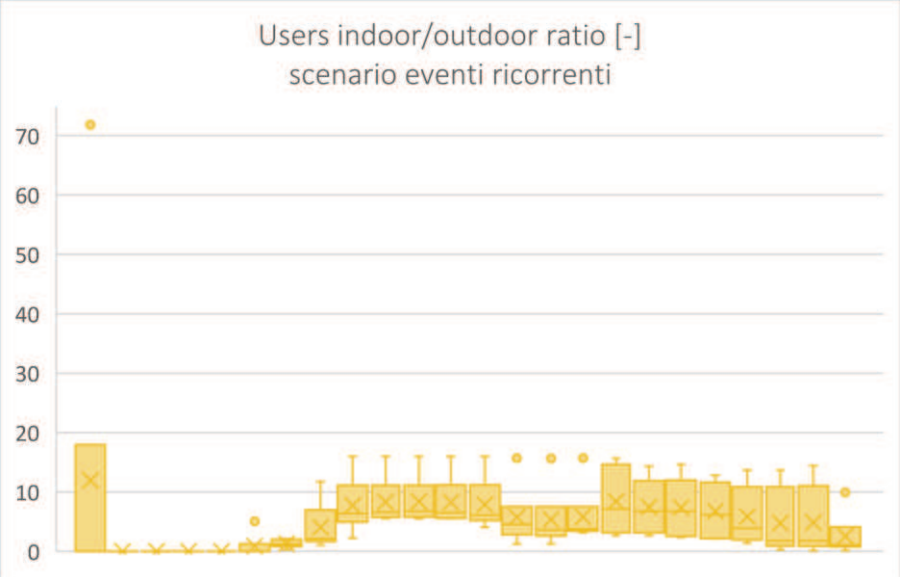


Fig.62: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra il numero di Utenti negli spazi interni e negli spazi esterni (UIOr), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi ricorrenti

Il rapporto tra utenti indoor e outdoor per lo scenario festivo (Fig.61) e per lo scenario con eventi ricorrenti (Fig.62) segue in entrambi i casi lo stesso andamento dello scenario lavorativo ma raggiungendo valori minori nel primo caso a causa della minore affluenza generale di utenti.

4.1.2.5 Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza [-]

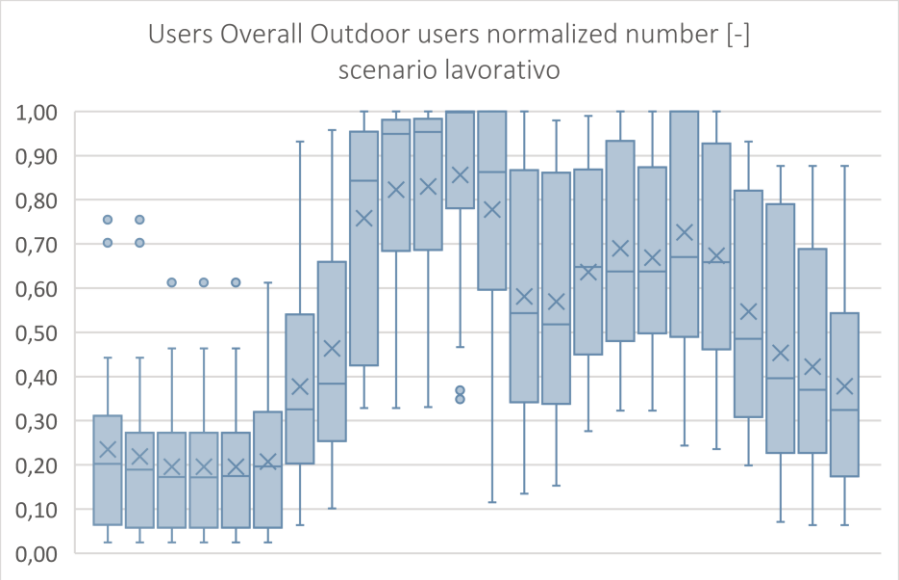


Fig.63: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (UOnn) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario lavorativo ordinario

Analizzando il numero normalizzato di utenti complessivi nello scenario lavorativo (Fig.63) si può notare come le presenze siano costanti e poco influenti durante le ore notturne (01:00 – 06:00). Si registra poi un aumento fino a raggiungere il picco della giornata nelle ore della mattina (09:00 – 13:00), in corrispondenza dell'apertura di scuole e uffici. Infine, nelle ore pomeridiane si hanno valori medio-alti di utenti, in calo nelle ore serali per la chiusura di molte attività aperte al pubblico. La grande variabilità dei dati è dovuta alla specificità di ogni caso studio.

Scenario festivo

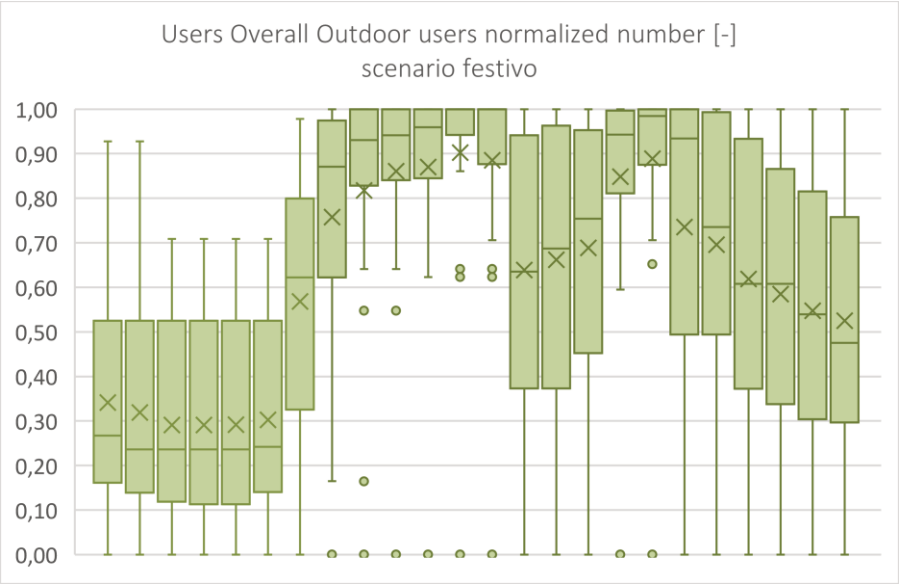


Fig.64: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (UOnn) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario festivo ordinario

Confrontando l'andamento orario del numero normalizzato di utenti complessivi riferito allo scenario festivo (Fig. 64) con quello dello scenario lavorativo si può notare un andamento simile. Anche in questo caso, la grande variabilità dei dati è dovuta alla specificità di ogni caso studio. I valori con minore variabilità sono invece quelli riferiti agli orari di apertura delle chiese, presenti nella maggior parte dei casi studio.

Scenari con eventi ricorrenti e una tantum

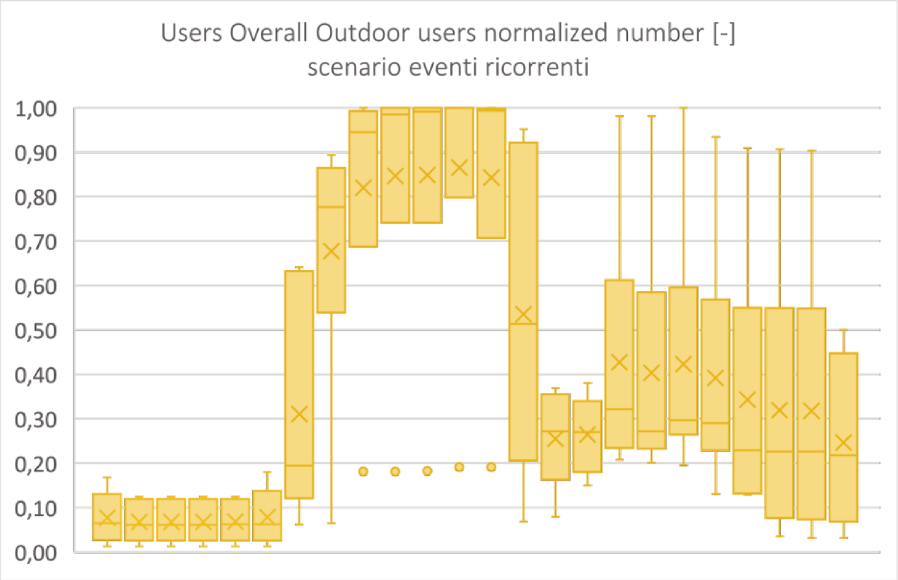


Fig.65: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (UOnn) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi ricorrenti

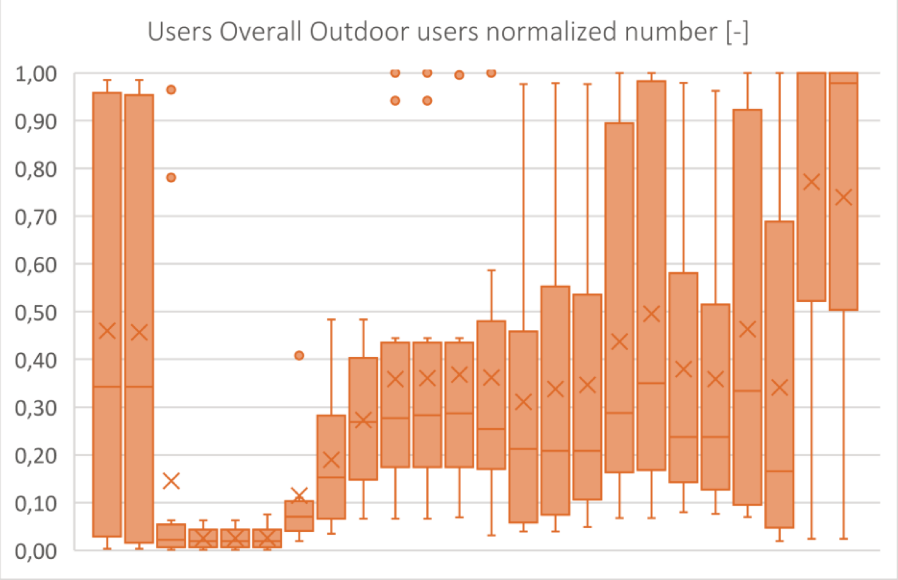


Fig.66: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (UOnn) degli utenti complessivi, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario, nello scenario con eventi una tantum

Gli andamenti orari del numero normalizzato di utenti complessivi presentano una grande variabilità, riferiti sia allo scenario con eventi ricorrenti (Fig. 65) che allo scenario con raduni di massa (Fig. 66) a causa delle specifiche di ogni evento studiato. In generale, i picchi si raggiungono nel primo caso durante le ore della mattina (09:00 – 13:00) poiché la maggior parte degli eventi analizzati si riferiscono a mercati cittadini settimanali. Nel secondo casi invece i picchi si raggiungono principalmente nelle ore serali/notturne (23:00 – 02:00) per la presenza in numerosi casi studio di eventi come concerti e veglioni di Capodanno.

4.1.3 Descrittore BEC

BEC – Caratterizzazione dell'ambiente costruito: questi parametri non sono direttamente correlati alla quantificazione o alle tipologie degli utenti ma tracciano le problematiche di esposizione e di vulnerabilità collettiva che influenzano le caratteristiche della BE (cioè la caratterizzazione delle aree esterne nelle OS).

4.1.3.1 Presenza di edifici sensibili [Booleano] e rispettive superfici [m^2]

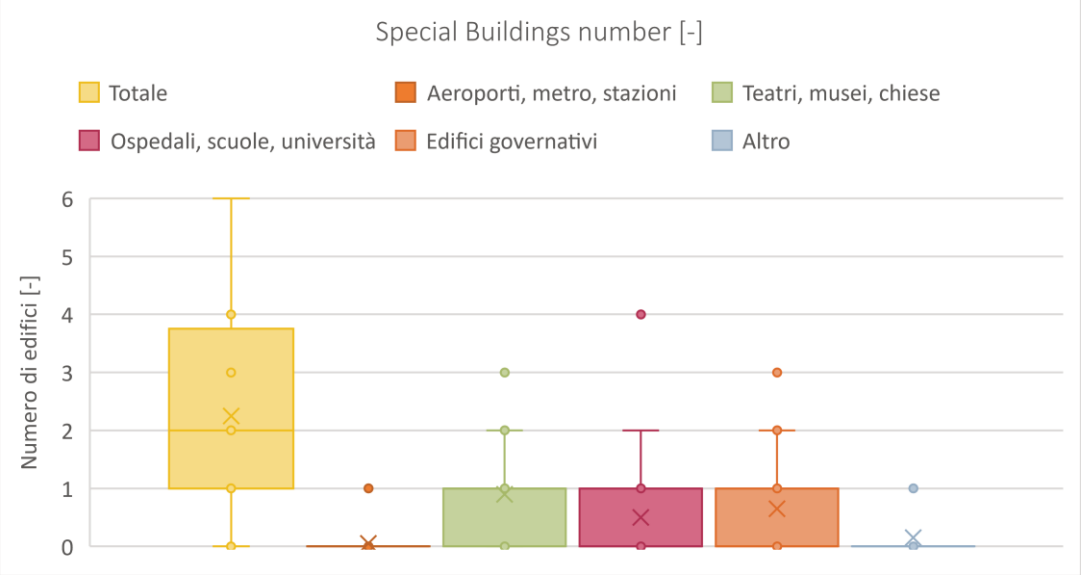


Fig.67: Rappresentazione grafica box-and-whiskers del numero di edifici ad uso speciali all'interno delle BE, divisi per tipologia

L'85% del campione analizzato presenta edifici speciali e in media ne presenta 2 (Fig.67). Questo significa che ogni BE analizzato è un potenziale obiettivo per un attentato terroristico. Le tipologie di edifici più ricorrenti sono: chiesa, teatro, scuola, università o edificio governativo.

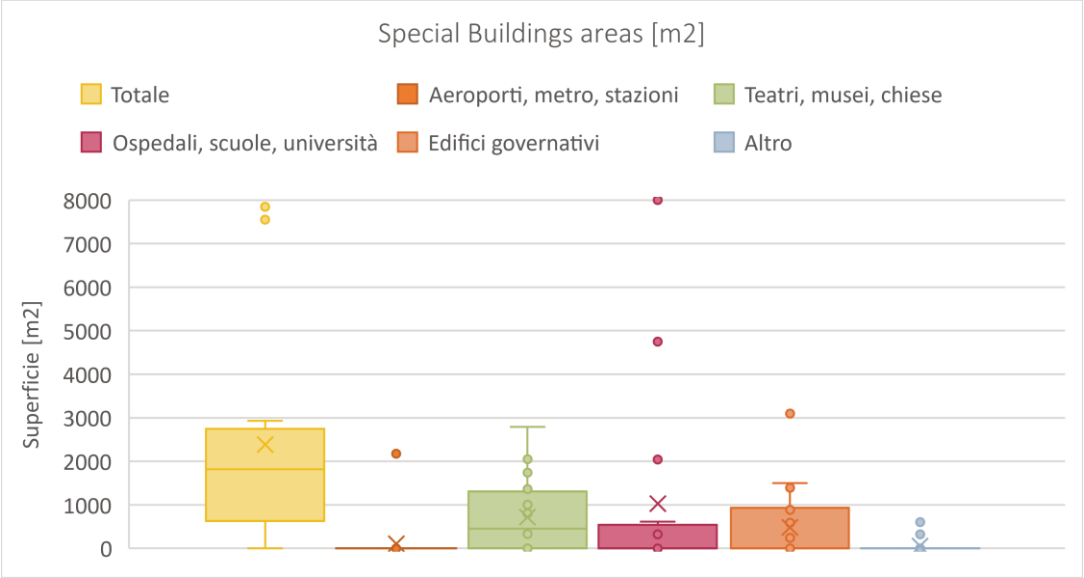


Fig.68: Rappresentazione grafica box-and-whiskers delle superfici [m2] di edifici ad uso speciali all'interno delle BE, divisi per tipologia

La Fig.70 mostra che in media ogni BE presenta all'incirca 1800 mq di edifici ad uso speciale, di cui 450 mq appartengono alla categoria teatri, musei e chiese.

4.1.3.2 Percentuale di aree esterne per tipologia [%]

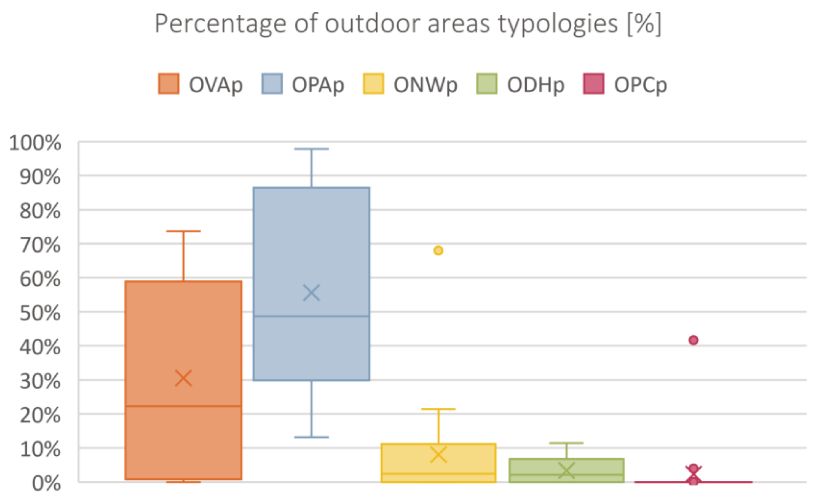


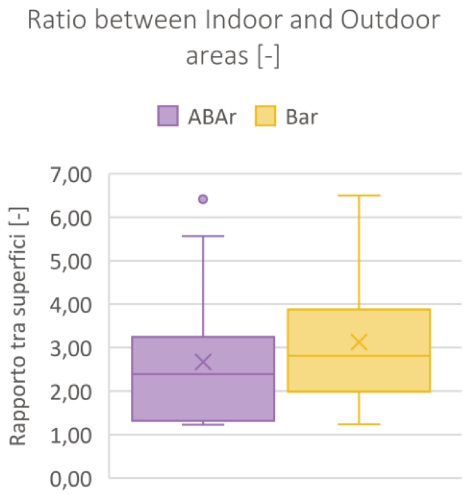
Fig.69: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di ciascun tipo di area all'aperto all'interno delle BE

Il campione di piazza analizzato presenta prevalentemente aree pedonali e carrabili, in percentuali molto variabili caso per caso. In media l'area pedonale risulta quella più presente (50%) (Fig.71).

4.1.3.3 Presenza di piano di emergenza [Booleano]

Tutto il campione di piazze analizzate è compreso all'interno di un piano di emergenza comunale come previsto dalle normative vigenti. I documenti sono inoltre disponibili alla consultazione presso le piattaforme web delle rispettive amministrazioni comunali.

4.1.3.4 Rapporto tra area interna ed esterna [-]



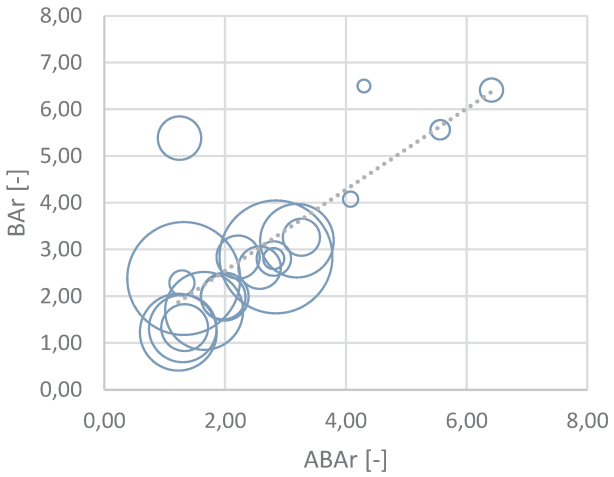


Fig.70: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers dei rapporti, rispettivamente, tra le aree edificate accessibili e le aree esterne (ABAr), e tra le aree edificate complessive e le aree esterne (BAr)

Fig.71: Rappresentazione in grafico un grafico a bolle in cui il diametro dell'indicatore rappresenta l'outdoor area

Nel grafico sono riportarti i rapporti, rispettivamente, tra le aree edificate accessibili e le aree esterne (ABAr), e tra le aree edificate complessive e le aree esterne (BAr).

Nel grafico a bolle (Fig.71) il diametro dell'indicatore rappresenta l'outdoor area in termini di rapporto.

4.2 Risultati sintetici

Riprendendo i risultati analitici esposti sopra è possibile descrivere la BET, di tipologia morfologica prevalentemente allungata, secondo la caratterizzazione relativa agli utenti. Questi parametri si basano su valori mediani, quindi rappresentano le condizioni più ricorrenti dei BE analizzati.

4.2.1 Parametri di caratterizzazione indipendenti dallo scenario di rischio

Vengono innanzitutto presentati i parametri indipendenti dallo scenario di rischio e che quindi caratterizzano tutto il campione di BE analizzati indipendentemente dal fattore temporale (Tab.8).

	Parametro	Valore
A	Area dell'edificio intorno agli spazi esterni (ABAr)	1,32 ÷ 3,25 : 2,39 [-]
	Dimensione delle aree specifiche per:	
	solo uso veicolare (OVAp)	0,85 ÷ 58,96 : 22,28 [%]
	dehors (ODHp)	0 ÷ 6,77 : 2,17 [%]
B	Edifici speciali	2 [numero di edifici]
C	Persone che non hanno familiarità con il BE (RNp)	
	Caratterizzazione dell'età	T=3,69; PA=8,81; YA=4,53; A=64,68; E=18,36[%]
	Caratterizzazione del genere	Mp=48; Mf=52 [%]

Tab.8: Parametri per la caratterizzazione delle tipologie di ambiente costruito (BETs) comuni a tutti gli scenari di rischio

4.2.2. Parametri di caratterizzazione in base allo scenario di rischio

Seguono i parametri di caratterizzazione degli utenti divisi a seconda dello scenario di rischio di riferimento (Tab. 9 e Tab.10).

	Range nello scenario lavorativo ordinario	Range nello scenario festivo
1	Densità dei pedoni in esterno, in modo da orientarsi verso aree di raccolta (UOOd)	
	0,16 (notte) ÷ 0,54 (giorno) : 0,37 [pp/m2]	0,22 (notte) ÷ 0,43 (giorno) : 0,35 [pp/m2]
2	Persone che non hanno familiarità con il BE (RNp)	

		0 (notte) ÷ 61 (giorno) : 44 [%]	4 (notte) ÷ 47 (giorno) : 34 [%]
3	Caratterizzazione degli utenti esterni		
	Outdoor only (OOp)	0 (notte) ÷ 18 (giorno) : 8 [%]	0 (notte) ÷ 24 (giorno) : 15 [%]
	Prevalent outdoor (POp)	0 (notte) ÷ 1 (giorno) : 1 [%]	0 (notte) ÷ 1 (giorno) : 1 [%]

Tab.9: Parametri per la caratterizzazione delle tipologie di ambiente costruito (BETs) in relazione alla diversa esposizione degli utenti, confronto tra scenario lavorativo ordinario e scenario festivo

		Range nello scenario con eventi ricorrenti	Range nello scenario con eventi una tantum
1	Densità dei pedoni in esterno, in modo da orientarsi verso aree di raccolta (UOOd)		
		0,21 (notte) ÷ 1,03 (giorno) : 0,51 [pp/m2]	0,74 (notte) ÷ 0,56 (giorno) : 0,45 [pp/m2]
2	Persone che non hanno familiarità con il BE (RNp)		
		2 (notte) ÷ 45 (giorno) : 40 [%]	3 (notte) ÷ 67 (giorno) : 43 [%]
3	Caratterizzazione degli utenti esterni		
	Outdoor only (OOp)	0 (notte) ÷ 13 (giorno) : 4 [%]	0 (notte) ÷ 10 (giorno) : 7 [%]
	Prevalent outdoor (POp)	0 (notte) ÷ 24 (giorno) : 0 [%]	16 (notte) ÷ 10 (giorno) : 0 [%]

Tab.10: Parametri per la caratterizzazione delle tipologie di ambiente costruito (BETs) in relazione alla diversa esposizione degli utenti, confronto tra scenario con eventi ricorrenti e scenario con eventi una tantum

Per ogni parametro di caratterizzazione delle tipologie di ambiente costruito seguono le rispettive rappresentazioni grafiche per una lettura immediata delle differenze tra gli scenari di rischio e degli andamenti nel tempo (Fig. 72 - 79).

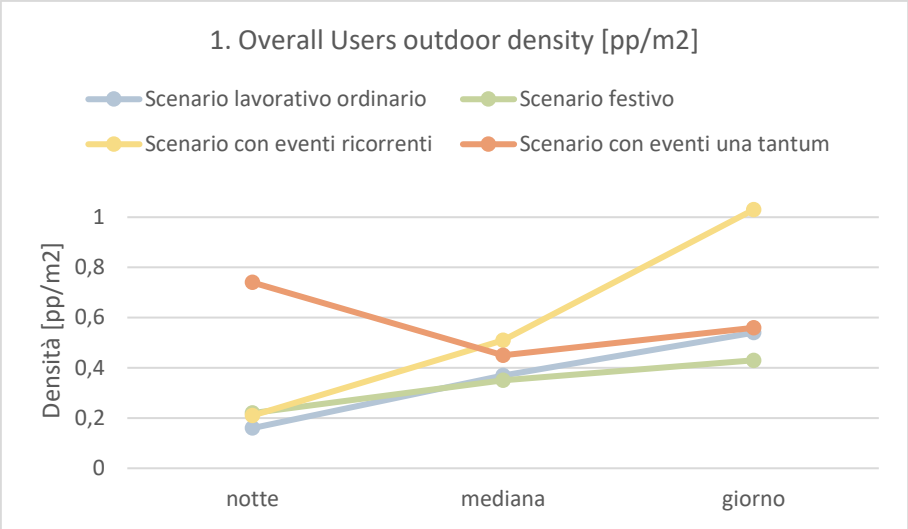


Fig.72: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori della densità di utenti complessivi in esterno (Uood), nelle tre condizioni di esposizione generale (notte, giorno e valore mediano)

La densità di utenti complessivi (Fig.72) mostra in media valori confrontabili (0,3 – 0,5 pp/m^2). I valori di picco si hanno nelle ore notturne, in corrispondenza degli eventi una tantum (0,74 pp/m^2) e nelle ore diurne in corrispondenza degli eventi ricorrenti (es. mercato settimanale) (1,03 pp/m^2).

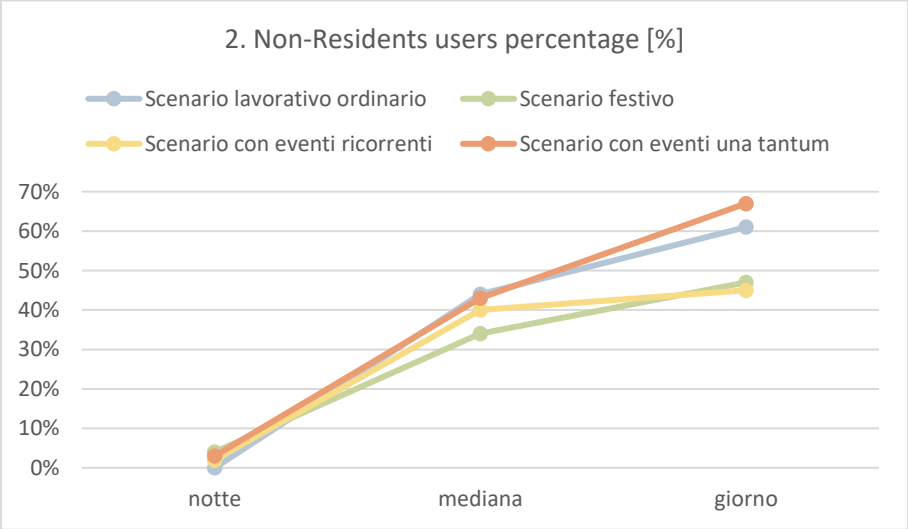


Fig.73: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori della percentuale di utenti Non-Residents (NRp), nelle tre condizioni di esposizione generale (notte, giorno e valore mediano)

Gli utenti Non-Residents mostrano valori medi percentuali confrontabili tra i vari scenari (Fig.73). I valori massimi si registrano nelle ore diurne, in corrispondenza degli eventi una tantum. Il contributo durante le ore notturne è trascurabile per tutti gli scenari di rischio.

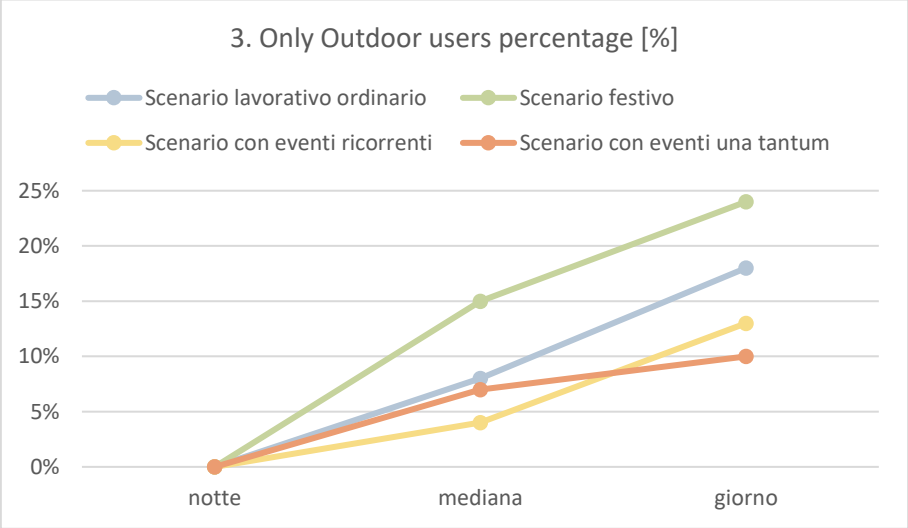


Fig.74: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori della percentuale di utenti Outdoor Only (OOp), nelle tre condizioni di esposizione generale (notte, giorno e valore mediano)

La percentuale di utenti Only Outdoor hanno andamenti paragonabili tra gli scenari. In tutti gli scenari di rischio è trascurabile il contributo degli utenti Only Outdoor durante le ore notturne e si raggiungono i valori massimi di giorno. Il valore di picco corrisponde allo scenario festivo nelle ore diurne (24%).

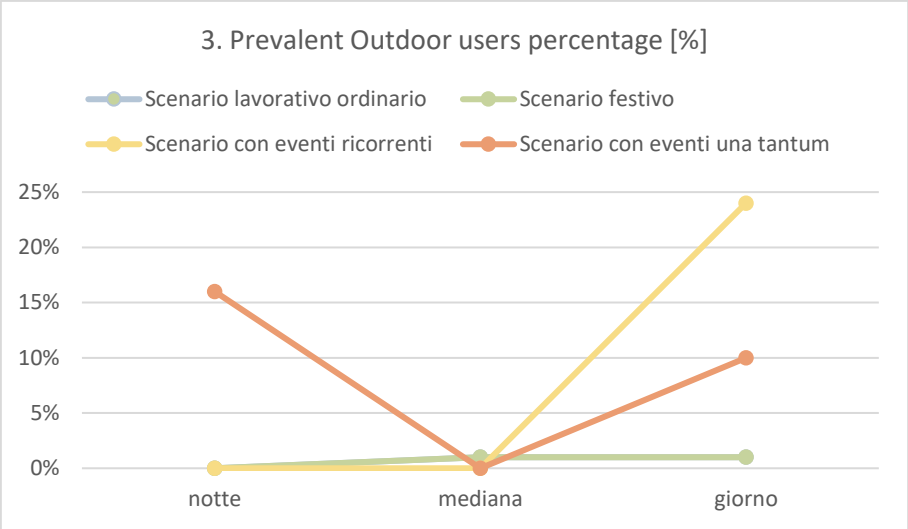


Fig.75: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), nelle tre condizioni di esposizione generale (notte, giorno e valore mediano)

Gli utenti Prevalent Outdoor mostrano valori comparabili per lo scenario lavorativo ordinario e festivo. Si raggiungono invece valori massimi in presenza di eventi.

4.2.3 Andamenti orari degli scenari di rischio

Seguono i grafici che sintetizzano, tramite i valori mediani, gli andamenti orari dei parametri di caratterizzazione (Fig.76 – 79) nei quattro scenari di rischio. In questo modo è possibile analizzare le condizioni di picco negli usi del BE in relazione alla fascia oraria della giornata, poiché i comportamenti e le caratteristiche degli utenti possono modificarsi anche drasticamente in relazione al momento in cui si verifica l'emergenza SUOD.

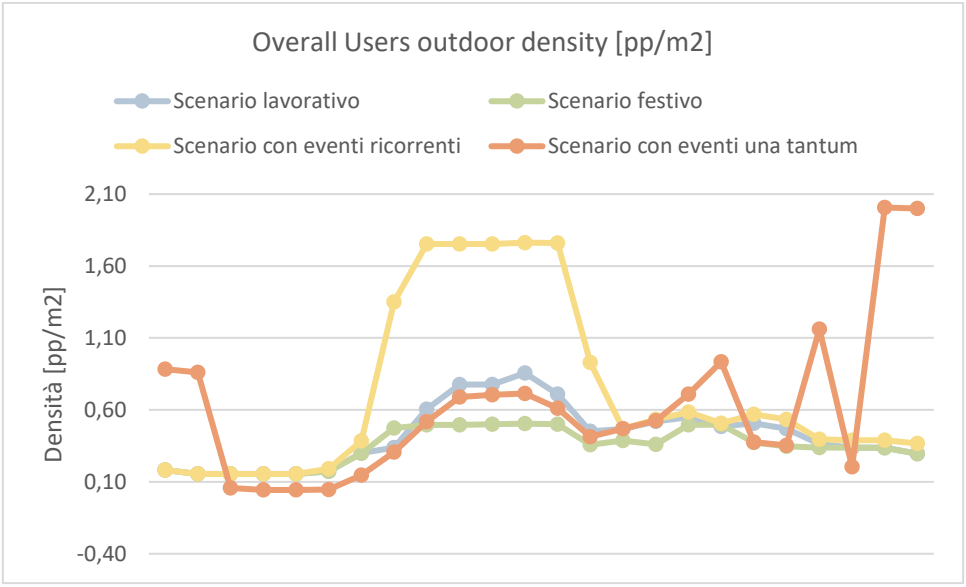


Fig.76: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori dell'andamento orario dei valori mediani della densità di utenti complessivi in esterno (OUod), nei quattro scenari di rischio

Per quanto riguarda la densità di utenti complessivi in esterno (Fig.76) si registrano condizioni di picco (1,75 pp/m^2) nelle ore della mattina (09:00 – 13:00) in presenza di eventi ricorrenti (principalmente della tipologia "mercato settimanale"). I valori massimi si registrano invece la sera (2 pp/m^2) in corrispondenza di raduni di massa una tantum. Per il resto gli scenari sono più o meno confrontabili.

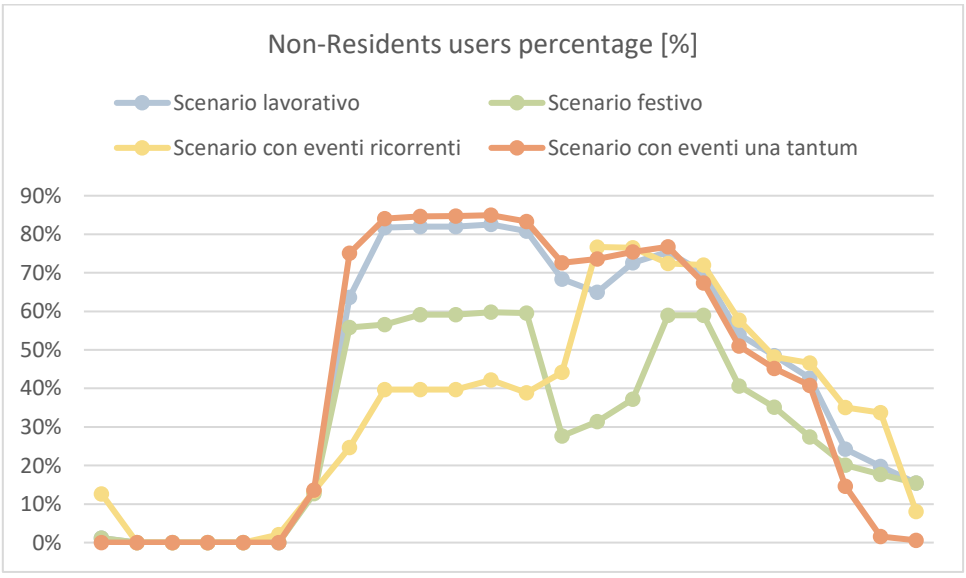


Fig.77: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori dell'andamento orario dei valori mediani della percentuale di utenti Non-Residents (NRp), nei quattro scenari di rischio

L'andamento orario dei valori mediani della percentuale di utenti Non-Residents (Fig.77) non mostra sostanziali differenze tra gli scenari di rischio. I picchi si registrano durante le ore della mattina (09:00 - 13:00) nello scenario ordinario o in presenza di raduni di massa una tantum (circa 85%), a causa della presenza della maggior parte delle attività aperte al pubblico (scuole, uffici, attivitò commerciali, ecc..).

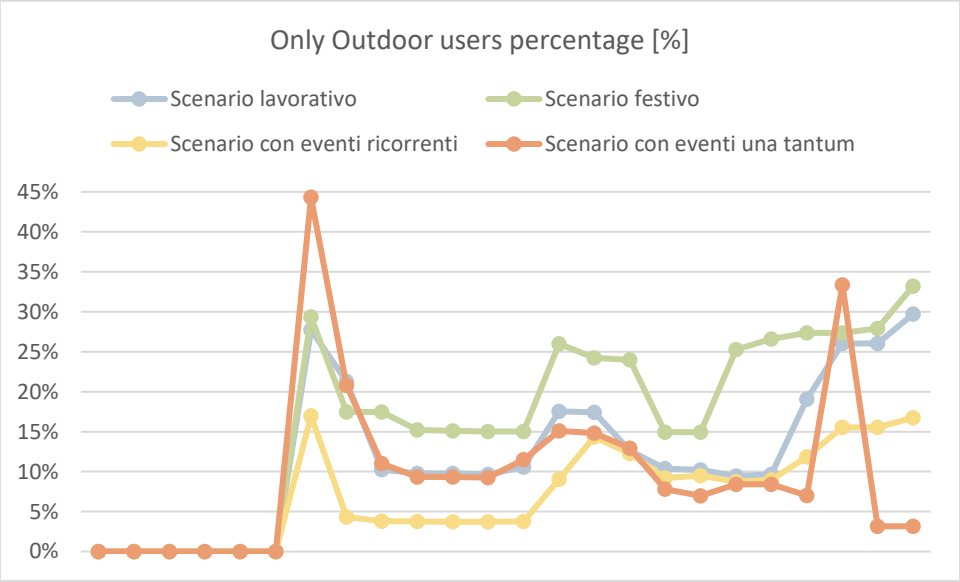


Fig.78: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori dell'andamento orario dei valori mediani della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp), nei quattro scenari di rischio

La percentuale di utenti Only Outdoor (Fig.78) presentano un andamento simile tra tutti gli scenari ma si riscontrano i picchi maggiori nello scenario con raduni di massa una tantum, in particolare alle ore 07:00 (0,44%) e alle ore 22:00 (0,33%), probabilmente perché si riduce il contributo delle utenze Non-Residents per la chiusura delle attività aperte al pubblico. Per la stessa ragione, l'andamento dello scenario festivo (in verde) è quello che raggiunge singolarmente i valori più alti tra gli scenari.

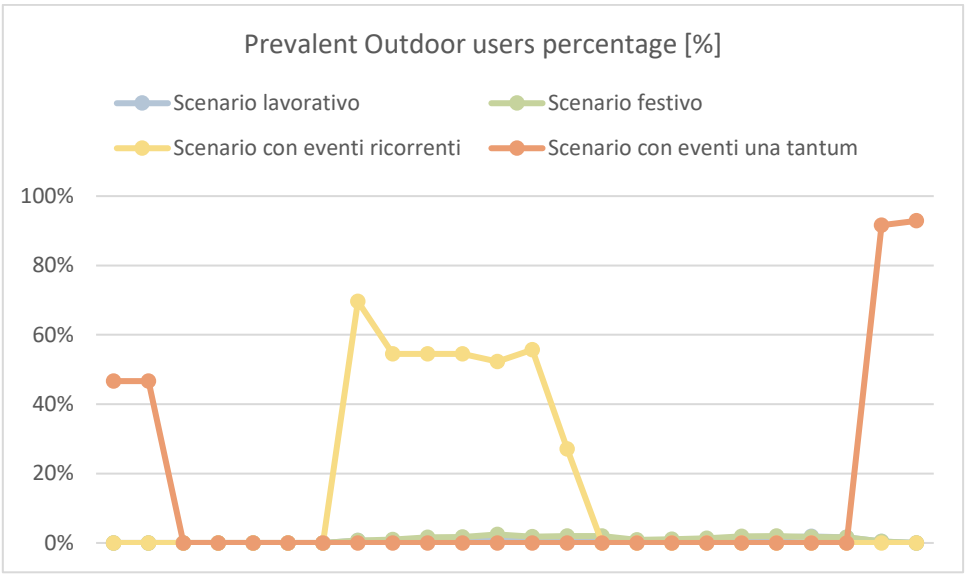


Fig.79: Rappresentazione in grafico a linee con indicatori dell'andamento orario dei valori mediani della percentuale di utenti Prevalent Outdoor (POp), nei quattro scenari di rischio

La percentuale di utenti Prevalent Outdoor (Fig.79) non risulta rilevante per quanto riguarda lo scenario ordinario lavorativo e festivo (circa 0%). Si registrano invece picchi massimi in presenza di eventi, sia ricorrenti (54-70%) che una tantum (50-90%) in corrispondenza delle ore in cui svolge l'evento.

5. DISCUSSIONE

L'obiettivo di questo tesi era quello di indagare la correlazione tra l'affollamento, le condizioni di emergenza (relative ai SUOD) e l'ambiente costruito, in particolare analizzando l'influenza

- degli scenari di rischio (lavorativo ordinario, festivo, con eventi ricorrenti, con raduni di massa una tantum)
- della fascia oraria della giornata (mattina, pomeriggio, sera, notte)

sull'esposizione individuale degli utenti che popolano il BE.

Nel dettaglio, la tesi ha proposto una metodologia operativa di tipo speditivo per la caratterizzazione dell'esposizione e della vulnerabilità degli utenti per la definizione tipologica delle BET. L'applicazione della metodologia proposta, ad un campione di 20 BEs, ha portato ai seguenti risultati riguardo i valori mediani che caratterizzano il BE, ovvero riguardo le condizioni più ricorrenti. In riferimento all'andamento orario giornaliero dell'intero campione (Sez. 4.2.2 e Sez.4.2.3) è possibile affermare che:

- Lo scenario più significativo in termini di esposizione è quello con presenza di raduni di massa una tantum. Infatti, il valore mediano orario raggiunge le 2 pp/m^2, ovvero circa il 12% in più rispetto ai valori dello scenario con eventi ricorrenti (1,76 pp/m^2) e circa il 57% in più rispetto allo scenario lavorativo ordinario (0,86 pp/m^2). I contributi minori si riferiscono invece allo scenario festivo (0,5 pp/m^2), i quali corrispondono al 25% dello scenario con raduni di massa una tantum (Fig. 76).
- Durante le ore notturne si riscontrano valori minori, sia in termini di densità di utenti che di percentuale divisa per categoria. In particolare, la differenza in termini di densità di utenti complessivi, tra l'esposizione nelle ore notturne e diurne è di circa il 70% nel caso dello scenario lavorativo, del 52% nel caso dello scenario festivo e dell'80% nel caso dello scenario con eventi ricorrenti (Fig.76). Ragionando invece in termini di percentuale di utenti, la presenza di utenti Non-Residents durante le ore notturne diminuisce di circa il 42-67% a seconda dello scenario. Per quanto riguarda gli utenti Only Outdoor questo valore è invece di circa il 10-20% (Fig. 77-78).
- La densità di utenti complessivi si mantiene in media sotto 1 pp/m^2 durante tutto l'arco della giornata. Si registrano i picchi più alti (fino a 2 pp/m^2) in corrispondenza delle ore in cui

vengono svolti gli eventi ricorrenti e una tantum (Fig.76). Il valore mediano è circa 0,3-0,5 pp/m^2 (Fig.72).

- La categoria degli utenti Non-Residents è quella più impattante in termini percentuali, indipendentemente dallo scenario di rischio di riferimento. Considerando i valori mediani, si registra infatti un'affluenza maggiore dell'80% nello scenario ordinario lavorativo e con raduni di massa una tantum in corrispondenza delle ore di maggiore apertura delle attività (08:00 – 13:00) (Fig.77). Il valore mediano è di circa 34-43% (Fig. 73).

- Gli utenti Only Outdoor sono la categoria più variabile durante il corso della giornata e in base allo scenario di rischio, mantenendo comunque una presenza percentuale medio-bassa (0 – 30%) (Fig.78). Il valore mediano varia tra 4% e 15% (Fig. 74).

- Gli utenti Prevalent Outdoor risultano una presenza molto rilevante in termini percentuali solo durante le ore in cui si svolgono le manifestazioni, siano esse ricorrenti o una tantum. In quest'ultimo caso in particolare, essendo l'affollamento maggiore, si registrano anche i picchi maggiori (fino al 90%) (Fig.79). Il valore mediano è di circa 0-1%, quindi una presenza mediamente trascurabile.

I dati ottenuti confermano che in caso di SUOD l'esposizione è strettamente correlata alla presenza di persone in un determinato ambiente (Wardhani 2015) [34]. Inoltre, in linea con i risultati ottenuti da (Li et al. 2019) [35] è stato dimostrato che esiste una stretta relazione tra la distribuzione della densità di popolazione urbana, le fasce orarie e l'uso del suolo nel BE. I risultati dell'analisi sono coerenti con i comportamenti quotidiani dei residenti (lavoro, intrattenimento diurno e riposo notturno). La distribuzione della densità di popolazione urbana durante il giorno è influenzata principalmente dalle attività scolastiche e commerciali, mentre di notte dalle attività commerciali e dalla residenza. Infatti, la percentuale di utenti NR al mattino è superiore a quella del pomeriggio e della sera. La variazione dei valori riflette le abitudini delle attività degli utenti. In termini di andamenti orari, giorni liberi e giorni lavorativi mostrano una forte coerenza, mentre in termini di intensità, ci sono differenze significative. Inoltre, coerentemente con le aspettative, la distribuzione della densità di popolazione urbana diurna è principalmente influenzata dal suolo per scopi scientifici, educativi e commerciali (categoria Non-Residents). Tuttavia, le aree residenziali svolgono un ruolo importante nella distribuzione notturna della densità di popolazione urbana. Infatti, come già analizzato anche da (Dai et al. 2020) [36] la popolazione esposta nelle ore notturne è simile tra i diversi scenari perché la distribuzione della popolazione è stabile.

6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Le condizioni di emergenza provocate da SUOD dipendono strettamente dalle caratteristiche degli Ambienti Costruiti (BE) e degli utenti, nonché dall'orario e dal periodo dell'anno in cui si verifica l'evento stesso. Per questa ragione la metodologia proposta per la quantificazione dell'esposizione degli utenti, considera il BE tenendo conto sia della piazza che gli spazi con essa direttamente comunicanti (aree interne agli edifici comunicanti con la piazza e strade di accesso alla stessa). Inoltre, gestisce i problemi legati alla vulnerabilità e all'esposizione in maniera congiunta, in modo da considerare il fattore umano sotto entrambi i punti di vista. Infine, tiene conto di diversi scenari di rischio temporali orari (giorno/notte) e giornalieri (feriali/festivi, con eventi ricorrenti, con raduni di massa una tantum).

Basandosi su precedenti considerazioni sullo stato dell'arte, il lavoro svolto traccia una raccolta di parametri di esposizione tipici degli utenti. In questo senso, fornisce i fattori significativi e ricorrenti per caratterizzare del BE considerando un approccio tipologico.

I risultati evidenziano la necessità di analizzare la caratterizzazione di specifici BE su un campione molto ampio, considerando le condizioni ricorrenti e critiche in maniera quantitativa e statistica. In questo modo è possibile convergere verso la definizione dei parametri di caratterizzazione dell'esposizione e della vulnerabilità degli utenti basandosi su dati sperimentali. In questo senso, futuri studi possono ampliare il campione statistico, in particolare per quanto riguarda i BEs con presenza di eventi ricorrenti e raduni di massa una tantum, in quanto scenari più critici in termini di esposizione e vulnerabilità individuale.

La metodologia proposta considera per l'analisi un numero di persone sovrastimato in modo conservativo. Possono essere utilizzate metodologie analitiche, con raccolta dati tramite indagini in situ sia con operatori (es.: questionari) che con dispositivi di localizzazione e "contapersone", così da ottenere scenari con una maggior confidenza rispetto all'uso effettivo nel tempo e nello spazio. Infine, i parametri di caratterizzazione presenti nella Sez. 4.2 possono essere implementati nei modelli di caratterizzazione dei singoli BEs, sia estesi (basati sul BIM) che rapidi (orientati alla realtà virtuale o aumentata). In questo modo gli esiti della valutazione del rischio per eventi SUOD, inclusa la simulazione dell'evacuazione, forniscono informazioni più realistiche, in termini di esposizione degli utenti e vulnerabilità individuali, relative al caso studio in esame. L'obiettivo finale è quello di

implementare le tecniche di creazione di scenari per il risk assessment e quindi migliorare la preparazione agli eventi, in particolare in caso di grande affollamento.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

[1] Progetto BE S2ECURe https://www.bes2ecure.net/

[2] Cremonini I (1994) L'approccio urbanistico alla riduzione del rischio sismico. Rischio sismico e pianificazione nei centri storici Metodologie ed esperienze in Emilia-Romagna, 13–122

[3] Currà E et al (2016) Seismic vulnerability and urban morphology, tools for urban and building integration. In: Strappa G, Amato ARD, Camporeale A (eds) City as organism. New visions for urban life, I. U+D, Rome, 473–484

[4] Progetto BE S2ECURe, Deliverable 3.1.1 "WP 3 - Representative models of Built Environment Typologies (BETs) prone to SUOD/SLOD. Case studies selection and data collection"

[5] Bernardini G, Quagliarini E, D'Orazio M (2016) Towards creating a combined database for earthquake pedestrians' evacuation models. Safety Science 82:77–94

[6] Bellomo N et al (2016) Human behaviours in evacuation crowd dynamics: From modelling to "big data" toward crisis management. Physics of Life Reviews

[7] Helbing D, Johansson AF (2010) Pedestrian, Crowd and Evacuation Dynamics. Encyclopedia of Complexity & Systems Science 16:6476–6495

[8] Mochi G, Predari G (2016) La vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi. Una proposta per il costruito storico. Edicom

[9] Bernardini G, Quagliarini E, DOrazio M (2018) Strumenti per la gestione dell'emergenza nei centri storici. Edicom

[10] Gu Z et al (2016) Video-based analysis of school students' emergency evacuation behavior in earthquakes. International Journal of Disaster Risk Reduction 18:1–11

[11] D'Orazio M et al (2014) EPES – Earthquake pedestrians evacuation simulator: A tool for predicting earthquake pedestrians evacuation in urban outdoor scenarios. International Journal of Disaster Risk Reduction 10:153–177

[12] Progetto BE S2ECURe, Deliverable D1.2.5 – "Human behaviours in be during earthquakes"

[13] Yang X, Wu Z, Li Y (2011) Difference between real-life escape panic and mimic exercises in simulated situation with implications to the statistical physics models of emergency evacuation: The 2008 Wenchuan earthquake. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 390:2375–2380. https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.10.019

[14] Gu Z et al (2016) Video-based analysis of school students' emergency evacuation behavior in earthquakes. International Journal of Disaster Risk Reduction 18:1–11

[15] Shi X, Ye Z, Shiwakoti N, Grembek O (2018) A State-of-the-Art Review on Empirical Data Collection for External Governed Pedestrians Complex Movement. Journal of Advanced Transportation 2018:1–42. https://doi.org/10.1155/2018/1063043

[16] 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. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.023

[17] Matsika E et al (2016) Development of Risk Assessment Specifications for Analysing Terrorist Attacks Vulnerability on Metro and Light Rail Systems. Transportation Research Procedia 14:1345–1354

[18] Bernardini G, Quagliarini E, D'Orazio M (2017) Grandi eventi e terrorismo: la progettazione consapevole della sicurezza delle persone. Antincendio 12 anno 69:12–28

[19] Li S et al (2017) A three-stage evacuation decision-making and behavior model for the onset of an attack. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 79:119–135

[20] Progetto BE S2ECURe, Deliverable D1.3.3 – "Human behaviours in be during the attack"

[21] Averill JDD, Mileti DSS, Peacock RDD, et al (2005) Federal building and fire safety investigation of the World Trade Center Disaster: Occupant Behavior, Egress, and Emergency Communications (NIST NCSTAR 1-7). U.S. Government printing office, Washington, D.C.

[22] Li S et al (2017) A three-stage evacuation decision-making and behavior model for the onset of an attack. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 79:119–135

[23] Federal Emergency Management Agency (2009) Evacuee Support Planning Guide. FEMA P-760 July

[24] Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2014) Manuale per l'analisi della condizione limite dell'emergenza (CLE) dell'insediamento urbano

[25] Pelling M (2003) The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience

[26] Villagràn De León JC (2006) Vulnerability: A conceptual and methodological review

[27] Barrow MW, Clark KA (1998) Heat-related illnesses. American family physician 58:749

[28] Delfino RJ, Tjoa T, Gillen DL, et al (2010) Traffic-related air pollution and blood pressure in elderly subjects with coronary artery disease. Epidemiology 21:396–404. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181d5e19b

[29] Koks EE, Jongman B, Husby TG, Botzen WJW (2015) Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. Environmental Science & Policy 47:42–52. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.013

[30] 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. https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005

[31] Liu HY, Lauta KC, Maas MM (2018) Governing Boring Apocalypses: A new typology of existential vulnerabilities and exposures for existential risk research. Futures 102:6–19. https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.04.009

[32] Mouroux P, Brun B Le (2006) Presentation of RISK-UE Project. Bulletin of Earthquake Engineering 4:323–339. https://doi.org/10.1007/s10518-006-9020-3

[33] Sarabia MM, Kägi A, Davison AC, et al (2020) The challenges of impact evaluation: Attempting to measure the effectiveness of community-based disaster risk management. International Journal of Disaster Risk Reduction 101732. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101732

[34] 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 6:1–5. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

[35] Li J, Li J, Yuan Y, Li G (2019) Spatiotemporal distribution characteristics and mechanism analysis of urban population density: A case of Xi'an, Shaanxi, China. Cities 86:62–70. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.008

[36] Dai Q, Zhu X, Zhuo L, et al (2020) A hazard-human coupled model (HazardCM) to assess city dynamic exposure to rainfall-triggered natural hazards. Environmental Modelling & Software 127:104684. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104684

[37] National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START) (2019) Global Terrorism Database Codebook: Inclusion Criteria and Variables

[38] Matsika E, O'Neill C, Battista U, et al (2016) Development of Risk Assessment Specifications for Analysing Terrorist Attacks Vulnerability on Metro and Light Rail Systems. Transportation Research Procedia 14:1345–1354. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.207

[39] Karlos V, Larcher M, Solomos G (2018) Review on soft target/public space protection guidance. Publications Office of the European Union, Luxemburg

[40] Villagràn De León JC (2006) Vulnerability: A conceptual and methodological review

[41] DM 3/8/2015 - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

[42] DM 10/3/1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro

[43] DM 20/5/1992 - Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre.

[44] DPR 30/6/1995 - Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi

[45] DM 19/8/1996 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo

[46] DM 6/3/2001 - Norme per la determinazione delle modalità di svolgimento del lavoro di pubblica utilità applicato in base all'art. 54, comma 6, del decreto legislativo 28 agosto 2000, n. 274

[47] DM 18/12/2012 - Prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo

[48] DM 12/5/2016 - Prescrizioni per l'attuazione, con scadenze differenziate, delle vigenti normative in materia di prevenzione degli incendi per l'edilizia scolastica

[49] DM 18/3/1996 - Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi

[50] DM 6/6/2005 - Modifiche ed integrazioni al decreto ministeriale 18 marzo 1996, recante norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi

[51] DM 27/7/2010 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq

[52] Progetto BE S2ECURe, Deliverable D1.3.1 – "Matrix of terrorism risk conditions in BET" 21-23

[53] Aalami S, Kattan L (2020) Fairness and efficiency in pedestrian emergency evacuation: Modeling and simulation. Safety Science 121:373–384. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.020

[54] D'Orazio M, Spalazzi L, Quagliarini E, Bernardini G (2014c) Agent-based model for earthquake pedestrians' evacuation in urban outdoor scenarios: Behavioural patterns definition and evacuation paths choice. Safety Science 62:450–465. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.09.014

[55] 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. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101563

[56] Aguado JLP, Ferreira TM, Lourenço PB (2018) The Use of a Large-Scale Seismic Vulnerability Assessment Approach for Masonry Façade Walls as an Effective Tool for Evaluating, Managing and Mitigating Seismic Risk in Historical Centers. International Journal of Architectural Heritage 12:1259–1275. https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1503366

[57] Quagliarini E, Lucesoli M, Bernardini G (2021) How to create seismic risk scenarios in historic built environment using rapid data collection and managing. Journal of Cultural Heritage 48:93–105. https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.12.007

[58] Yıldız B, Çağdaş G (2020) Fuzzy logic in agent-based modeling of user movement in urban space: Definition and application to a case study of a square. Building and Environment 169:106597. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106597

[59] Cheliotis K (2020) An agent-based model of public space use. Computers, Environment and Urban Systems 81:101476. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101476

[60] De Lotto R, Pietra C, Venco EM (2019) Risk Analysis: A Focus on Urban Exposure Estimation. In: Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019. Springer, Cham, pp 407–423

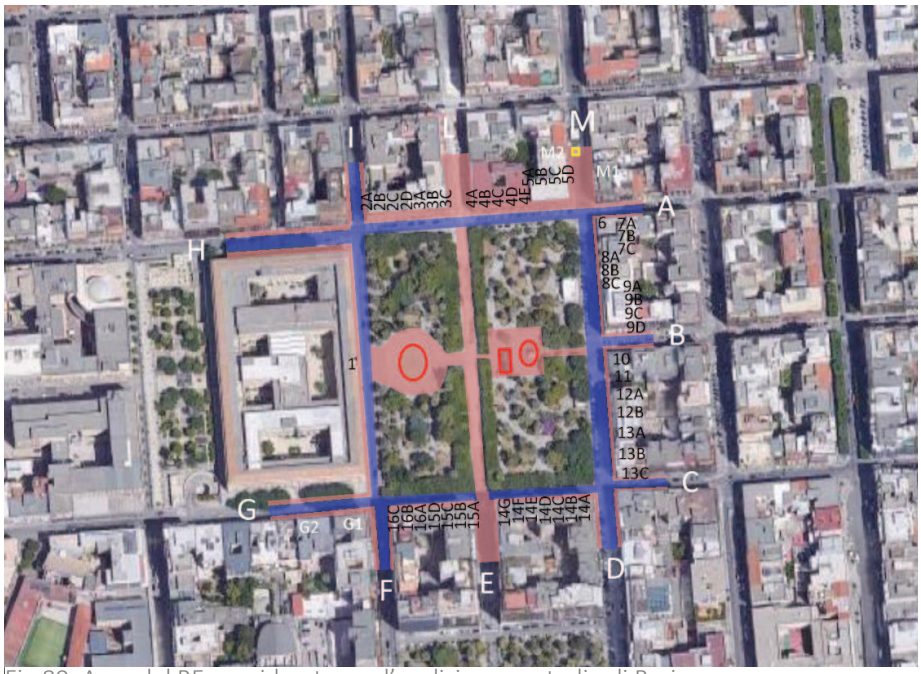
[61] Bosina E, Weidmann U (2017) Estimating pedestrian speed using aggregated literature data. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 468:1–29. https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.09.044

[62] https://www.mise.gov.it/index.php/it/mercato-e-consumatori/concorrenza-e-commercio/risposte-ai-quesiti/orari-di-apertura-e-chiusura (last access: 27.09.2021)

[63] Scott DW (2009) Sturges' rule. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics 1:303–306. https://doi.org/10.1002/wics.35

APPENDICE A

BARI
Piazza Umberto I



Tipologia: compatta
R: 0.79

L [m]: 161
w [m]: 130
Area [m^2]: 20930

Legenda
- Aree carrabili
- Aree pedonali
- Dehor
- Monumenti

Fig.80: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Bari

COSENZA
Piazza Duomo



Tipologia: allungata
R: 0.60

L [m]: 50
w [m]: 30
Area [m^2]:1500

Fig.81: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Cosenza

FORLÌ
Piazza Aurelio Saffi



Fig.82: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Forlì

Tipologia: allungata
R: 0.57

L [m]: 140
w [m]: 80
Area [m^2]: 1200

IGLESIAS
Piazza Municipio



Fig.83: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Iglesias

Tipologia: allungata
R: 0.67

L [m]: 30
w [m]: 20
Area [m^2]: 600

MESSINA
Piazza Duomo



Tipologia: allungata
R: 0.54

L [m]: 130
w [m]: 70
Area [m^2]: 9100

Fig.84: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Messina

MILANO
Piazza Emilia



Tipologia: allungata
R: 0.52

L [m]: 73
w [m]: 40
Area [m^2]: 2920

Fig.85: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Milano

MODENA
Piazza Grande



Tipologia: allungata
R: 0.60

L [m]: 75
w [m]: 45
Area [m^2]: 3375

Fig.86: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Modena

MONZA
Piazza Trento e Trieste



Tipologia: allungata
R: 0.58

L [m]: 120
w [m]: 70
Area [m^2]: 8400

Fig.87: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Monza

PISA
Piazza dei Cavalieri



Fig.88: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Pisa

Tipologia: allungata
R: 0.56

L [m]: 90
w [m]: 50
Area [m^2]: 4500

REGGIO CALABRIA
Piazza Duomo

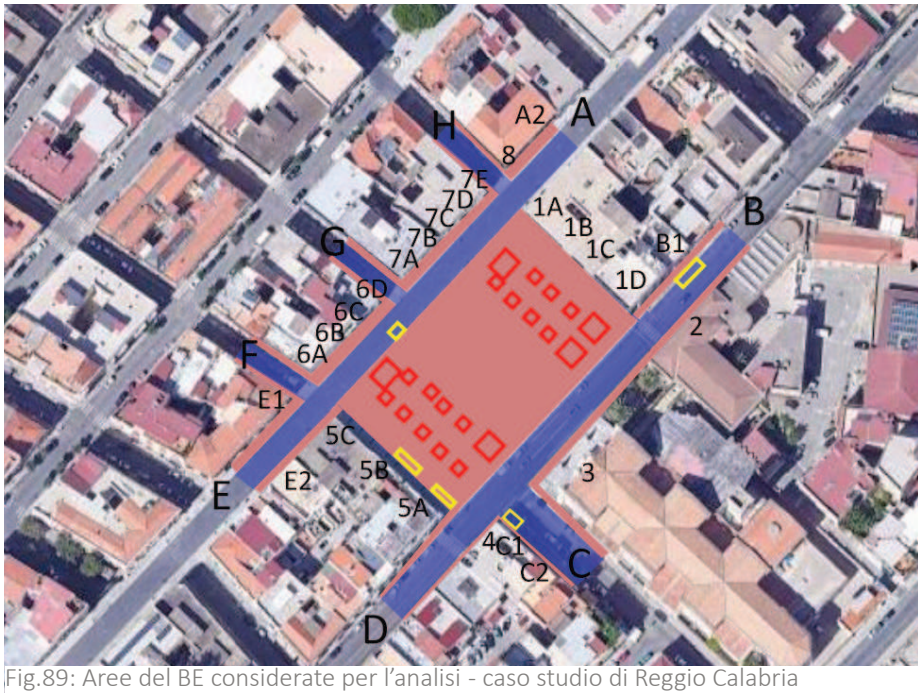


Fig.89: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Reggio Calabria

Tipologia: allungata
R: 0.67

L [m]: 75
w [m]: 50
Area [m^2]: 3750

RIMINI
Piazza Cavour

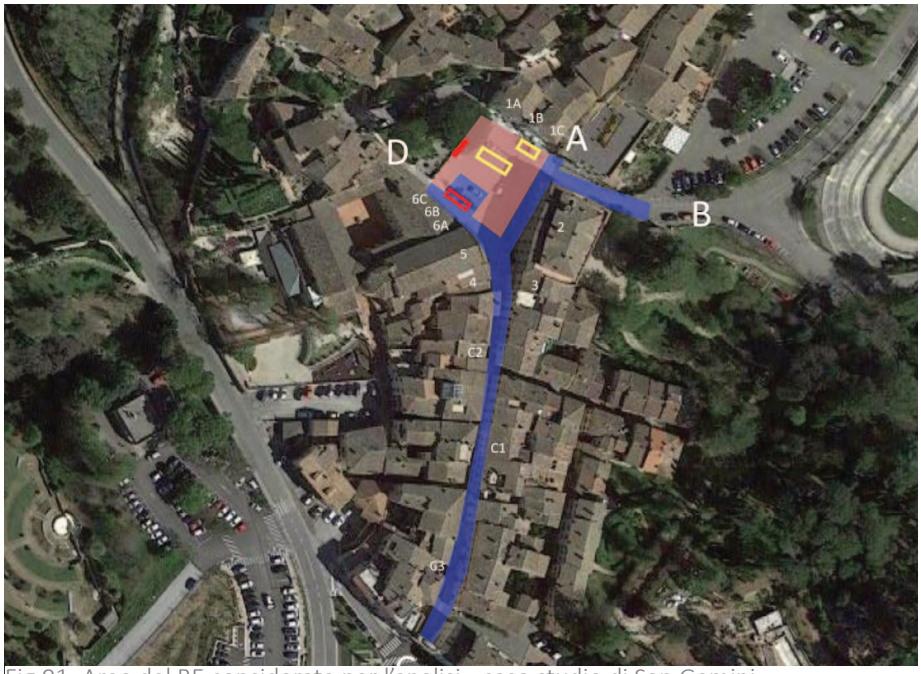


Tipologia: allungata
R: 0.63

L [m]: 120
w [m]: 75
Area [m^2]: 9000

Fig.90: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Rimini

SAN GEMINI
Piazza San Francesco

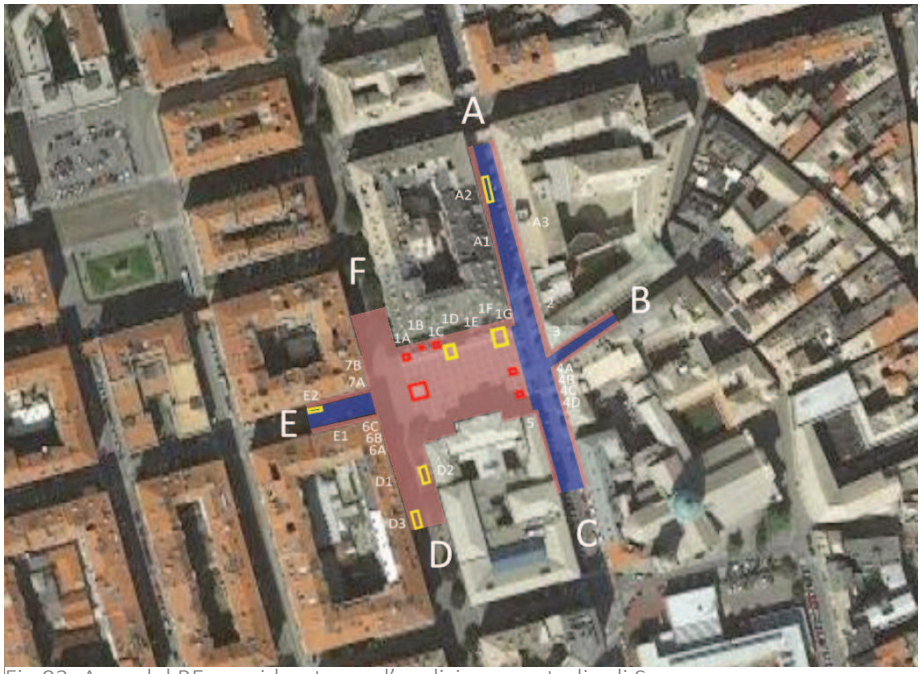


Tipologia: compatta
R: 1.00

L [m]: 31
w [m]: 30
Area [m^2]: 930

Fig.91: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di San Gemini

SAVONA
Piazza Sisto IV

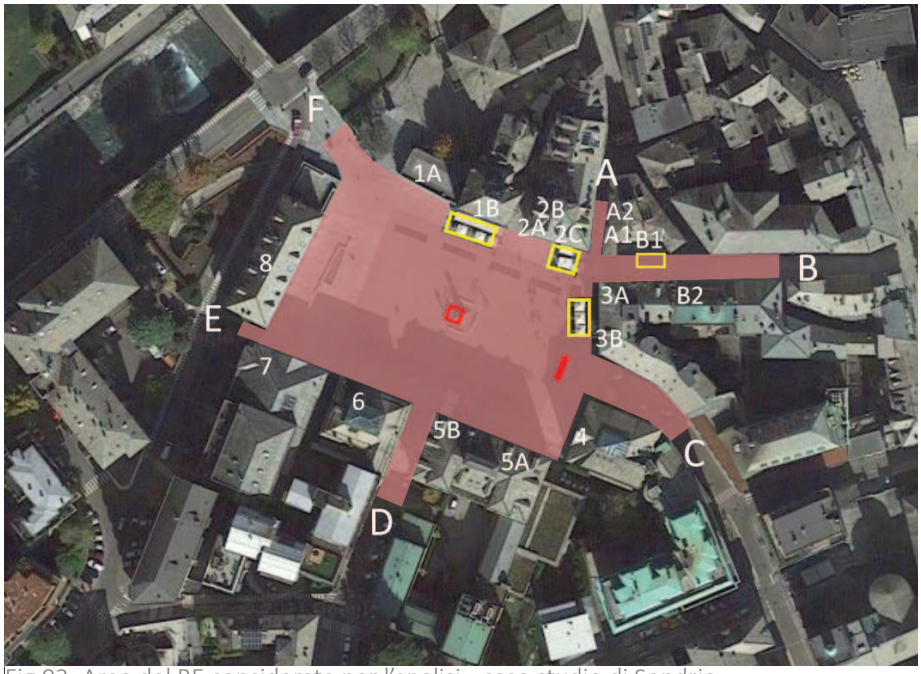


Tipologia: allungata
R: 0.53

L [m]: 75
w [m]: 40
Area [m^2]: 3000

Fig.92: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Savona

SONDRIO
Piazza Garibaldi

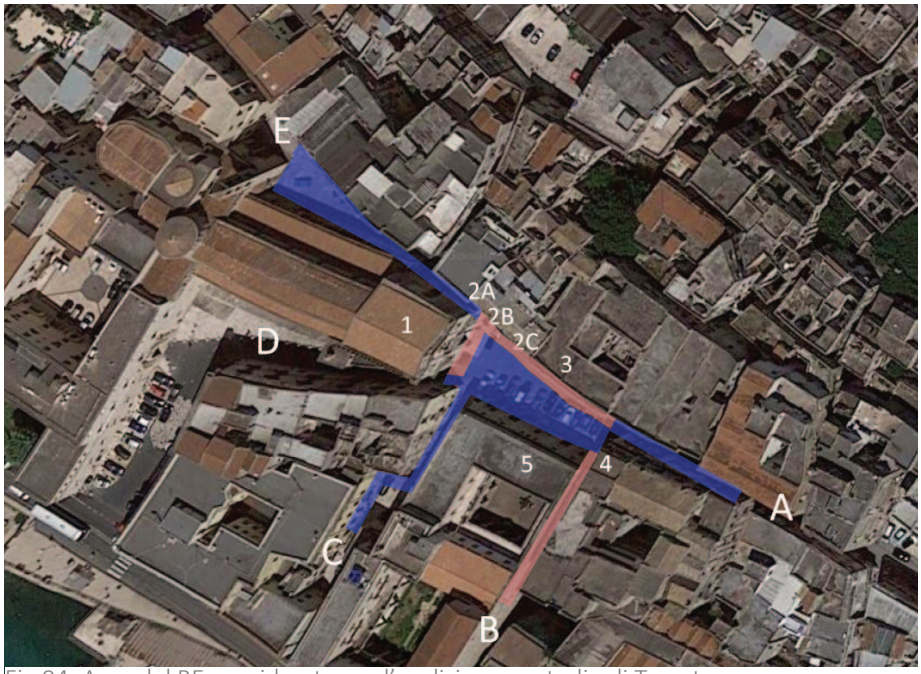


Tipologia: allungata
R: 0.63

L [m]: 80
w [m]: 50
Area [m^2]: 4000

Fig.93: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Sondrio

TARANTO
Piazza Duomo



Tipologia: allungata
R: 0.60

L [m]: 25
w [m]: 15
Area [m^2]: 375

Fig.94: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Taranto

TRAPANI
Piazza Lucatelli



Tipologia: allungata
R: 0.60

L [m]: 50
w [m]: 30
Area [m^2]: 1500

Fig.95: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Trapani

VENEZIA
Campo Sant'Aponal

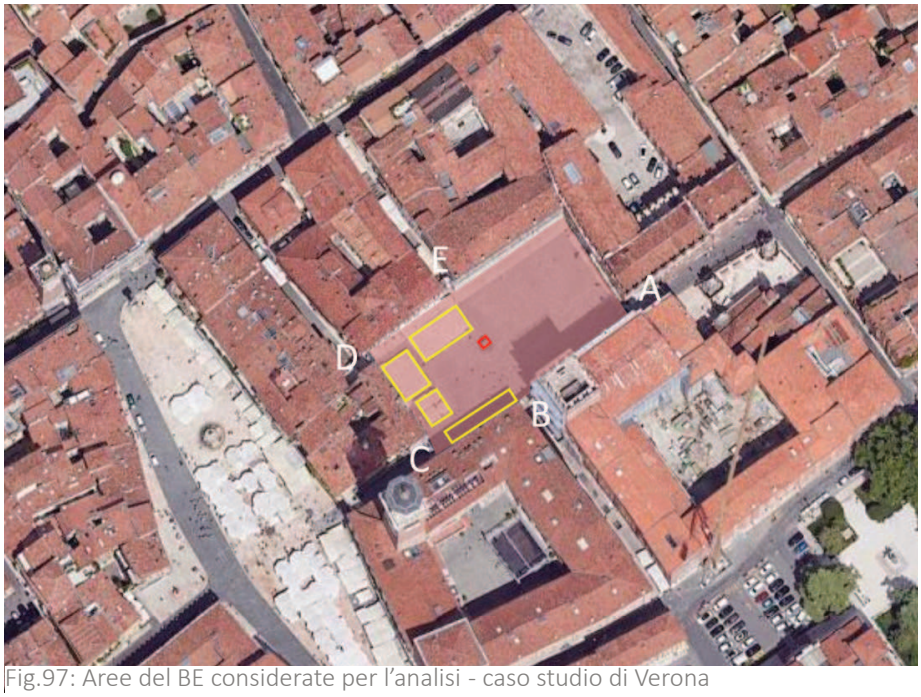


Tipologia: allungata
R: 0.65

L [m]: 25
w [m]: 16
Area [m^2]: 400

Fig.96: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Venezia

VERONA
Piazza dei Signori



Tipologia: allungata
R: 0.53

L [m]: 63
w [m]: 33
Area [m^2]: 2079

Fig.97: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Verona

VIBO VALENTIA
Piazza Armando Diaz



Fig.98: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Vibo Valentia

Tipologia: allungata
R: 0.67

L [m]: 45
w [m]: 30
Area [m^2]: 1350

VITERBO
Piazza del Plebiscito

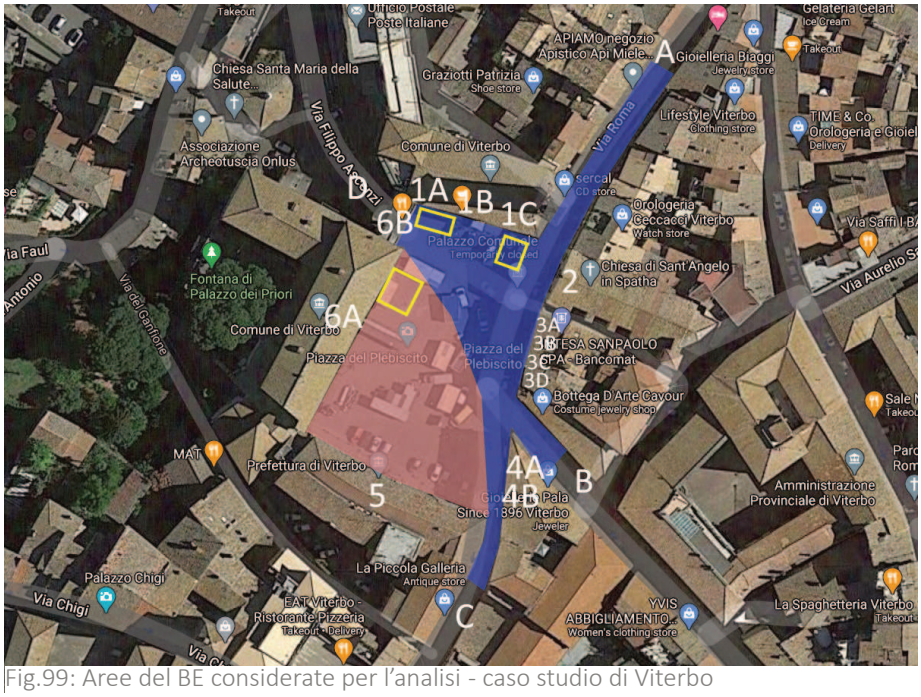


Fig.99: Aree del BE considerate per l'analisi - caso studio di Viterbo

Tipologia: allungata
R: 0.58

L [m]: 60
w [m]: 35
Area [m^2]: 2100

APPENDICE B

Risultati relativi allo scenario lavorativo

1. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla vulnerabilità individuale [-]

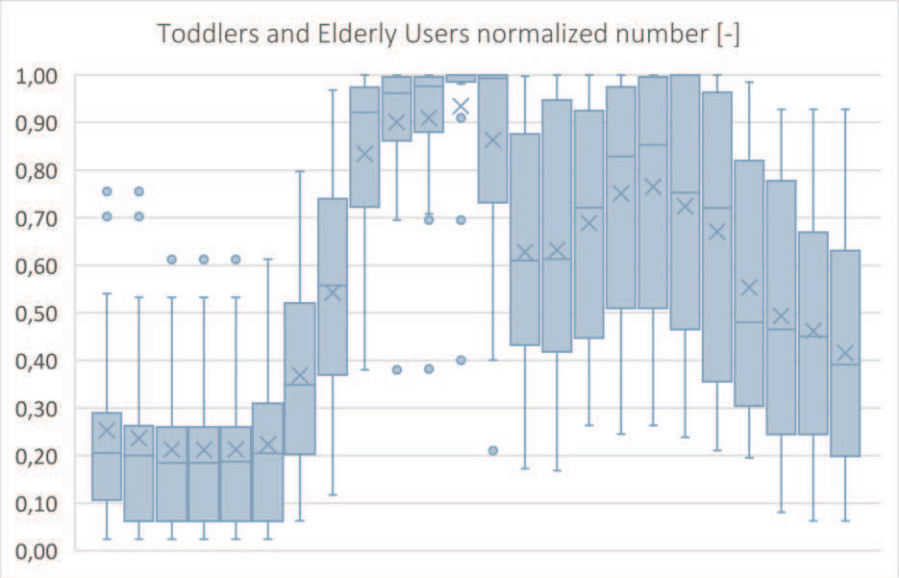


Fig.100: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Tnn) degli utenti Toodlers, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

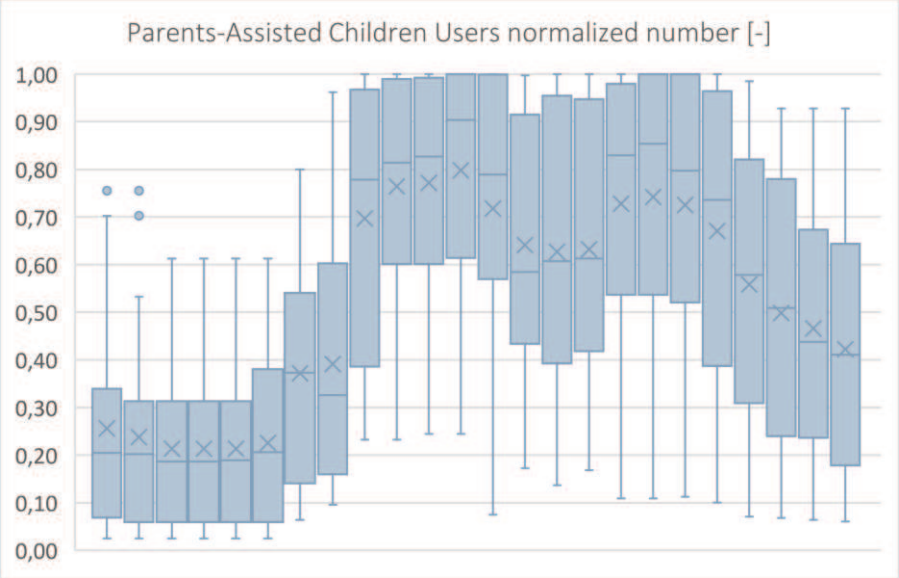


Fig.101: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (PACnn) degli utenti Parent-Assisted Children, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

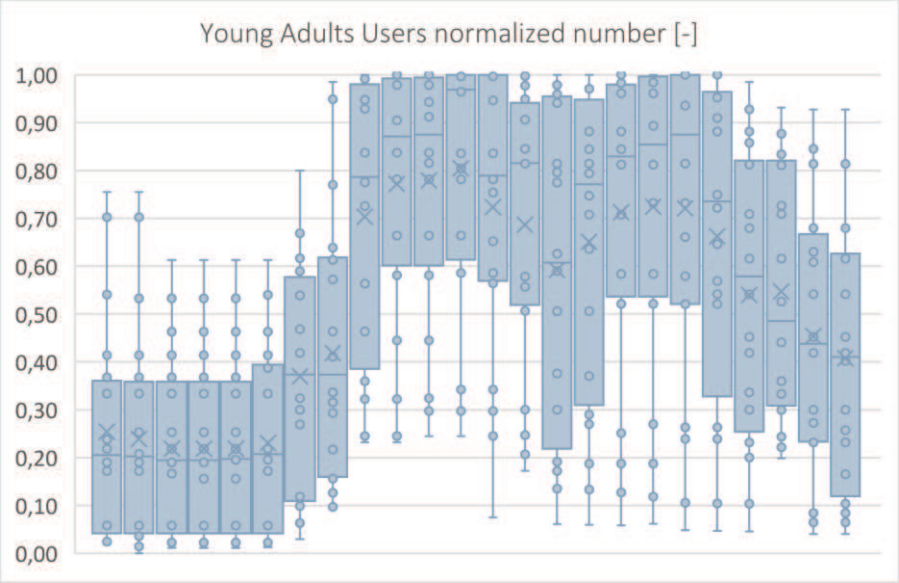


Fig.102: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (YAnn) degli utenti Young Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

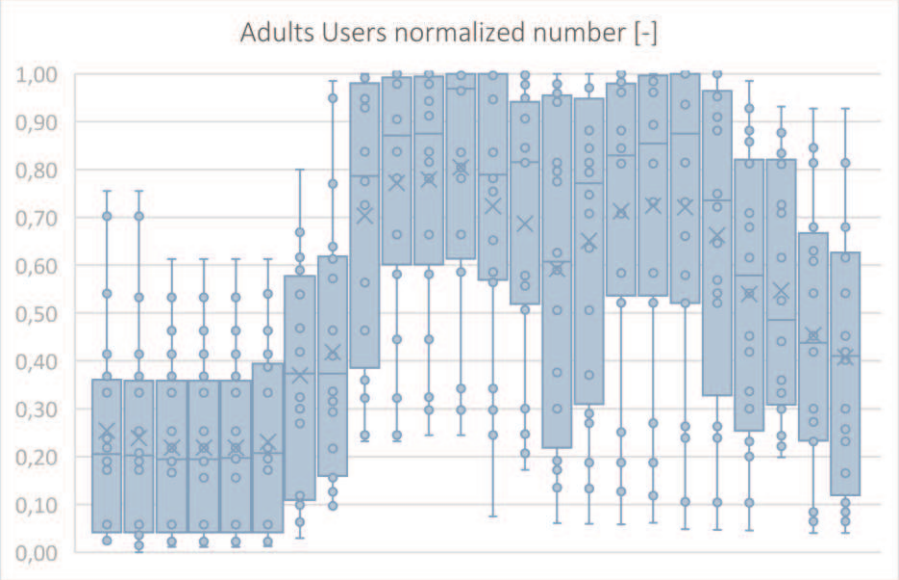


Fig.103: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Ann) degli utenti Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

APPENDICE C

Risultati relativi allo scenario festivo

1. UOC - Numero di utenti esposti nelle aree del BE [pp] e densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

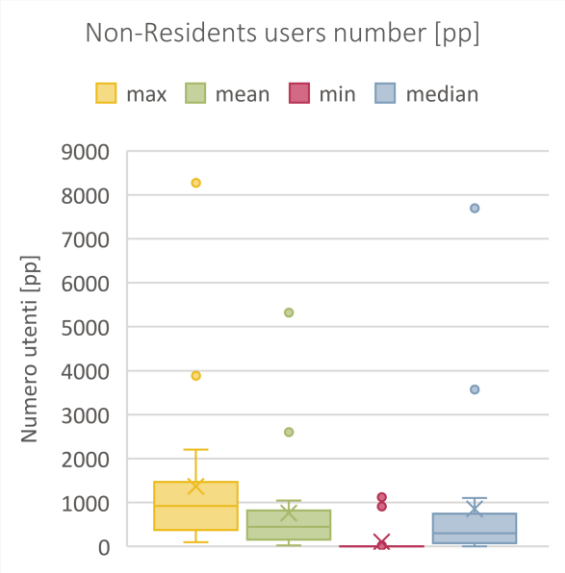


Fig.104: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti non-residents esposti in aree esterne ed interne (RNn)

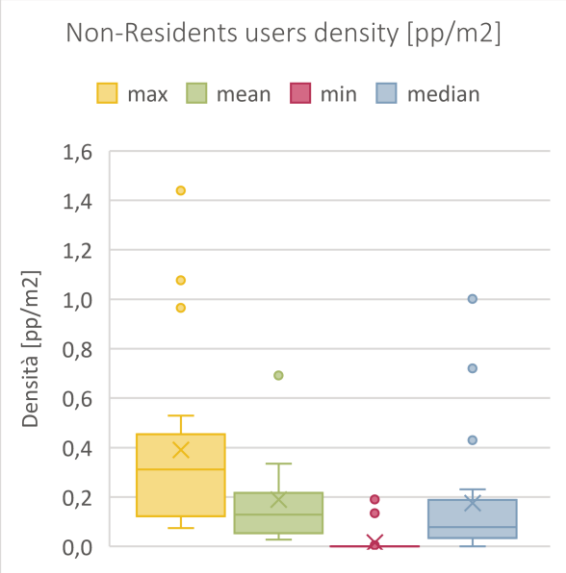
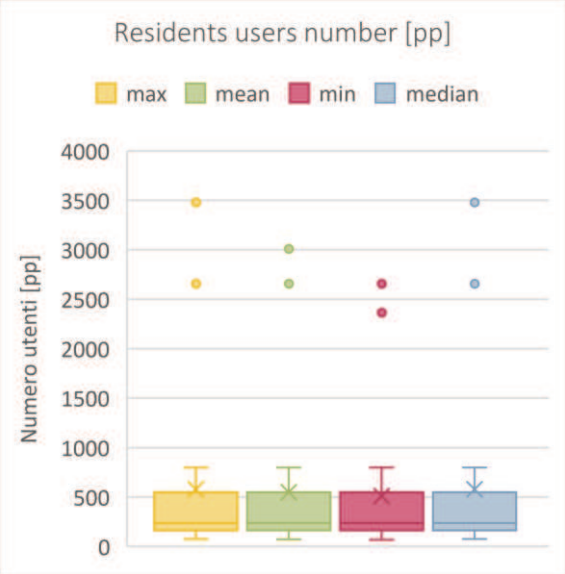


Fig.105: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Non-Residents (RNd)



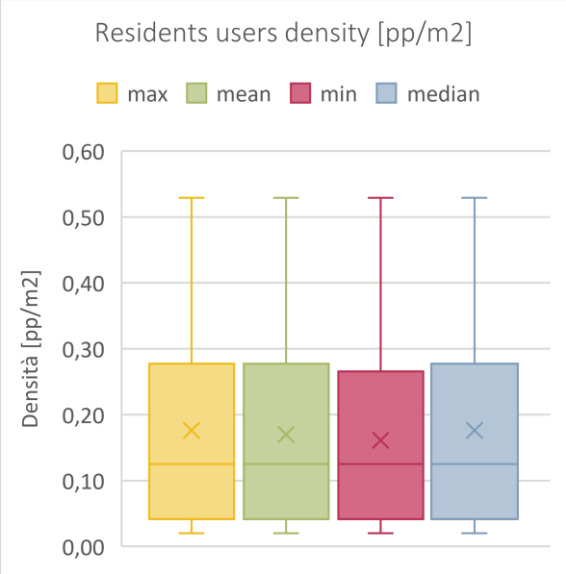
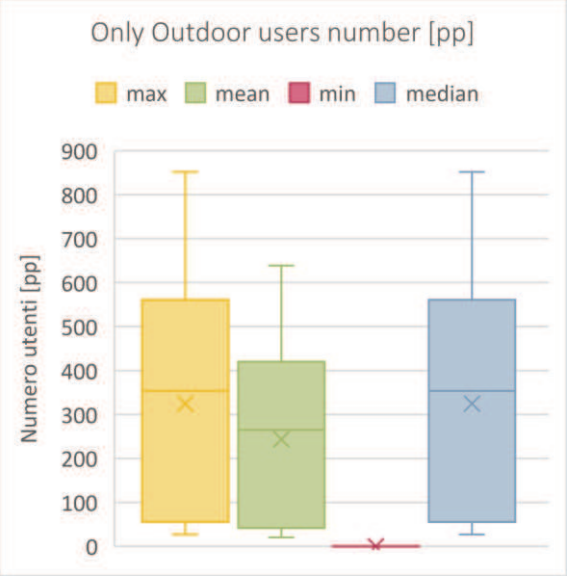


Fig.106: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti residents esposti in aree esterne ed interne (RN)

Fig.107: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Residents (RNd)



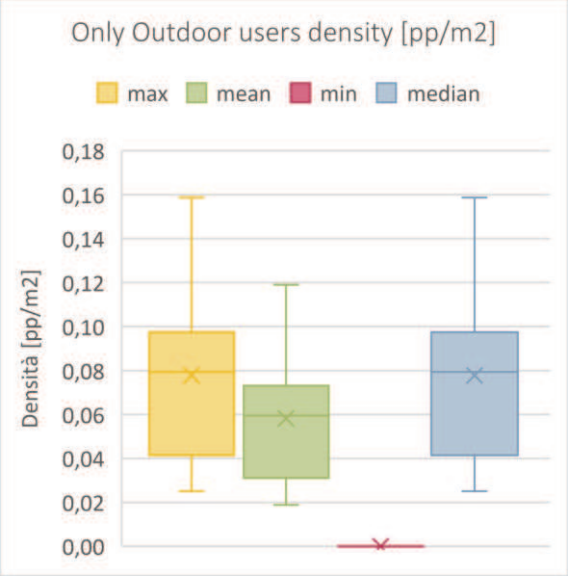
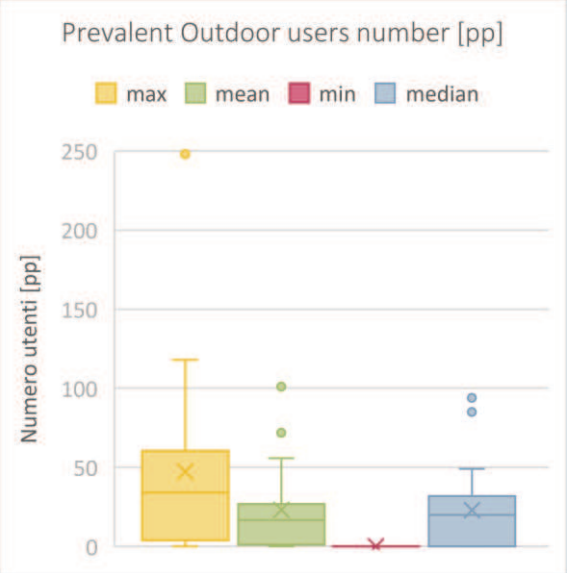


Fig.108: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti only outdoor esposti in aree esterne ed interne (OOon)

Fig.109: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Only Outdoor (OOd)



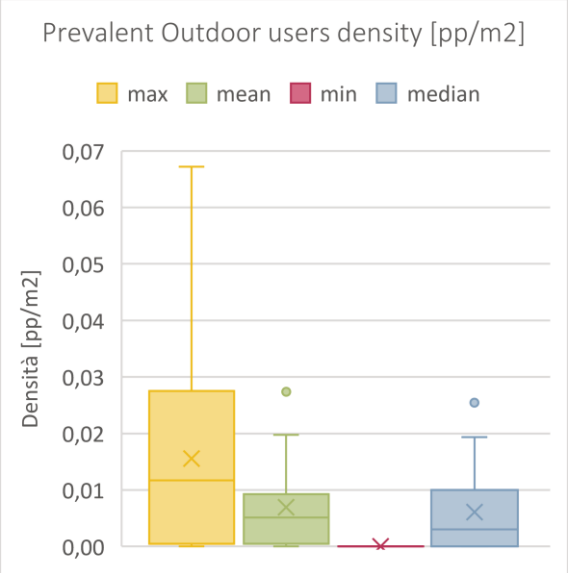


Fig.110: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti prevalent outdoor esposti in aree esterne ed interne (POn)\

Fig.111: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Prevalent Outdoor (POd)

2. UOC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

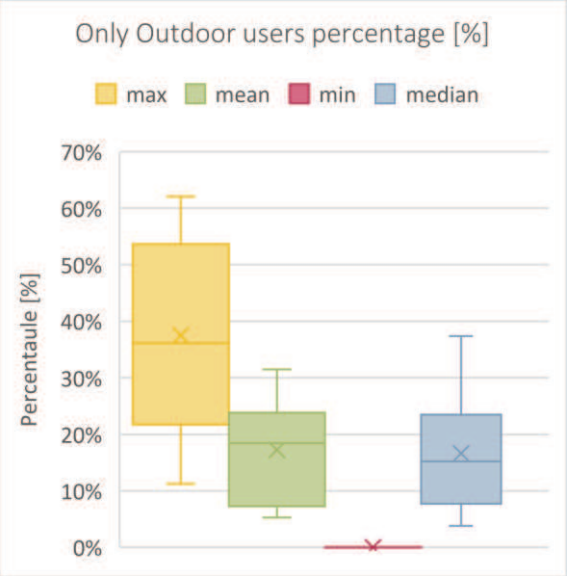


Fig.112: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti only outdoor esposti in aree esterne ed interne (OOp)

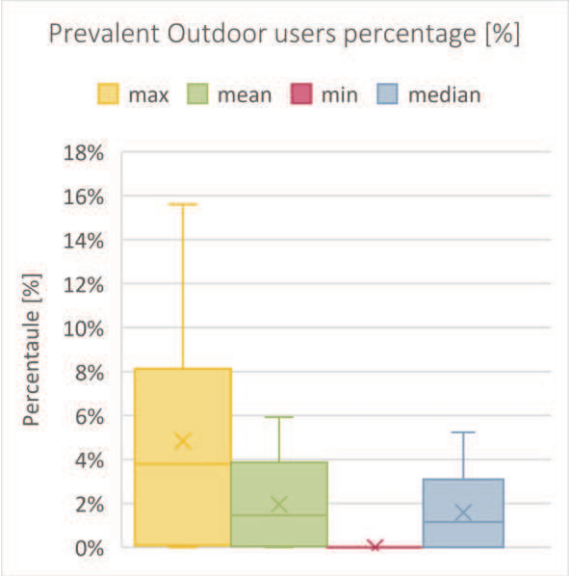


Fig.113: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Prevalent only outdoor esposti in aree esterne ed interne (POp)

3. TDC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

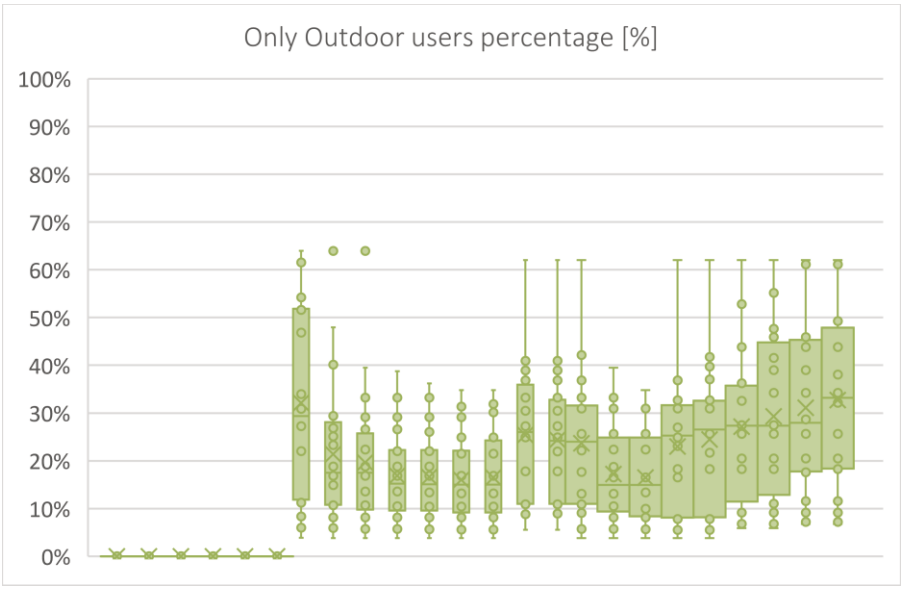


Fig.114: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale (OOp) degli utenti Only Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

4. TDC - Densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

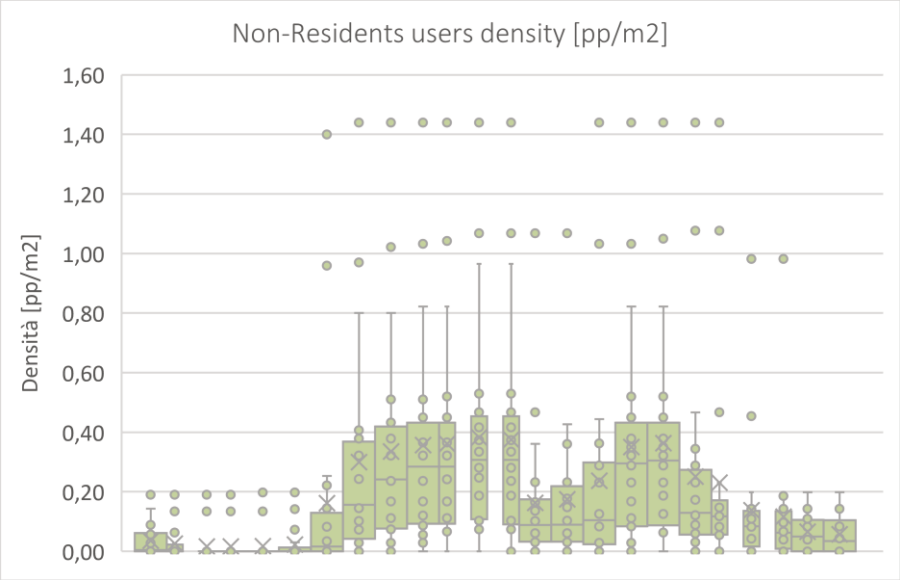


Fig.115: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (NRd) degli utenti Non Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

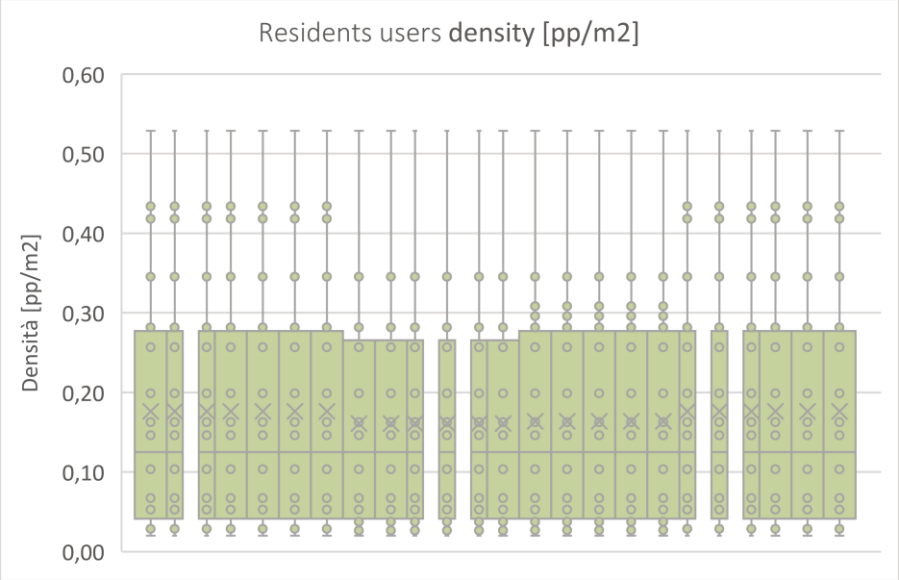


Fig.116: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (Rd) degli utenti Residents, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

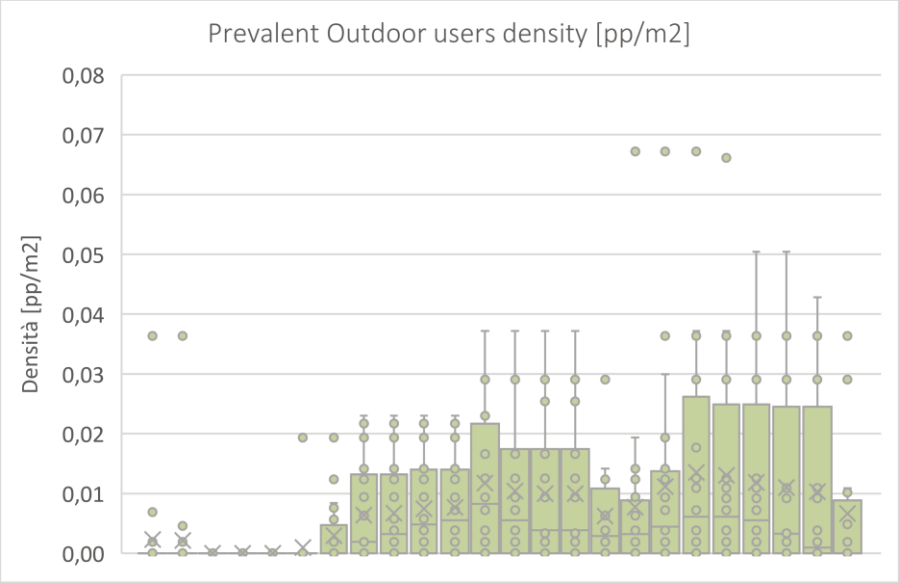


Fig.117: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (POd) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

5. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza [-]

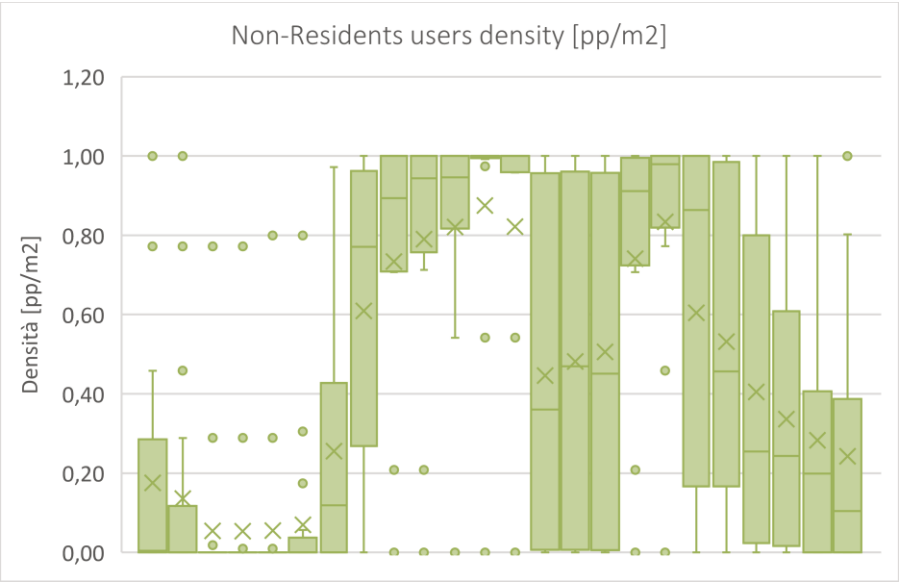


Fig.118: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (NRnn) degli utenti Non-Residents, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

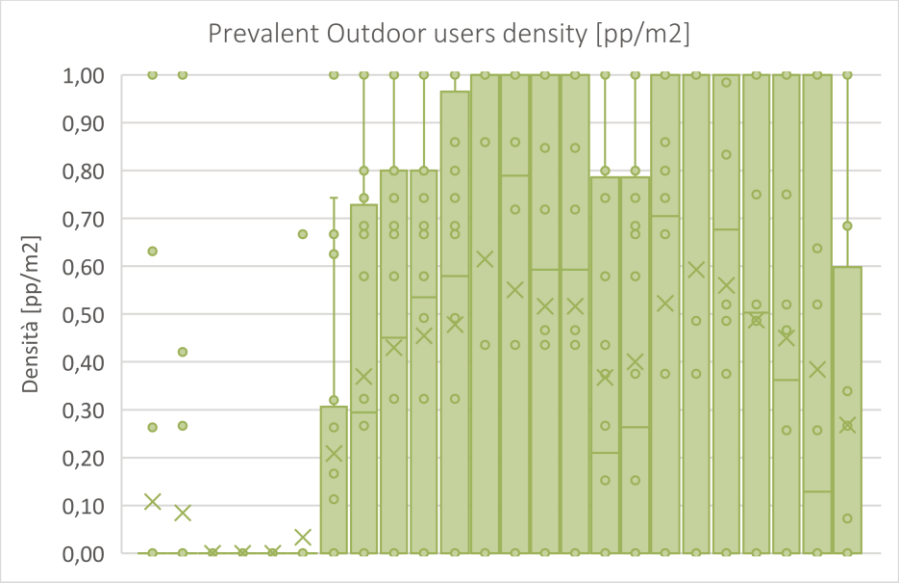


Fig.119: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (POnn) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

6. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla vulnerabilità individuale [-]

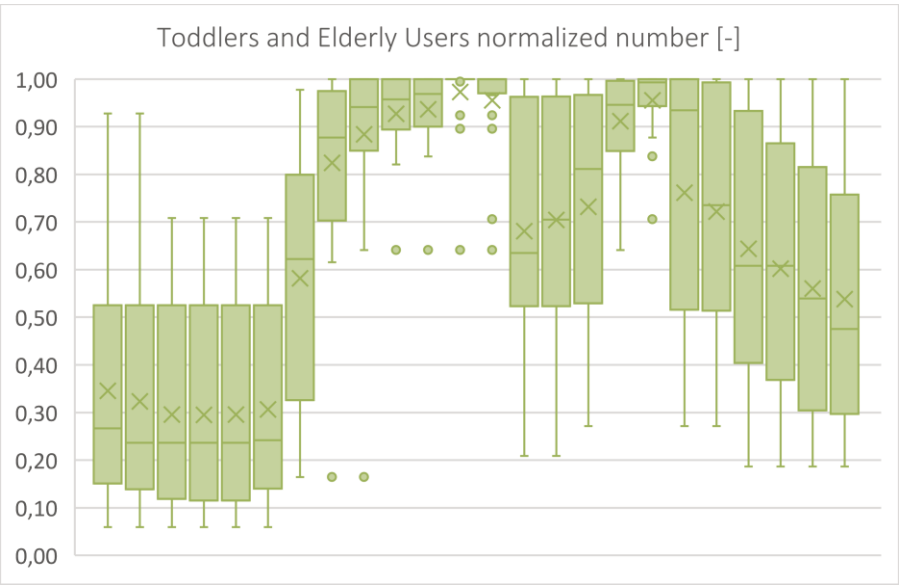


Fig.120: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Tnn) degli utenti Toddlers, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

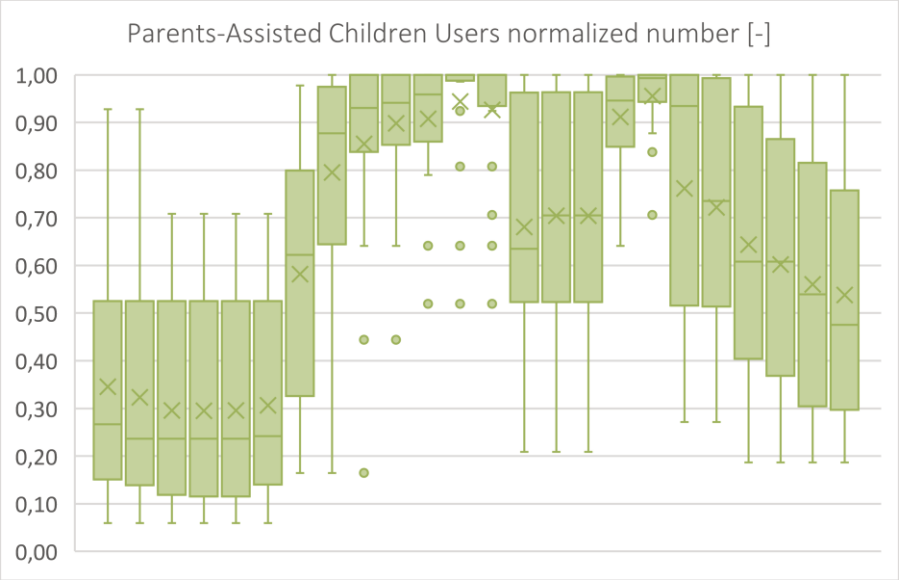


Fig.121: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (PACnn) degli utenti Parent-Assisted Children, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

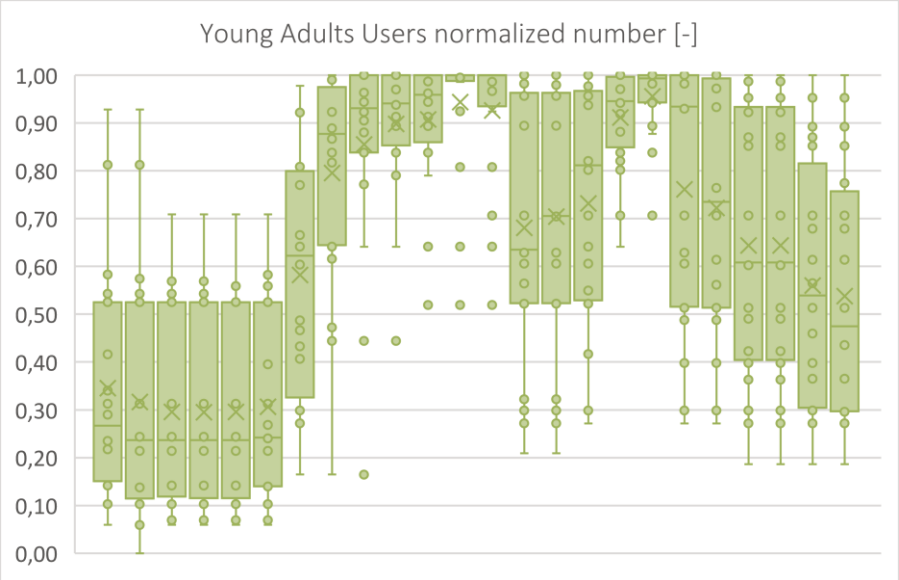


Fig.122: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (YAnn) degli utenti Young Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

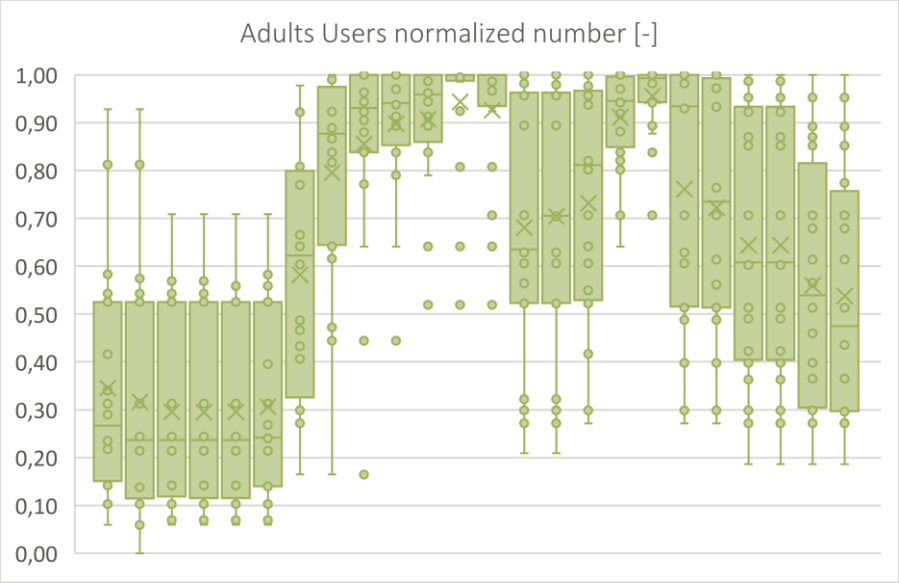


Fig.123: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Ann) degli utenti Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

APPENDICE D

Risultati relativi allo scenario con eventi ricorrenti

1. Numero di utenti esposti nelle aree del BE [pp] e densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

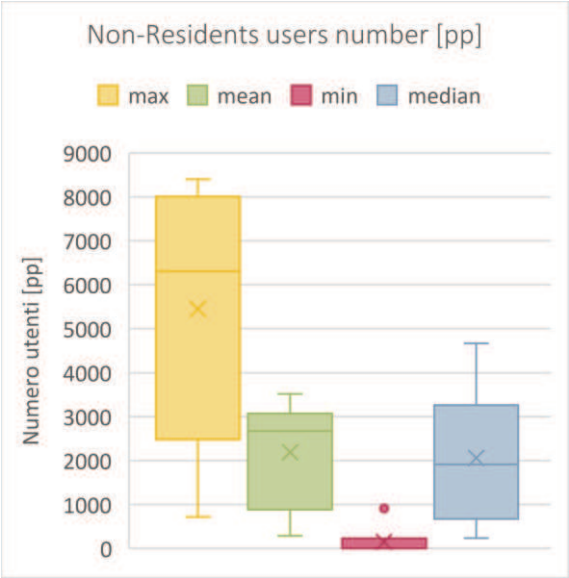


Fig.124: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti non-residents esposti in aree esterne ed interne (RNn)

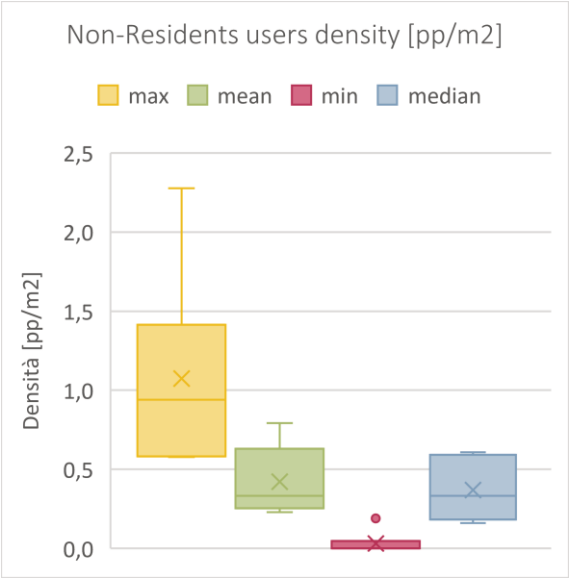
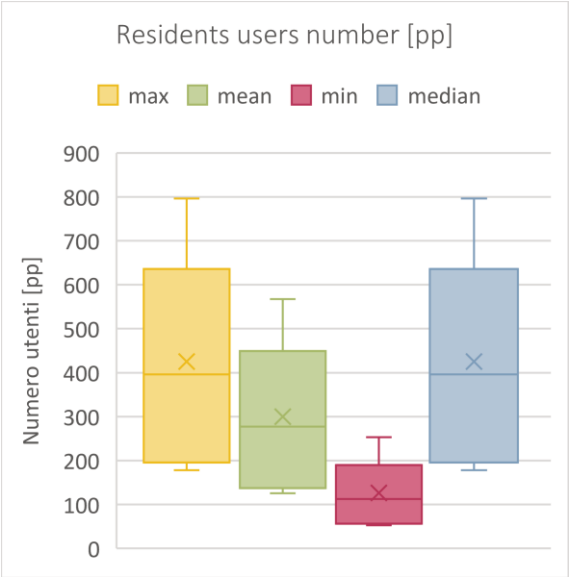


Fig.125: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Non-Residents (RNd)



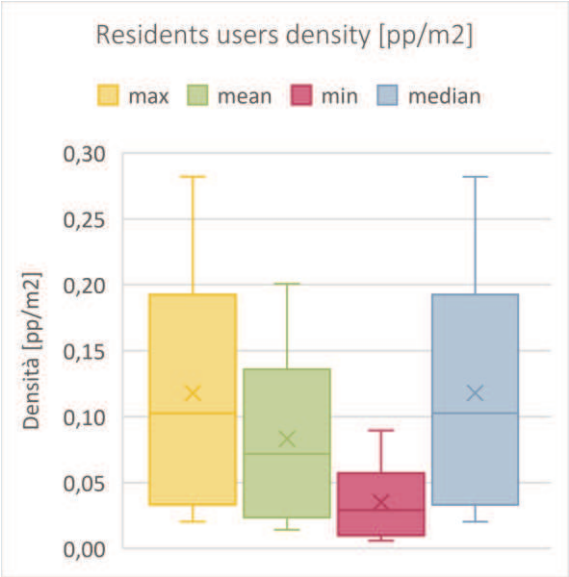
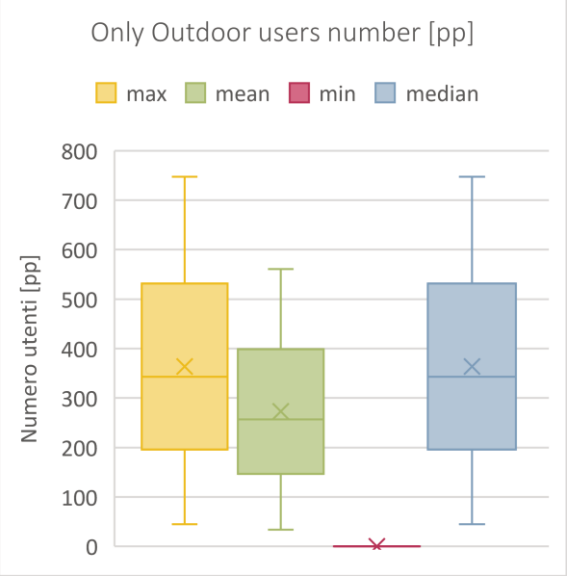


Fig.126: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti residents esposti in aree esterne ed interne (RN)

Fig.127: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Residents (RNd)



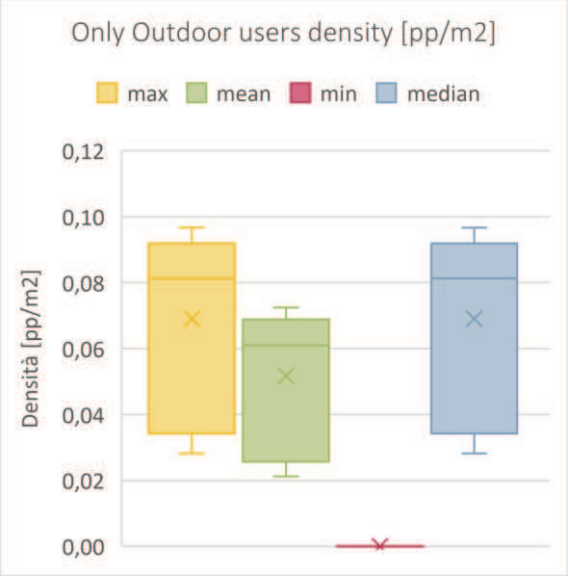
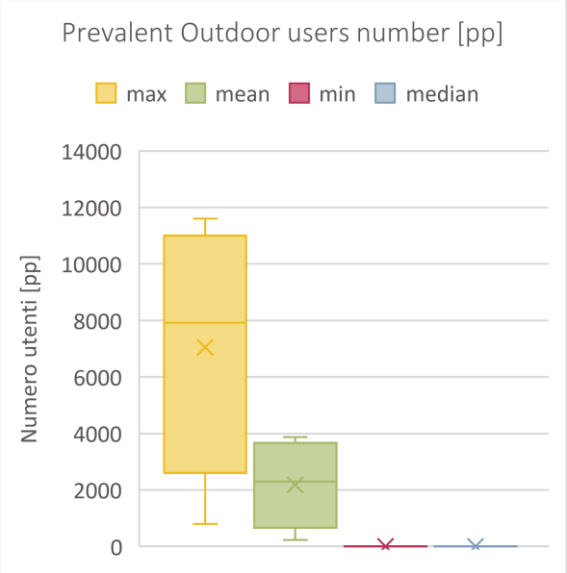


Fig.128: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti Only Outdoor esposti in aree esterne ed interne (OOn)

Fig.129: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Only Outdoor (OOd)



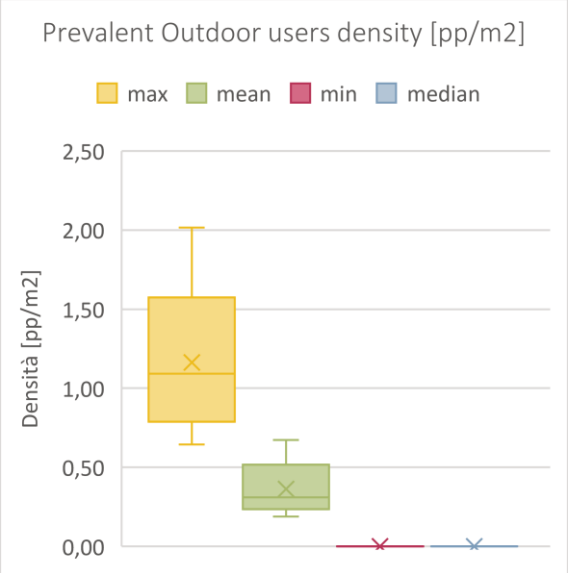


Fig.130: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti prevalent outdoor esposti in aree esterne ed interne (POn)\

Fig.131: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Prevalent Outdoor (POd)

2. UOC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

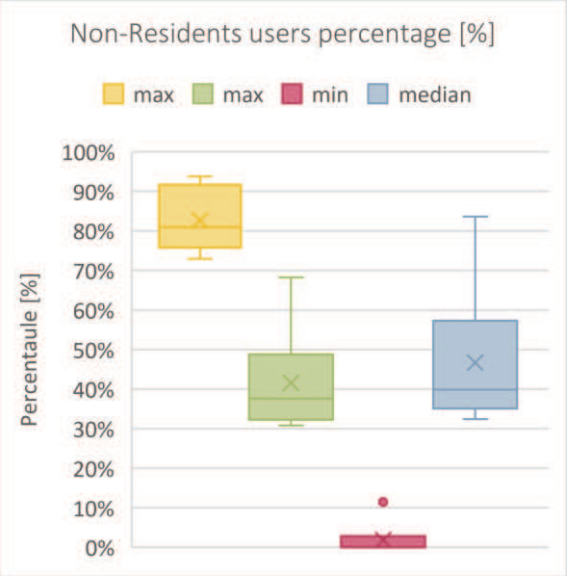


Fig.132: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (RNp)

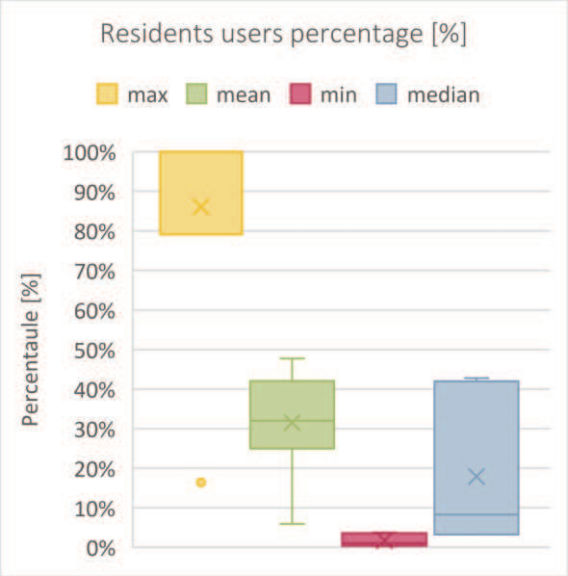


Fig.133: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp)

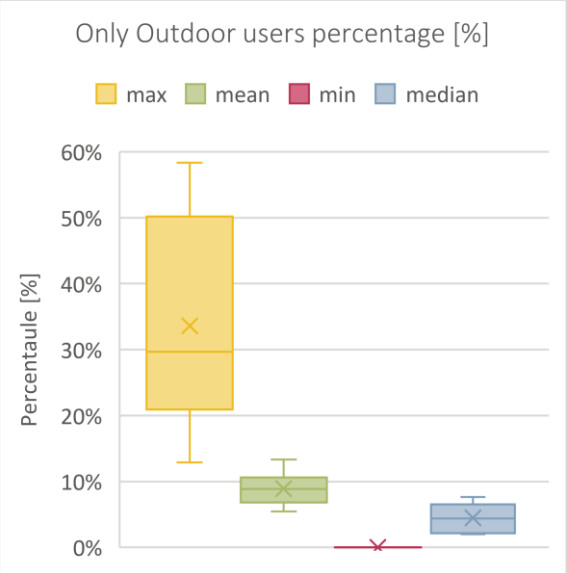


Fig.134: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp)

3. TDC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

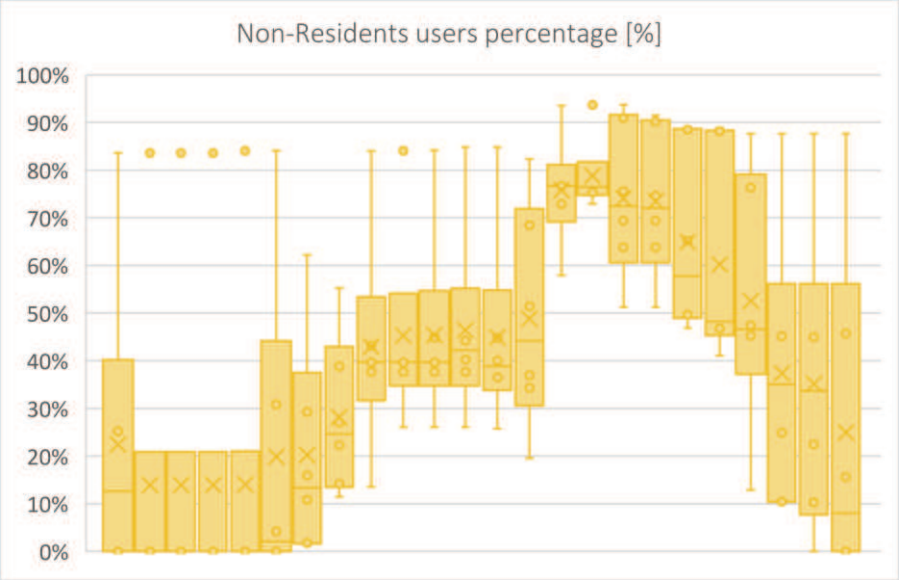


Fig.135: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non-Residents (NRp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

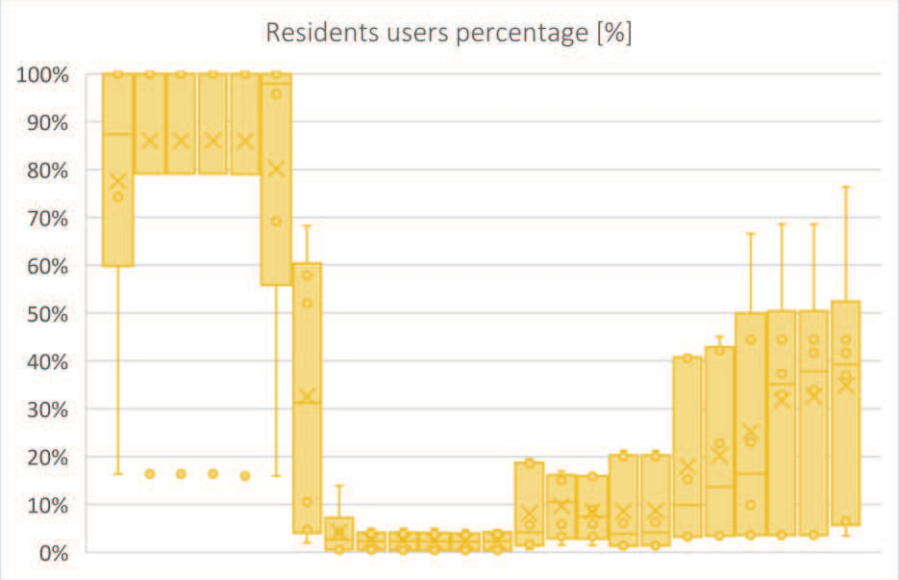


Fig.136: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

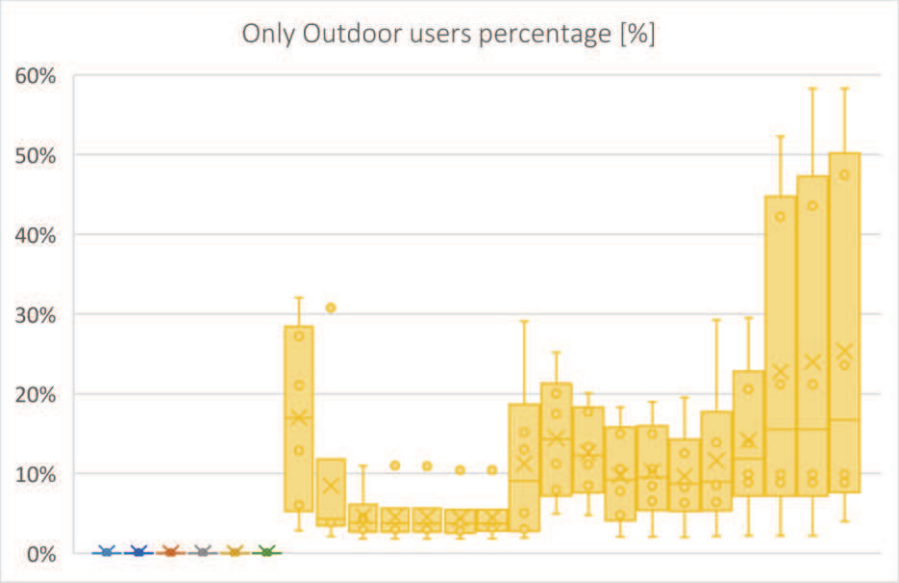


Fig.137: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

4. TDC - Densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

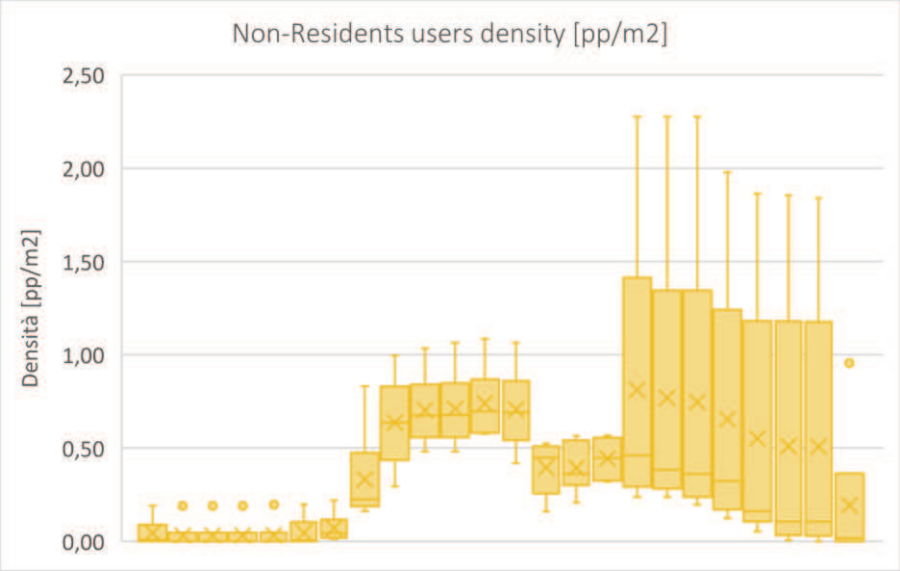


Fig.138: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (NRd) degli utenti Non Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

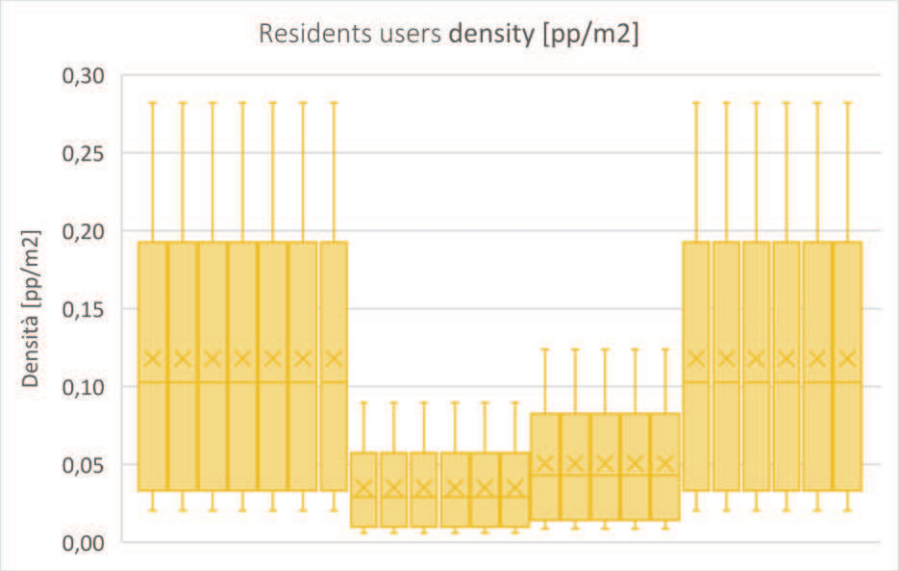


Fig.139: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (Rd) degli utenti Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

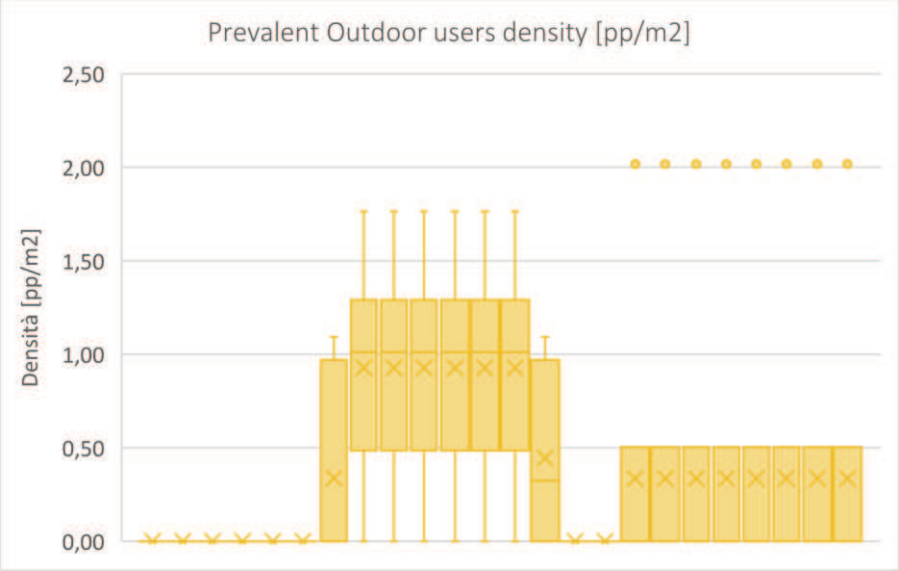


Fig.140: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (POd) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

5. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza [-]

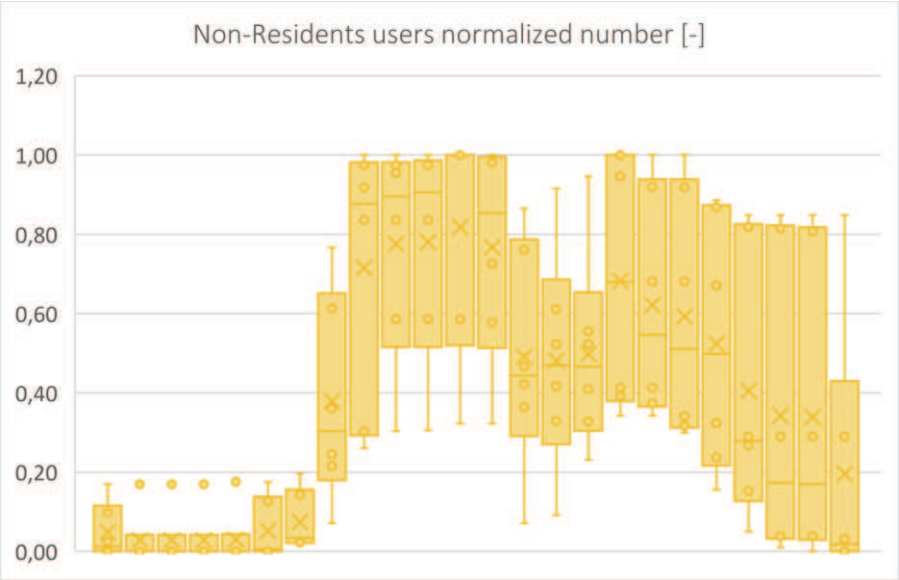


Fig.141: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (NRnn) degli utenti Non-Residents, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

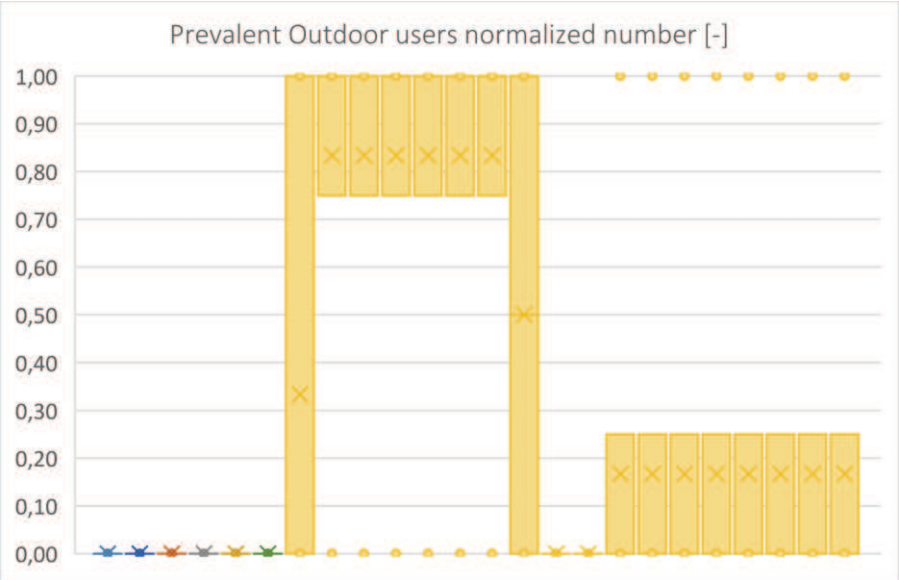


Fig.142: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (POnn) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

6. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla vulnerabilità individuale [-]

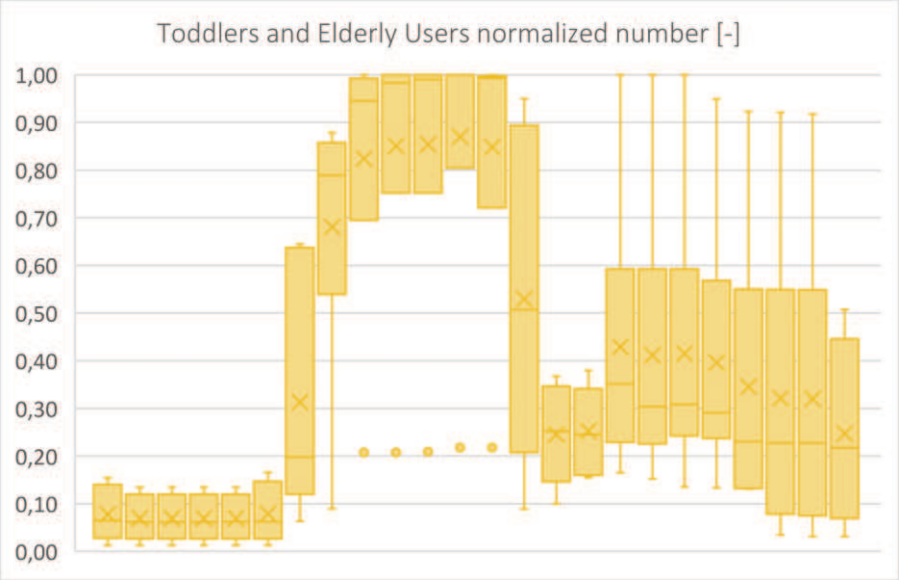


Fig.143: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Tnn) degli utenti Toodlers, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

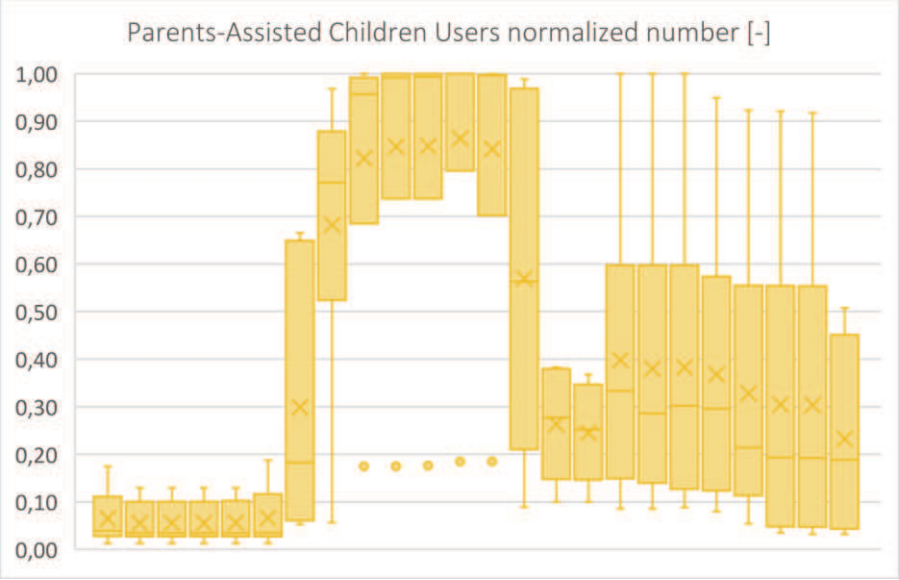


Fig.144: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (PACnn) degli utenti Parent-Assisted Children, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

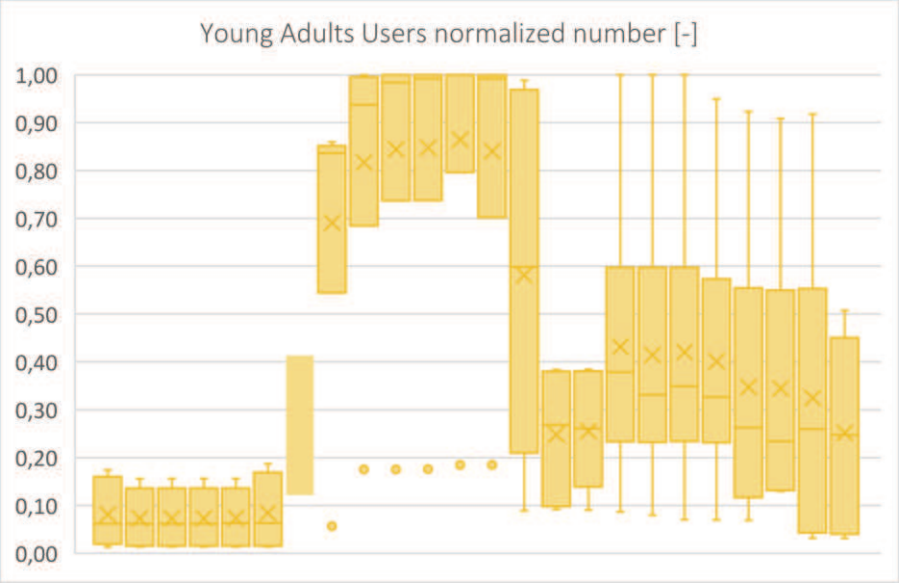


Fig.145: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (YAnn) degli utenti Young Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

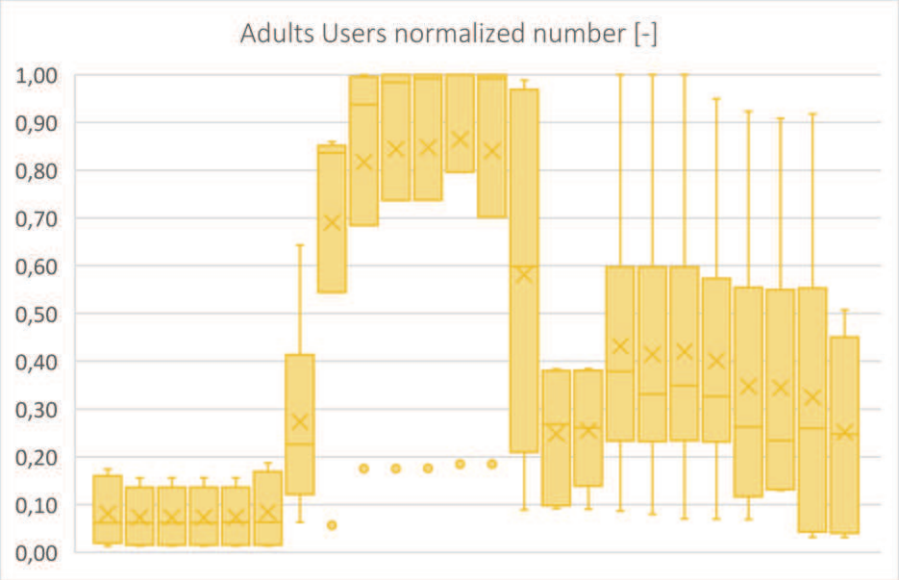


Fig.146: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Ann) degli utenti Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

APPENDICE E

Risultati relativi allo scenario con eventi una tantum

1. Numero di utenti esposti nelle aree del BE [pp] e densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

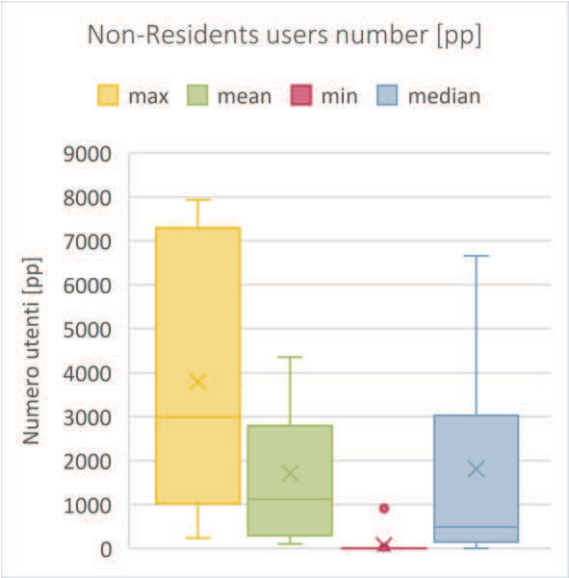


Fig.147: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti non-residents esposti in aree esterne ed interne (RNn)

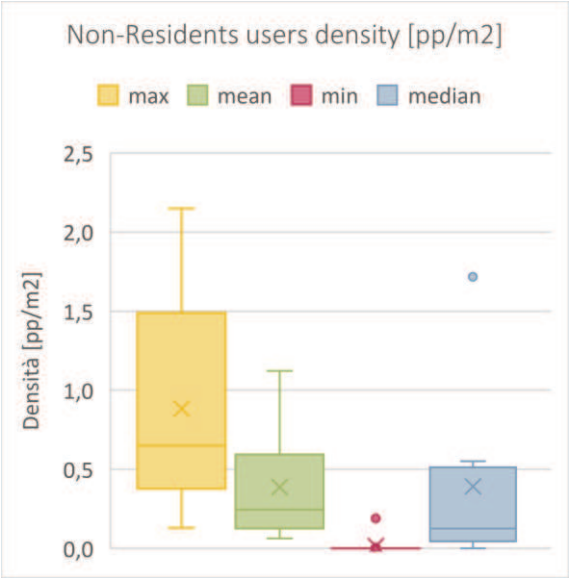
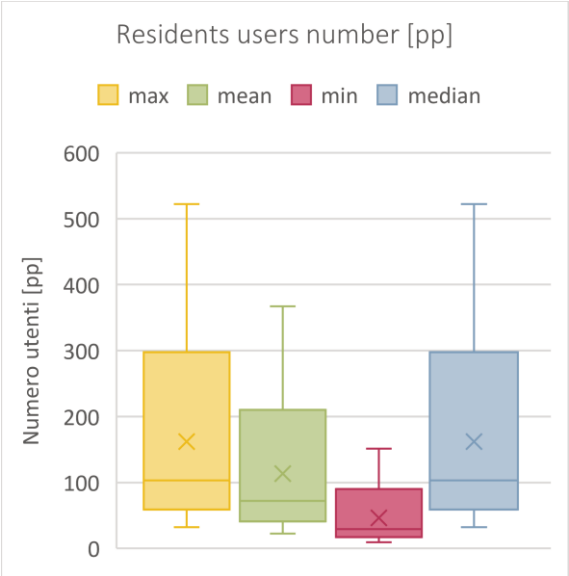


Fig.148: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Non-Residents (RNd)



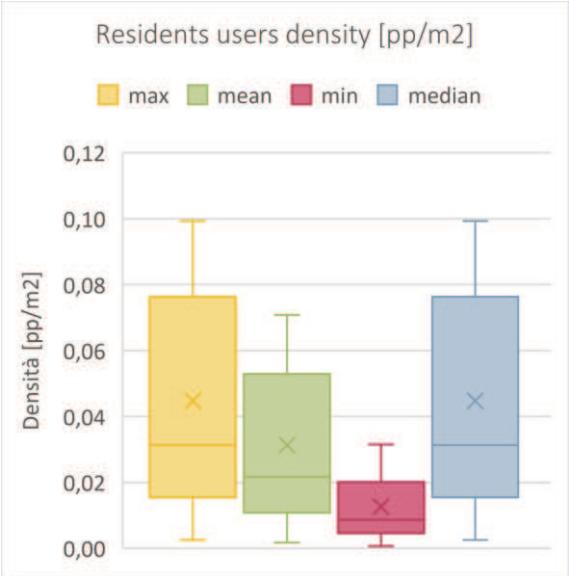
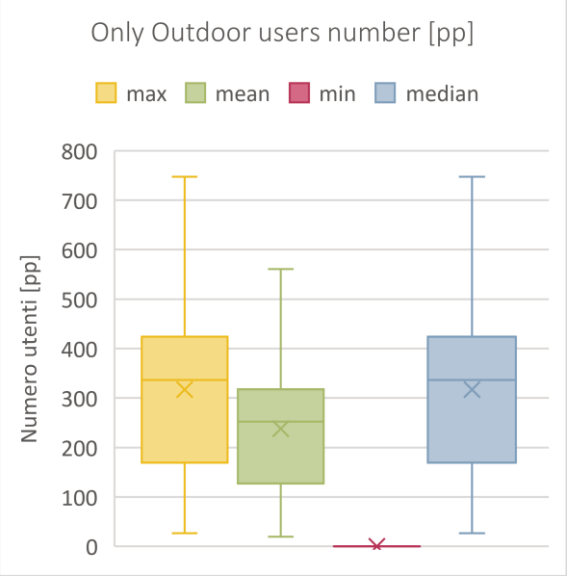


Fig.149: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti residents esposti in aree esterne ed interne (RN)

Fig.150: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Residents (RNd)



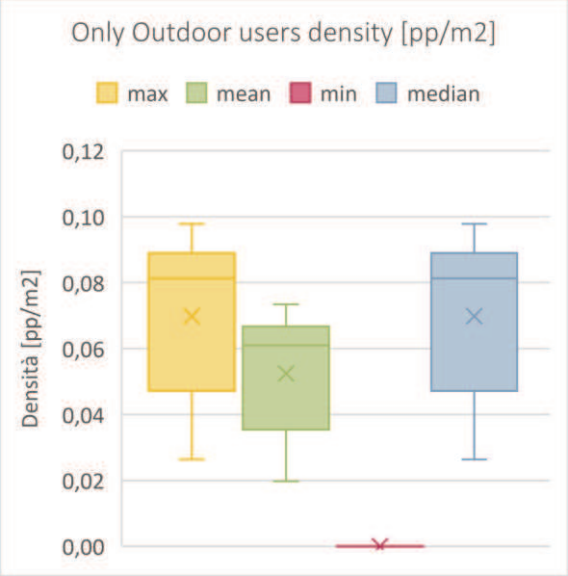
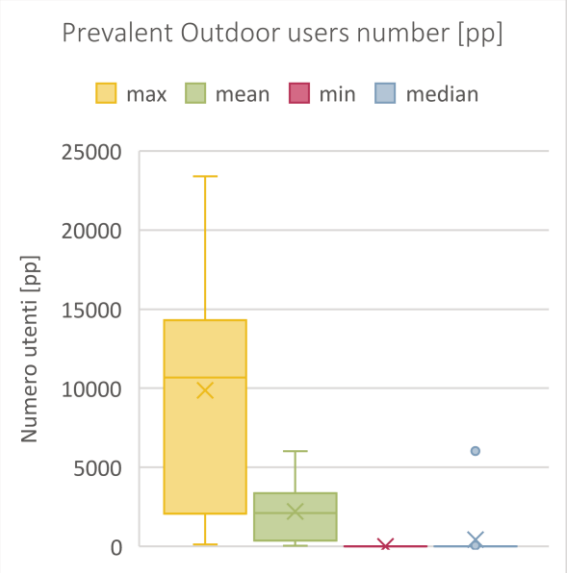


Fig.151: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti only outdoor esposti in aree esterne ed interne (OOon)

Fig.152: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Only Outdoor (OOd)



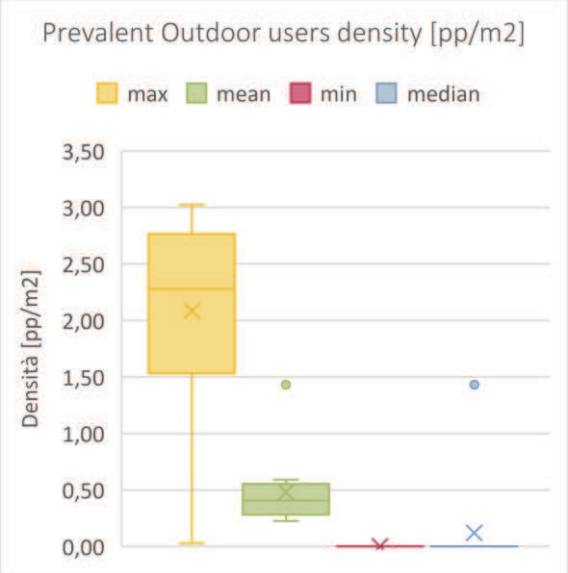


Fig.153: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero di utenti prevalent outdoor esposti in aree esterne ed interne (POn)\

Fig.154: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti Prevalent Outdoor (POd)

2. UOC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

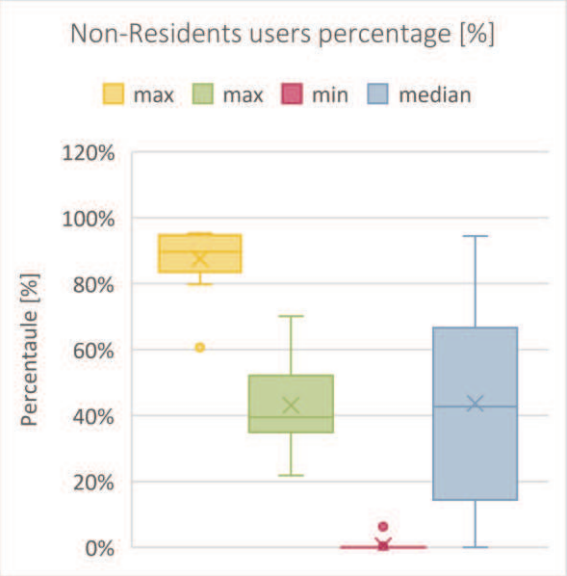


Fig.155: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (RNp)

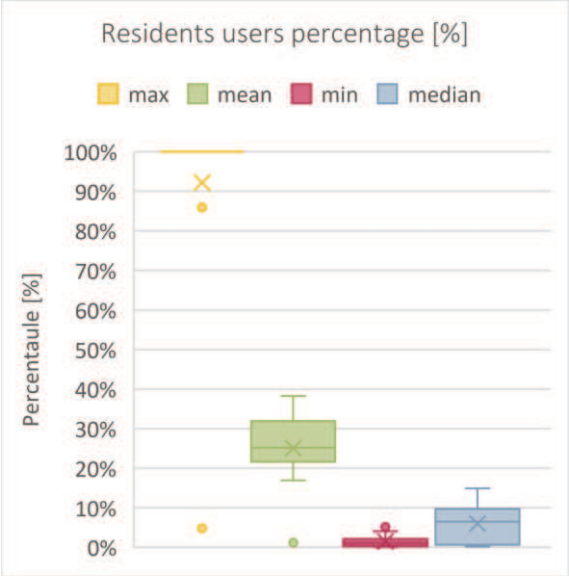


Fig.156: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp)

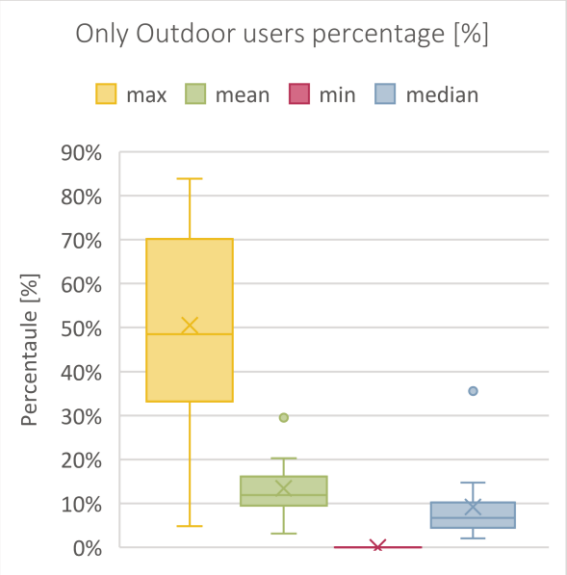


Fig.157: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp)

3. UOC - Densità di utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m2] e rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

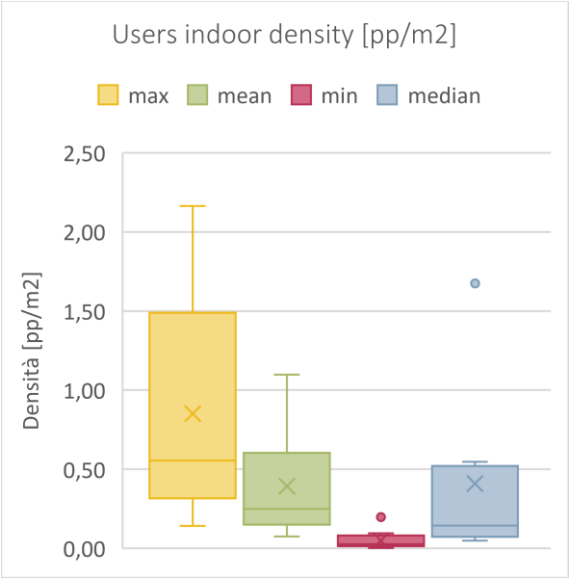


Fig.158: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità di utenti nelle aree interne degli edifici

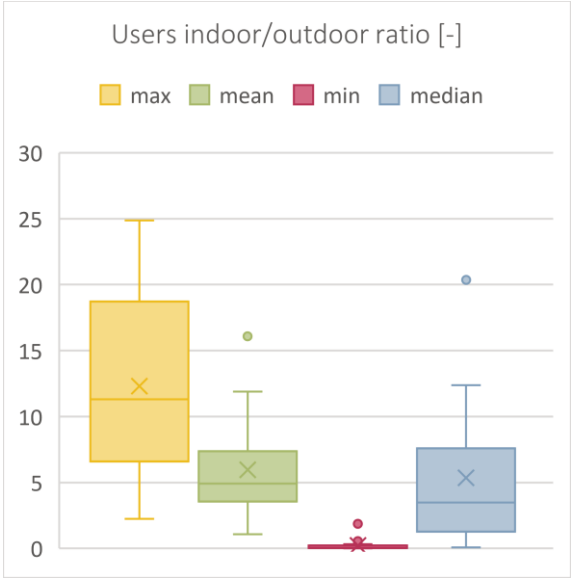


Fig.159: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra utenti interni ed esterni

4. TDC - Percentuale di utenti in base alla familiarità con i luoghi e le procedure di emergenza [%]

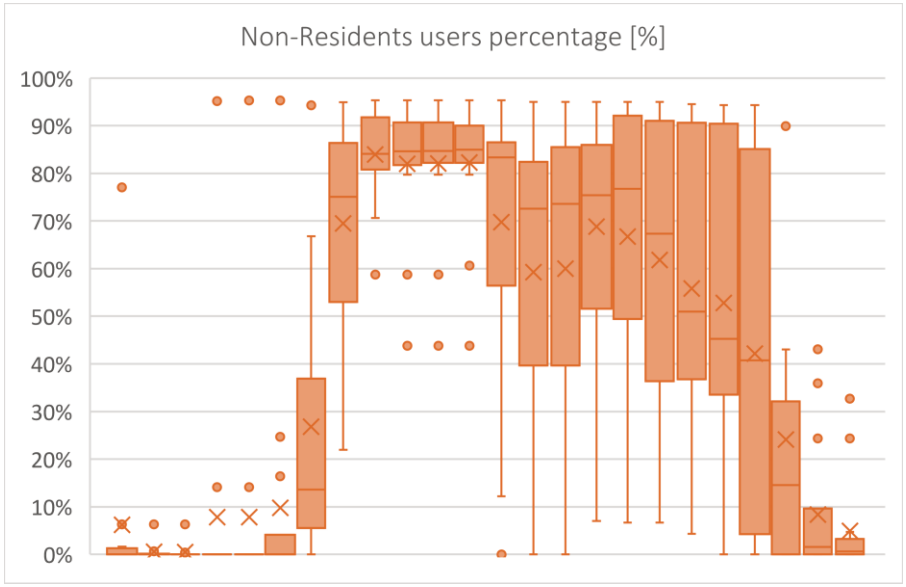


Fig.160: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Non Residenti (NRp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

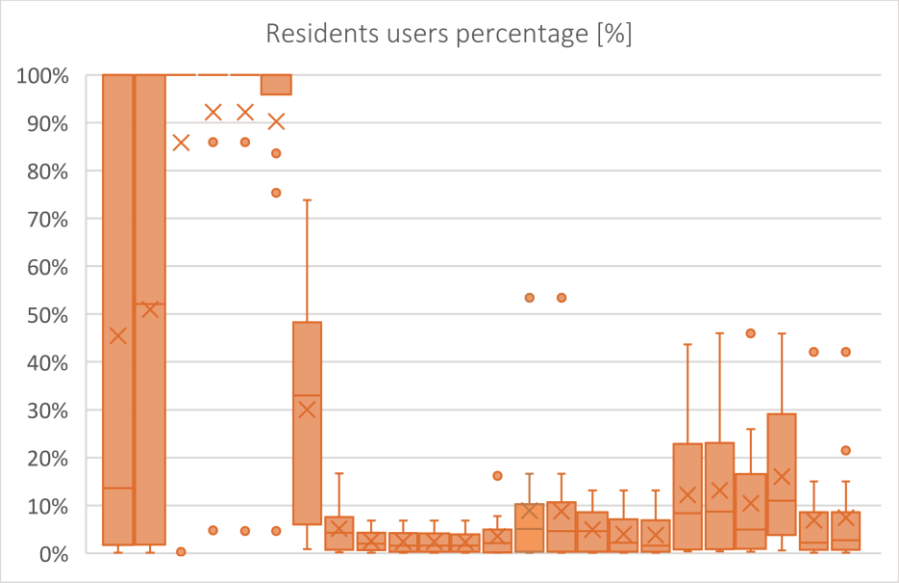


Fig.161: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Residents (Rp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

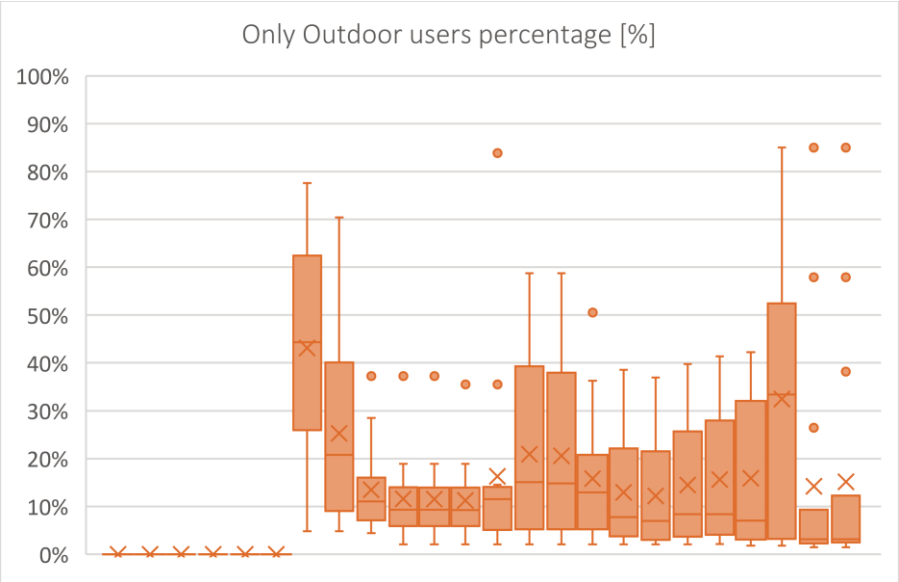


Fig.162: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della percentuale di utenti Only Outdoor (OOp), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

5. TDC - Densità di utenti relativa alle aree esterne del BE [pp/m2]

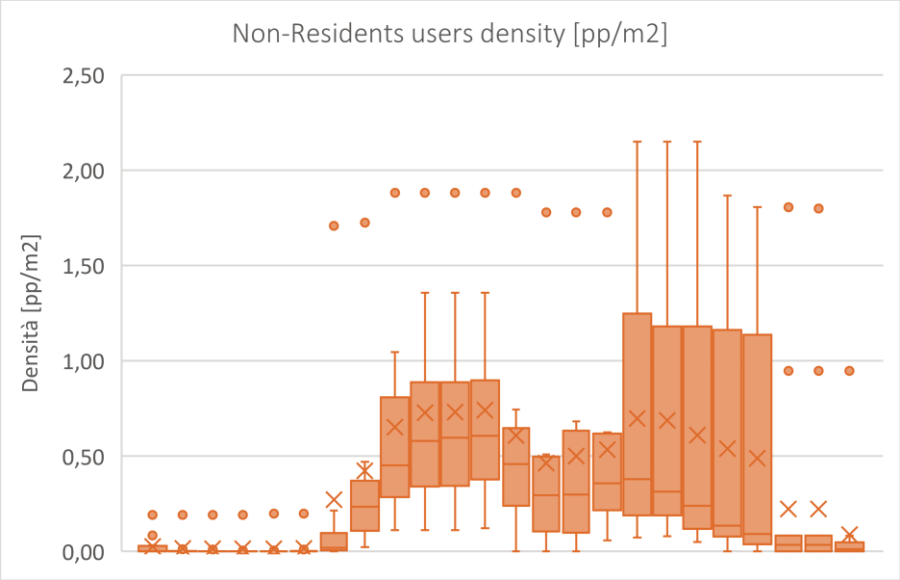


Fig.163: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (NRd) degli utenti Non Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

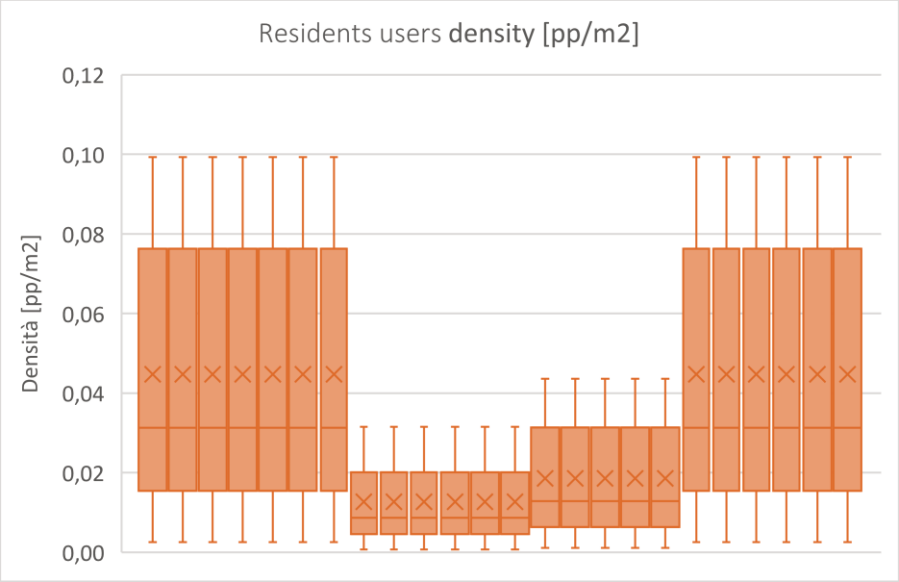


Fig.164: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (Rd) degli utenti Residenti, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

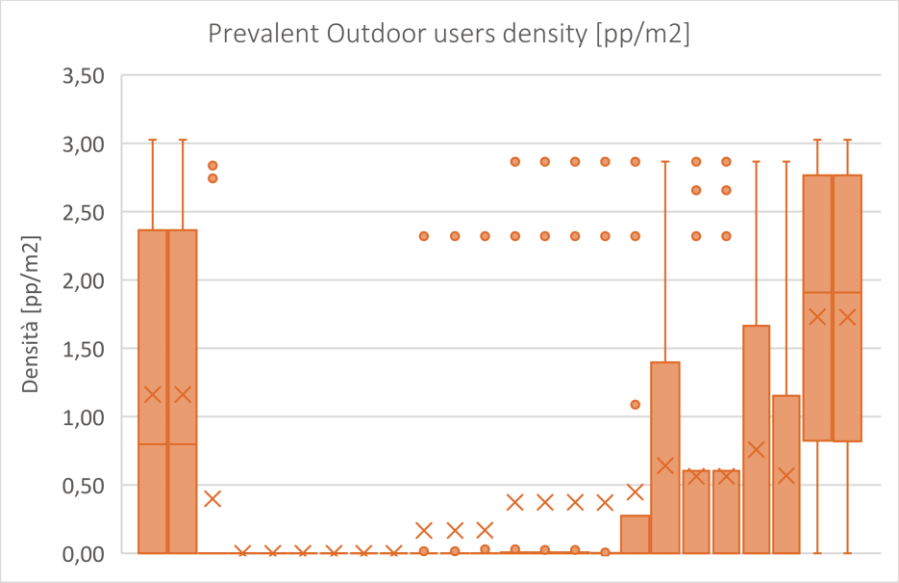


Fig.165: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità outdoor (POd) degli utenti Prevalent Outdoor, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

6. TDC - Densità degli utenti relativa alle aree interne degli edifici [pp/m2] e Rapporto tra utenti interni ed esterni [-]

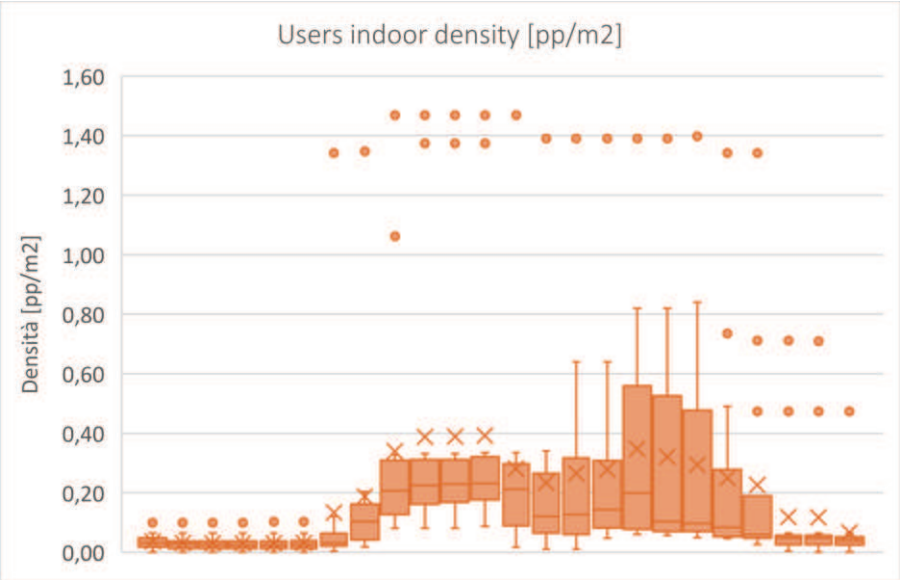


Fig.166: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers della densità degli Utenti Indoor (UId), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

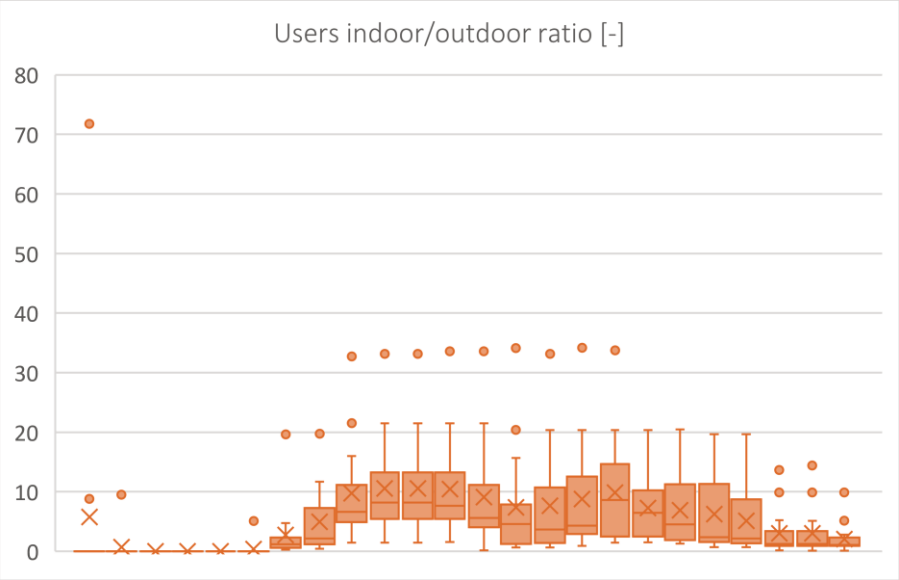


Fig.167: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del rapporto tra il numero di Utenti negli spazi interni e negli spazi esterni (UIOr), tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

7. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla familiarità con gli spazi e le procedure di emergenza [-]

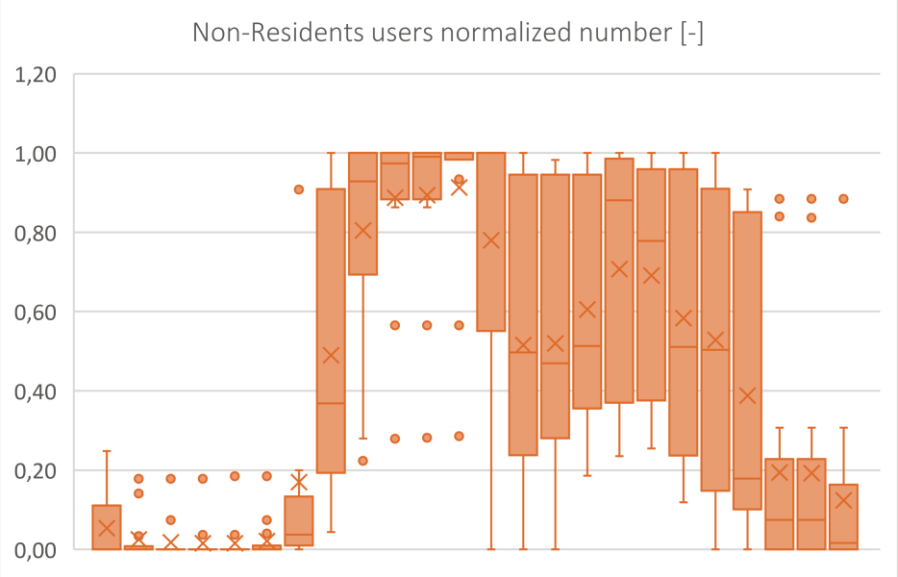


Fig.168: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (NRnn) degli utenti Non-Residents, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

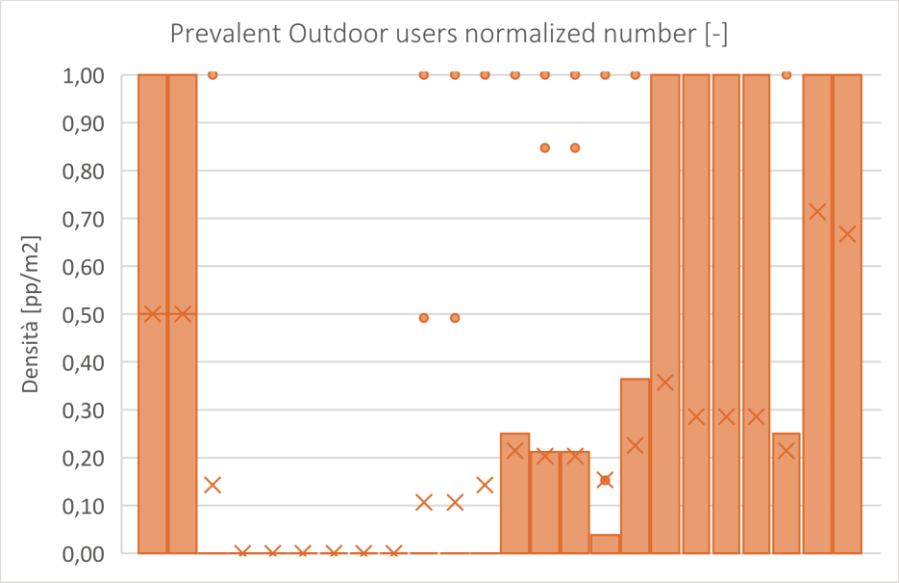


Fig.169: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Rnn) degli utenti Residents, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

8. TDC - Numero normalizzato di utenti nel BE in base alla vulnerabilità individuale [-]

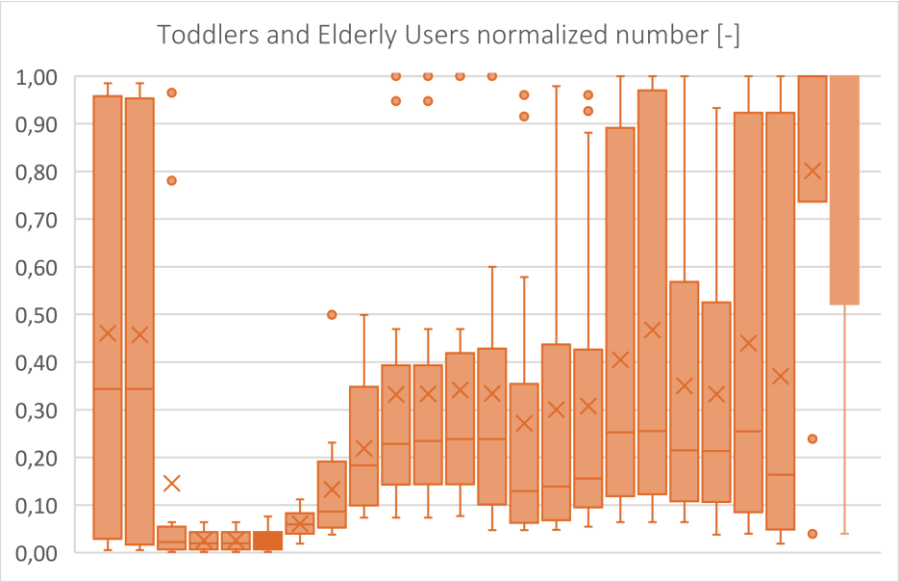


Fig.170: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Tnn) degli utenti Toodlers, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

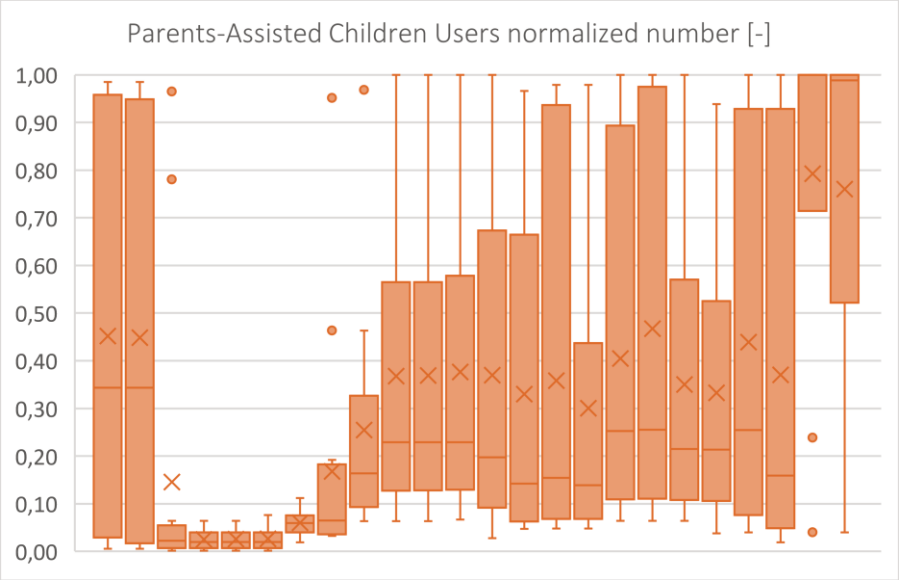


Fig.171: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (PACnn) degli utenti Parent-Assisted Children, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

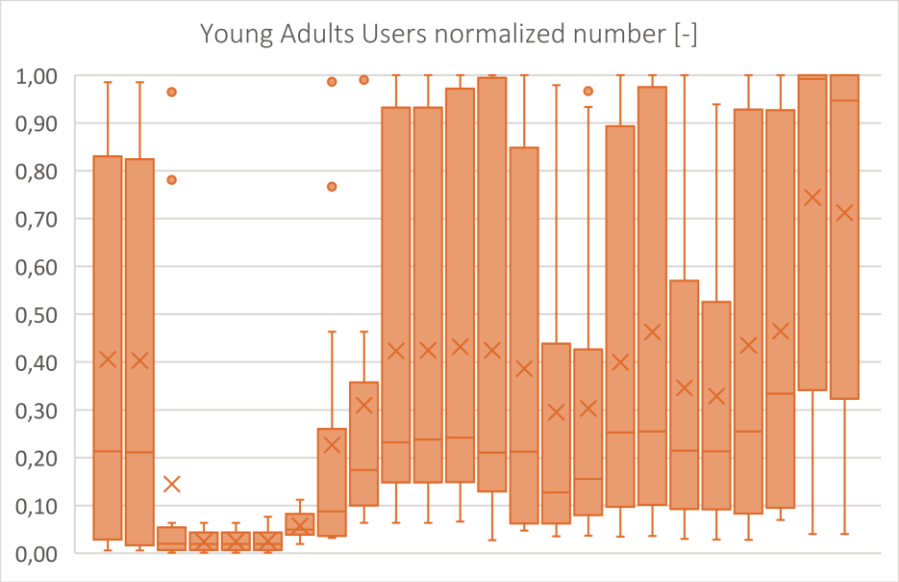


Fig.172: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (YAnn) degli utenti Young Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario

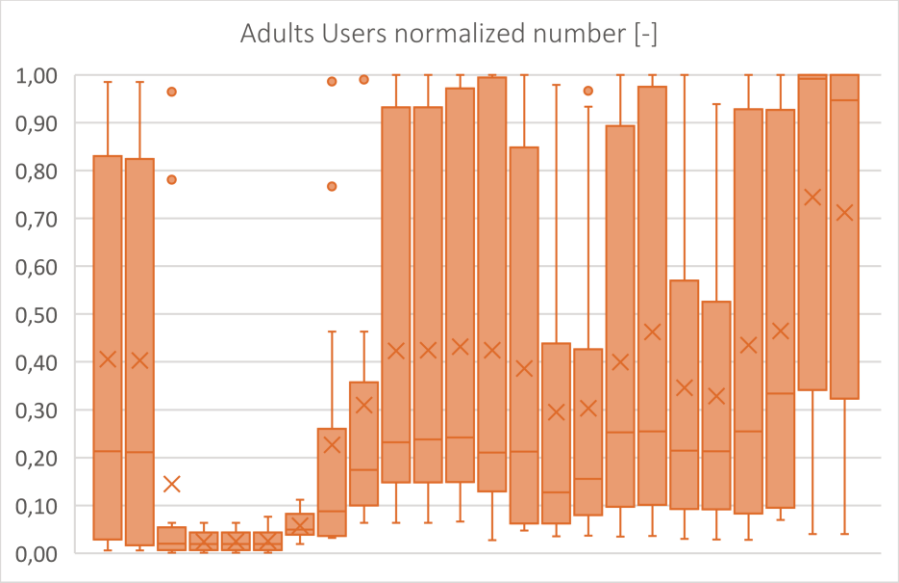


Fig.173: Rappresentazione in grafico box-and-whiskers del numero normalizzato (Ann) degli utenti Adults, tracciando l'andamento giornaliero in base al campionamento orario