

**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**



Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura  
Corso di Laurea in Ingegneria Edile

---

**COMPORTAMENTI UMANI E INDAGINI  
SULL'AMBIENTE COSTRUITO PER MIGLIORARE LA  
SICUREZZA IN CASO DI ATTACCHI TERRORISTICI**

Human behaviours and built environment investigations to  
enhance safety in the event of terrorist attacks

**Relatore:**  
*Prof. Enrico Quagliarini*  
**Correlatore:**  
*Ing. Gabriele Bernardini*

**Tesi di Laurea di:**  
*Alessio Donati*

---

**ANNO ACCADEMICO 2019-2020**



Costanza: non chi comincia, ma quel che persevera.  
*(Leonardo da Vinci)*

# **INDICE**

<b><u>INTRODUZIONE</u></b>	pag. 6
<b><u>CAPITOLO PRIMO – STATO DELL’ARTE</u></b>	pag. 8
1.1 TERRORISMO	pag. 8
1.1.1 Definizione di atto terroristico	pag. 8
1.1.2 Storico degli eventi terroristici in Europa	pag. 9
1.2 ASPETTI QUALITATIVI DEL COMPORTAMENTO UMANO	pag. 13
1.2.1 Il comportamento umano in condizioni di emergenza	pag. 13
1.2.1.1 Il pre-movimento	pag. 15
1.2.1.2 L’evacuazione e post-evacuazione	pag. 16
1.3 ASPETTI QUANTITATIVI DEL COMPORTAMENTO UMANO	pag. 19
1.3.1 Le grandezze fisiche: flusso, velocità, densità	pag. 20
<b><u>CAPITOLO SECONDO – FASI, MATERIALI E METODI</u></b>	pag. 23
2.1 LE FASI DI LAVORO	pag. 23
2.2 PRIMA FASE: REPERIMENTO E SELEZIONE VIDEO	pag. 23
2.3 SECONDA FASE: ANALISI QUALITATIVA	pag. 24
2.4 TERZA FASE: ANALISI QUANTITATIVA	pag. 26
2.4.1 Grandezza fisica: densità	pag. 26
2.4.2 Grandezza fisica: flusso	pag. 28
2.4.3 Diagramma fondamentale: flusso-densità	pag. 30
2.4.4 Grandezza fisica: velocità media del campione	pag. 30
2.4.5 Diagramma fondamentale: velocità media-densità	pag. 31
2.4.6 Velocità istantanee	pag. 31
2.4.6.1 Stima delle velocità degli individui	pag. 31
2.4.6.2 Calcolo statistico e confronto delle velocità istantanee	pag. 32
2.4.6.3 Diagramma delle velocità istantanee e stima della normalità	pag. 34
2.4.6.4 Medie campionarie della velocità	pag. 36

<b><u>CAPITOLO TERZO – RISULTATI</u></b>	pag. 37
3.1 ANALISI QUALITATIVA	pag. 37
3.1.1 Classificazione scene	pag. 37
3.1.2 Assegnazione dei comportamenti	pag. 41
3.1.3 Statistiche dei comportamenti	pag. 43
3.2 ANALISI QUANTITATIVA	pag. 44
3.2.1 Densità, flusso e velocità media	pag. 44
3.2.2 Diagrammi fondamentali della dinamica pedonale	pag. 46
3.2.3 Analisi e confronto delle velocità istantanee	pag. 50
3.2.4 Istogrammi delle velocità istantanee e verifica della normalità	pag. 57
3.2.5 Tabella medie campionarie delle velocità	pag. 65
<b><u>CAPITOLO QUARTO – CONCLUSIONE</u></b>	pag. 69
<b><u>ALLEGATI</u></b>	pag. 71
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	pag. 83

## **INTRODUZIONE**

I primi fenomeni di terrorismo risalgono all'epoca dell'Impero Romano e dell'antica Grecia, la ragione per cui venivano compiuti era ben diversa da quella attuale, si trattava di singoli individui che incutevano terrore e intimidivano altri soggetti per fini di predominio. Con il passare degli anni le finalità con le quali sono stati commessi questi atti spietati sono cambiate fino ad arrivare agli ultimi decenni in cui questi eventi hanno avuto quasi sempre sfondi di matrice fondamentalista islamica, basti pensare all'attentato dell'11 settembre 2001 alle Torri Gemelle di New York, gli attentati ai treni di Madrid fino ad arrivare ai recenti attacchi di Londra e Parigi.

Questo fenomeno è diventato oramai una minaccia dalla quale ogni singolo stato deve proteggersi, difendere le proprie attività e le persone coinvolte in esse. Per pianificare delle strategie atte a scongiurare qualsiasi minaccia, non solo in ambito terroristico, è molto importante studiare gli scenari e analizzare i rischi ai quali possono essere esposte le persone o le attività e per far tutto ciò abbiamo una branca dell'ingegneria che si occupa proprio della sicurezza.

Questo lavoro si pone l'obiettivo di analizzare le situazioni di emergenza in caso di attentato terroristico al fine di determinare i comportamenti più frequenti che si innescano in fase di emergenza e i dati che caratterizzeranno gli individui o le folle. I risultati potranno essere utili per individuare delle strategie, pianificare e gestire nel miglior modo possibile le future evacuazioni. Il comportamento umano, come già constatato in altri studi, cambia in base alla situazione; infatti, in condizioni di emergenza, le sensazioni di panico e di insicurezza innescano negli individui comportamenti negativi che andranno ad ostacolare l'evacuazione e in alcuni casi anche il salvataggio di un numero maggiore di vite umane. Per comprendere quali siano i comportamenti negativi più frequenti e per determinare i dati che caratterizzeranno gli individui sono stati analizzati dei casi reali con l'aiuto di un software.

La tesi si sviluppa nel seguente modo.

### - CAPITOLO PRIMO – STATO DELL'ARTE

Il primo capitolo si apre definendo il termine di atto terroristico, un termine difficile da definire dal punto di vista normativo e che ha trovato un significato legislativo più chiaro solo negli ultimi decenni. Successivamente vengono elencati i vari avvenimenti che si sono

succeduti in Europa nel corso degli ultimi decenni ed infine vengono individuati gli aspetti qualitativi e quantitativi del comportamento umano.

#### - CAPITOLO SECONDO – FASI E METODI

Il secondo capitolo illustra le fasi di svolgimento del lavoro, i materiali che lo hanno permesso e i metodi utilizzati. È stato suddiviso in due parti, quella iniziale spiega come è avvenuta la fase di reperimento dei video e i criteri adottati per la selezione; mentre quella finale spiega nel dettaglio come sono stati ricavati i dati qualitativi, quantitativi e le verifiche che sono state fatte per un controllo sulla corretta acquisizione.

#### - CAPITOLO TERZO – RISULTATI

In questo capitolo è racchiusa la fase di elaborazione dei dati che consiste nel creare tabelle di sintesi o istogrammi che riassumano i risultati ottenuti dalle analisi fatte seguendo i metodi spiegati nel capitolo precedente.

#### - CAPITOLO QUARTO - CONCLUSIONI

Nell'ultimo capitolo vengono riassunti i punti principali e i possibili sviluppi futuri legati al lavoro svolto.

# **CAPITOLO PRIMO – STATO DELL'ARTE**

## **1.1 Terrorismo**

Il termine terrorismo nel diritto penale internazionale indica azioni criminali violente premeditate aventi lo scopo di suscitare terrore nella popolazione tra le quali attentati, omicidi, stragi, sequestri, dirottamenti ed altri eventi che causano danno alla collettività o ad enti quali istituzioni statali, governi, esponenti politici, gruppi politici, etnici e religiosi [1]. Alla base di questi eventi vi è sempre una motivazione di carattere ideologico, colpisce chiunque appartenga ad una data categoria sociale ed in qualsiasi momento, secondo logiche imprevedibili e spesso incomprensibili [2].

### **1.1.1 Definizione di atto terroristico**

L'Unione Europea nel 2001 emanando la posizione comune 2001/931/PESC [3] ha definito l'atto terroristico come un atto intenzionale che, per la sua natura o contesto può recare grave danno ad un Paese o un'organizzazione internazionale e sono commessi al fine di:

- intimidire seriamente la popolazione;
- costringere indebitamente i poteri pubblici o un'organizzazione internazionale a compiere o astenersi dal compiere qualsiasi atto;
- destabilizzare gravemente o distruggere le strutture politiche, costituzionali, economiche o sociali fondamentali di un paese o un'organizzazione internazionale:
  - attentati alla vita di una persona che possono causarne il decesso;
  - attentati gravi all'integrità fisica di una persona;
  - sequestro di persona o cattura di ostaggi;
  - distruzioni massicce di luoghi pubblici o sistemi informatici che possono mettere a repentaglio vite umane o causare ingenti perdite economiche;
  - sequestro di mezzi di trasporto collettivo di passeggeri e/o trasporto merci;
  - fabbricazione, detenzione, acquisto, trasporto o uso di armi da fuoco, esplosivi, armi atomiche, biologiche o chimiche;
  - diffusioni di sostanze pericolose, cagionamento di incendi, inondazioni o esplosioni il cui effetto metta in pericolo vite umane;
  - minacciare di mettere in atto uno dei comportamenti sopra citati;
  - direzione o partecipazione alle attività di un gruppo terroristico;

Per gruppo terroristico si intende l'associazione strutturata di più di due persone che agisce in modo concentrato allo scopo di commettere atti terroristici.

A livello nazionale la Costituzione Italiana non dà una definizione di terrorismo mentre l'art.270 bis del Codice penale [4] dice che: *“Chiunque promuove, costituisce, organizza, dirige o finanzia associazioni che propongono il compimento di atti di violenza con finalità di terrorismo o di eversione dell'ordine democratico è punito con la reclusione da sette a quindici anni. Chiunque partecipa a tali associazioni è punito con la reclusione da 5 a 10 anni. Ai fini della legge penale, la finalità di terrorismo ricorre anche quando gli atti di violenza sono rivolti contro uno Stato estero, un'istituzione o un organismo internazionale.”*

### 1.1.2 Storico degli eventi terroristici in Europa

Per stilare lo storico degli attacchi terroristici avvenuti in Europa si è preso in considerazione il periodo dal 2004 al 2019 [5]. La Fig. 1.1 rappresenta la frequenza degli attentati terroristici in Europa in ordine cronologico e descritti successivamente, aggiornati al 29 novembre 2019.

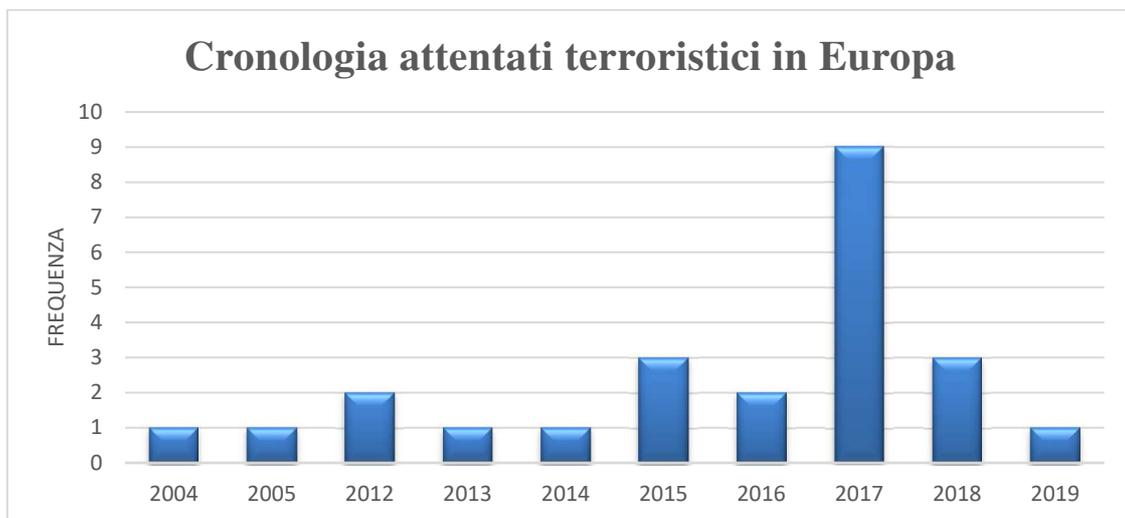


Fig. 1.1 Cronologia attentati terroristici in Europa

- 11 marzo 2004, Madrid (Spagna): una serie di bombe posizionate sui binari e sui treni regionali della capitale spagnola nelle stazioni metro di Atocha, El Pozo e Santa Eugenia uccidono 192 persone. L'attacco è rivendicato da Al Qaida.
- 7 luglio 2005, Londra (Regno Unito): sono 52 i pendolari uccisi in 4 attentati suicidi che colpiscono tre diverse stazioni della metropolitana della capitale britannica sulle linee

Circle e Piccadilly e un autobus che, partito da Marble Arch, si trovava a Tavistock Square. 700 i feriti. Gli attacchi sono rivendicati da un gruppo legato ad Al Qaida.

- 11-19 marzo 2012, Tolosa e Montauban (Francia): 7 morti, tra cui 3 militari e 3 bambini, e 6 feriti. Il terrorista franco-algerino uccide a tre riprese: prima un militare, poi altri due, e infine attacca una scuola ebraica.
- 22 maggio 2013, Londra (Regno Unito): due estremisti di Al Qaida uccidono a colpi di machete un soldato di 24 anni reduce dell'Afghanistan nella capitale inglese.
- 24 maggio 2014, Bruxelles (Belgio): alla vigilia delle elezioni europee e legislative belghe, 4 persone sono uccise al Museo ebraico di Bruxelles per mano di un uomo armato di kalashnikov.
- 7 gennaio 2015, Parigi (Francia): due uomini armati di origine algerina, attaccano la redazione del settimanale satirico francese 'Charlie Hebdo' a Parigi, uccidendo 12 persone e ferendone altrettante. Una poliziotta è stata uccisa appena fuori Parigi il giorno dopo da un altro uomo che successivamente prende alcuni ostaggi all'interno di un supermercato 4 dei quali moriranno prima del blitz delle forze di sicurezza. Il bilancio finale delle vittime è di 17 morti e 22 feriti.
- 14 febbraio 2015, Copenaghen (Danimarca): 2 vittime e 5 feriti, nel corso di tre diverse sparatorie. In un centro culturale dove si teneva un dibattito su Islam e libertà di espressione. L'attentatore si dà alla fuga e nei pressi della Sinagoga della capitale danese uccide un giovane della comunità ebraica. Successivamente la polizia danese lo uccide in uno scontro a fuoco all'alba nei pressi della stazione Norrebro.
- 13 novembre 2015, Parigi (Francia): 130 morti in attentati multipli in contemporanea, presso la sala concerti Bataclan, in diversi bar e ristoranti nel X e XI 'arrondissement' parigini e allo Stade de France. La serie di attacchi terroristici è stata sferrata da una cellula belga-francese dell'Isis. All'alba del 18 novembre, le forze speciali assaltano a Saint-Denis un appartamento occupato da alcuni dei terroristi coinvolti nell'organizzazione degli attentati e in procinto di organizzare un nuovo attacco alla Défense. Ne arrestano cinque mentre altri due restano uccisi. Nel corso di un'operazione della polizia belga a Bruxelles, viene arrestato l'unico sopravvissuto della cellula di Parigi, uno dei presunti coordinatori operativi degli attacchi di Parigi e di Bruxelles.
- 22 marzo 2016, Bruxelles (Belgio): 32 morti e 340 feriti a seguito dell'esplosione di due bombe all'aeroporto di Zaventem e una alla stazione della metropolitana di Maelbeek, nel cuore del quartiere europeo. Gli attentati sono rivendicati dall'Isis. A compiere la

strage, una cellula legata a quella di Parigi, composta dai fratelli belgi di origine marocchina.

- 14 luglio 2016, Nizza (Francia): durante i festeggiamenti per la festa nazionale francese un camion si getta sulla folla lungo la Promenade des Anglais e provoca la morte di 86 persone ferendone altre 434. L'autista tunisino viene bloccato e ucciso dalla polizia. Il 16 luglio l'Isis rivendica l'attentato.
- 26 luglio 2016, Rouen (Francia): presso la chiesa di Saint-Etienne-du-Rouvray, due uomini fanno irruzione durante la messa del mattino e prendono 5 ostaggi. Gli aggressori, entrambi cittadini francesi, vengono poi uccisi dalla polizia. L'Isis ha rivendicato l'attacco.
- 19 dicembre 2016, Berlino (Germania): un tir va a schiantarsi volontariamente contro la folla in un mercatino di Natale nel quartiere di Charlottenburg, vicino alla Chiesa del Ricordo, causando 12 morti e 56 feriti. Nella serata di martedì 20 dicembre arriva la rivendicazione dell'Isis.
- 22 marzo 2017, Londra (Regno Unito): 4 morti e circa 40 feriti davanti al Parlamento di Westminster, nel cuore politico del Regno Unito. L'attentatore investe con un Suv diverse persone sul ponte di Westminster che attraversa il Tamigi davanti al Big Ben per poi dirigersi a piedi verso il Parlamento, dove aggredisce a morte con un coltello un poliziotto di guardia prima di essere ucciso a colpi di pistola da due agenti in borghese.
- 7 aprile 2017, Stoccolma (Svezia): 5 morti e 15 feriti in pieno centro città, nella zona commerciale di Drottninggatan, dove un camion si è gettato sulla folla in una strada pedonale per schiantarsi contro la vetrina di una catena di supermercati.
- 20 aprile 2017, Parigi (Francia): in tarda serata, sugli Champs-Élysées vicino all'Arco di Trionfo, un uomo armato di kalashnikov apre il fuoco contro degli agenti di polizia colpendo mortalmente uno di loro e ferendone altri 2. L'autore dell'attacco terroristico tenta di darsi alla fuga a piedi ma viene ucciso dalle forze dell'ordine.
- 22 maggio 2017, Manchester (Gran Bretagna): almeno 22 morti e 120 feriti, tra cui molti bambini e giovanissimi. Una bomba esplode al termine del concerto della pop star amata dai teenager Ariana Grande all'interno della sala concerti Manchester Arena. L'Isis rivendica l'attentato.
- 3 giugno 2017, Londra (Gran Bretagna): intorno alle 22 locali, tre uomini a bordo di un furgoncino prima investono i pedoni sul marciapiede del London Bridge e poi si schiantano contro un pub. I tre uomini, armati di coltelli, proseguono a piedi a ridosso del

London Bridge sulla riva meridionale del Tamigi accoltellando i passanti. I tre, che indossano cinture esplosive false, vengono poi uccisi dalla polizia.

- 19 giugno 2017, Londra (Gran Bretagna): poco dopo la mezzanotte un furgone piomba su un gruppo di fedeli musulmani a Finsbury Park a nord di Londra, vicino a una moschea dalla quale escono le persone radunate per le preghiere del Ramadan. Una vittima e almeno 10 feriti, tutti di fede islamica. L'attentatore, animato da odio per i musulmani, viene arrestato.
- 19 giugno 2017, Parigi (Francia): un uomo si schianta con la macchina contro un furgone della polizia posteggiato sugli Champs-Élysées di Parigi. Gli agenti hanno estratto l'assalitore privo di sensi dall'abitacolo prima che questo prendesse fuoco. Il terrorista è morto pochi minuti dopo.
- 17-18 agosto 2017, Barcellona e Cambrils (Spagna): nel pomeriggio un camioncino investe la folla sulle Ramblas, nel cuore della capitale catalana, mentre la sera verso mezzanotte un'Audi A3 si schianta contro i pedoni sul lungomare di Cambrils, prima che la polizia intervenga e uccida i terroristi in una sparatoria. In totale, si contano 15 morti e un centinaio di feriti.
- 18 agosto 2017, Turku (Finlandia): un uomo armato di coltello, marocchino di 18 anni, colpisce alla cieca i passanti nella zona centrale del mercato, facendo 2 morti e 8 feriti tra cui un'italiana. La polizia riesce a fermarlo sparandogli alle gambe, e nella notte arresta altre 5 persone.
- 23 marzo 2018, Trèbes (Francia): l'assalitore marocchino ha preso in ostaggio numerose persone all'interno di un supermercato della cittadina dell'Occitania ed è stato ucciso dopo circa quattro ore dalle teste di cuoio. Alla fine, il bilancio dell'attentato è di tre morti e 16 feriti due dei quali gravi.
- 12 maggio 2018, Parigi (Francia): un uomo di 21 anni ha accoltellato cinque passanti nel quartiere Opéra di Parigi, gridando «Allah Akbar». Morto un ragazzo e ferite altre quattro persone. Il terrorista è stato ucciso dalla polizia.
- 29 maggio 2018, Liegi (Belgio): un belga ha ucciso due poliziotte e uno studente a Liegi al grido di 'Allah Akbar', risparmiando un'altra donna che aveva preso in ostaggio perché di fede musulmana. L'attentatore è poi stato a sua volta ucciso dalla polizia.
- 30 maggio 2018, Schiedam (Olanda), Flensburg (Germania): la psicosi dei lupi solitari, all'indomani del terrore in Belgio, si è diffusa anche in Olanda e in Germania. A Schiedam, vicino Rotterdam, la polizia ha ucciso un uomo che, con un'ascia in mano,

urlava ‘Allah Akbar’ dal balcone di casa, mentre a Flensburg un uomo ha ferito gravemente due persone con un coltello sul treno Intercity ed è stato poi ucciso dalla polizia tedesca.

- 14 agosto 2018, Londra (Regno Unito): un 29enne britannico di origine sudanese ha investito alcuni pedoni e ciclisti alla guida di un’auto prima di schiantarsi contro le barriere di protezione del palazzo del parlamento di Westminster. Il bilancio è di 3 feriti lievi.
- 12 dicembre 2018, Strasburgo (Francia): 5 morti e 11 feriti, sei sono gravi: è il bilancio provvisorio dell’attentato al mercatino di Natale di Strasburgo.
- 29 novembre 2019, Londra (Regno Unito): un uomo entra in azione con un coltello in mano e indossando un finto giubbotto prima di essere freddato dalla polizia. Il bilancio è di due persone uccise e 8 feriti.

## **1.2 Aspetti qualitativi del comportamento umano**

Il comportamento umano viene studiato da anni attraverso esperienze dirette come analisi video, colloqui individuali o sondaggi telefonici [6] e prove di simulazione [7]. Sono state indagate le diverse scelte degli individui al variare delle condizioni al contorno, cioè per diverse tipologie di rischio, diversi layout spaziali, diverso grado di assistenza del personale specializzato [8] [9]. I risultati ottenuti sono stati utilizzati per costruire efficaci linee guida per la pianificazione dell’emergenza e per strumenti di simulazione che aiutano il progettista [10].

### **1.2.1 Il comportamento umano in condizioni di emergenza**

I comportamenti umani in condizioni di emergenza sono diversi da quelli in condizioni normali perché vi è poco tempo nel prendere una decisione e queste saranno prese in funzione della sopravvivenza della persona e dei suoi cari [11]. Di fronte ad un pericolo, un individuo può reagire con paura o angoscia. La paura è un’emozione causata dalla presa di coscienza di un pericolo imminente, costituisce una garanzia essenziale contro i pericoli, un riflesso che permette di sfuggire provvisoriamente alla morte. La paura si riferisce a una situazione nota a cui si può far fronte mentre l’angoscia viceversa, a un pericolo ignoto [12].

Una folla in condizioni di emergenza diventa una specie di “organismo autonomo” dotato di comportamento proprio diverso rispetto a quello degli individui che la compongono. Mentre paura e angoscia sono comportamenti individuali, il panico è un comportamento collettivo e

irrazionale, derivante dalla convinzione che una reazione immediata può salvare la propria vita, anche se implica azioni distruttive nei confronti dell'altro [11] [13].

Santoianni sostiene che questo comportamento si sviluppa in casi eccezionali e in presenza di quattro fattori [14]:

- Ansietà diffusa precedente al disastro;
- Mancanza di una leadership riconoscibile che sappia dare istruzioni chiare e orientare i comportamenti;
- Percezione di rimanere intrappolati per lo sbarramento dell'unica via di fuga;
- Comparsa di un fattore precipitante dell'ansia [11];

Un ulteriore studio del panico di massa è stato effettuato da Cattarinussi [15] che descrive l'evoluzione di questo fenomeno in quattro fasi (Fig. 1.2).



Fig. 1.2 Fasi di evoluzione del panico di massa [15]

La combinazione delle quattro condizioni di panico è rara, quindi è altrettanto raro il panico di massa o comunque di breve durata e coinvolge una piccola minoranza [11]. Inoltre, nella fase di reazione, si osserva iperattivismo comunitario per mettere in salvo se stessi, i propri familiari e tutte le persone bisognose. È il momento in cui le conflittualità si superano perché i valori e affetti sono gli unici aspetti che il disastro non può aggredire quindi ci si aggrappa ad essi. Cattarinussi definisce questo meccanismo come lotta di massa informale, tale da spezzare le sotto appartenenze e rinforzare la solidarietà diffusa che svolge la funzione terapeutica [16]. Questo concorda con la visione di Mawson, che propone il modello dell'attaccamento sociale come spiegazione del comportamento più pro-sociale che

antisociale dimostrato in diverse situazioni analizzate [11]. Fra queste l'attacco terroristico nella metropolitana di Londra del 2005, dove si è osservato che la maggior parte delle persone è uscita in modo ordinato e senza competizione [17]. In altri studi, ad esempio quelli effettuati sul terremoto in territorio napoletano nel 1980 [11], si sono invece registrati episodi di panico ma non sono durati più di dieci secondi. Invece nello studio di David Alexander [18] si è notato come l'ansia elevata ha permesso comportamenti di fuga adattivi. I dati raccolti mostrano tuttavia che il problema più comune nelle situazioni di disastro non è tanto il panico ma il ritardo nell'evacuazione [11]. Questo perché se le informazioni ricevute sono imprecise la gente minimizza la percezione del rischio, perciò i tempi di reazione non sono immediati [19]. Quindi risulta necessaria una comunicazione rapida e chiara: il successo dell'evacuazione dipende dal successo dei sistemi di allarme [20].

In letteratura viene diviso il comportamento degli occupanti in due processi: il tempo impiegato di pre-movimento e il tempo di movimento vero e proprio. La fase di pre-movimento è il tempo che intercorre fra l'allarme e l'inizio del moto degli individui, comprende la fase di riconoscimento e la fase di risposta, dipende da vari fattori, uno dei quali è la tipologia dell'edificio e il tipo di attività che svolgono nello stesso [21] [22] [23].

### **1.2.1.1 Il pre-movimento**

Gli individui non iniziano tempestivamente la fuga, come detto precedentemente, perché minimizzano la percezione del rischio [19]. Alcuni studi riguardanti l'evacuazione in caso di incendio hanno evidenziato che gli individui impiegano circa i due terzi del tempo prima di fuggire, il che si traduce in un tempo pari a circa tre minuti [24]. Questo ci fa capire che le persone di fronte ad un pericolo imminente non sono paralizzate ma al contrario la reazione è di tipo collettiva [23]. La fase di pre-movimento si traduce in attaccamento a persone, cose o animali [23].

Gli individui nelle prime fasi di allarme interagiscono scambiandosi informazioni per capire cosa stia accadendo e cercano conferme da altri individui o dagli indicatori ambientali, come ad esempio grida di altri presenti o segnali visivi o uditivi. Questo fenomeno prende il nome di "milling". Solo dopo essersi accertati della gravità della situazione i pedoni iniziano a muoversi [11]. In caso di attacco terroristico questo comportamento potrebbe risultare frequente dato che le persone che non sono nelle vicinanze dell'incidente non hanno potuto costatare personalmente cosa sia accaduto.

Altro fenomeno molto presente e ampiamente studiato in letteratura riguarda l'attaccamento alle cose (attachment to belongings) [23] [25] [26] [27]. Negli studi si è visto che molte persone rallentano la propria fuga, ostacolando in alcuni casi anche quella degli altri individui, per recuperare i loro effetti personali. Questo fenomeno studiato in caso di incendio ha evidenziato che le tempistiche della fase di pre-movimento aumentano quando gli individui si trovano in ambienti familiari probabilmente perché hanno più attaccamento alla proprietà e per via di un senso di maggior sicurezza quando ci si trova in ambienti conosciuti [11]. Questa tesi è stata rafforzata analizzando la risposta di un campione di studenti ad un segnale d'allarme [23]. Dai video analizzati si osservano gli studenti occupare del tempo a raccogliere i propri beni, come laptop e cellulari, prima di dirigersi verso le uscite di emergenza. Oltre a tardare l'evacuazione costituivano un ostacolo per la fuga degli altri. Ulteriore conferma dallo studio di un processo evacuativo in Cina, dove 3 persone su 95 hanno interrotto la propria fuga per tornare indietro e prendere i propri beni [28].

Altri comportamenti che ci si aspetta di riscontrare in caso di attacco terroristico è l'effetto curiosità e la risposta agli eventi sensibili. L'effetto curiosità consiste nel ritardare l'evacuazione per osservare l'evoluzione dell'evento ed in alcuni casi riprenderlo [25] mentre, la risposta agli eventi sensibili, è tipica in caso di terremoto e si ipotizza che questo comportamento si verifichi solo in alcuni casi di attacco terroristico. Questo secondo fenomeno rappresenta la necessità che gli individui hanno di evacuare immediatamente l'area a causa di terremoti di forte intensità [29].

### **1.2.1.2 L'evacuazione e post-evacuazione**

Questa fase inizia una volta conclusa quella di pre-movimento. In caso di sisma si è notato come il moto sia innescato dall'attrazione verso aree sicure [30]. Un'area, in caso di sisma, è percepita dagli individui come sicura quando è esterna e con precise caratteristiche geometriche e fisiche mentre, in caso di terrorismo il concetto di sicurezza varia a seconda del tipo di attentato e dalla lontananza dal punto in cui si è scatenato l'evento.

Alcuni studi hanno dimostrato che durante la fuga gli episodi di panico sono poco frequenti e di breve durata mentre sono molto più comuni comportamenti di tipo pro-sociale che si instaurano quando un gruppo di persone percepisce la stessa minaccia generando così un senso di appartenenza che porta a comportamenti altruistici anche verso sconosciuti [11]. La solidarietà tra individui è ancor di più accentuata quando essi condividono relazioni

sociali. Se da un lato le persone che si conoscono sono favoriti perché possono aiutarsi a vicenda, dall'altro si ostacolano perché aspettandosi ritardano l'evacuazione [31].

Il fatto che gli episodi di panico sono poco frequenti non significa che sono inesistenti infatti, secondo Gustave Le Bon [13], è il panico a generare il moto di gente che non ha avuto la percezione diretta del pericolo. Questo comportamento prende il nome di effetto gregge [30].

I pedoni si influenzano anche a livello di velocità che, in caso di affollamento, genera le ondate "stop and go" [32], ovvero onde autogenerate causate da variazioni casuali di velocità o densità.

In alcuni studi le risposte degli individui a questo tipo di eventi sono state suddivise in tre categorie: alcuni evacuano immediatamente, alcuni evacuano solo se guidati da un leader o da piani di evacuazione ed altri evacuano solo se spinti da ansia estrema. In ogni caso l'esito positivo di un'evacuazione è influenzato dalla presenza o meno di una guida [29]. Anche in caso di terrorismo ci si aspetta questo tipo di risposta inoltre si ritiene corretto pensare che la fuga proseguirà fino a quando non si raggiungerà un'area sicura [33] o si avrà la sensazione di pericolo non imminente [34].

È importante sottolineare che la risposta degli individui è influenzata da altri fattori come: il genere, l'etnia, lo stato socioeconomico e l'età. Per esempio, i giovani e le donne rispondono più velocemente a un allarme mentre, alcune minoranze etniche così come i più poveri impiegano più tempo [19].

Detto ciò si deve cercare di operare seguendo due vie parallele: cercare di comunicare per ridurre il panico e creare dei piani di emergenza per assicurare un'evacuazione più efficace [35].

Nella tabella 1-A sono riassunti i comportamenti comuni degli individui citati precedentemente ed accompagnati dalla descrizione.

<b>FASI</b>	<b>COMPORAMENTO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TIPO DI EVACUAZIONE</b>
Fase di pre-movimento	Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Le persone si scambiano informazioni e valutano insieme il livello di pericolo	Interno ed esterno
	Risposta agli eventi sensibili	L'evacuazione è in genere necessaria per gli eventi sensibili	Interno ed esterno
	Effetto curiosità	Le persone ritardano l'evacuazione per osservare l'evoluzione dell'evento e riprenderlo	Interno ed esterno
	Attaccamento agli effetti personali	Le persone ritardano la propria fuga ed ostacolano in alcuni casi quella degli altri per recuperare i loro effetti personali	Interno ed esterno
Fase di evacuazione	Attrazione verso aree sicure	Le persone si muovono verso la zona definita sicura in base alla geometria, livello di danno e fattori sociali	Interno ed esterno
	Comportamenti pro-sociali	Le persone mostrano comportamenti dettati da solidarietà sociale e altruismo, invece che da individualismo	Interno ed esterno
	Effetto gregge	I comportamenti e le scelte delle persone sono condivisi in gruppo, in quanto le decisioni sono formate dalle dinamiche sociali	Interno ed esterno
	Presenza di ostacoli bassi	Le persone si muovono tra alberi e arredi urbani per raggiungere un'area sicura senza che questi provochino un effetto repulsivo	Esterno con ostacoli bassi
	Fenomeno "stop and go"	Si osservano onde auto generate provocate da	Esterno

		variazioni causali di velocità o densità	
	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Le persone modificano la propria traiettoria in modo tale da evitare la collisione con altri pedoni oggetti dell'ambiente	Interno ed esterno
	Legami di gruppo	Le persone durante la fuga preferiscono rimanere vicine, soprattutto se condividono un legame	Interno ed esterno
	Panico	Comportamenti egoistici (come spingere o calpestare) e suscettibili a pura imitazione	Interno ed esterno
	Presenza di un leader o di piani di evacuazione	Si nota un miglioramento delle fasi di evacuazione in caso di presenza di un leader o di piani di evacuazione	Interno ed esterno
Fine evacuazione	Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	I pedoni terminano l'evacuazione quando non ci sono condizioni di pericolo evidenti o sono influenzati da una sensazione di panico che li paralizzano nella fase di evacuazione	Esterno
	Raggiungimento di un'area sicura	Sono considerate "sicure" le aree caratterizzate da una certa geometria e da determinati fattori sociali	Esterno

Tab. 1-A Tabella dei comportamenti degli individui durante le emergenze

### 1.3 Aspetti quantitativi del comportamento umano

L'analisi quantitativa consiste nella definizione delle grandezze tipiche del moto di un agente, quali densità, velocità e flusso al fine di lavorare con maggiore esattezza e precisione

dei modelli comportamentali che simulino una probabile evacuazione in condizioni ordinarie o di emergenza. L'analisi quantitativa è dunque un valido ed essenziale supporto allo sviluppo di scenari in cui, tramite l'utilizzo di software specifici, è possibile valutare il processo evacuativo di una folla in caso di attentato terroristico.

Il moto di una persona risulta influenzato da numerose condizioni al contorno che vanno tutte tenute in continua considerazione nelle diverse fasi di studio. La velocità in particolare dipende dai caratteri propri del pedone (sesso, statura, salute), dalle caratteristiche del viaggio (scopo, lunghezza del percorso, presenza dei bagagli), caratteristiche dell'infrastruttura (tipo, qualità, sicurezza) e caratteristiche ambientali (luoghi, condizioni meteorologiche) [36]. Si devono valutare inoltre fattori esogeni, come la densità della folla perché spesso i pedoni sono condizionati dal movimento delle persone che stanno loro accanto [37] [36].

Esiste un'analogia fra le dinamiche pedonali e il movimento di gas e fluidi, per densità basse il comportamento dei flussi pedonali è simile al comportamento dei gas, per densità alte ai fluidi [30].

### **1.3.1 Le grandezze fisiche: flusso, velocità, densità**

L'analogia con la fluidodinamica permette di assimilare una corrente di pedoni ad una corrente di fluido e di conseguenza, a livello macroscopico, sono rappresentative le stesse grandezze che servono per descrivere la meccanica dei fluidi [38]:

- Flusso ( $q$ ): numero di persone che attraversano una data sezione nell'unità di tempo;
- Velocità ( $v$ ): velocità media della corrente in un determinato istante (velocità media degli agenti presenti nell'unità di spazio in un dato intervallo di tempo);
- Densità ( $k$ ): numero di persone presenti nell'unità di spazio in un dato intervallo di tempo;

Generalmente la corrente di un fluido è caratterizzata dal moto vario quindi le grandezze variano sia nello spazio che nel tempo. Ipotizzando di essere in regime stazionario (le grandezze non variano nel tempo) abbiamo "l'equazione di stato" che lega le grandezze e permette di esprimerne una in funzione delle altre:

$$q = k \cdot v$$

Questa equazione permette di costruire i diagrammi flusso-densità ( $q-k$ ) e velocità-densità ( $v-k$ ) [39].

Esprimendo la velocità in funzione delle densità come in Fig. 1.3 si può notare che al crescere della densità media si riduce la velocità della corrente di deflusso, ovvero una corrente densa (i corpi sono molto vicini tra di loro) è meno veloce di una corrente fluida. La velocità tende all'infinito quando la densità tende a zero. Per densità massima la velocità media è zero [39]. Nel primo tratto di curva la velocità è quasi costante e pari alla velocità libera o preferita, il cui valore è stato quantificato in diversi studi. È presente una limitazione della velocità dei corpi dovuta al raggiungimento di una velocità massima del campione e al condizionamento dato dagli ostacoli e dai parametri ambientali. La seconda limitazione riguarda la densità che deve avere un limite massimo oltre il quale non è possibile andare. Anche questa limitazione dipende dai fattori culturali del campione, come stazza, altezza e diametro medio dei corpi.

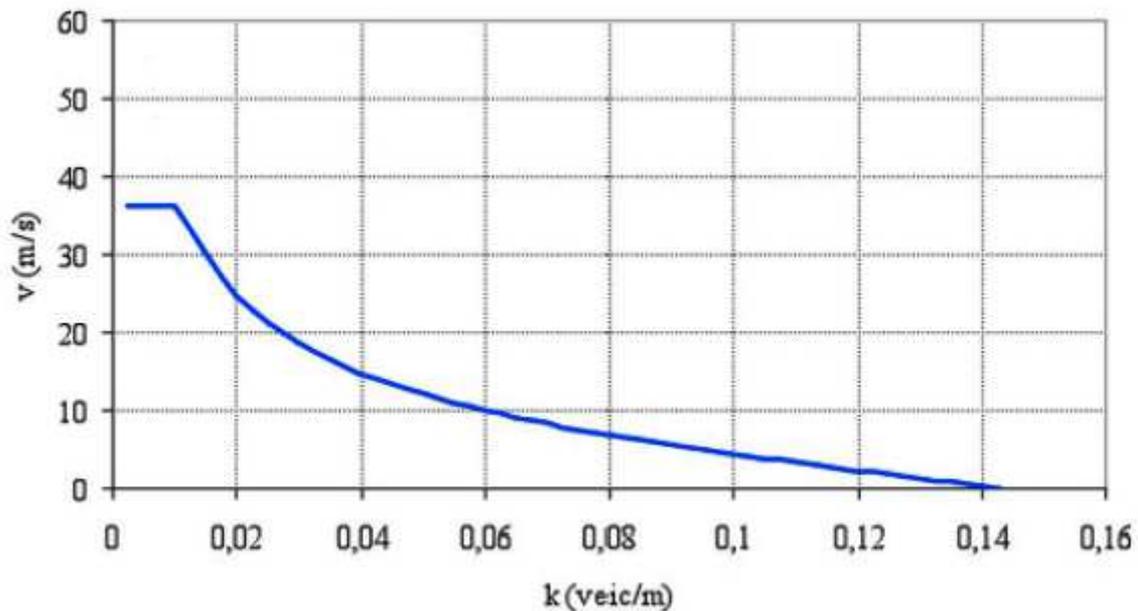


Fig. 1.3 Diagramma deflusso veicolare  $v-k$  – Curva di Greenberg[39]

Il digramma  $q-k$  in Fig. 1.4 esprime il variare del flusso in funzione della velocità.

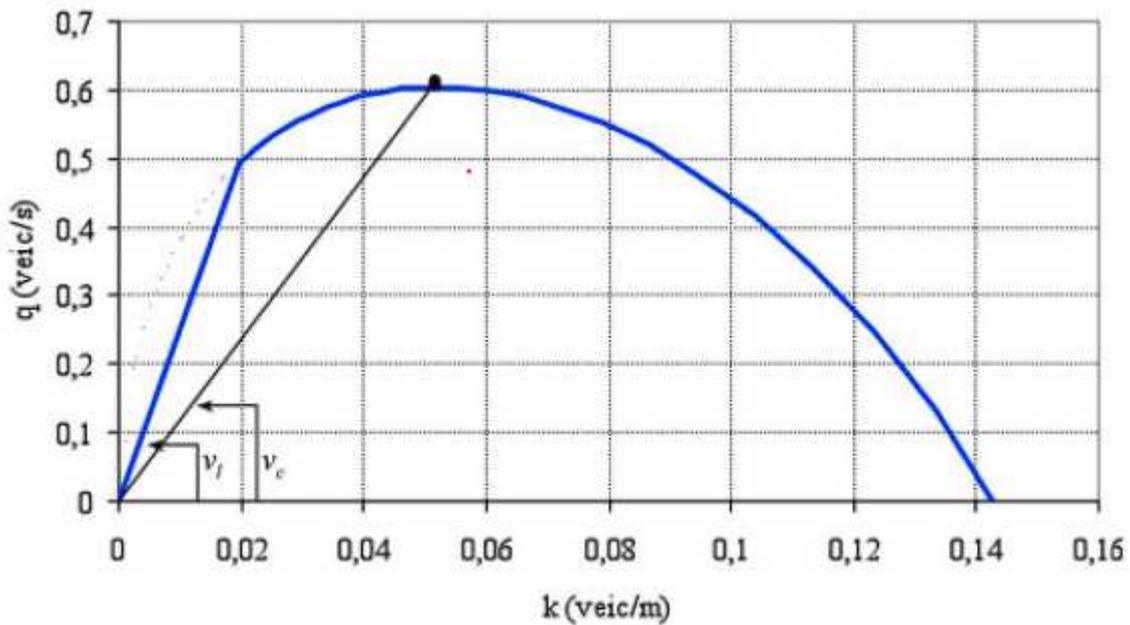


Fig. 1.4 Diagramma deflusso veicolare  $q-k$  – Curva di Greenberg[39]

Per basse densità il flusso cresce linearmente con la densità fino al raggiungimento della velocità libera. Successivamente il valore del flusso cresce meno linearmente con l'aumentare della densità fino ad arrivare al valore di flusso massimo che esprime la capacità dell'area presa in considerazione, in corrispondenza di una densità critica. Quando la densità raggiungerà valori elevati il flusso diminuirà fino a diventare zero in corrispondenza della densità massima. Questo diagramma consente di interpretare l'inversione del flusso al variare della velocità. La densità è data dal rapporto tra il numero dei corpi  $n$  presenti nell'area e la sua lunghezza. Il flusso è il numero dei corpi che transitano in una generica sezione nel tempo  $\Delta t$  ed è proporzionale a  $v$  seguendo l'equazione di stato. Finché la densità rimane bassa, ovvero i corpi sono distanti fra di loro, un aumento del numero  $n$  di corpi comporta un incremento di flusso proporzionale all'incremento di  $k$ . Al crescere di  $n$ , aumenta il condizionamento tra i corpi e quindi  $v(k)$  comincia ad essere rilevante, facendo sì che i corpi vadano ad una velocità media inferiore della velocità libera, ed il flusso cresce meno che proporzionalmente con la densità. Quando la densità supera il valore critico, i corpi sono così vicini fra di loro che il condizionamento è tanto forte da ridurre ancora la velocità media, rallentandone ancora il flusso fino ad arrivare a zero e con i corpi fermi.

## **CAPITOLO SECONDO – FASI, MATERIALI E METODI**

### **2.1 Le fasi di lavoro**

L'analisi dei video è stata svolta sia a livello qualitativo, per definire comportamenti peculiari in circostanza di attentato, sia a livello quantitativo per ricavare le grandezze relative al moto dei pedoni. Di seguito vengono elencati gli step effettuati per analizzare i video:

- Prima fase: reperimento e selezione dei video

Sono stati acquisiti e selezionati i video sulla base di criteri specifici in funzione delle esigenze nelle fasi successive di analisi.

- Seconda fase: analisi qualitativa

Osservando i video selezionati nella fase precedente, è stato creato un database contenente comportamenti peculiari riscontrati in caso di attacco terroristico.

- Terza fase: analisi quantitativa

Questa fase si articola in due punti: nel primo si sono determinate le grandezze fondamentali del moto dei pedoni (densità, velocità, flusso) che saranno necessarie per costruire i diagrammi (velocità media-densità, flusso-densità). Nel secondo punto sono state analizzate e confrontate le velocità istantanee degli individui secondo alcuni criteri che definiremo in seguito. Per perseguire questi obiettivi è stato utilizzato un programma di video-analisi.

### **2.2 Prima fase: reperimento e selezione video**

Questa tesi si basa sullo studio di video reali riguardanti fenomeni di terrorismo. In base allo storico degli avvenimenti citati precedentemente sono stati selezionati alcuni video da sottoporre alle analisi qualitative e quantitative appartenenti ai seguenti attentati terroristici:

- 22 marzo 2016 – Bruxelles (Belgio);
- 22 maggio 2017 – Manchester (Regno Unito);
- 11 marzo 2004 – Madrid (Spagna);
- 3 giugno 2017 – Torino (Italia);
- 7 aprile 2017 – Stoccolma (Svezia);
- 13 novembre 2015 – Parigi (Francia);

I motivi per cui sono stati scelti i video sono: collocazione geografica differente così da avere soggetti di etnia diversa, elevato numero di vittime e feriti, differenti tipologie di attacco

(auto su folla, esplosioni, sparatorie, ecc.), la reperibilità dei video e l'ambientazione indoor ed outdoor per non avere un unico scenario.

Reperire i video non è stato difficile dato che questo argomento è stato trattato in un'altra tesi [40] che si è servita del canale "YouTube" dato che i filmati di carattere ufficiale, ovvero provenienti da telegiornali e canali tv, non sono molto facili da trovare. In totale i video reperiti sono stati 45 e contenevano le tre fasi d'emergenza (pre-movimento, evacuazione, post-evacuazione) così da avere una visione più completa possibile dell'accaduto.

Successivamente questi video sono stati oggetto di un'analisi e selezione in relazione all'approccio di tipo qualitativo. In un primo momento abbiamo scartato i frammenti video che non contenessero le tre fasi di emergenza o in cui non fossero presenti persone in movimento. Successivamente sono stati selezionati i video in cui i flussi fossero costanti e fosse possibile ricavare le velocità istantanee fissando il punto baricentrale all'altezza del bacino dell'individuo o sulla testa in base all'inquadratura, tutto questo avendo prima raddrizzato la scena con apposito strumento di video-analisi. Infine, i video sono stati selezionati in base alla qualità, perché molte scene sono amatoriali e in alcune circostanze le riprese sono state effettuate durante la fuga quindi l'inquadratura non risulta essere continua e ciò non favorisce lo studio.

### **2.3 Seconda fase: analisi qualitativa**

Questa fase si suddivide in due parti: la prima in cui è stata eseguita una classificazione dei video secondo questi parametri:

- Numerazione video: ogni video è stato numerato secondo una scala numerica crescente;
- Nome video: ogni video è stato nominato tenendo conto del luogo in cui si è verificato l'attentato;
- Data: il giorno in cui si è verificato l'attentato;
- Scena: il video è stato suddiviso in scene considerando che "ogni scena presenta condizioni simili di evacuazione e coinvolge solamente una singola evacuazione" [41];
- Durata: si è inserita la durata della scena con riferimento ai secondi del video;
- Tipo di attentato: abbiamo classificato le scene secondo tre scenari (esplosione, sparatoria, veicolo su folla);

- Tipo di evacuazione: è un parametro che permette la suddivisione in “interno” ed “esterno” e a loro volta edificio - mezzo di trasporto e spazi confinati – spazi non confinati;

Una volta effettuata la classificazione si è proceduto con la seconda parte della fase in cui sono stati determinati i comportamenti degli individui nei vari video. I comportamenti sono stati raggruppati in tre aree: pre-movimento (milling, risposta agli eventi sensibili, effetto curiosità ed attaccamento agli effetti personali), evacuazione (attrazione verso aree sicure, comportamenti pro-sociali, effetto gregge, presenza di ostacoli bassi, stop and go, cambi di traiettoria per evitare collisioni, legami di gruppo, panico e presenza di un leader o piani di evacuazione) e post-evacuazione (fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente, raggiungimento di un'area sicura).

Di seguito la Fig. 2.1 riassume i criteri per la classificazione video mentre la Fig. 2.2 riassume i comportamenti che gli individui potrebbero attivare durante le fasi di un'emergenza terroristica.

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO				
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO		
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati	

Fig. 2.1 Classificazione scene

COMPORAMENTI														
FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE									FINE EVACUAZIONE	
Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione	Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura

Fig. 2.2 Classificazione comportamenti scene

## 2.4 Terza fase: analisi quantitativa

L'analisi quantitativa consiste nel determinare le grandezze fisiche legate al moto degli individui con lo scopo di caratterizzare numericamente i comportamenti comuni individuati durante l'analisi qualitativa.

### 2.4.1 Grandezza fisica: densità

La densità costituisce la variabile indipendente dei diagrammi flusso-densità e velocità-densità. L'analisi è stata effettuata con l'utilizzo di un software open-source di video analisi "Tracker" (<https://physlets.org/tracker/>, Ver 5.1.3). Questo software è già stato precedentemente testato in tale ambito [27] [28] [40] [41] [42] incoraggiandone il suo utilizzo in questo studio.

Per misurare la densità si devono contare le persone presenti all'interno di un quadro di rilevamento e rapportarlo all'area del quadrato stesso e si è proceduto attraverso i seguenti step:

- Stabilire un sistema di coordinate nell'immagine video, in modo da determinare le grandezze caratteristiche rilevando la loro variazione nel tempo;
- Applicare il filtro prospettiva per effettuare la correzione prospettica dello spazio immagine passando dalle coordinate dello spazio-immagine alle coordinate spaziali piane dello spazio fisico come mostrato nelle Fig. 2.3 e 2.4;



Fig. 2.3 Applicazione filtro prospettiva (coordinate spazio-immagine)

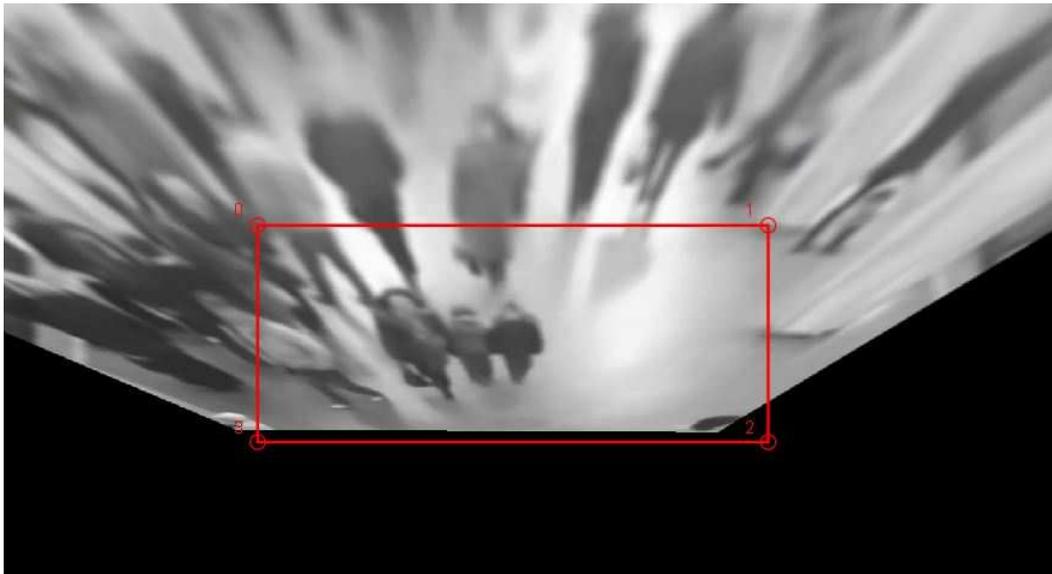


Fig. 2.4 Applicazione filtro prospettiva (coordinate spazio piano)

- Scalare l'immagine fissando la dimensione di elementi di cui si conosce l'entità, ad esempio elementi del costruito o arredi, utilizzando il comando “asta di calibrazione” (Fig. 2.5).

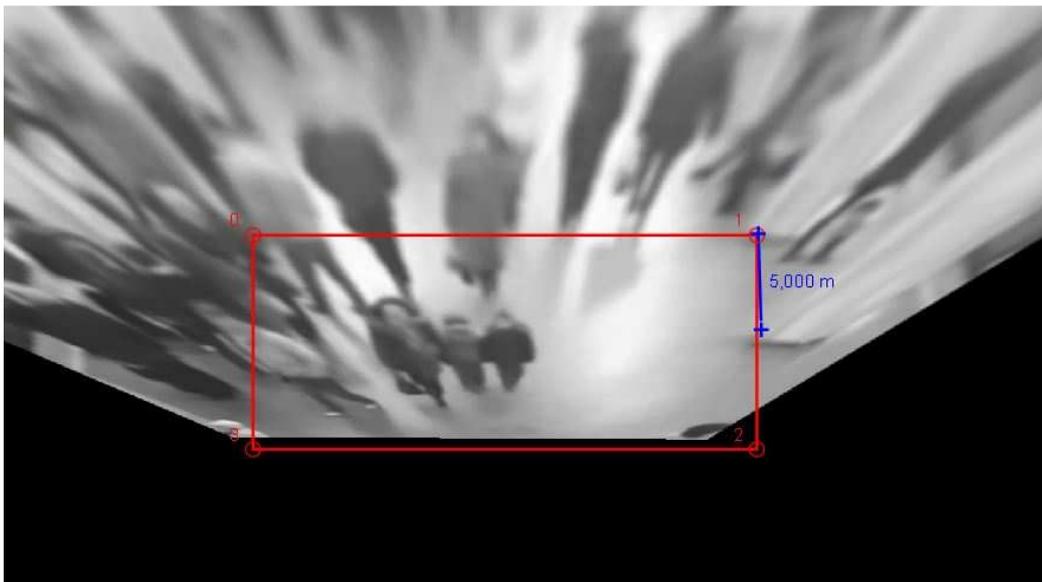


Fig. 2.5 Immagine scalata con il comando “asta di calibrazione”

Nel caso della Fig. 2.5 non essendoci elementi di cui si conoscono l'entità e non essendo stata trovata nessuna planimetria o immagine che esprimesse con più esattezza una dimensione, si è preso in considerazione l'uomo evidenziato in Fig. 2.6. Si è scelto questo individuo perché dalle ricerche effettuate in internet l'altezza media di un uomo belga è 179 cm [44] e qualitativamente rispettava il parametro. In seguito attraverso un convertitore online di passi-metro [45] siamo riusciti a ricavare la distanza in base al

numero di passi che ha effettuato percorrendo la distanza tra due pilastri in condizioni di non emergenza (questo convertitore utilizza la misura del passo semplice o “gradus romano” in cui un passo corrisponde circa a 74cm);



Fig. 2.6 Uomo preso in considerazione per il dimensionamento

Gli step sopra citati sono coerenti ad altri studi [27] [28] [40] [42] [43] e sono necessari per determinare tutte e tre le grandezze del moto. I passaggi successivi variano in base a quale grandezza dobbiamo determinare e verranno illustrati in seguito.

Per quanto riguarda la densità, si applica una seconda asta di calibrazione all'altro lato del quadro di cui il software potrà fornire la misura perché precedentemente si è scalata l'immagine. Conoscendo i due lati del rettangolo si può calcolare l'area del quadro [mq], da rapportare al numero di persone presenti all'interno per ottenere i valori di densità [persone/mq].

## 2.4.2 Grandezza fisica: flusso

Il flusso è la prima variabile dipendente da determinare, esistono diversi metodi per calcolarlo. In questa tesi si è utilizzato il metodo spiegato da Zhang [44] e messo a punto dalla Fz-Juelich, Centro computazionale e di ricerca del nord della Germania che sperimenta questa ricerca attraverso prove reali fino a 2000/3000 persone. Si è utilizzato questo metodo perché è adattabile ai casi di questo studio e rispecchia le metodologie proposte in altri studi[28] [43] [45].

Il metodo impone di misurare il valore del flusso solo per le scene in cui coesistono le seguenti condizioni:

- Flusso monodirezionale;
- Percorso confinato;

Il flusso è il rapporto fra il numero di persone che attraversano una soglia di riferimento in un determinato intervallo di tempo e l'intervallo di tempo stesso [persone/secondo]. Per poterlo calcolare con il software si devono eseguire i passaggi spiegati precedentemente nel paragrafo §2.4.1 e poi si posiziona la soglia come in Fig. 2.7.

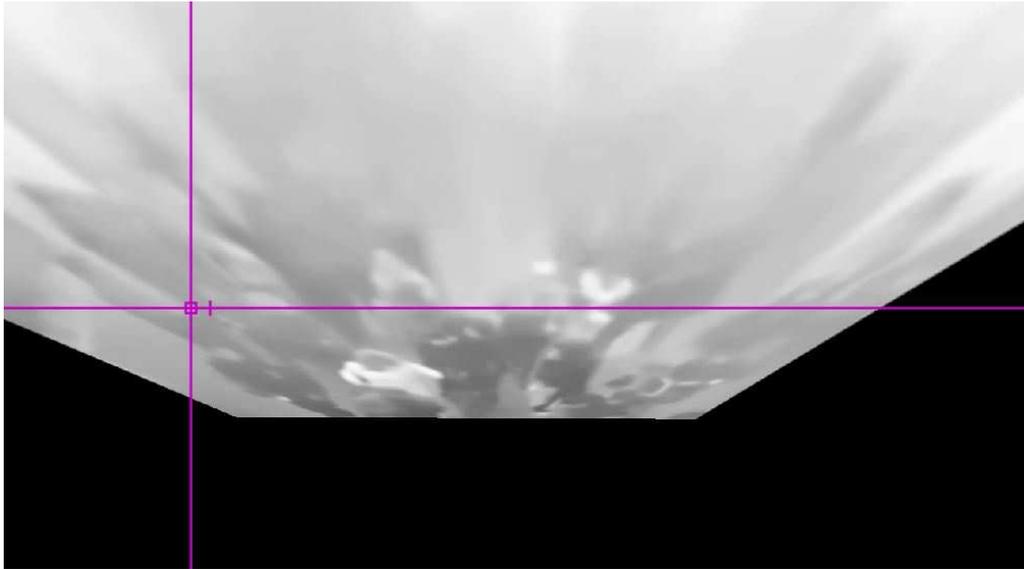


Fig. 2.7 Posizionamento soglia

La soglia deve essere posta a congiungere due elementi riconosciuti come ostacoli, rispettando così l'ipotesi di percorso confinato. In contesto indoor si può scegliere come soglia una porta o un corridoio, mentre in contesto outdoor si considerano come ostacoli muri, colonne o anche pali della luce, purché siano ostacoli fissi. Per ottenere misure il più possibile coerenti con la realtà si scelgono frammenti video in cui il flusso è costante, non considerando gli intervalli di tempo in cui non passano pedoni.

Formula per il calcolo del flusso proposta da Zhang:

$$q_{\Delta t} = \frac{N_{\Delta t}}{t_n - t_1} \quad (1)$$

- $q_{\Delta t}$ : flusso di persone che attraversano la soglia (x) in  $\Delta t$ (sec) [persone/secondo];
- $N_{\Delta t}$ : numero di persone che attraversano la soglia (x) in  $\Delta t$  [persone];
- $t_n$  e  $t_1$ : tempi della prima e l'ultima persona quando attraversano la soglia (x) in  $\Delta t$  [sec];
- $\Delta x$  : lunghezza del tratto percorso dal flusso di persone in  $\Delta t$ (sec) [m];

In Fig.2.8 si ha un esempio del calcolo del flusso in accordo a Zhang [44].

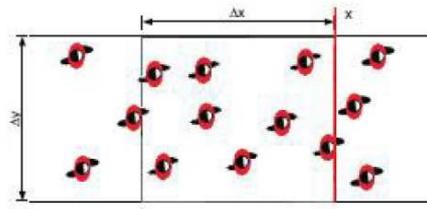


Fig. 2.8 Calcolo del flusso [44]

Poiché i valori di flusso calcolati nei diversi casi di studio presentano valori di soglia molto diversi fra loro, si normalizzerà il flusso [persone/s/m] rispetto alla soglia o si otterrebbe un grafico non rappresentativo.

### 2.4.3 Diagramma fondamentale: flusso-densità

Lo scopo di questo punto è costruire un diagramma che legghi i valori di flusso con quelli di densità. Sono stati costruiti due diversi grafici, uno sulla base dei dati del contesto indoor e uno per il contesto outdoor. I diagrammi rappresentati in seguito presentano sull'asse delle ascisse i valori della densità, in quanto variabile indipendente, e i valori dei flussi normalizzati sull'asse delle ordinate.

### 2.4.4 Grandezze fisiche: velocità media del campione

La velocità media è stata calcolata attraverso una formula di fluidodinamica che lega le tre grandezze del moto. Tale formula è presa dalla letteratura [46]:

$$k_{\Delta t} = \frac{q_{\Delta t}}{v_{\Delta t} \cdot b_{cor}} \quad (2)$$

- $q_{\Delta t}$ : flusso di persone che attraversano la soglia (x) in  $\Delta t$ (sec) [persone/secondo];
- $k_{\Delta t}$ : densità del campione [persone/mq];
- $v_{\Delta t}$ : velocità media del campione [m/sec];
- $b_{cor}$ : larghezza della soglia [m];

Da cui i valori di velocità sono ricavati dalla formula inversa:

$$v_{\Delta t} = \frac{q_{\Delta t}}{k_{\Delta t} \cdot b_{cor}} \quad (3)$$

## 2.4.5 Diagramma fondamentale: velocità media-densità

Il fine di questo paragrafo è costruire un diagramma che abbia i valori della variabile indipendente, ovvero la densità, sull'asse delle ascisse e i valori della velocità media sull'asse delle ordinate. Come nel caso del diagramma fondamentale flusso-densità anche per questo tipo sono stati suddivisi i grafici in relazione al luogo interno ed esterno.

## 2.4.6 Velocità istantanee

Questo parametro può essere calcolato con l'utilizzo del software "Tracker" (<https://physlets.org/tracker/>, Ver 5.1.3). Nella fase iniziale devono essere stati obbligatoriamente svolti i passaggi descritti al paragrafo §2.4.1 e il passaggio successivo è quello di posizionare i "punti di massa". I punti di massa (Fig. 2.9) sono dei punti che vanno posizionati manualmente per ogni frame di video analizzato e possono essere fissati all'altezza del bacino o sulla testa dell'individuo in base alla disponibilità delle immagini. Il software genererà automaticamente, istante per istante, il valore di velocità.



Fig. 2.9 Posizionamento dei punti di massa

### 2.4.6.1 Stima delle velocità degli individui

Per valutare se i posizionamenti dei punti di massa sono corretti è stato utilizzato questo metodo in cui compariamo la velocità media calcolata (4), ottenuta dal rapporto tra lo spostamento fatto dall'individuo calcolato secondo Pitagora (5) e il differenziale del tempo, con il valore medio della colonna delle velocità (6). Se i due valori sono ragionevolmente vicini è possibile affermare che le masse sono posizionate in maniera corretta; questo metodo però non permette di valutare in modo corretto se il quadro del video sia stato scalato in maniera corretta.

$$\text{Velocità media calcolata} = \frac{dS}{dt} \quad (4)$$

$$\text{Spostamento dell'individuo}(dS) = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (5)$$

$$\text{Velocità media} = \frac{\sum_{i=0}^n v_i}{n} \quad (6)$$

### 2.4.6.2 Calcolo statistico e confronto delle velocità istantanee

La premessa fondamentale di questo punto è che il confronto tra le velocità istantanee degli individui può essere fatto solo nel caso in cui questi viaggiano nelle medesime condizioni (non si possono confrontare velocità istantanee di individui che si muovono nella fase di pre-movimento con quelli che si muovono nella fase di evacuazione) e così facendo questi dati possono essere considerati come significativi per un gruppo di persone che viaggiano nelle stesse condizioni.

Detto ciò i dati statistici presi in considerazione in questo lavoro sono la media, la mediana e i 25°/50°/75° percentili.

Media (7) e mediana sono due grandezze significative di un insieme di dati. La prima rappresenta il rapporto tra la somma dei dati numerici ed il numero di dati mentre la seconda è il valore centrale dell'insieme dei dati, li divide in parti uguali e corrisponde al 50° percentile [47] [48]

$$\text{Media} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i \quad (7)$$

I percentili sono indici di posizione che dividono le distribuzioni di dati in 100 parti e considerano solo la parte a destra del valore scelto trascurando quella a sinistra. Ipotizzando di scegliere il 25° percentile non considereremo il venticinquesimo dei dati alla sinistra del nostro valore di riferimento, ossia il 25% [48].

Il primo passo in questa fase è stato quello di calcolare i dati statistici relativi alle distribuzioni delle velocità istantanee dei singoli individui. Questa fase si pone l'obiettivo di confrontare i risultati ottenuti fra gli individui e cercare di capire le motivazioni per le quali ci siano differenze tra un individuo e l'altro, focalizzando l'attenzione sui seguenti fattori: età, sesso, difficoltà motorie e presenza di una persona o di ostacoli che rallentino la normale evacuazione (Fig. 2.10).

ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE							
ETÁ			SESSO		DIFFICOLTÁ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO	PRESENZA DI UN OSTACOLO SUL CAMMINO
0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA			

Fig. 2.10 Tabella utilizzata per le analisi comportamentali delle velocità istantanee degli individui

Per rappresentare graficamente le distribuzioni delle velocità istantanee degli individui sono stati utilizzati i grafici “a scatola e baffi” (Fig. 2.11). Questi grafici mostrano la distribuzione dei dati in quartili, evidenziando la mediana e i valori aberranti. Sono formati da rettangoli, ovvero le “scatole” che rappresentano il quartile superiore e quello inferiore, e da linee dette anche “baffi” che indicano la variabilità all’esterno del quartile superiore ed inferiore. Qualsiasi punto all’esterno di queste linee o baffi è considerato un valore aberrante.

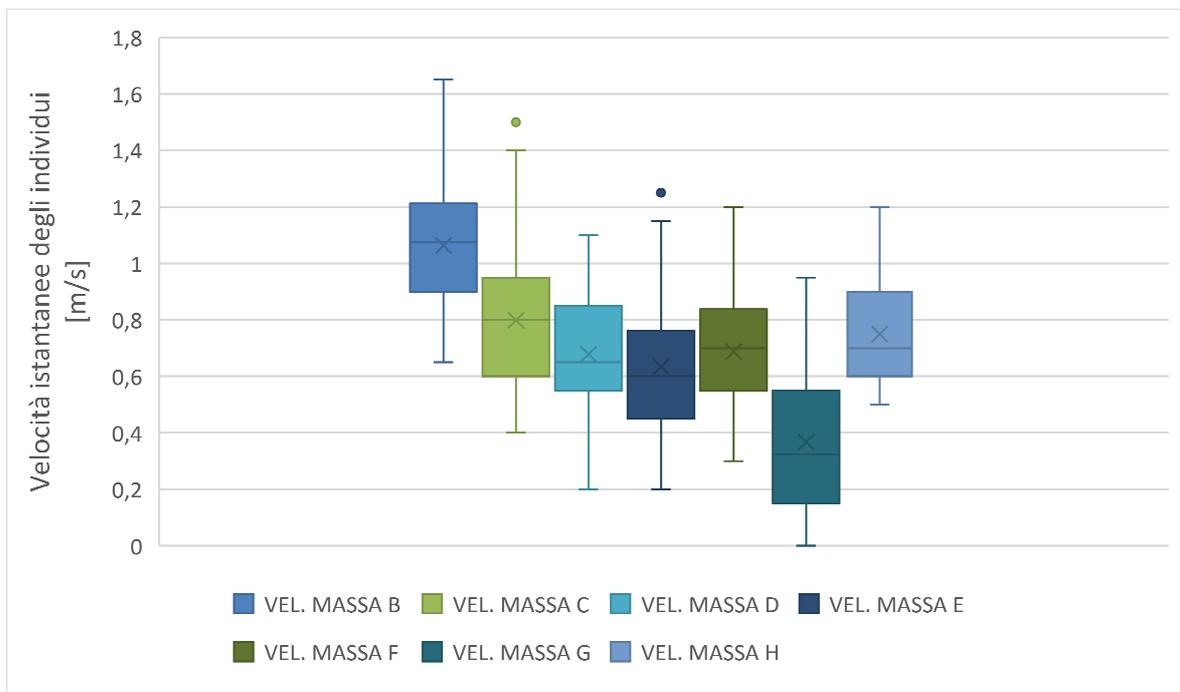


Fig. 2.11 Grafico a scatole e baffi utilizzato per la rappresentazione grafica della distribuzione delle velocità istantanee degli individui

Il secondo passo è stato quello di ipotizzare che i valori delle velocità istantanee di tutti gli individui, i quali viaggiano nelle stesse condizioni, fossero campioni indipendenti. Con questa ipotesi sono stati uniti tutti i dati istantanei degli individui e sono stati calcolati i valori statistici sopra elencati.

### 2.4.6.3 Istogramma delle velocità istantanee e stima della normalità

L'istogramma è un diagramma costituito da rettangoli adiacenti le cui basi, nel nostro caso, sono allineate sull'asse delle ascisse e i valori rappresentano le velocità istantanee. Sull'asse delle ordinate troveremo i valori di frequenza di una determinata velocità istantanea all'interno del campione (Fig. 2.12).

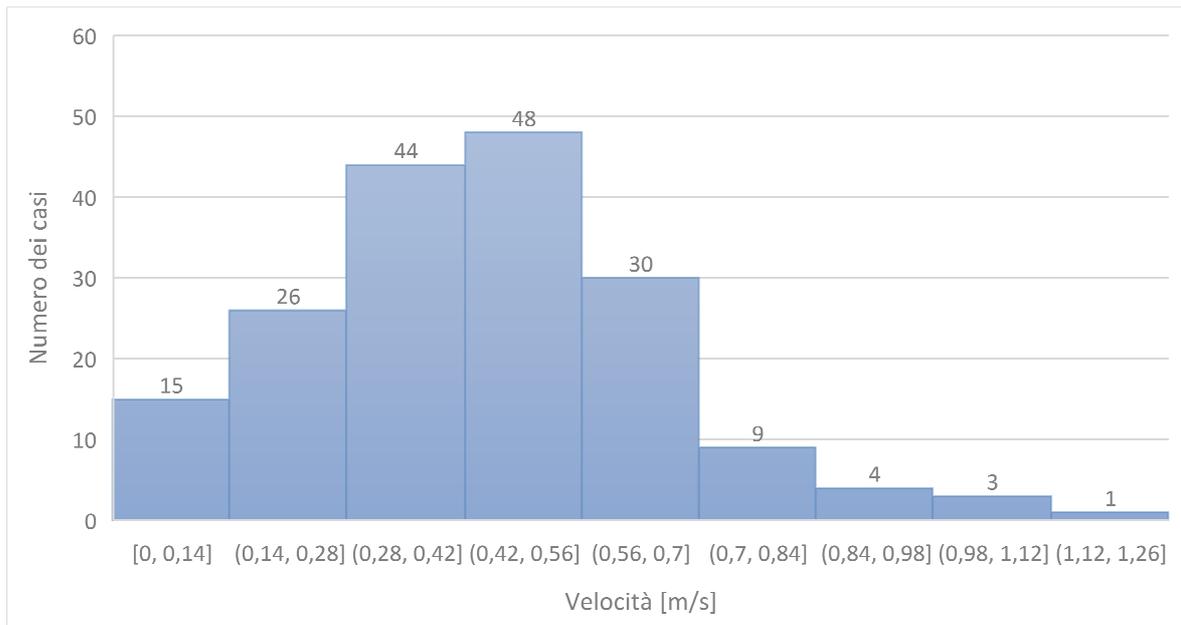


Fig. 2.12 Esempio della distribuzione dei dati delle velocità istantanee

Come si può notare dalla Fig. 2.12 i grafici delle distribuzioni delle velocità tenderanno ad assumere una forma a campana, il che vuol dire che cercheranno di assumere una distribuzione quanto più simile a quella normale o di Gauss (gaussiana). La distribuzione normale o di Gauss è una particolare distribuzione di dati aventi le seguenti caratteristiche [49]:

- media e mediana coincidono e il grafico è simmetrico rispetto a questi valori;
- è asintotica rispetto all'asse delle ascisse;

Per stabilire se la distribuzione dei dati è da considerare normale sono state effettuate tre verifiche:

- Analisi della mediana e della media;
- Analisi dell'asimmetria e dell'indice di curtosi;
- Test di normalità di Shapiro-Wilk;

Con la prima è stato verificato che il valore della media e della mediana siano il più possibile vicini ma questa analisi non è sufficiente a garantire la normalità dei dati, perciò si sono analizzati altri due indici la curtosi e l'asimmetria. La curtosi (kurtosis) è un indice che esprime l'allontanamento dalla normalità distributiva, il valore zero corrisponde alla distribuzione normale (gaussiana), un valore minore di zero indica una distribuzione platicurtica (appiattita), mentre un valore maggiore a zero indica una distribuzione leptocurtica (appuntita) [50]. Per quanto riguarda l'asimmetria (skewness) il valore zero coincide con una distribuzione perfettamente simmetrica [51]. Entrambi i valori risultano accettabili quando sono compresi tra -2 e 2 [52]. Per essere sicuri che la distribuzione dei dati possa considerarsi normale è stata effettuata una terza verifica: il test di Shapiro-Wilk. Questo test è stato effettuato con l'ausilio di una versione online [53] in cui sono stati inseriti i valori, che potevano essere comparati come detto precedentemente, ed è stata valutata la risposta come in Fig. 2.13.

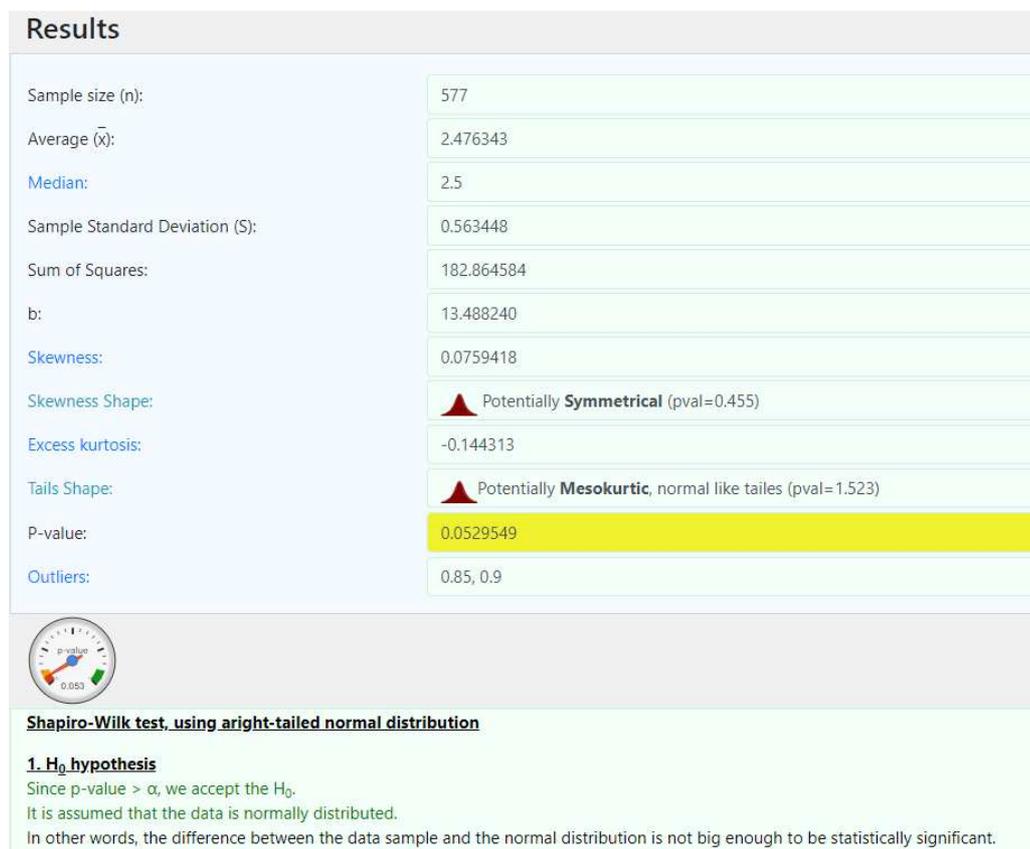


Fig. 2.13 Esempio test di Shapiro-Wilk online [53]

#### **2.4.6.4 Medie campionarie delle velocità**

La media campionaria è la media degli elementi di un campione, su una particolare caratteristica o modalità [54]. In questo studio abbiamo fatto le medie campionarie delle velocità in base alle seguenti caratteristiche: sesso, età ed eventuali particolari condizioni di movimento (presenza di ostacoli, viaggiare con un altro individuo o difficoltà motorie).

## CAPITOLO TERZO – RISULTATI

Si riportano i risultati ottenuti secondo le modalità descritte nel capitolo precedente.

### 3.1 Analisi qualitativa

L'obiettivo dell'analisi è individuare quali siano i comportamenti più ricorrenti che le persone mettono in atto durante un attacco terroristico. Per far ciò si devono da una parte considerare i comportamenti comuni ad altre emergenze ma applicabili all'emergenza terrorismo, dall'altra estrarre quali siano gli atteggiamenti comuni in questo tipo di evacuazione.

#### 3.1.1 Classificazione scene

I video analizzati sono stati suddivisi in scene e classificati in base ai parametri spiegati precedentemente al paragrafo §2.3.

Le tabelle di seguito riportano la classificazione delle scene e sono state suddivise per tipologia di attentato: esplosione (Tab. 3-A 3-B 3-C 3-D), veicoli su folla (Tab. 3-E) e sparatoria (Tab. 3-F).

Esplosione:

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO				
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO		
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati	
1	1-Attentato a Bruxelles-aeroporto	22/03/2016	1	0.00	0.10	X							X
2	2-Attentato a Bruxelles-aeroporto	22/03/2016	1	0.00	0.33	X			X				
			2	0.33	0.44	X			X				
			3	1.04	2.52	X			X				
3	3-Attentato a Bruxelles-aeroporto	22/03/2016	1	0.06	0.16	X			X				
4	4-Attentato a Bruxelles-metropolitana	22/03/2016	1	0.05	0.26	X			X				
5	5-Attentato a Bruxelles-aeroporto	22/03/2016	1	0.13	0.17	X			X				
			2	0.19	0.22	X			X				
6	6-Attentato a Bruxelles-aeroporto	22/03/2016	1	0.04	1.38	X			X				

Tab. 3-A Attentato Bruxelles (Belgio)

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO				
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO		
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati	
11	1-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.00	0.31	X			X				
12	2-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.00	0.09	X			X				
			2	0.19	0.41	X			X				
13	3-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.26	0.42	X			X				
			2	0.47	1.07	X			X				
14	4-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.27	4.48	X			X				
15	5-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.00	0.53	X			X				
			2	1.04	1.48	X			X				
			3	1.49	2.00	X			X				
			4	2.14	2.51	X			X				
16	6-Attentato Manchester	22/05/2017	1	0.00	0.11	X			X				

Tab. 3-B Attentato Manchester (Inghilterra)

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO			
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO	
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati
7	1-Attentato a Madrid	11/03/2004	1	0.00	0.39	X				X		
			2	1.05	1.21	X				X		
8	2-Attentato a Madrid	11/03/2004	1	0.45	1.50	X				X		
9	3-Attentato a Madrid	11/03/2004	1	0.07	0.19	X				X		
10	4-Attentato a Madrid	11/03/2004	1	0.18	0.30	X				X		
			2	0.31	0.55	X				X		
			3	0.56	1.26	X				X		

Tab. 3-C Attentato Madrid (Spagna)

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO			
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO	
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati
29	1-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	2.25	X						X
30	2-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	2.03	X						X
31	3-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.19	0.30	X						X
32	4-Falso Attentato Torino	03/06/2017	0			X						
33	5-Falso Attentato Torino	03/06/2017	0			X						
34	6-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.09	X					X	
35	7-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.05	0.07	X						X
36	8-Falso Attentato Torino	03/06/2017	0			X						
37	9-Falso Attentato Torino	03/06/2017	0			X						
38	10-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.25	X						X
39			2	0.26	0.34	X						X
40			3	1.26	1.47	X						X
41	11-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.04	0.20	X						X
42			2	0.21	0.38	X						X
43	12-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.09	X					X	
44	13-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.23	0.27	X					X	
45	14-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.42	0.59	X					X	
46			2	1.00	1.11	X					X	
47	15-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	2.01	X					X	
48	16-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.06	X						X
49			2	1.25	1.30	X					X	
50			3	1.31	1.35	X						X
51			4	1.46	1.53	X						X
52	17-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.26	0.36	X						X
53			2	0.40	0.54	X						X
54	18-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.17	X						X
55	19-Falso Attentato Torino	03/06/2017	1	0.00	0.27	X						X

Tab. 3-D Allarme bomba Torino (Italia)

Veicoli sulla folla:

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO			
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO	
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati
22	1-Attentato Stoccolma	07/04/2017	1	0.32	0.42			X			X	
23			2	0.54	1.18			X			X	
24	2-Attentato Stoccolma	07/04/2017	1	0.00	0.05			X			X	
25			2	0.06	0.09			X			X	
26	3-Attentato Stoccolma	07/04/2017	1	0.00	0.32			X			X	
27	4-Attentato Stoccolma	07/04/2017	1	0.00	0.16			X			X	
28	5-Attentato Stoccolma	07/04/2017	1	5.16	5.29			X			X	

Tab. 3-E Attentato Stoccolma (Svezia)

Sparatoria:

NUM. VIDEO	NOME VIDEO	DATA	SCENA	DURATA (min)		TIPO DI ATTENTATO			LUOGO			
				Inizio	Fine	Esplosione	Sparatoria	Veicoli sulla folla	INTERNO		ESTERNO	
									Edificio	Mezzo di trasporto	Spazi confinati	Spazi non confinati
17	1-Attentato Parigi	13/11/2015	1	0.00	0.09		X				X	
			2	2.24	3.16		X		X			
18	2-Attentato Parigi	13/11/2015	1	1.49	2.03		X		X			
19	3-Attentato Parigi	20/04/2017	0				X					X
20	4-Attentato Parigi	13/11/2015	1	1.11	1.37		X				X	
21	5-Attentato Parigi	13/11/2015	0									

Tab. 3-F Attentato Parigi (Francia)

Di seguito viene riportata la frequenza relativa al tipo di attentato (Fig. 3.1) e quella relativa al luogo in cui è avvenuto l'attentato (Fig. 3.2).

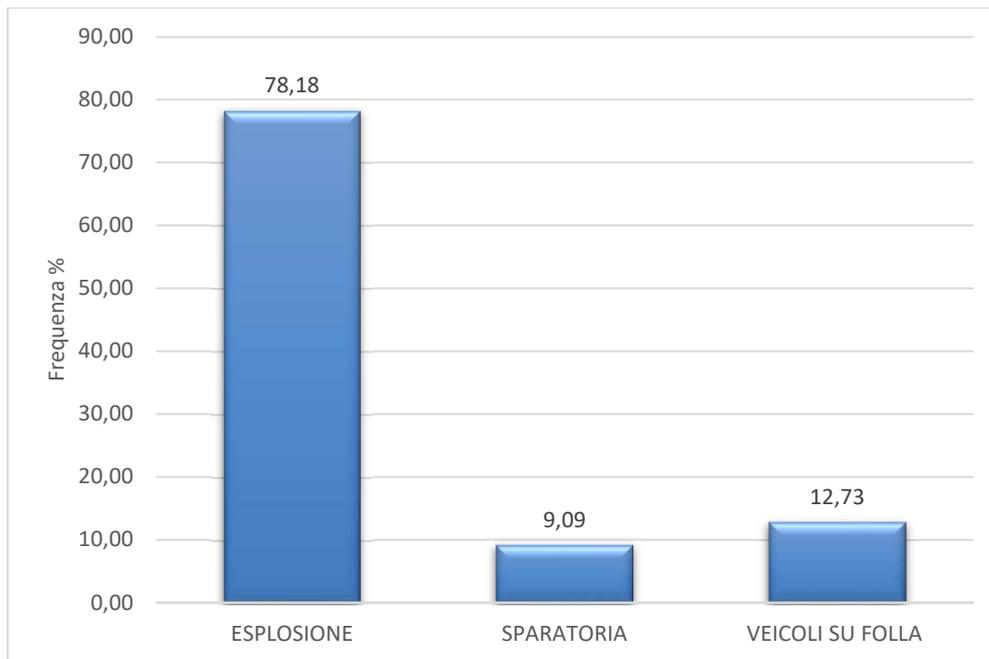


Fig. 3.1 Distribuzione percentuale della tipologia di attentato dei video selezionati

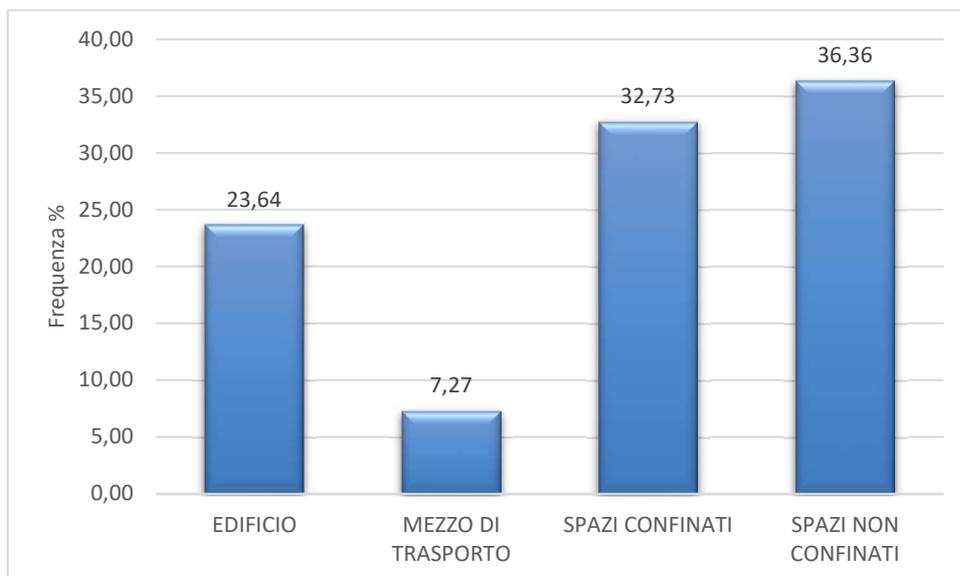


Fig. 3.2 Distribuzione percentuale del tipo di luogo dei video selezionati

### 3.1.2 Assegnazione dei comportamenti

In questo step sono stati verificati quali comportamenti si verificassero in ciascuna scena dei video classificati precedentemente. Le assegnazioni sono suddivise in tabelle a seconda del luogo geografico in cui si sono verificati gli attacchi.

NOME VIDEO	COMPORTEMENTI														FINE EVACUAZIONE	
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura
Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione				
1-Attentato a Bruxelles-aeroporto			X	X	X		X				X	X	X			
2-Attentato a Bruxelles-aeroporto			X	X	X	X		X			X					
3-Attentato a Bruxelles-aeroporto	X	X	X	X	X											
4-Attentato a Bruxelles-metropolitana		X			X				X	X	X	X				
5-Attentato a Bruxelles-aeroporto		X			X				X	X	X	X				
6-Attentato a Bruxelles-aeroporto	X		X	X	X	X		X	X		X	X				

Tab. 3-G Analisi comportamenti attentato Bruxelles (Belgio)

NOME VIDEO	COMPORTEMENTI														FINE EVACUAZIONE	
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura
Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione				
1-Attentato a Madrid		X			X		X				X					
2-Attentato a Madrid		X			X	X		X				X				
3-Attentato a Madrid	X	X			X		X	X			X					
4-Attentato a Madrid		X			X		X	X		X	X	X				
		X			X		X	X		X	X					

Tab. 3-H Analisi comportamenti attentato Madrid (Spagna)

NOME VIDEO	COMPORTEMENTI														FINE EVACUAZIONE	
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura
Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione				
1-Attentato Manchester					X			X	X			X				
2-Attentato Manchester					X		X	X			X	X				
3-Attentato Manchester	X		X		X		X	X			X	X				
4-Attentato Manchester	X				X		X	X		X	X	X				
5-Attentato Manchester	X		X		X		X	X			X					
6-Attentato Manchester					X		X	X	X	X	X	X				

Tab. 3-I Analisi comportamenti attentato Manchester (Inghilterra)

NOME VIDEO	COMPORTEMENTI														FINE EVACUAZIONE	
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura
Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione				
1-Attentato Parigi		X			X		X	X				X				
2-Attentato Parigi					X	X					X	X				
3-Attentato Parigi					X						X	X				
4-Attentato Parigi		X			X			X			X		X			
5-Attentato Parigi																

Tab. 3-L Analisi comportamenti attentato Parigi (Francia)

NOME VIDEO	COMPORAMENTI															
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										FINE EVACUAZIONE	
	Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione	Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura	
1-Attentato Stoccolma	X		X		X					X	X					
2-Attentato Stoccolma					X			X		X	X	X		X		
	X		X		X			X		X	X					
3-Attentato Stoccolma		X			X					X	X	X				
4-Attentato Stoccolma	X		X		X	X		X		X						
5-Attentato Stoccolma					X		X	X		X	X	X				

Tab. 3-M Analisi comportamenti attentato Stoccolma (Svezia)

NOME VIDEO	COMPORAMENTI															
	FASE DI PRE-MOVIMENTO				FASE DI EVACUAZIONE										FINE EVACUAZIONE	
	Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	Risposta eventi sensibili	Effetto curiosità	Attaccamento agli effetti personali	Attrazione verso aree sicure	Comportamenti pro-sociali	Effetto gregge	Presenza di ostacoli bassi	Fenomeno "stop and go"	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	Legami di gruppo	Panico	Presenza di un leader o di piani di evacuazione	Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	Raggiungimento di un'area sicura	
1-Falso Attentato Torino		X			X			X	X			X				
			X		X			X	X			X		X		
2-Falso Attentato Torino		X			X			X	X			X				
3-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
4-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
5-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
6-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
7-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
8-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
9-Falso Attentato Torino					X			X	X			X				
10-Falso Attentato Torino	X	X		X	X			X	X	X	X	X				
		X		X	X			X	X	X	X	X				
11-Falso Attentato Torino		X	X		X			X	X	X	X	X		X		
					X			X	X	X	X	X		X	X	
12-Falso Attentato Torino					X			X	X	X	X	X		X		
13-Falso Attentato Torino					X			X	X	X	X	X		X		
14-Falso Attentato Torino					X			X	X	X	X	X		X		
		X	X		X			X	X	X	X	X				
					X			X	X	X	X	X				
15-Falso Attentato Torino		X			X	X		X	X	X	X	X		X		
16-Falso Attentato Torino		X			X			X	X	X	X	X		X		
		X	X		X			X	X	X	X	X		X		
17-Falso Attentato Torino		X			X			X	X	X	X	X		X		
18-Falso Attentato Torino		X			X			X	X	X	X	X		X		
19-Falso Attentato Torino		X			X			X	X	X	X	X		X		

Tab. 3-N Analisi comportamenti allarme bomba Torino (Italia)

### 3.1.3 Statistiche dei comportamenti

Assegnati i comportamenti che le persone adottano durante l'evacuazione da terrorismo è stato possibile realizzare un sommario generale (Tab. 3-O) e un diagramma (Fig. 3.3) che raffigurano la frequenza percentuale delle attivazioni all'interno dei campioni video analizzati.

<b>FASE</b>	<b>ID.</b>	<b>COMPORAMENTO</b>	<b>N. DI ATTIVAZIONI</b>	<b>FREQUENZA %</b>	<b>LUOGO</b>
<b>PRE-MOVIMENTO</b>	A	Interazione sociale e scambio di informazioni (milling)	11	16,67	Interno ed esterno
	B	Risposta agli eventi sensibili	24	36,36	Interno ed esterno
	C	Effetto curiosità	11	16,67	Interno ed esterno
	D	Attaccamento agli effetti personali	5	7,58	Interno ed esterno
<b>EVACUAZIONE</b>	E	Attrazione verso aree sicure	52	78,79	Interno ed esterno
	F	Comportamenti pro-sociali	7	10,61	Interno ed esterno
	G	Effetto gregge	36	54,55	Interno ed esterno
	H	Presenza di ostacoli bassi	39	59,09	Esterno
	I	Fenomeno "stop and go"	1	1,52	Esterno
	L	Cambi di traiettoria per evitare la collisione	32	48,48	Interno ed esterno
	M	Legami di gruppo	40	60,61	Interno ed esterno
	N	Panico	34	51,52	Interno ed esterno
	O	Presenza di un leader o di piani di evacuazione	6	9,09	Interno ed esterno
<b>FINE EVACUAZIONE</b>	P	Fine evacuazione dovuta alla sensazione di pericolo non imminente	9	13,64	Esterno
	Q	Raggiungimento di un'area sicura	1	1,52	Esterno

Tab. 3-O Sommario dei comportamenti per eventi terroristici

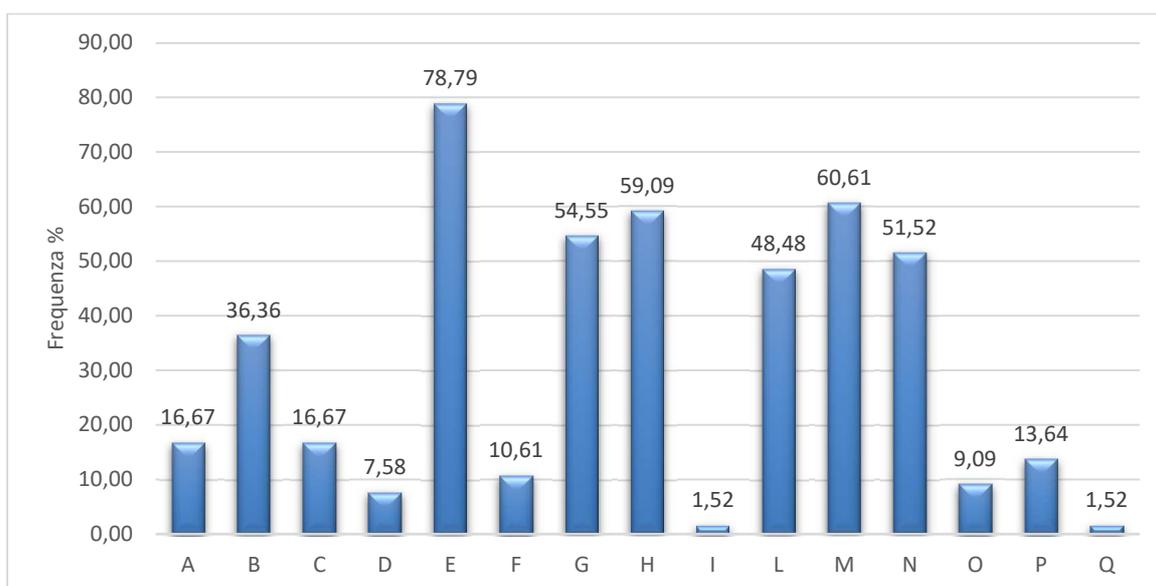


Fig. 3.3 Frequenza percentuale dei comportamenti rilevati durante l'analisi video

Dalla Fig. 3.3 si osserva che i comportamenti che si attivano in almeno il 30% dei casi sono: “risposta agli eventi sensibili”, “attrazione verso aree sicure”, “effetto gregge”, “presenza di ostacoli bassi”, “cambi di traiettoria per evitare le collisioni”, “legami di gruppo”, “panico”. In particolare, il comportamento più frequente è “attrazione verso aree sicure” con una percentuale di attivazione del 78,79% dei casi.

## **3.2 Analisi quantitativa**

Lo scopo di questa analisi è trovare delle grandezze che descrivono come i pedoni possono muoversi nello scenario.

Di seguito vengono mostrati i risultati ottenuti (densità, flusso, velocità medie ed istantanee) dai quali sono stati ricavati i diagrammi fondamentali.

### **3.2.1 Densità, flusso e velocità media**

I valori di densità, flusso e velocità media del campione sono stati calcolati utilizzando i metodi descritti nei paragrafi §2.4.1 §2.4.2 §2.4.4. Sono stati raccolti in una tabella (Tab. 3-P) suddividendoli in relazione al luogo (interno/indoor o esterno/outdoor). La tabella è stata rappresentata nel seguente modo: luogo, luogo geografico, tempo di analisi video, densità media, numero di persone che attraversano la soglia, flusso, larghezza della soglia, flusso normalizzato e velocità media. È stato inserito il flusso normalizzato per poter effettuare un confronto corretto tra i vari casi di emergenza dato che le soglie hanno lunghezze molto differenti fra loro.

Luogo	Luogo geografico/ nome video	ID	Tempo di analisi video [ $\Delta t$ in sec.]	Densità media [p/mq]	Num. di persone che attraversano la soglia	Flusso [p/sec]	Larghezza soglia [m]	Flusso normalizzato [p/sec/m]	Velocità media [m/s]		
Indoor	4 - Bruxelles metropolitana	I1	2,44	0,704	9	3,686	6,00	0,614	0,872		
			1,91	0,737	8	4,180	6,00	0,697	0,946		
	5 - Manchester	I2	2,05	1,234	1	0,489	1,30	0,081	0,305		
		I3	1,78	0,586	2	1,122	1,80	0,187	1,063		
	15 - Manchester	I4	1,52	0,597	1	0,659	1,80	0,110	0,613		
	4 - Madrid	I5	2,11	2,100	5	2,367	2,80	0,395	0,403		
			1,65	1,667	5	3,303	2,80	0,505	0,649		
			2,90	2,206	7	2,410	2,80	0,402	0,425		
			2,51	2,058	8	2,755	2,80	0,459	0,478		
			2,71	2,007	10	3,695	2,80	0,616	0,658		
			2,97	1,559	6	2,020	2,80	0,337	0,451		
		I6	3,10	1,319	7	2,257	2,80	0,376	0,611		
			2,11	1,876	9	4,261	2,80	0,710	0,811		
			2,31	1,706	6	2,597	2,80	0,433	0,544		
			2,90	2,143	10	3,444	2,80	0,574	0,574		
			2,18	1,499	11	5,051	2,80	0,842	1,204		
			2,31	1,481	6	2,597	2,80	0,433	0,626		
		I6	2,71	1,599	8	2,956	2,80	0,493	0,660		
			2,97	2,205	7	2,357	2,80	0,393	0,382		
			3,10	2,436	10	3,224	2,80	0,537	0,473		
2,64			2,451	12	4,545	2,80	0,758	0,662			
Outdoor			2 - Bruxelles aeroporto	O1	1,52	0,229	4	2,632	6,00	0,439	1,916
			12 - Torino	O2	1,91	0,160	10	5,225	11,50	0,871	2,839
	1,65	0,176			9	5,445	11,50	0,909	2,693		
	13 - Torino	O3	1,24	0,217	5	4,032	10,00	0,672	1,857		
			2,24	0,149	7	3,125	10,00	0,521	2,103		
	14 - Torino	O4	2,24	1,353	17	7,576	10,00	1,263	0,560		
	1 - Stoccolma	O5	2,16	0,268	9	4,167	9,50	0,694	1,637		
			2,24	0,221	6	2,679	9,50	0,446	1,273		
	2 - Stoccolma	O6	2,56	0,310	11	4,297	11,00	0,716	1,216		
			3,08	0,284	12	3,896	11,00	0,649	1,248		
			2,96	0,224	10	3,378	11,00	0,563	1,369		
			3,20	0,281	9	2,813	11,00	0,469	0,911		

3 – Stoccolma	O7	2,38	0,349	11	4,630	11,00	0,772	1,205
		3,30	0,353	18	5,455	11,00	0,909	1,405
2- Parigi	O8	2,24	0,524	5	2,228	4,50	0,371	0,945
		2,97	0,556	4	1,347	4,50	0,224	0,539
		2,77	0,420	2	0,722	4,50	0,120	0,382

Tab. 3-P Valori di densità, flusso, flusso normalizzato e velocità media del campione organizzati in base al contesto

### 3.2.2 Diagrammi fondamentali della dinamica pedonale

Si riportano i diagrammi fondamentali della dinamica pedonale, ovvero flusso-densità e velocità-densità, estrapolati attraverso l'analisi dei dati reali. Per eseguire valutazioni più accurate possibili, sono stati costruiti grafici raffiguranti il caso globale (Fig. 3.4, Fig. 3.7), il caso indoor (Fig. 3.5, Fig. 3.8) e quello outdoor (Fig. 3.6, Fig. 3.9).

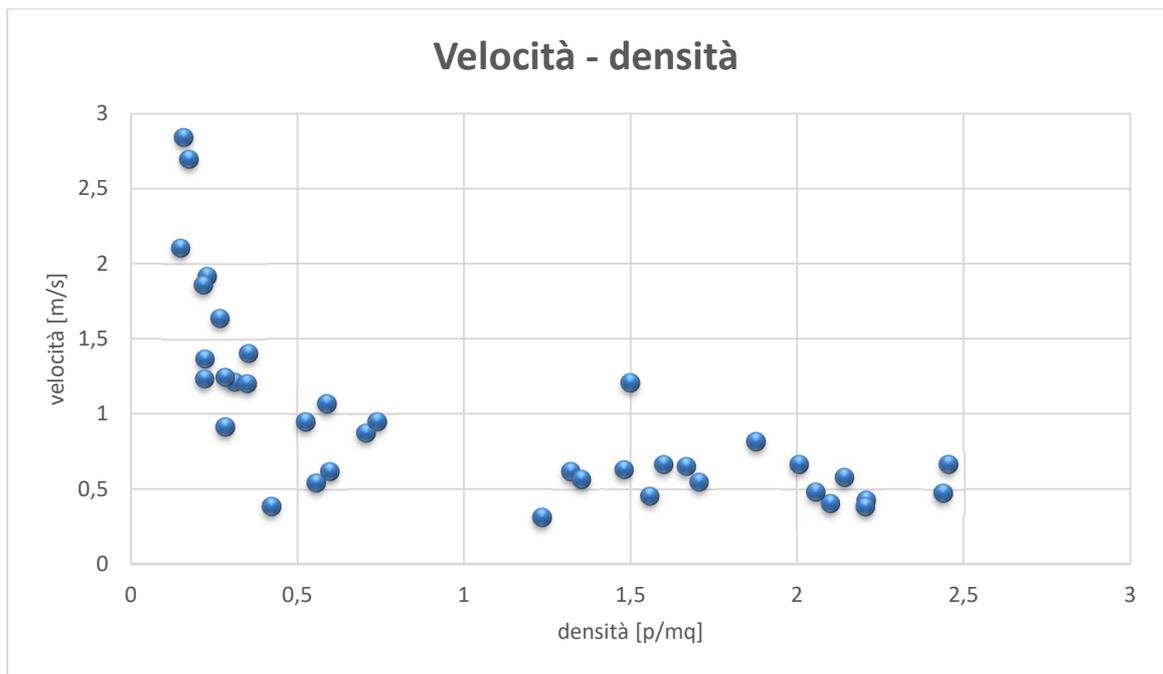


Fig. 3.4 Diagramma velocità – densità globale

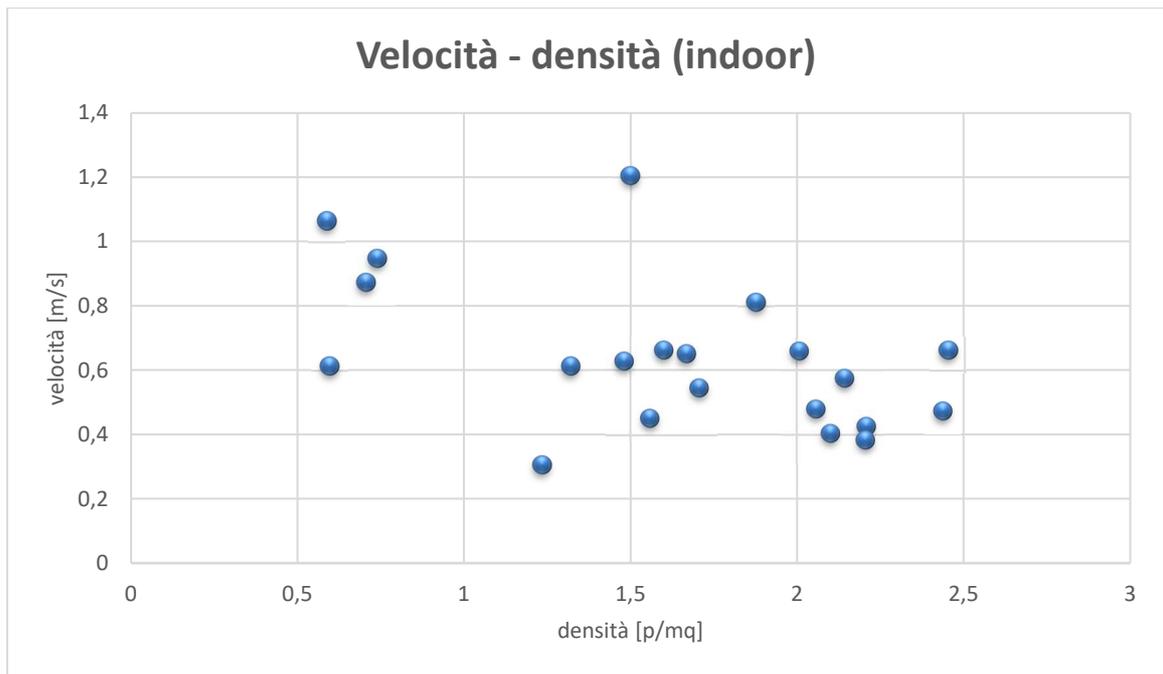


Fig. 3.5 Diagramma velocità – densità relativo al contesto indoor

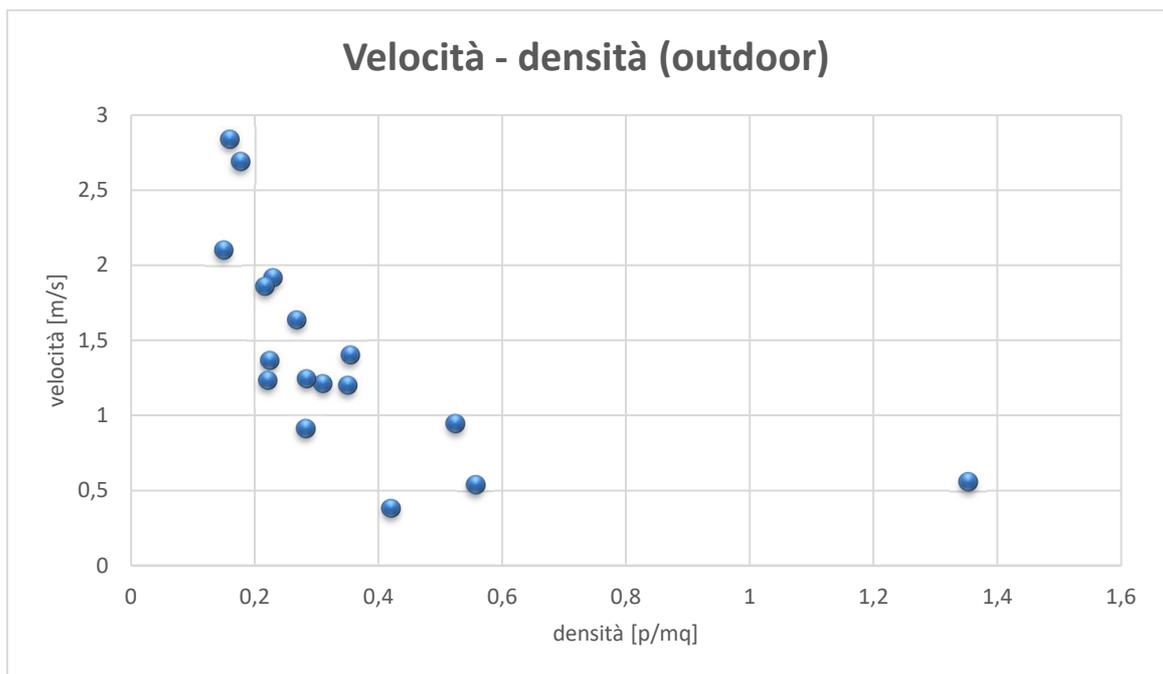


Fig. 3.6 Diagramma velocità – densità relativo al contesto outdoor

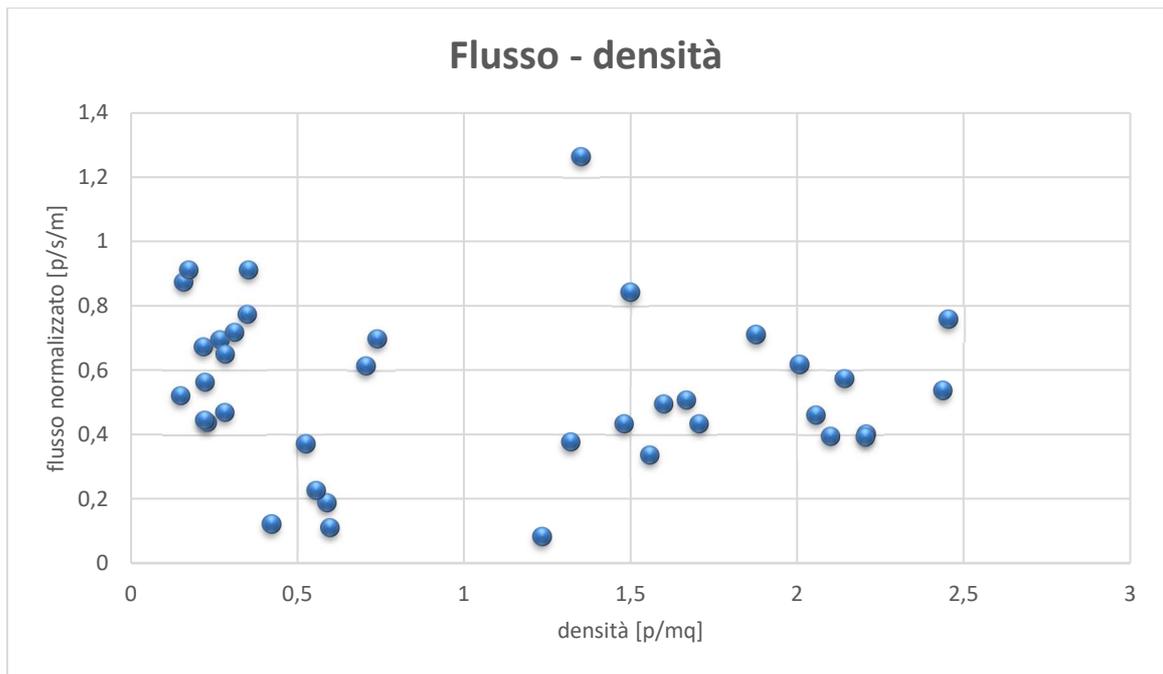


Fig. 3.7 Diagramma flusso – densità globale

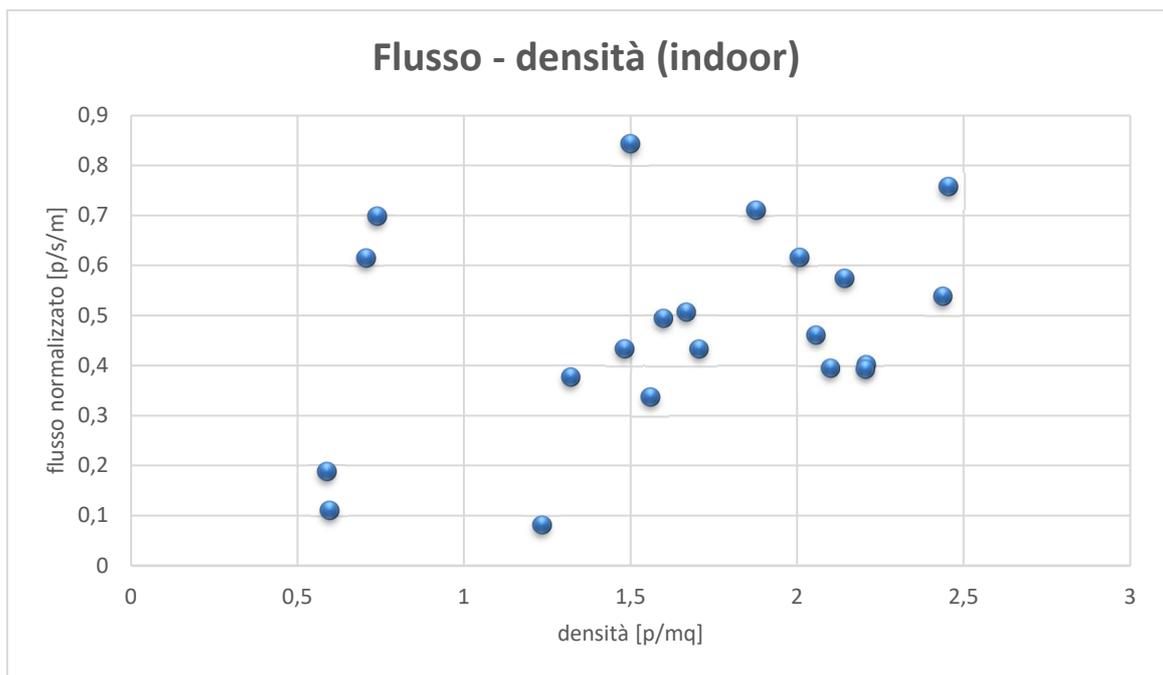


Fig. 3.8 Diagramma flusso – densità relativo al contesto indoor

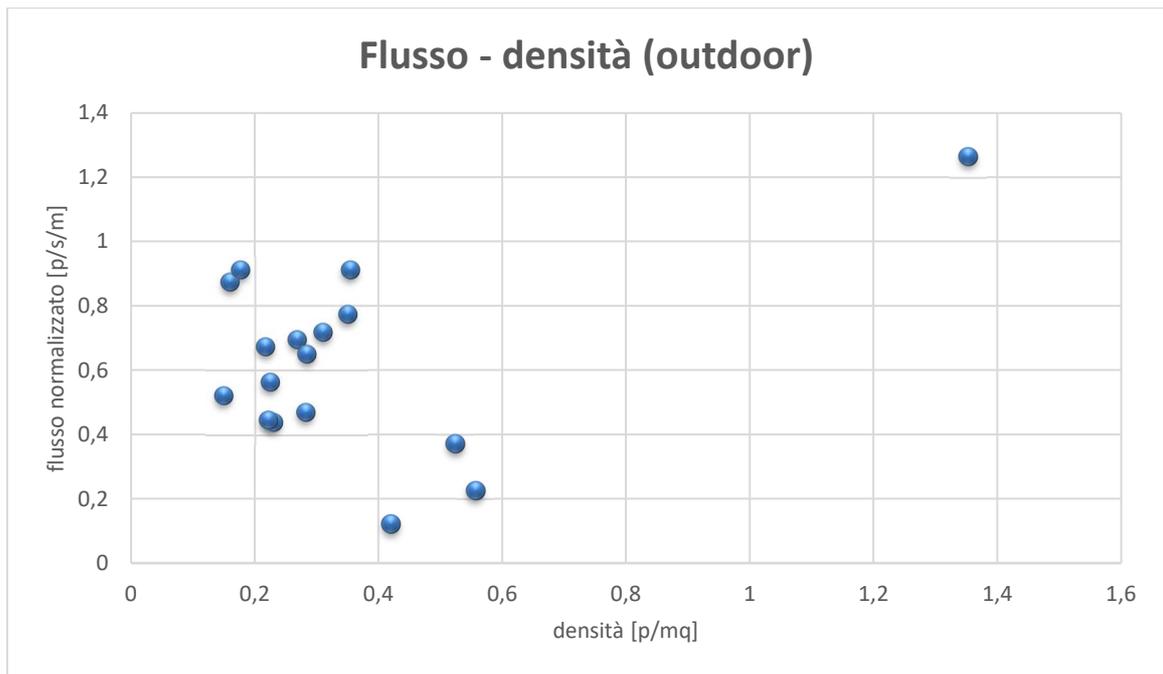


Fig. 3.9 Diagramma flusso – densità relativo al contesto outdoor

### 3.2.3 Analisi e confronto delle velocità istantanee

I grafici di seguito riportano i valori delle velocità istantanee degli individui calcolati utilizzando i metodi descritti al paragrafo §2.4.6.2 e suddivisi in relazione al contesto: interno/indoor (Fig. 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15) ed esterno/outdoor (Fig. 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23). Questi valori sono stati sintetizzati anche con delle tabelle (vedi allegati pag. 71), le quali sono state suddivise in due parti, la parte sinistra in cui si sono calcolati i valori statistici dei singoli individui (media, mediana, percentili 0.25, 0.50, 0.75, 0.05, 0.95) e la parte destra in cui sono stati analizzati i comportamenti degli individui mettendo una croce in base alle caratteristiche di essi (età, sesso, difficoltà motorie, viaggio con un altro individuo e presenza di un ostacolo).

Interno/indoor:

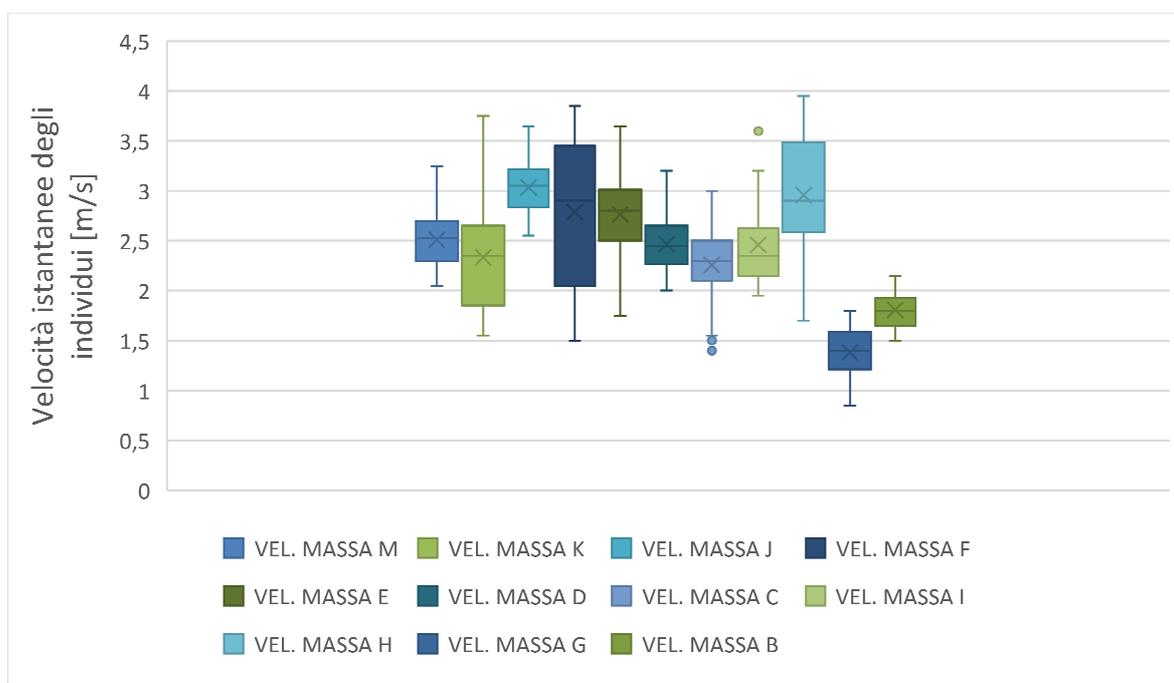


Fig. 3.10 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (4 – attentato metropolitana Bruxelles)

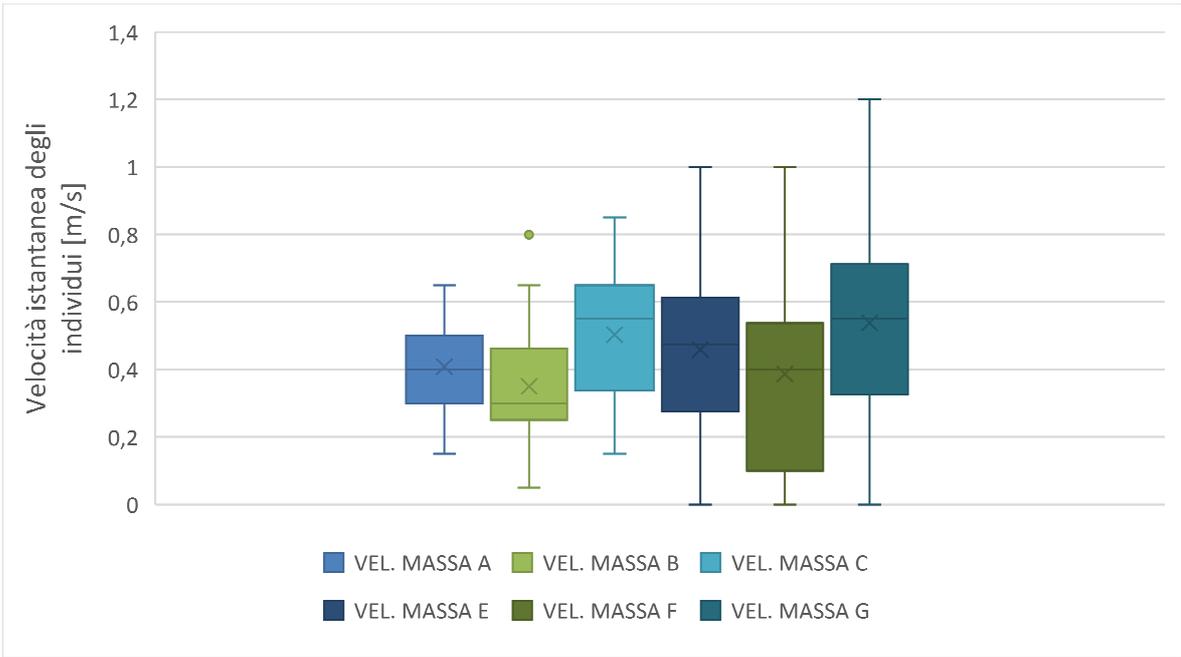


Fig. 3.11 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (5 – attentato Manchester)

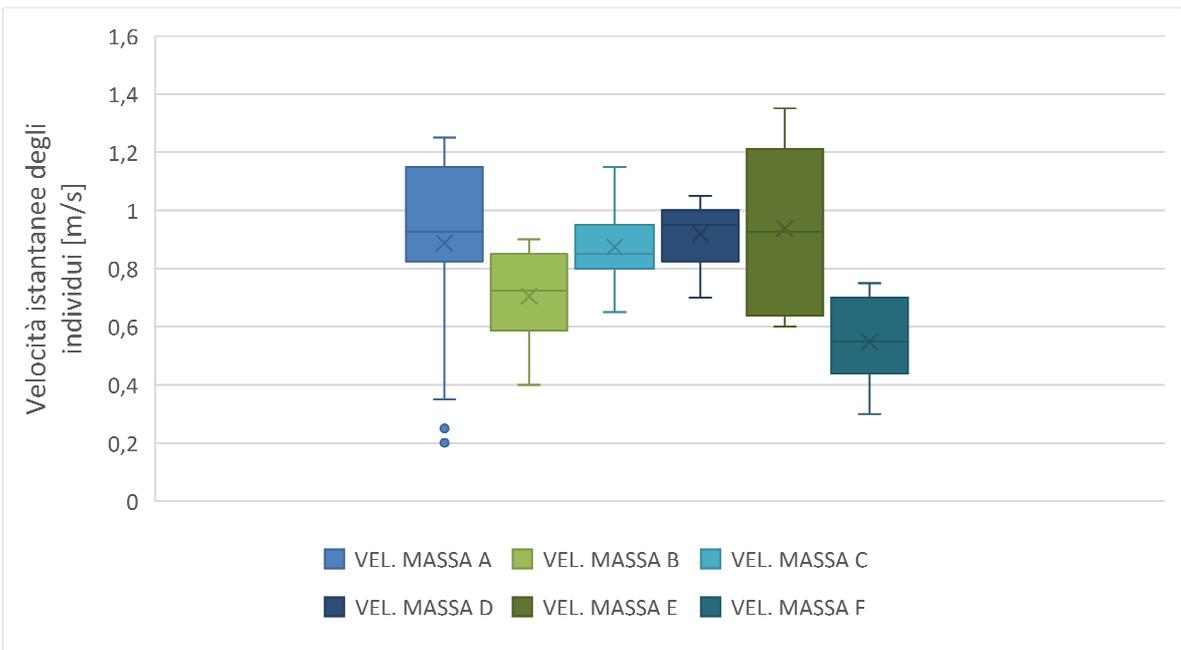


Fig. 3.12 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (5 – attentato Manchester)

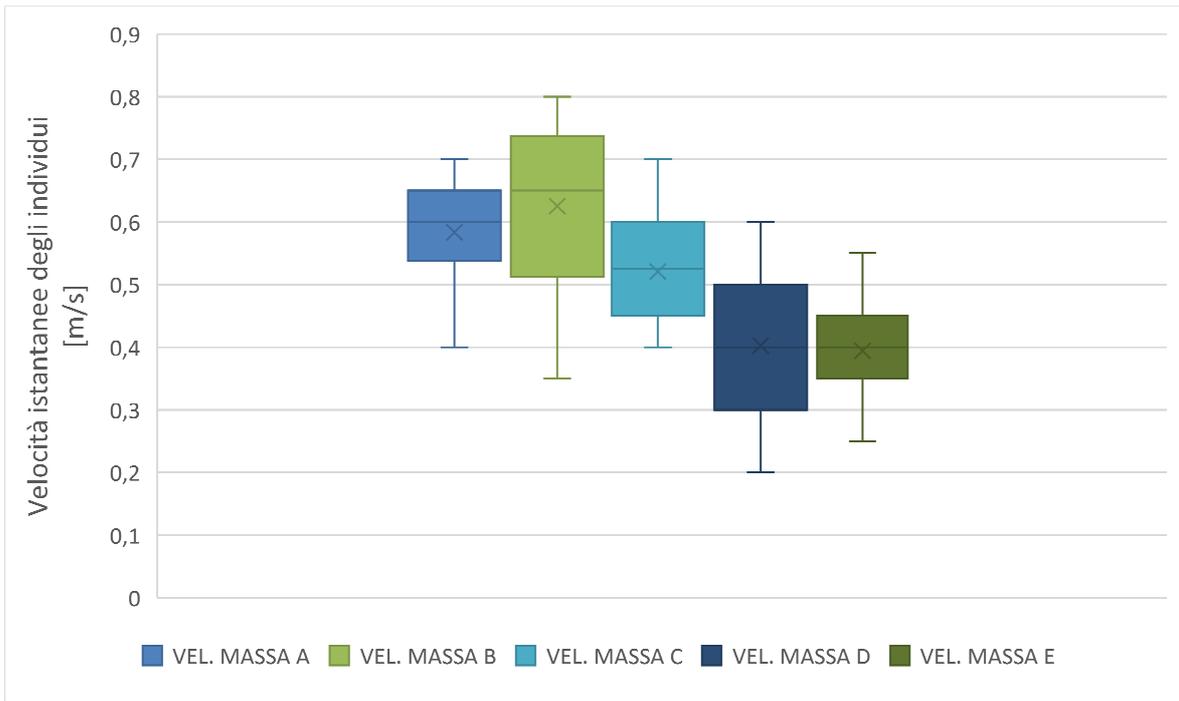


Fig. 3.13 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (15 – attentato Manchester)

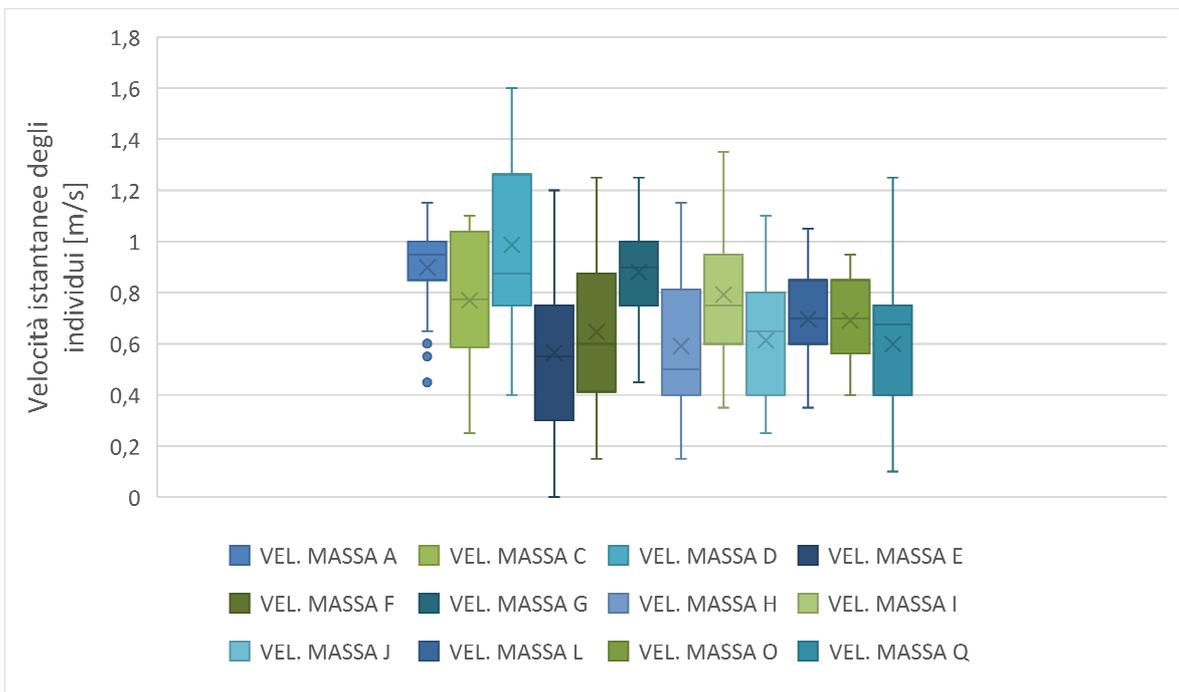


Fig. 3.14 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (4 – attentato Madrid)

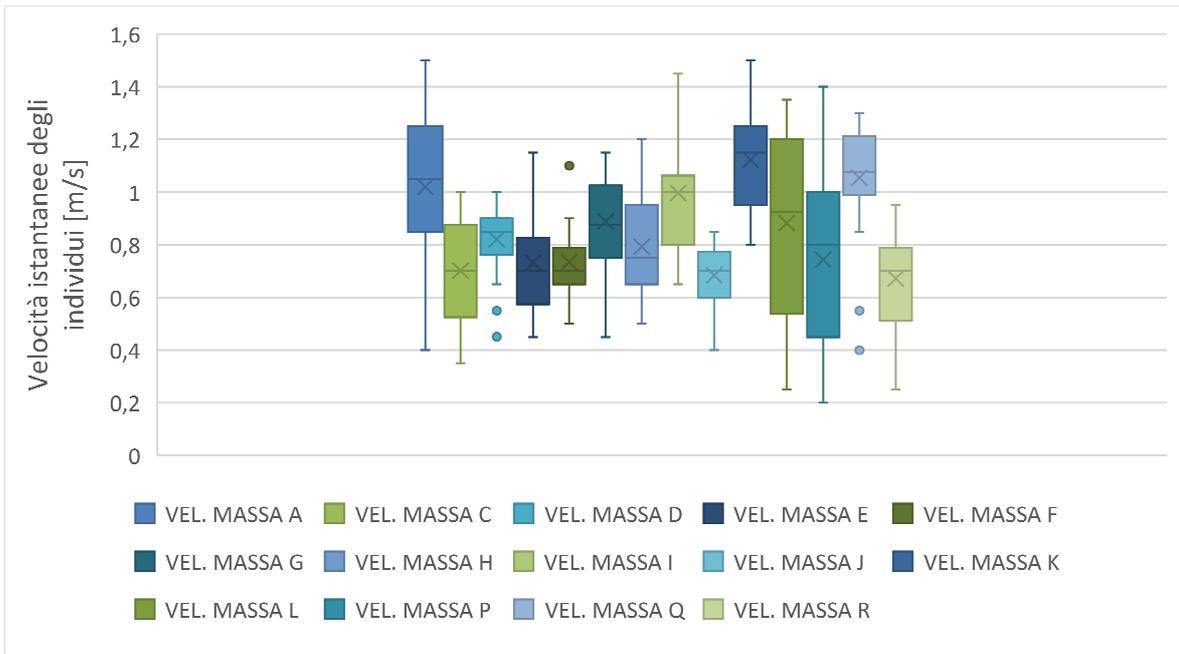


Fig. 3.15 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (4 – attentato Madrid)

Esterno/outdoor:

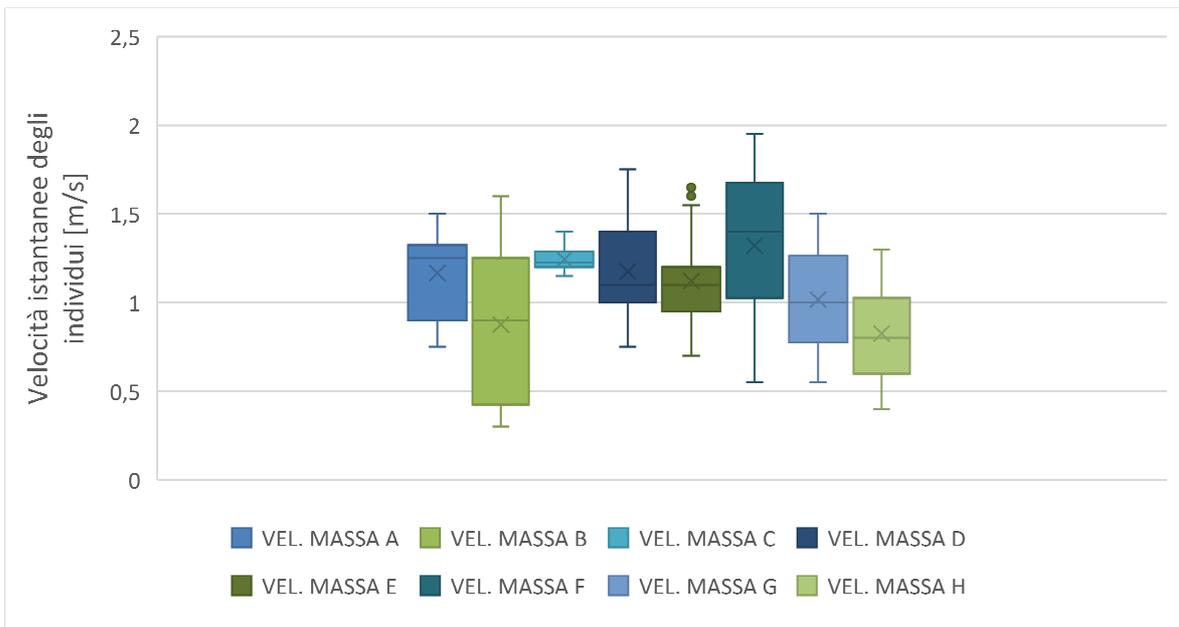


Fig. 3.16 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (2 – attentato aeroporto Bruxelles)

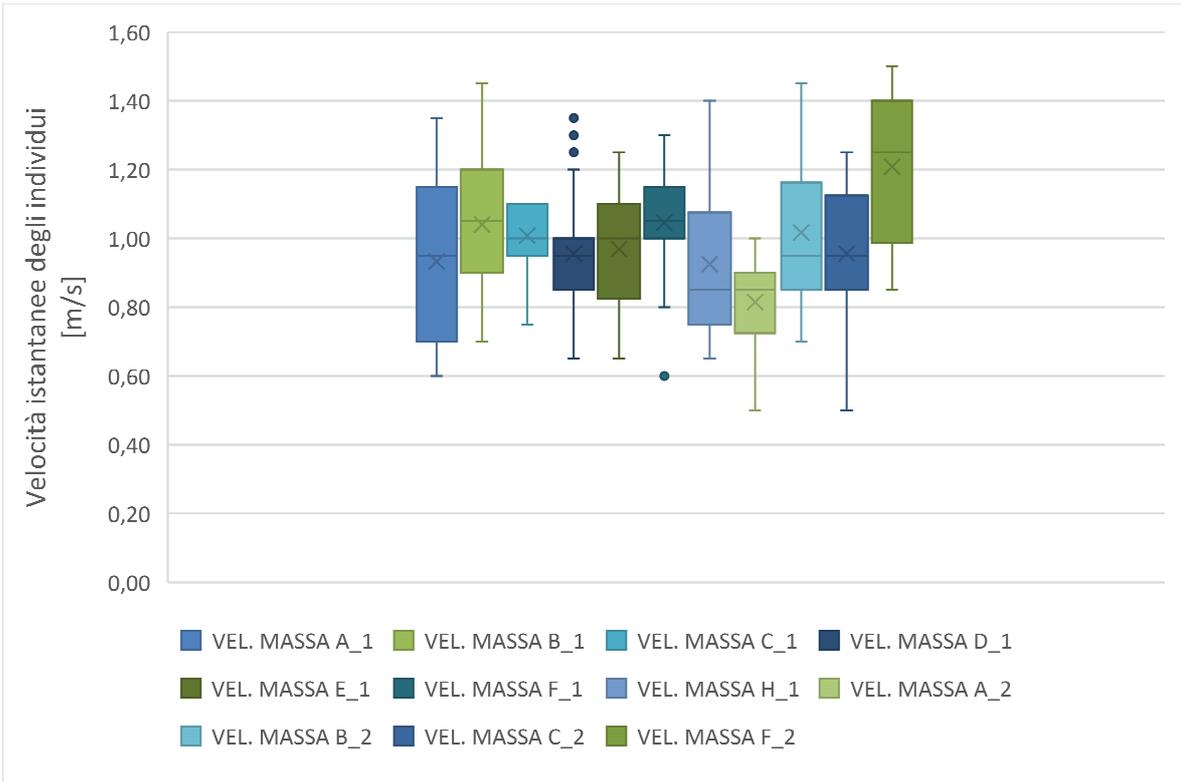


Fig. 3.17 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanea degli individui (12 – attentato Torino)

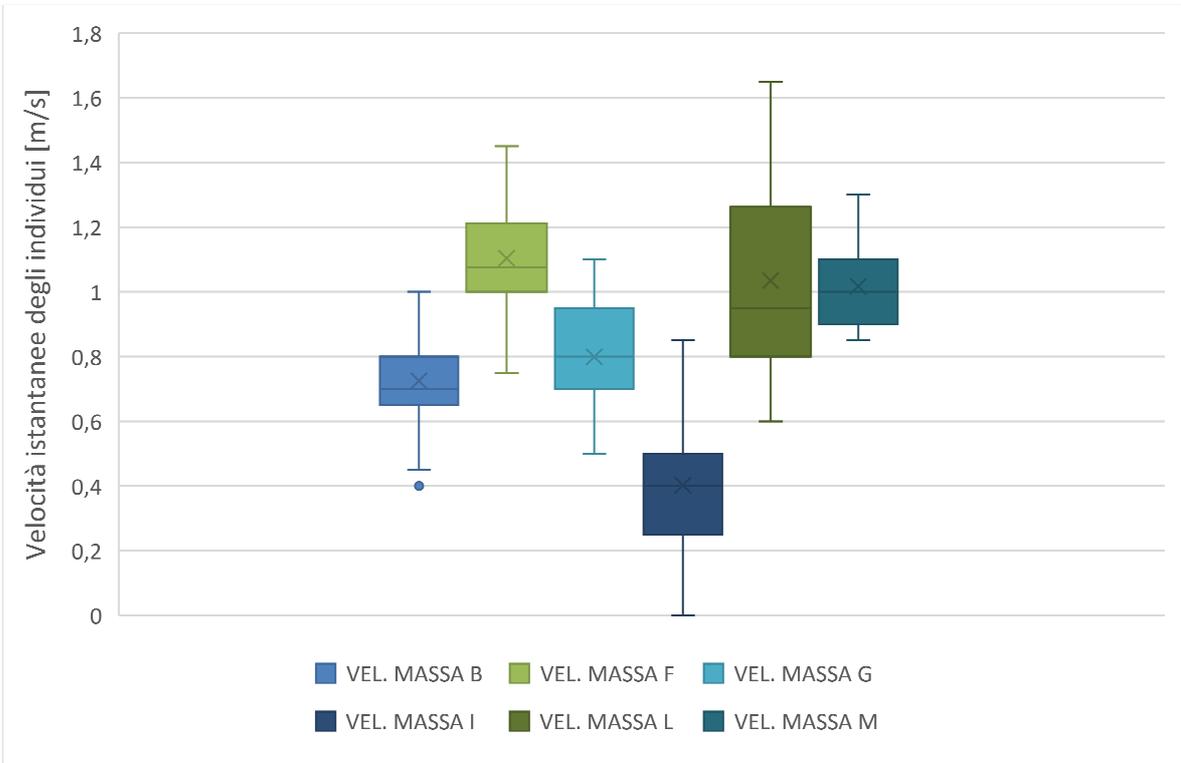


Fig. 3.18 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanea degli individui (13 – attentato Torino)

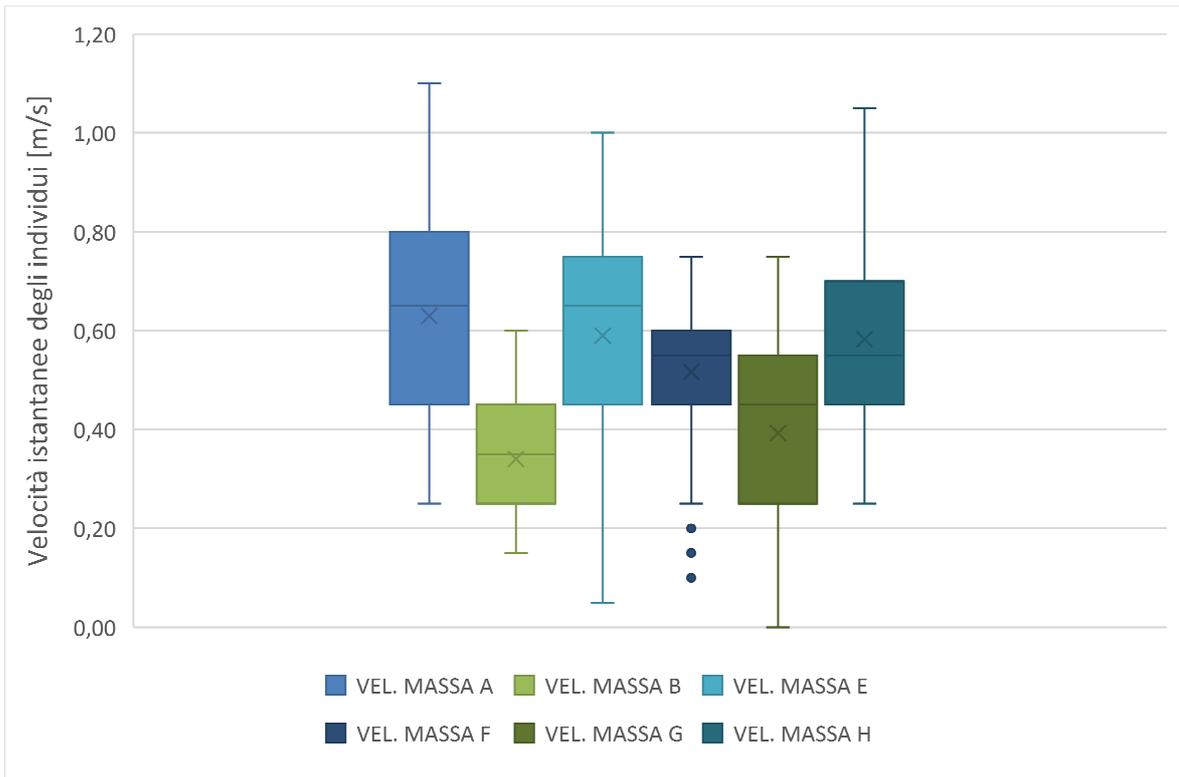


Fig. 3.19 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (14 – attentato Torino)

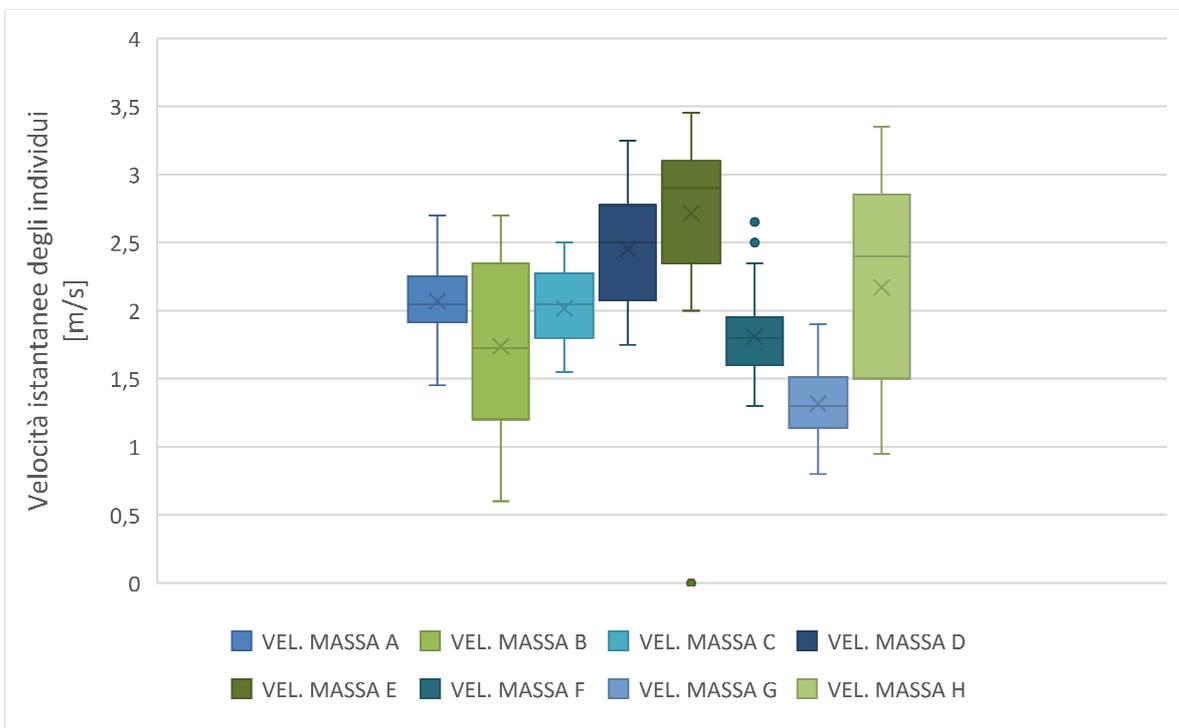


Fig. 3.20 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (1 – attentato Stoccolma)

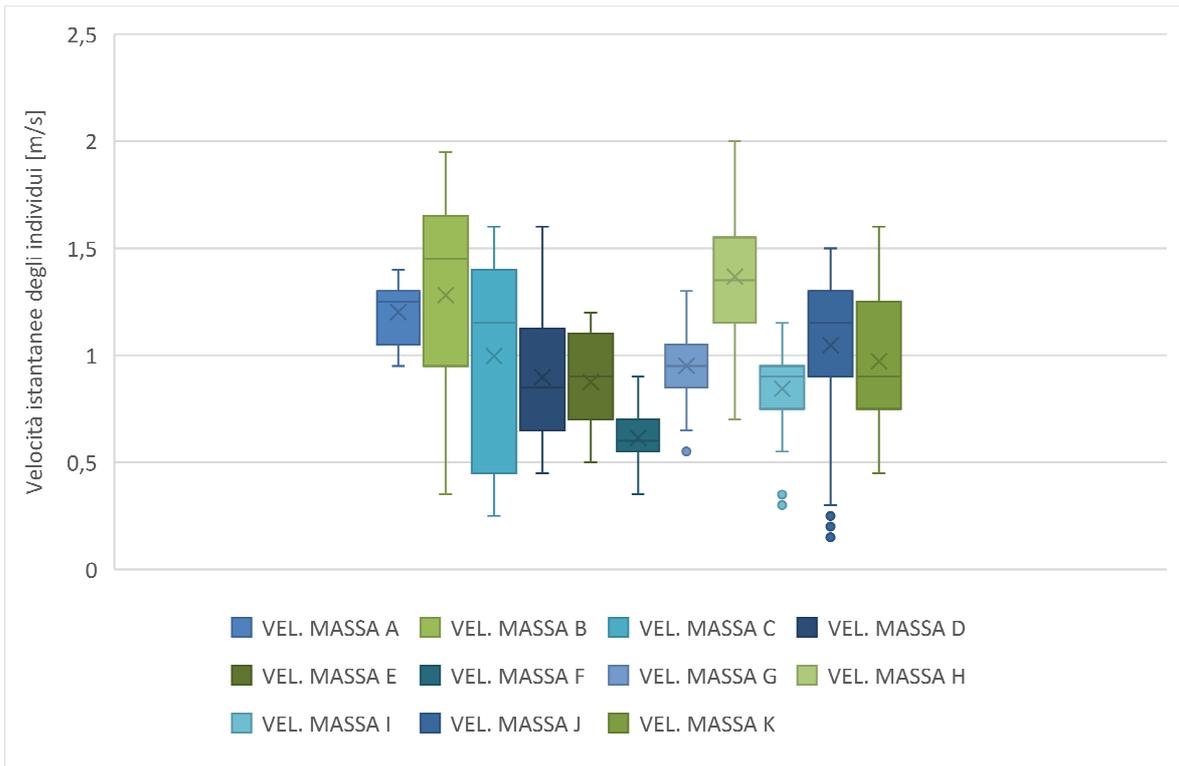


Fig. 3.21 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (2 – attentato Stoccolma)

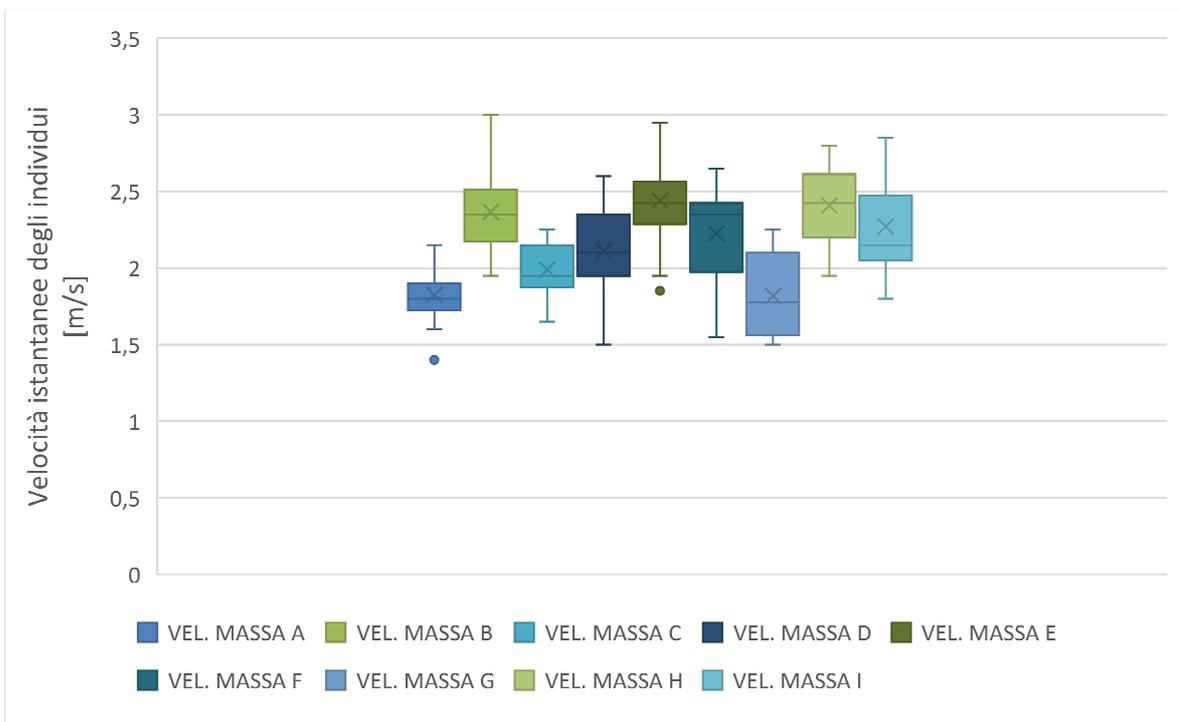


Fig. 3.22 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (3 – attentato Stoccolma)

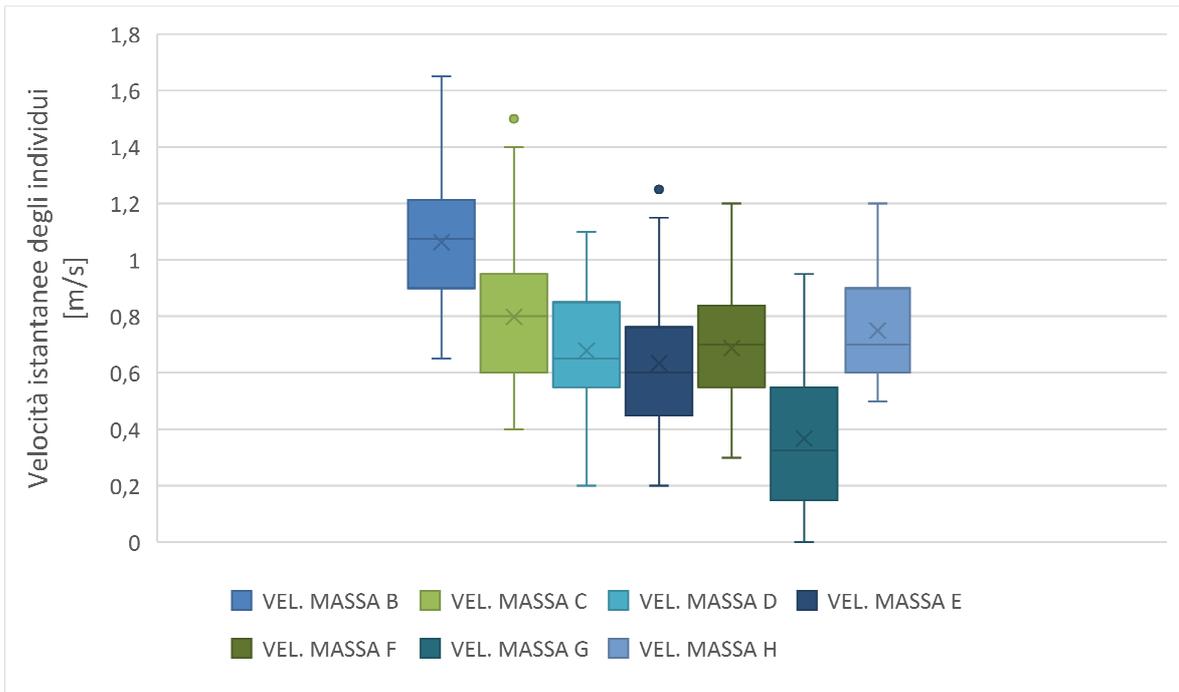


Fig. 3.23 Grafico a scatole e baffi delle velocità istantanee degli individui (2 – attentato Parigi)

### 3.2.4 Istogrammi delle velocità istantanee e verifica della normalità

In questo paragrafo sono stati riportati gli istogrammi delle velocità istantanee degli individui appartenenti allo stesso scenario (Fig. 3.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, 3.32, 3.33, 3.34, 3.35, 3.36, 3.37). Per verificare la normalità dei dati delle velocità istantanee si è seguita la metodologia spiegata nel paragrafo §2.4.6.3 ed è stata predisposta una tabella di sintesi per racchiudere i risultati di tutti i test effettuati (Tab. 3-Q). Come negli altri paragrafi, anche qui, i risultati sono stati suddivisi in base al contesto (interno/indoor ed esterno/outdoor).

Interno/indoor:

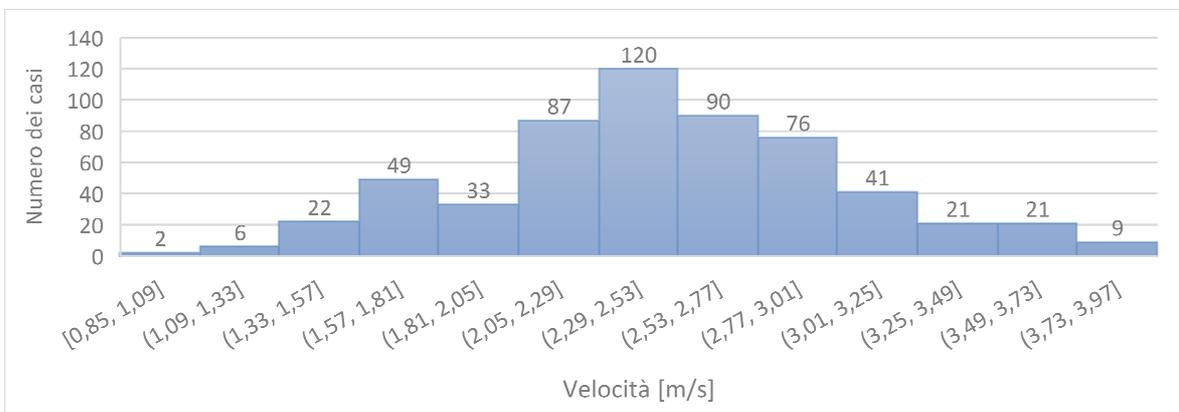


Fig. 3.24 Istogramma velocità istantanee degli individui (4 – attentato metropolitana Bruxelles)

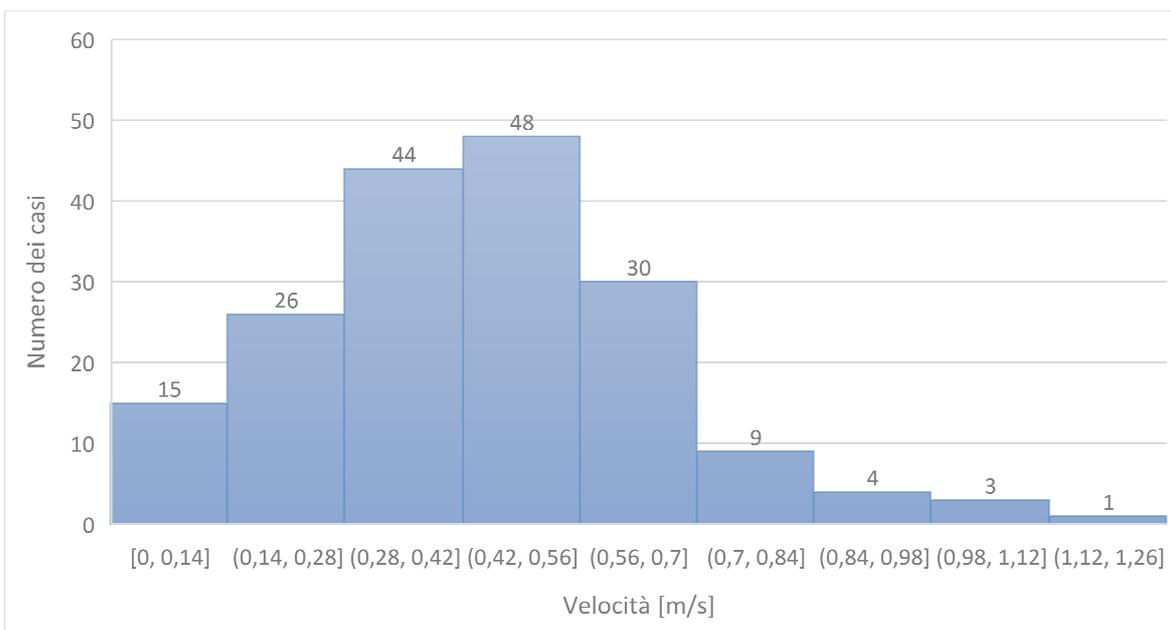


Fig. 3.25 Istogramma velocità istantanee degli individui (5 – attentato Manchester)

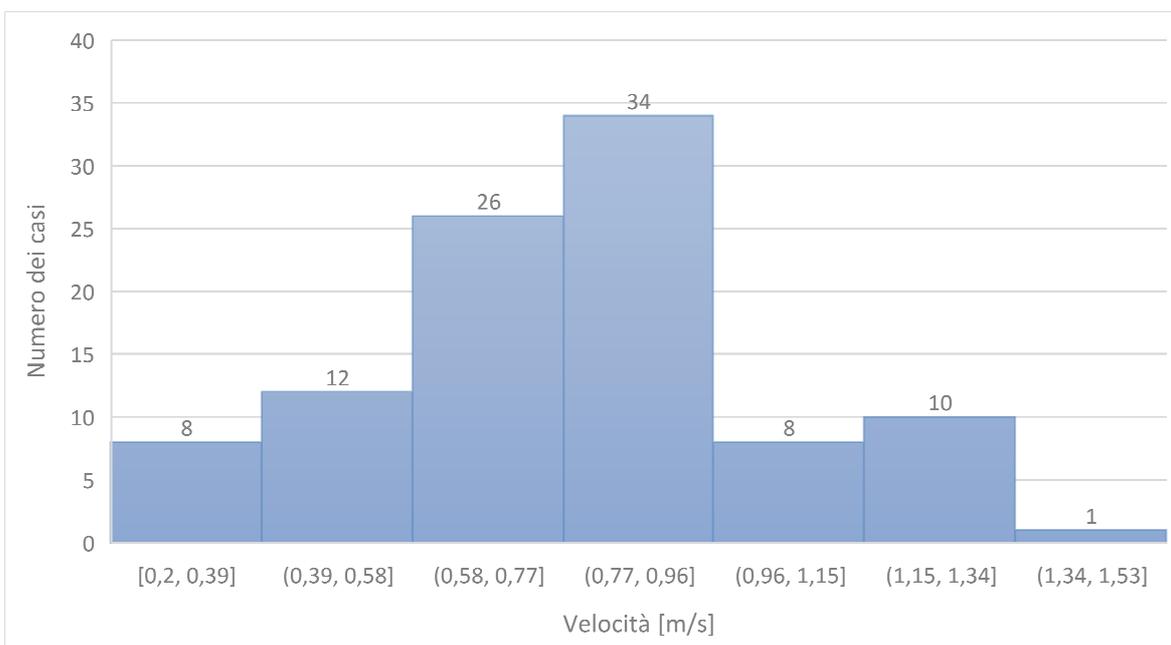


Fig. 3.26 Istogramma velocità istantanee degli individui (5 – attentato Manchester)

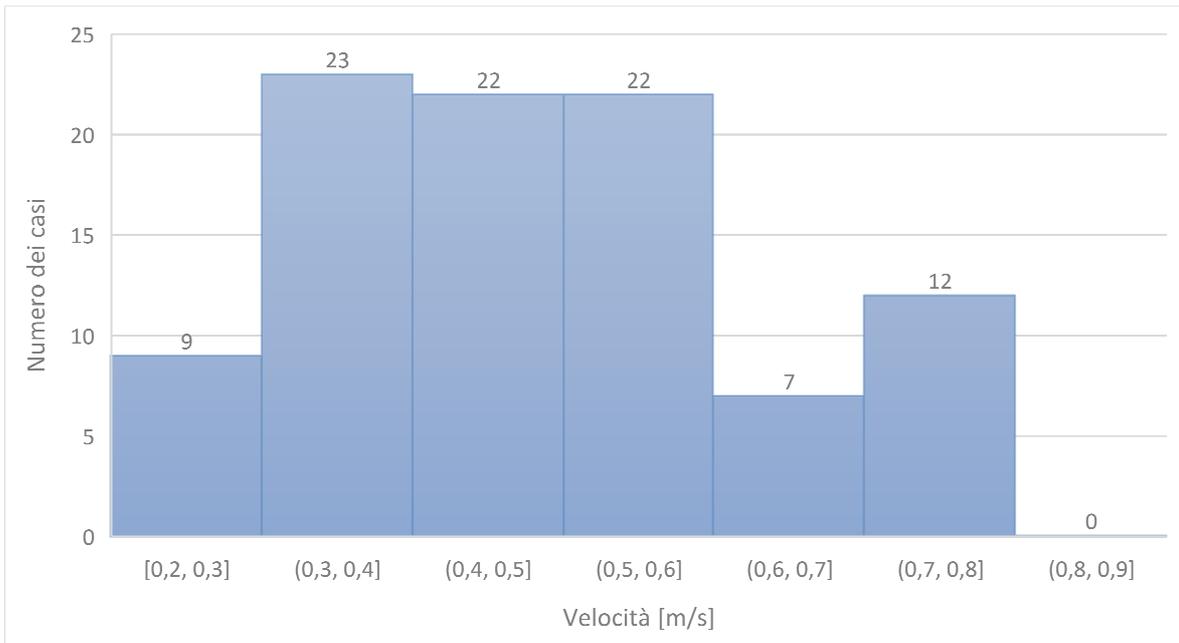


Fig. 3.27 Istogramma velocità istantanee degli individui (15 – attentato Manchester)

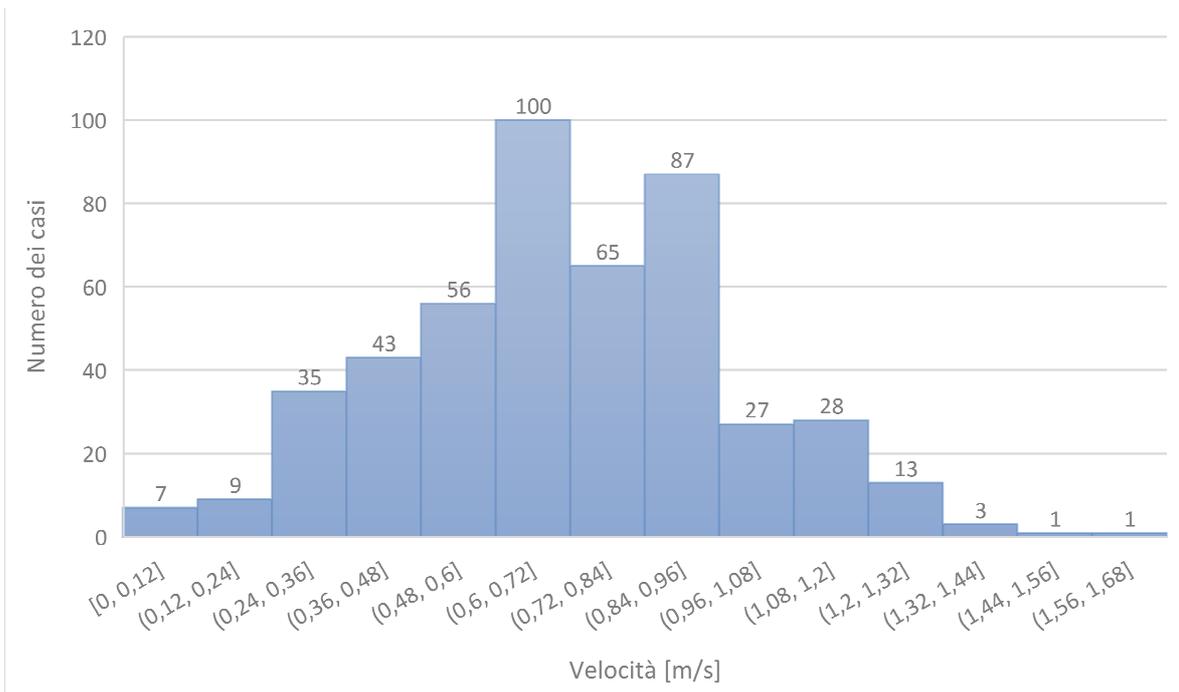


Fig. 3.28 Istogramma velocità istantanee degli individui (4 – attentato Madrid)

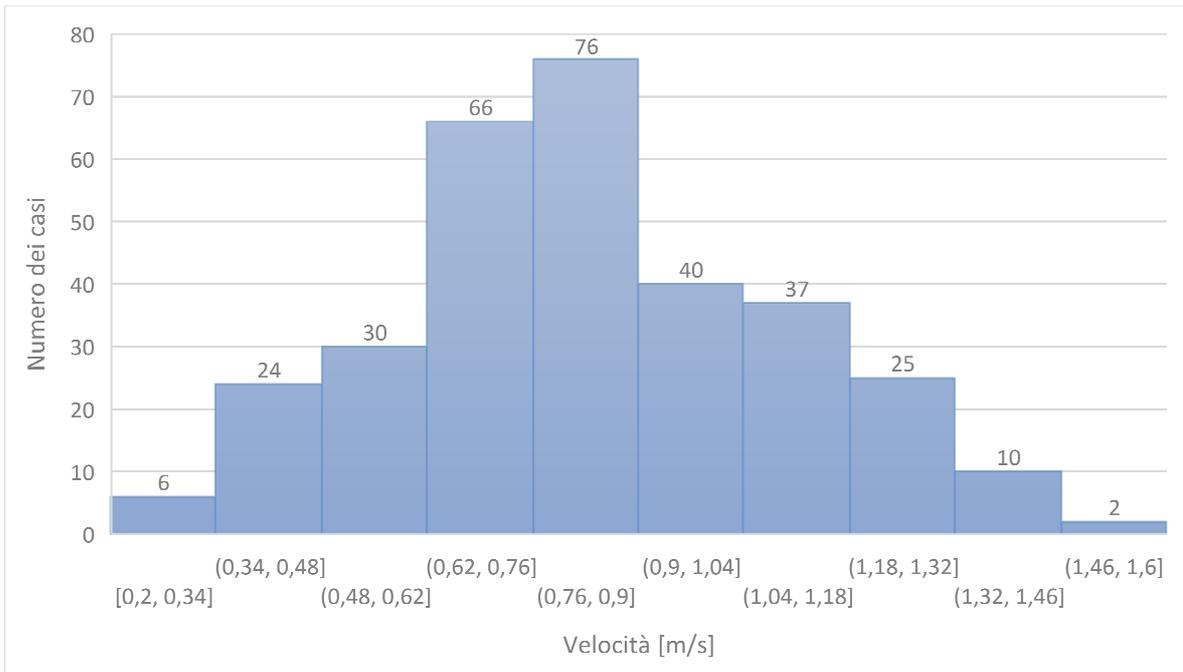


Fig. 3.29 Istogramma velocità istantanee degli individui (4 – attentato Madrid)

Esterno/outdoor:

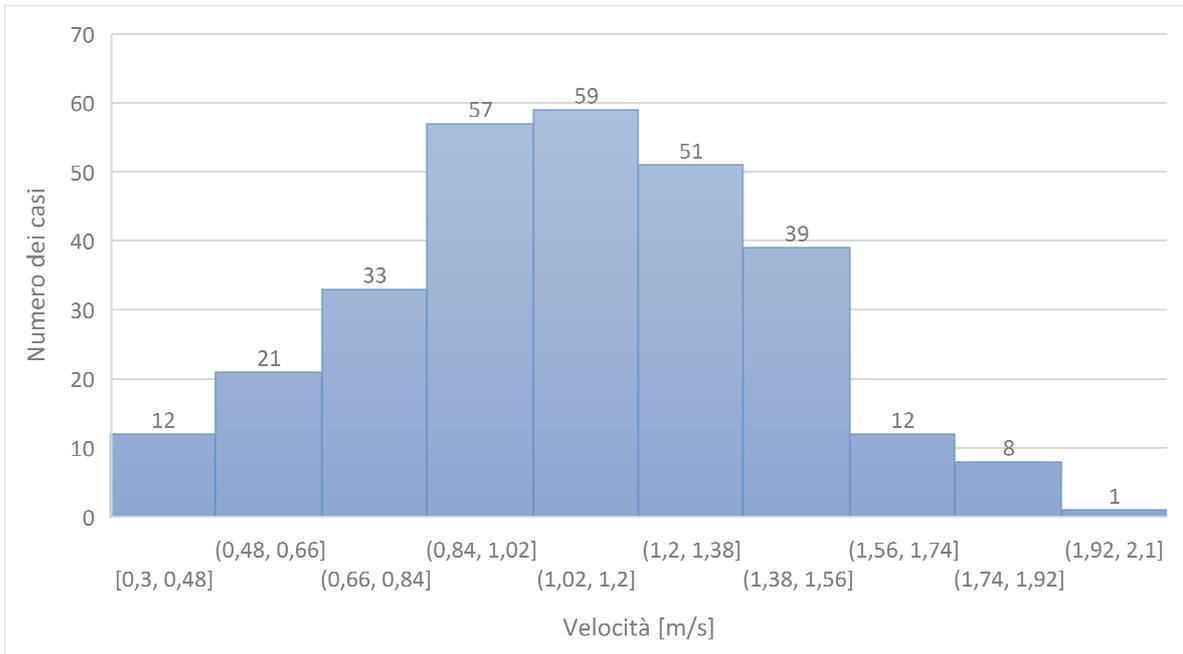


Fig. 3.30 Istogramma velocità istantanee degli individui (2 – attentato aeroporto Bruxelles)

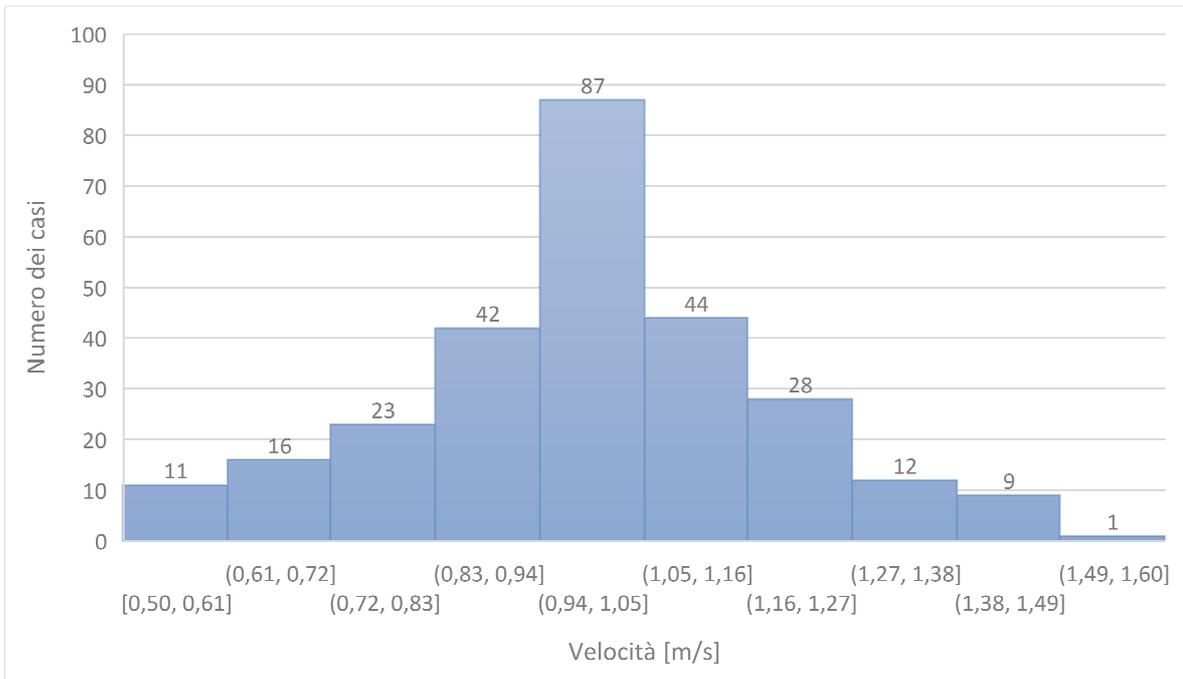


Fig. 3.31 Istogramma velocità istantanee degli individui (12 – attentato Torino)

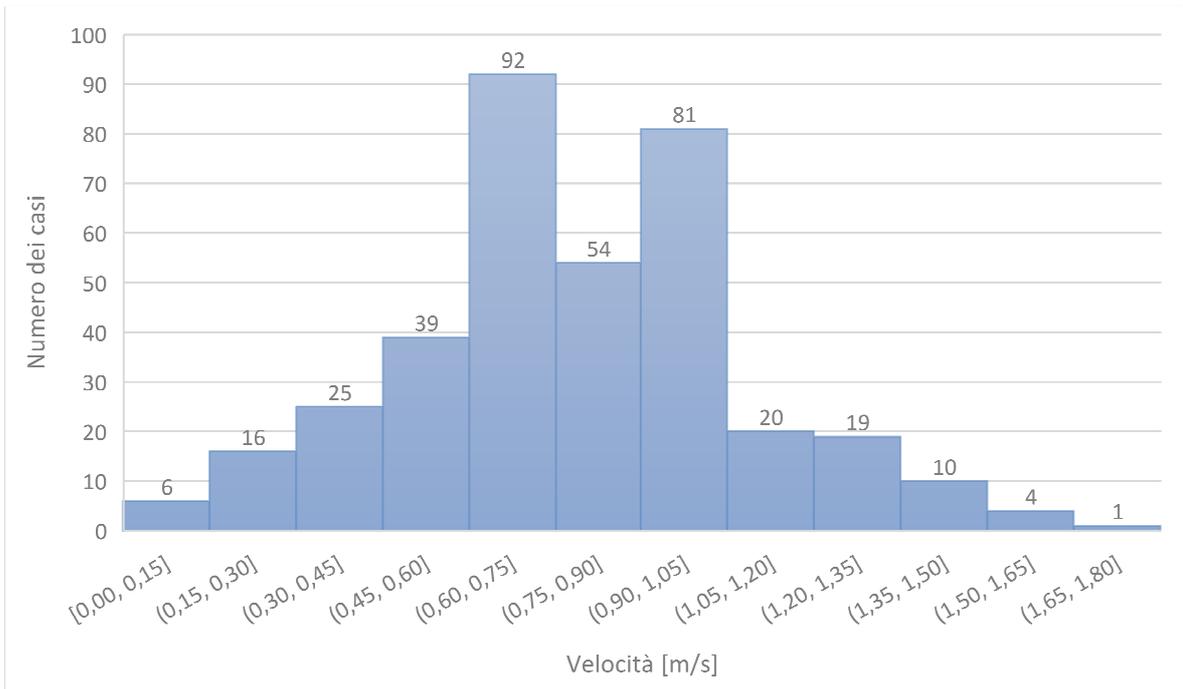


Fig. 3.32 Istogramma velocità istantanee degli individui (13 – attentato Torino)

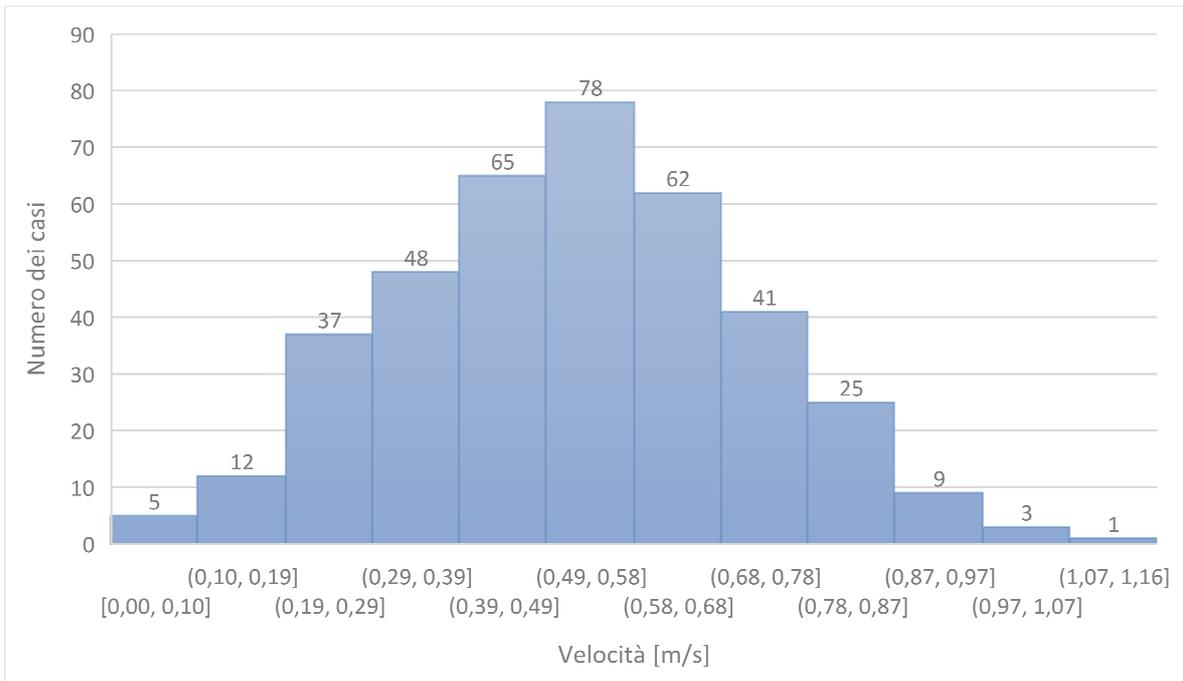


Fig. 3.33 Istogramma velocità istantanee degli individui (14 – attentato Torino)

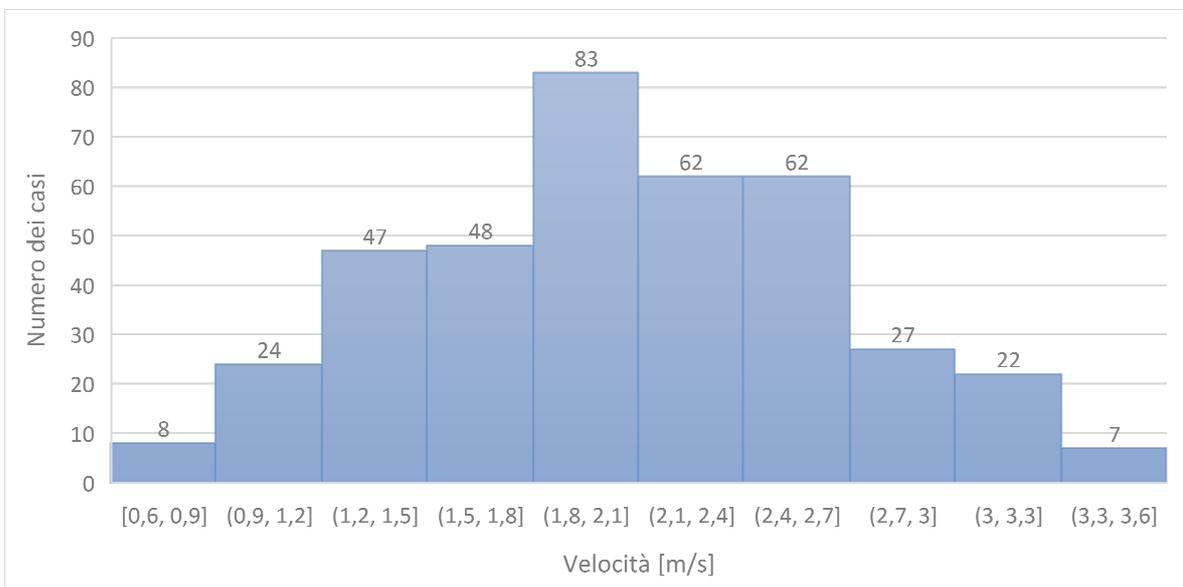


Fig. 3.34 Istogramma velocità istantanee degli individui (1 – attentato Stoccolma)

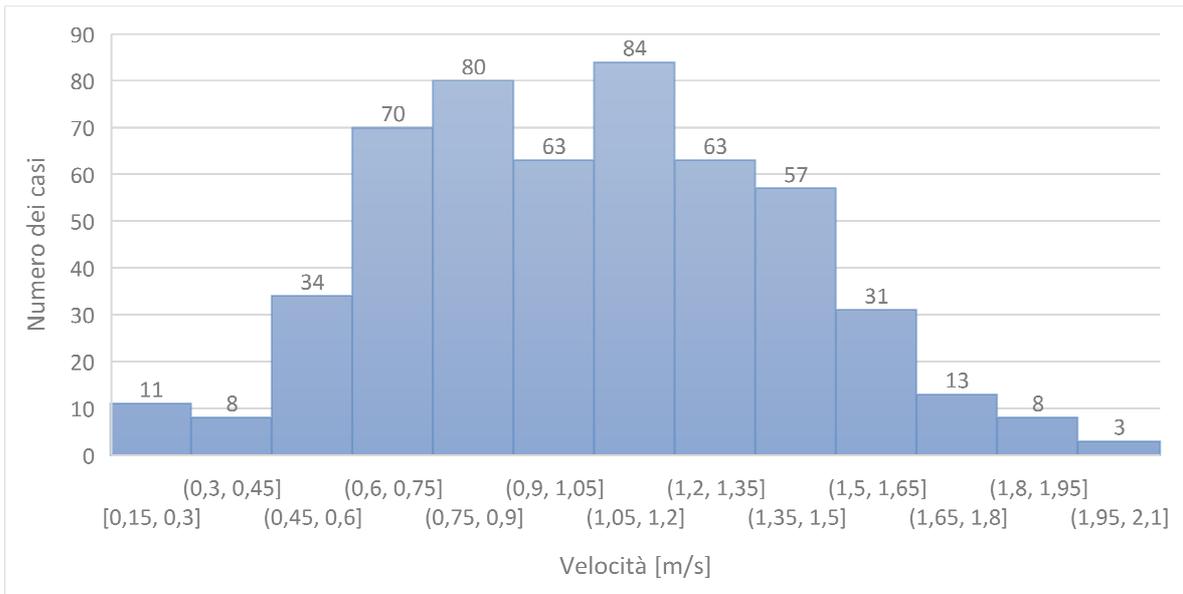


Fig. 3.35 Istogramma velocità istantanee degli individui (2 – attentato Stoccolma)

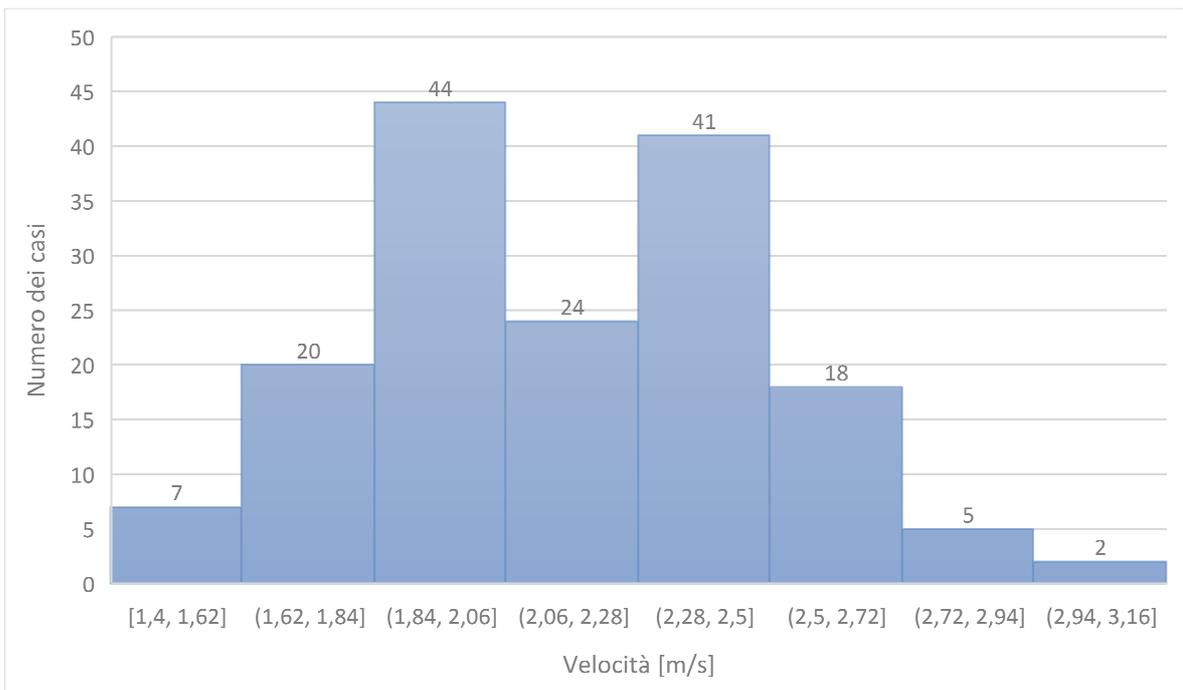


Fig. 3.36 Istogramma velocità istantanee degli individui (3 – attentato Stoccolma)

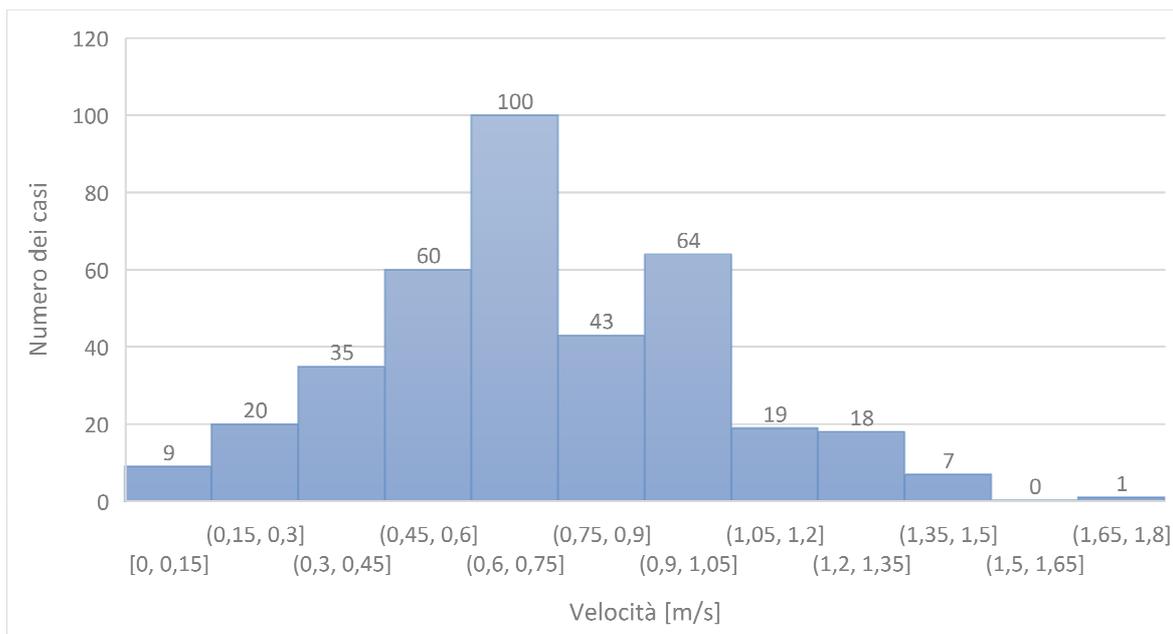


Fig. 3.37 Istogramma velocità istantanee degli individui (2 – attentato Parigi)

Contesto	Luogo geografico/ nome video	Test di normalità		
		Normalità		P-value
		Si	No	
<b>Indoor</b>	4 – attentato metropolitana Bruxelles	x		0,0529
	5 – attentato Manchester	x		0,0515
	5 – attentato Manchester	x		0,3696
	15 – attentato Manchester	x		0,0704
	4 – attentato Madrid	x		0,1031
	4 – attentato Madrid	x		0,0525
<b>Outdoor</b>	2 – attentato aeroporto Bruxelles	x		0,1429
	12 – attentato Torino	x		0,0512
	13 – attentato Torino	x		0,0611
	14 – attentato Torino	x		0,0517
	1 – attentato Stoccolma	x		0,0600
	2 – attentato Stoccolma	x		0,0745
	3 – attentato Stoccolma	x		0,0697
	2 – attentato Parigi	x		0,0642

Tab. 3-Q Tabella riassuntiva dei test di normalità dei video analizzati

### 3.2.5 Tabella medie campionarie delle velocità

Nella tabella (Tab. 3-R) sono riportate le medie campionarie delle velocità suddivise in base al contesto e al luogo geografico e successivamente sono stati riportati i risultati sotto forma grafica (Fig. 3.38 3.39 3.40 3.41) i quali sono stati suddivisi in base al contesto e al sesso.

Contesto	Luogo geografico/ nome video	ID.	Media campionaria velocità [m/s]							Densità media [p/mq]	
			Età			Sesso		Difficoltà motorie	Viaggia con un altro individuo		Presenza di ostacoli
			0-15	16-60	61-100	Maschio	Femmina				
Indoor	4 – attentato metropolitana Bruxelles	I1		2,50		2,63	2,19			0,721	
	5 – attentato Manchester	I2		0,44		0,50	0,43		0,38	1,234	
	5 – attentato Manchester	I3		0,81		0,89	0,80		0,53	0,586	
	15 – attentato Manchester	I4		0,50		0,63	0,47		0,42	0,597	
	4 – attentato Madrid	I5		0,74		0,75	0,61		0,65	1,845	
	4 – attentato Madrid	I6		0,86		0,88	0,71		0,78	1,933	
Outdoor	2 – attentato aeroporto Bruxelles	O1		1,09		1,12	1,06			0,229	
	12 – attentato Torino	O2		0,99		1,02	0,93			0,168	
	13 – attentato Torino	O3		0,75		0,91	0,82		1,03	0,183	
	14 – attentato Torino	O4		0,51		0,51	0,51		0,37	1,353	
	1 – attentato Stoccolma	O5		2,04		2,34	1,73			0,245	
	2 – attentato Stoccolma	O6		1,07	0,73	1,06	0,94			0,275	
	3 – attentato Stoccolma	O7		2,16		2,25	1,97			0,351	
	2 – attentato Parigi	O8		0,71		0,72	0,68		0,35	0,500	

Tab. 3-R Medie campionarie della velocità dei video analizzati

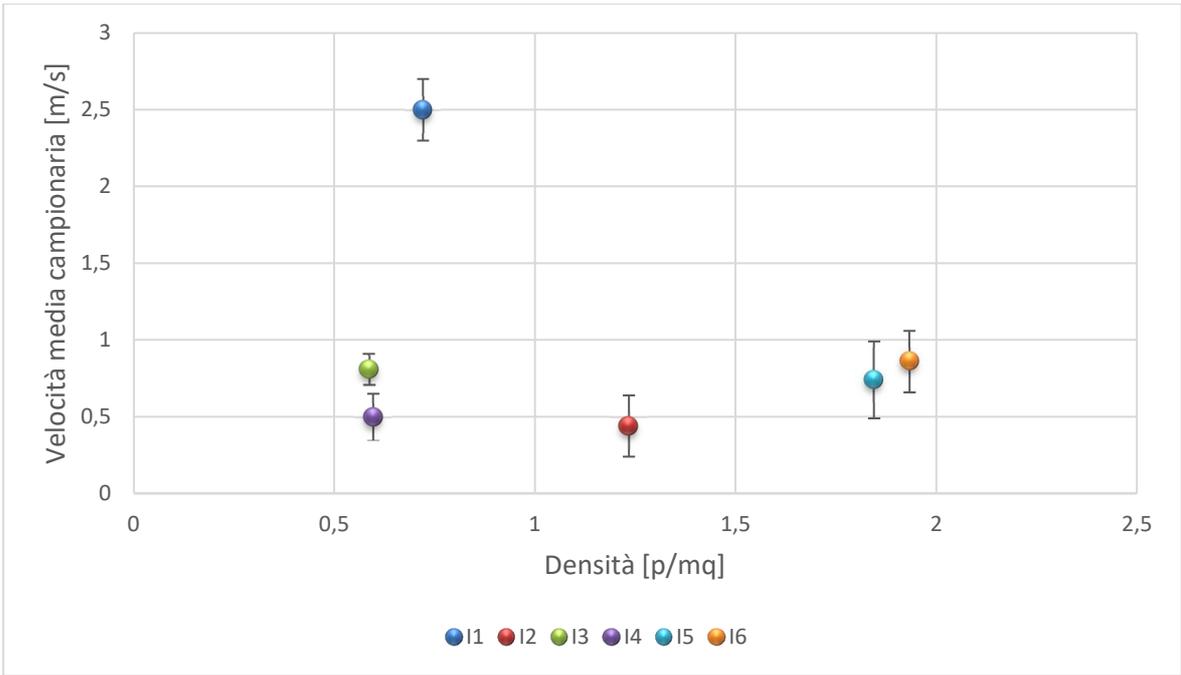


Fig. 3.38 Grafico velocità media campionaria – densità (Indoor)

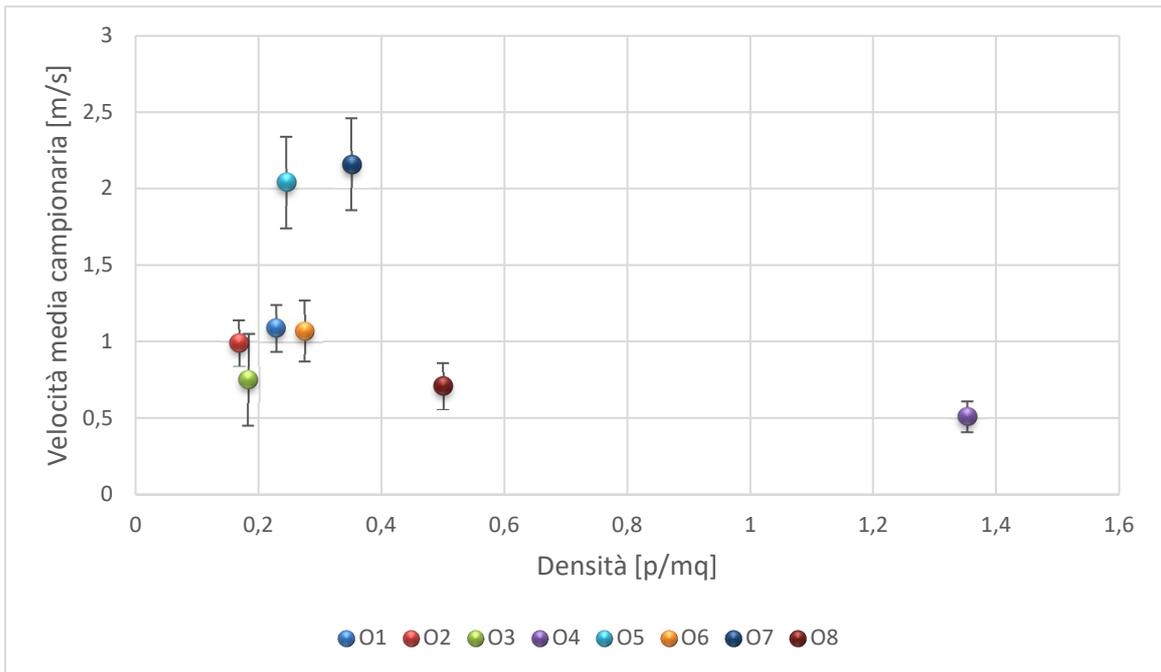


Fig. 3.39 Grafico velocità media campionaria – densità (Outdoor)

Nei grafici precedenti (fig. 3.38 e 3.39) sono stati confrontati i valori delle velocità in relazione al luogo in cui avviene l'evacuazione, dai dati estratti dalle analisi è stato notato immediatamente che le velocità degli individui nel contesto outdoor sono maggiori rispetto a quelle del caso indoor; questo può essere dovuto al fatto che in ambiente esterno le persone hanno più libertà di movimento e le vie per raggiungere le zone sicure possono essere

molteplici rispetto al caso indoor, in cui si può avere una sola via di fuga e gli spazi sono più ristretti per via della maggiore densità e della geometria. Altri fattori che influenzano il valore della velocità in aggiunta al contesto sono: la presenza di ostacoli lungo il percorso e l'evacuazione insieme ad altri individui. Entrambi i fattori implicano una diminuzione delle velocità, il primo è il fatto di doverli aggirare (casi O4, I2, I4, I5, I6 della tabella 3-R), per il secondo è il fatto di aspettare l'individuo più lento o magari accertarsi solo del fatto che stia bene (casi I3, O3, O8 della tabella 3-R).

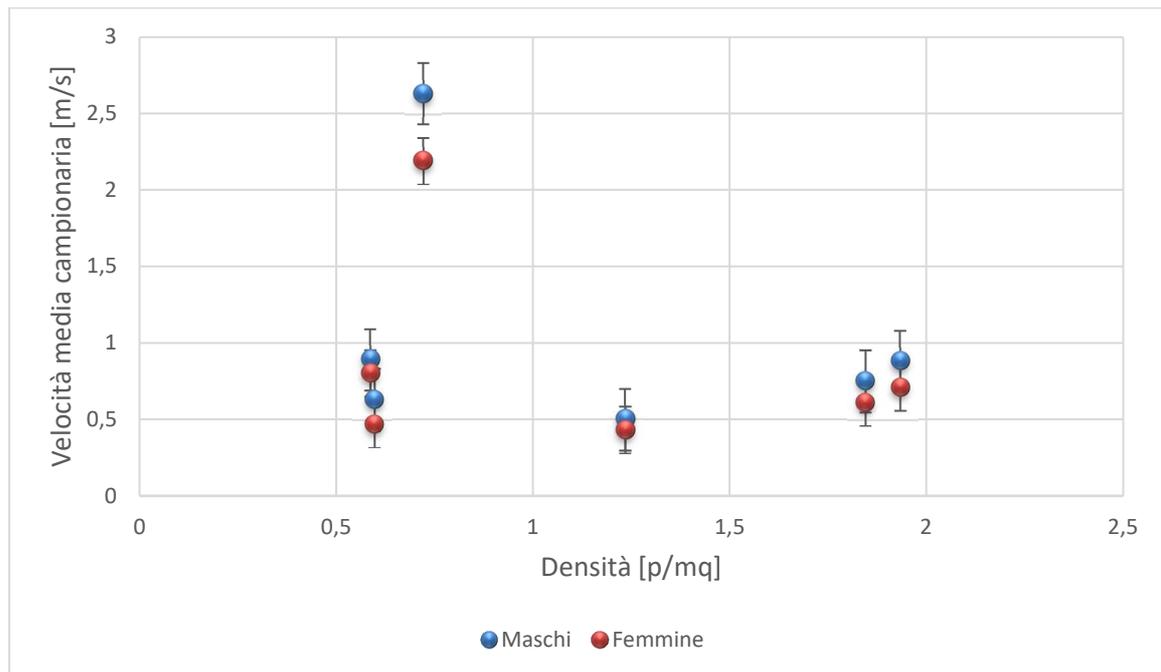


Fig. 3.40 Grafico velocità media campionaria – densità (Indoor)

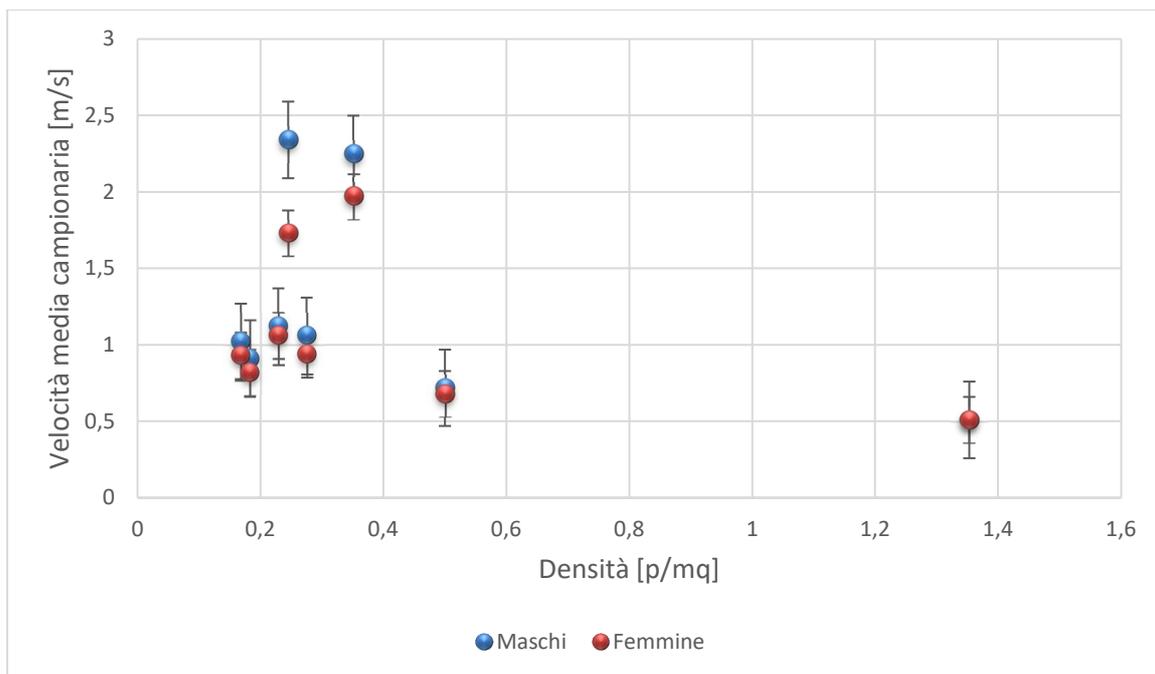


Fig. 3.41 Grafico velocità media campionaria – densità (Outdoor)

Confrontando l'analisi tra le velocità degli individui di sesso maschile con quelli di sesso femminile è stata notata immediatamente la differenza di velocità; sicuramente è dovuta alle caratteristiche fisiche ben diverse tra le due categorie. Un altro aspetto, anche se meno evidente emerso dal confronto di questi dati è che tenendo conto sia della velocità che della densità, nei casi in cui quest'ultima è più elevata, la differenza tra le velocità delle due categorie è minore. Questo fatto è strettamente collegato alla densità, infatti per casi in cui questa risulta essere maggiore gli individui maschi non sono in grado mettere in risalto le qualità fisiche per via dell'eccessiva presenza di persone e quindi tenderanno ad avere una velocità simile agli individui di sesso femminile.

## **CAPITOLO QUARTO – CONCLUSIONI**

L'obiettivo di questo studio è determinare i comportamenti più frequenti e caratterizzare mediante dati specifici gli individui o le folle durante una fase di emergenza dovuta ad un attacco terroristico. Il comportamento umano durante un processo evacuativo è qualcosa di molto imprevedibile e per effettuare un'analisi più accurata possibile sono stati analizzati scenari molto diversi fra loro, che trovavano differenze nel luogo (interno/indoor o esterno/outdoor) e nella tipologia di attentato (esplosione, sparatoria o auto sulla folla). In questo lavoro sono state analizzate 66 scene appartenenti ai 45 video forniti dal correlatore che riprendono a loro volta sei casi di studio diversi. L'esplosione è la tipologia di attentato più analizzata (78,18%) mentre, dal punto di vista del luogo, le scene più analizzate riguardano il contesto esterno (69,09%).

Dall'analisi qualitativa delle scene sono stati individuati i comportamenti più ricorrenti tra gli individui che partecipano alla fase di evacuazione di un'emergenza terroristica e sono i seguenti: "attrazione verso aree sicure" (78,79%), "effetto gregge" (54,55%), "presenza di ostacoli bassi" (59,09%), "legami di gruppo" (60,61%) e "panico" (51,52%). Questi comportamenti, ad eccezione della "presenza di ostacoli bassi" che consiste nel non avere la giusta distanza di sicurezza da possibili elementi che ostacolano il normale flusso, si verificano prevalentemente negli spazi esterni e in assenza di personale istruito nel gestire questo tipo di fenomeni per cui, nella progettazione della sicurezza, si potrebbe cercare di inserire un numero opportuno di gestori nel caso di eventi pubblici o istruire degli individui sia nei luoghi privati che in quelli pubblici così che fungeranno da leader e potranno consigliare una corretta evacuazione alle persone presenti e magari sfruttare "l'effetto gregge". Questo comportamento, come detto precedentemente, si verifica negli spazi esterni ed, in particolare in quelli confinati. In questo caso le possibilità di scelta del percorso da parte dell'individuo sono limitate, le densità saranno più elevate e la possibilità che la sensazione di panico si diffonda è alta. Per questi motivi bisogna porre molta attenzione nella progettazione a garantire un numero adeguato di vie di fuga in relazione al numero di individui presenti o che potranno essere presenti nel contesto.

Nella seconda parte del lavoro è stata fatta un'analisi quantitativa dei video ed elaborando i dati sono stati ottenuti i valori di densità, flusso, velocità media e velocità istantanea. Questi dati, come primo passo, possono essere confrontati con quelli in letteratura per stabilire se i risultati ottenuti siano coerenti o meno e in un secondo momento potranno essere utilizzati

per effettuare simulazioni che affiancate alle situazioni reali potranno fornire ulteriori informazioni riguardo le scene di evacuazione. I risultati delle velocità confrontati con quelli disponibili in letteratura [54] [55] sono piuttosto simili, si differenziano quasi tutti per un massimo di 0,1 m/s. L'unica differenza più evidente è stata riscontrata per valori di densità bassi in cui le velocità assumevano valori tra i 2,5-2,8 m/s. Per quanto riguarda i valori di flusso si sono riscontrati gli stessi risultati, infatti, i valori con una differenza maggiore riguardano le densità basse. Le differenze di questi valori rispetto alla letteratura sono date da fattori come: etnia, condizioni ambientali, fattori culturali, ecc.

Questo lavoro riguarda solo alcune tipologie di attentato: esplosione, sparatoria e veicoli sulla folla ed è per questo che sotto altri tipi di attacco gli individui si potrebbero comportare in maniera differente. Un altro punto da tenere in considerazione è il luogo in cui avvengono queste evacuazioni, infatti sono state analizzate scene sia in un contesto indoor che in quello outdoor ma, in questo studio quelle analizzate riguardano soprattutto il contesto outdoor quindi risulterebbe necessario approfondire quello indoor. Un ulteriore aspetto che si potrebbe affrontare in futuro, come anticipato precedentemente, è l'analisi di una simulazione in un determinato scenario dalla quale si potrebbero ottenere ulteriori informazioni di come, al variare di alcuni parametri, vari la relazione della folla. Tutti questi approfondimenti consentirebbero di prevedere misure sempre più efficaci per salvaguardare le persone e diminuire il numero di vittime e feriti in caso di attacco terroristico.

# ALLEGATI

## Tabelle valore statistici dei singoli individui

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE							
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO	PRESENZA DI UN OSTACOLO SUL CAMMINO
							0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA			
MASSA M														
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X			X			
2,51	2,53	2,31	2,53	2,69	2,10	3,00								
MASSA K								X			X			
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,33	2,35	1,88	2,35	2,63	1,64	3,27								
MASSA J								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
3,03	3,05	2,85	3,05	3,20	2,57	3,53								
MASSA F								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,79	2,90	2,05	2,90	3,45	1,60	3,65								
MASSA E								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,76	2,80	2,51	2,80	3,00	1,95	3,46								
MASSA D								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,46	2,45	2,29	2,45	2,65	2,05	2,88								
MASSA C								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,26	2,30	2,10	2,30	2,50	1,50	2,80								
MASSA I								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,46	2,35	2,15	2,35	2,60	2,05	3,20								
MASSA H								X		X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
2,96	2,90	2,61	2,90	3,44	1,86	3,80								
MASSA G								X		X		X		
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
1,38	1,40	1,24	1,40	1,56	0,93	1,70								
MASSA B									X	X				
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
1,81	1,80	1,65	1,80	1,90	1,58	2,05								

Tabella velocità istantanee degli individui (4 – attentato metropolitana Bruxelles)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE							
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO	PRESENZA DI UN OSTACOLO
							0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA			
MASSA A								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,41	0,40	0,31	0,40	0,50	0,22	0,55								
MASSA B								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,35	0,30	0,25	0,30	0,45	0,15	0,63								
MASSA C								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,50	0,55	0,35	0,55	0,64	0,20	0,76								
MASSA E								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,46	0,48	0,30	0,48	0,59	0,07	0,91								
MASSA F								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,39	0,40	0,13	0,40	0,50	0,02	0,78								
MASSA G								X		X			X	
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95								
0,54	0,55	0,38	0,55	0,70	0,05	0,85								

Tabella velocità istantanee degli individui (5 – attentato Manchester)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE						
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO
0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA									
MASSA A													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,89	0,93	0,85	0,93	1,15	0,28	1,24							
MASSA B													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X			X		X
0,71	0,73	0,61	0,73	0,84	0,47	0,88							
MASSA C													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,87	0,85	0,80	0,85	0,95	0,70	1,10							
MASSA D													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,92	0,95	0,88	0,95	1,00	0,74	1,03							
MASSA E													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,94	0,93	0,71	0,93	1,14	0,60	1,32							
MASSA F													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,55	0,55	0,46	0,55	0,69	0,30	0,75							

Tabella velocità istantanea degli individui (5 – attentato Manchester)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE						
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO
0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA									
MASSA A													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,58	0,60	0,55	0,60	0,65	0,44	0,70							
MASSA B													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,63	0,65	0,54	0,65	0,71	0,39	0,76							
MASSA C													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,52	0,53	0,45	0,53	0,59	0,40	0,70							
MASSA D													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,40	0,40	0,31	0,40	0,50	0,25	0,60							
MASSA E													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,39	0,40	0,35	0,40	0,41	0,29	0,51							

Tabella velocità istantanea degli individui (15 – attentato Manchester)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE						
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO
0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA									
MASSA A													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,90	0,95	0,85	0,95	1,00	0,59	1,10							
MASSA C													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,77	0,78	0,66	0,78	1,01	0,30	1,10							
MASSA D													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,99	0,88	0,75	0,88	1,25	0,60	1,46							
MASSA E													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,57	0,55	0,33	0,55	0,75	0,06	1,09							
MASSA F													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,65	0,60	0,44	0,60	0,83	0,30	1,01							
MASSA G													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			
0,88	0,90	0,75	0,90	1,00	0,64	1,10							
MASSA H													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,59	0,50	0,40	0,50	0,80	0,30	1,06							
MASSA I													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,79	0,75	0,60	0,75	0,95	0,50	1,24							
MASSA J													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,61	0,65	0,40	0,65	0,80	0,25	0,95							
MASSA L													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,70	0,70	0,60	0,70	0,84	0,42	0,98							
MASSA O													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,69	0,70	0,59	0,70	0,85	0,44	0,93							
MASSA Q													
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95		X		X			X
0,60	0,68	0,40	0,68	0,75	0,20	1,02							

Tabella velocità istantanea degli individui (4 – attentato Madrid)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA		
MASSA A													
1,02	1,05	0,85	1,05	1,25	0,53	1,40		X			X		
MASSA C													
0,70	0,70	0,55	0,70	0,85	0,35	0,95		X			X		
MASSA D													
0,82	0,85	0,73	0,85	0,90	0,57	0,95		X		X		X	
MASSA E													
0,73	0,70	0,60	0,70	0,80	0,49	1,11		X			X		
MASSA F													
0,74	0,70	0,65	0,70	0,75	0,64	0,91		X		X		X	
MASSA G													
0,89	0,88	0,76	0,88	1,00	0,59	1,10		X		X		X	
MASSA H													
0,73	0,75	0,66	0,75	0,93	0,56	1,04		X		X		X	
MASSA I													
1,00	1,00	0,81	1,00	1,05	0,71	1,25		X		X			
MASSA J													
0,68	0,70	0,60	0,70	0,75	0,40	0,85		X			X		
MASSA K													
1,12	1,15	0,95	1,15	1,25	0,80	1,45		X		X			
MASSA L													
0,88	0,93	0,56	0,93	1,20	0,33	1,30		X		X		X	
MASSA P													
0,74	0,80	0,45	0,80	1,00	0,30	1,14		X		X		X	
MASSA Q													
1,05	1,08	1,00	1,08	1,20	0,63	1,30		X		X			
MASSA R													
0,67	0,70	0,54	0,70	0,75	0,45	0,92		X		X		X	

Tabella velocità istantanee degli individui (4 – attentato Madrid)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA		
MASSA A													
1,17	1,25	0,90	1,25	1,30	0,80	1,50		X			X		
MASSA B													
0,88	0,90	0,45	0,90	1,25	0,34	1,50		X			X	X	
MASSA C													
1,24	1,23	1,20	1,23	1,26	1,17	1,37		X		X			
MASSA D													
1,17	1,10	1,00	1,10	1,40	0,85	1,66		X			X		
MASSA E													
1,12	1,10	0,95	1,10	1,20	0,74	1,58		X			X		
MASSA F													
1,32	1,40	1,05	1,40	1,65	0,60	1,78		X		X			
MASSA G													
1,02	1,00	0,80	1,00	1,23	0,60	1,50		X		X			
MASSA H													
0,83	0,80	0,60	0,80	1,00	0,49	1,22		X		X			

Tabella velocità istantanee degli individui (2 – attentato aeroporto Bruxelles)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA		
MASSA A_1													
0,93	0,95	0,70	0,95	1,15	0,60	1,25		X			X		
MASSA B_1													
1,04	1,05	0,90	1,05	1,18	0,79	1,33		X			X		
MASSA C_1													
1,01	1,00	0,95	1,00	1,10	0,84	1,10		X		X			
MASSA D_1													
0,96	0,95	0,85	0,95	1,00	0,75	1,25		X			X		
MASSA E_1													
0,97	1,00	0,85	1,00	1,10	0,75	1,20		X		X		X	
MASSA F_1													
1,05	1,05	1,00	1,05	1,13	0,81	1,25		X		X			
MASSA H_1													
0,93	0,85	0,75	0,85	1,05	0,66	1,30		X			X	X	
MASSA A_2													
0,82	0,85	0,78	0,85	0,90	0,55	1,00		X		X		X	
MASSA B_2													
1,02	0,95	0,85	0,95	1,15	0,75	1,36		X		X			
MASSA C_2													
0,96	0,95	0,85	0,95	1,10	0,63	1,22		X		X			
MASSA F_2													
1,21	1,25	1,03	1,25	1,39	0,89	1,46		X		X			

Tabella velocità istantanee degli individui (12 – attentato Torino)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE						
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE	VIAGGIA CON UN ALTRO INDIVIDUO
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA			
MASSA B									X		X			
0,73	0,70	0,65	0,70	0,80	0,51	0,90								
MASSA F									X		X			
1,10	1,08	1,00	1,08	1,20	0,90	1,40								
MASSA G									X		X			
0,80	0,80	0,70	0,80	0,93	0,35	1,00								
MASSA I									X		X			
0,40	0,40	0,25	0,40	0,50	0,10	0,65								
MASSA L									X		X		X	
1,03	0,95	0,81	0,95	1,25	0,65	1,55								
MASSA M									X		X		X	
1,02	1,00	0,90	1,00	1,10	0,85	1,20								

Tabella velocità istantanee degli individui (13 – attentato Torino)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA		
MASSA A									X		X		
0,65	0,65	0,45	0,65	0,80	0,30	0,95							
MASSA B									X		X		X
0,34	0,35	0,25	0,35	0,43	0,17	0,50							
MASSA E									X		X		
0,59	0,65	0,45	0,65	0,73	0,25	0,84							
MASSA F									X		X		
0,52	0,55	0,45	0,55	0,60	0,27	0,70							
MASSA G									X		X		X
0,39	0,45	0,25	0,45	0,55	0,07	0,60							
MASSA H									X		X		
0,58	0,55	0,45	0,55	0,70	0,35	0,85							

Tabella velocità istantanee degli individui (14 – attentato Torino)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI								ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
								ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA		
MASSA A									X		X		
2,07	2,05	1,94	2,05	2,25	1,70	2,41							
MASSA B									X		X		
1,74	1,73	1,21	1,73	2,34	0,75	2,33							
MASSA C									X		X		
2,02	2,05	1,80	2,05	2,25	1,61	2,37							
MASSA D									X		X		
2,45	2,50	2,13	2,50	2,73	1,78	3,10							
MASSA E									X		X		
2,71	2,90	2,35	2,90	3,10	2,10	3,30							
MASSA F									X		X		
1,81	1,80	1,63	1,80	1,93	1,40	2,37							
MASSA G									X		X		X
1,32	1,30	1,16	1,30	1,50	0,93	1,70							
MASSA H									X		X		
2,17	2,40	1,50	2,40	2,83	1,05	3,16							

Tabella velocità istantanee degli individui (1 – attentato Stoccolma)

VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA	
MASSA A - 2												
1,20	1,25	1,08	1,25	1,30	0,95	1,35		X		X		
MASSA B												
1,28	1,45	1,00	1,45	1,55	0,43	1,78		X		X		
MASSA C												
1,00	1,15	0,90	1,15	1,40	0,25	1,56		X		X		
MASSA D												
0,90	0,85	0,65	0,85	1,10	0,50	1,54		X			X	
MASSA E												
0,87	0,90	0,73	0,90	1,08	0,90	1,15		X			X	
MASSA F												
0,61	0,60	0,55	0,60	0,70	0,35	0,85			X		X	
MASSA G												
0,95	0,95	0,85	0,95	1,05	0,65	1,20		X			X	
MASSA H												
1,37	1,35	1,15	1,35	1,55	0,92	1,85		X			X	
MASSA I												
0,84	0,90	0,75	0,90	0,95	0,25	1,10			X	X		
MASSA J												
1,05	1,15	0,93	1,15	1,28	0,28	1,48		X		X		
MASSA K												
0,97	0,90	0,75	0,90	1,25	0,55	1,45		X		X		

Tabella velocità istantanee degli individui (2 – attentato Stoccolma)

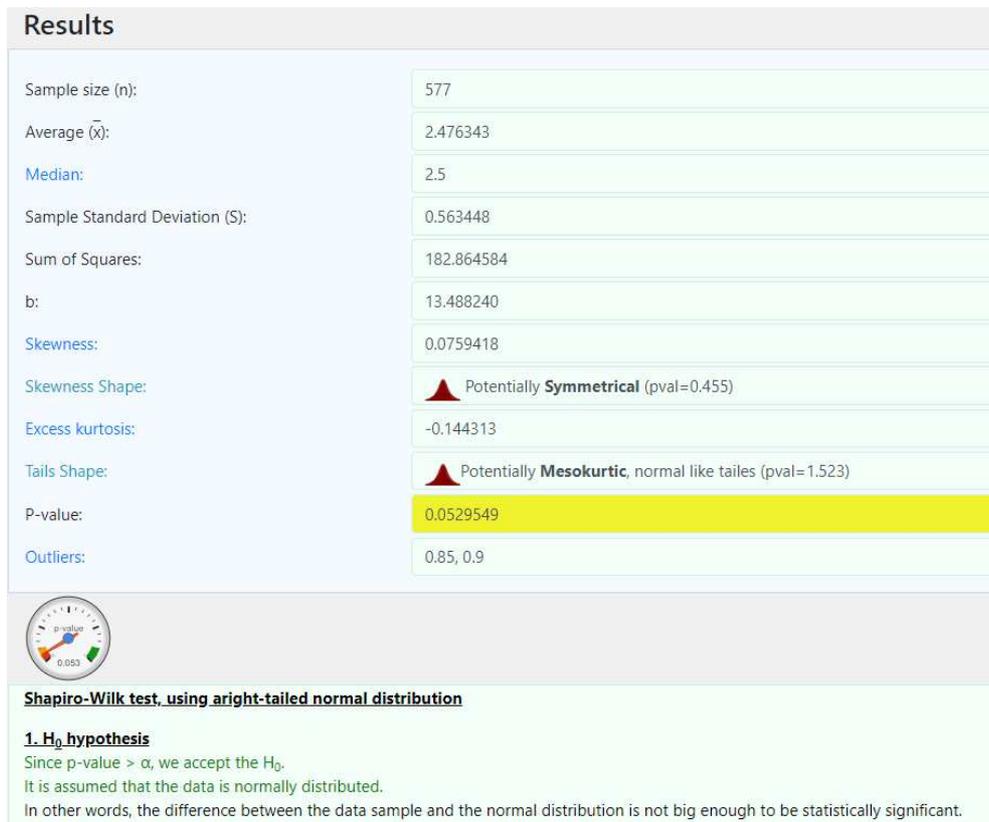
VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA	
MASSA A												
1,82	1,80	1,75	1,80	1,90	1,62	2,05			X		X	
MASSA B												
2,37	2,35	2,20	2,35	2,48	2,00	2,84		X		X		
MASSA C												
1,99	1,95	1,90	1,95	2,15	1,72	2,25		X			X	
MASSA D												
2,11	2,10	1,95	2,10	2,33	1,64	2,56		X			X	
MASSA E												
2,44	2,43	2,33	2,43	2,55	1,95	2,94		X		X		
MASSA F												
2,22	2,35	2,05	2,35	2,40	1,79	2,49		X		X		
MASSA G												
1,82	1,78	1,59	1,78	2,00	1,52	2,22		X			X	
MASSA H												
2,41	2,43	2,28	2,43	2,59	1,98	2,74		X		X		
MASSA I												
2,27	2,15	2,05	2,15	2,45	1,92	2,73		X		X		

Tabella velocità istantanee degli individui (3 – attentato Stoccolma)

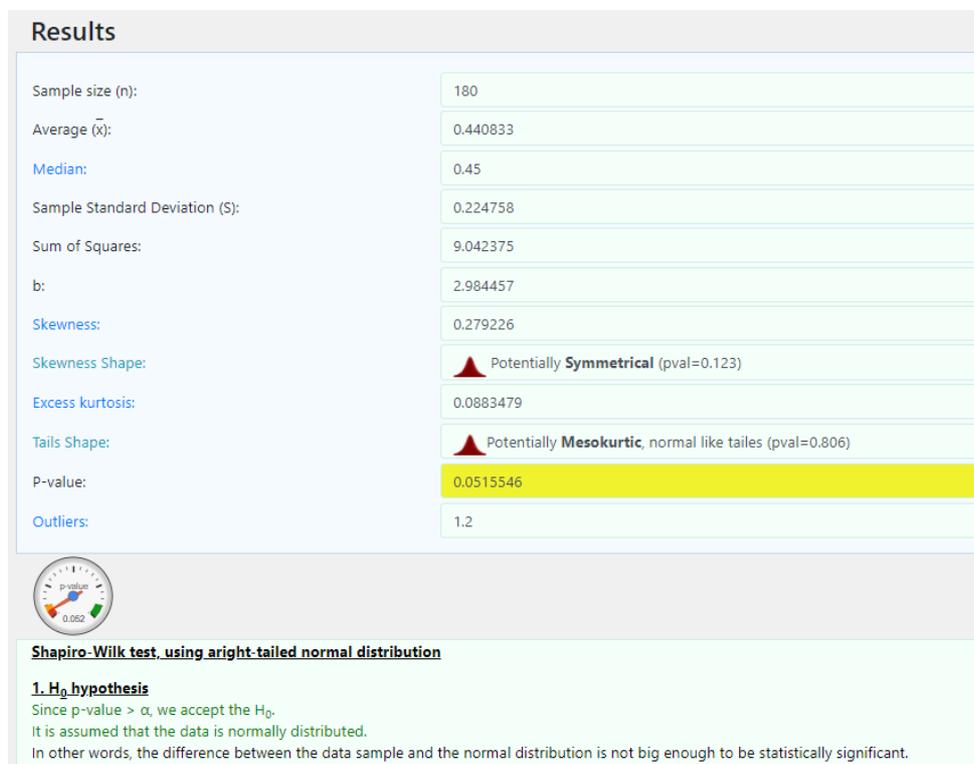
VALORI STATISTICI DEI SINGOLI INDIVIDUI							ANALISI COMPORTAMENTALE DELLE VELOCITÀ ISTANTANEE					
							ETÀ			SESSO		DIFFICOLTÀ MOTORIE
VEL. MEDIA	MEDIANA	PERCENTILE 0,25	PERCENTILE 0,50	PERCENTILE 0,75	PERCENTILE 0,05	PERCENTILE 0,95	0-15	16-60	60-100	MASCHIO	FEMMINA	
MASSA B												
1,06	1,08	0,91	1,08	1,20	0,75	1,40		X		X		
MASSA C												
0,80	0,80	0,60	0,80	0,95	0,41	1,20		X		X		
MASSA D												
0,68	0,65	0,55	0,65	0,85	0,36	0,99		X			X	
MASSA E												
0,63	0,60	0,45	0,60	0,75	0,35	1,09		X		X		
MASSA F												
0,69	0,70	0,55	0,70	0,81	0,35	1,12		X			X	
MASSA G												
0,37	0,33	0,15	0,33	0,55	0,08	0,82		X		X		
MASSA H												
0,75	0,70	0,63	0,70	0,88	0,50	1,16		X		X		

Tabella velocità istantanee degli individui (2 – attentato Parigi)

## Verifica normalità dei dati delle analisi video



Verifica normalità (4 – attentato metropolitana Bruxelles)



Verifica normalità (5 – attentato Manchester)

## Results

Sample size (n):	99
Average ( $\bar{x}$ ):	0.783333
Median:	0.8
Sample Standard Deviation (S):	0.252942
Sum of Squares:	6.270000
b:	2.486165
Skewness:	-0.143295
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=1.445)
Excess kurtosis:	-0.375623
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.566)
P-value:	0.369654
Outliers:	



### Shapiro-Wilk test, using a right-tailed normal distribution

#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (5 – attentato Manchester)

## Results

Sample size (n):	95
Average ( $\bar{x}$ ):	0.500000
Median:	0.5
Sample Standard Deviation (S):	0.136054
Sum of Squares:	1.740000
b:	1.302765
Skewness:	0.0485437
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.844)
Excess kurtosis:	-0.693047
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.843)
P-value:	0.0703870
Outliers:	



### Shapiro-Wilk test, using a right-tailed normal distribution

#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (15 – attentato Manchester)

## Results

Sample size (n):	475
Average ( $\bar{x}$ ):	0.708737
Median:	0.7
Sample Standard Deviation (S):	0.268793
Sum of Squares:	34.246242
b:	5.836577
Skewness:	0.0514321
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.646)
Excess kurtosis:	-0.0957675
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.332)
P-value:	0.103089
Outliers:	1.6



### Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution

#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (4 – attentato Madrid)

## Results

Sample size (n):	369
Average ( $\bar{x}$ ):	0.845393
Median:	0.85
Sample Standard Deviation (S):	0.262964
Sum of Squares:	25.447168
b:	5.024969
Skewness:	0.0579596
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.648)
Excess kurtosis:	-0.359207
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.844)
P-value:	0.0525089
Outliers:	



### Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution

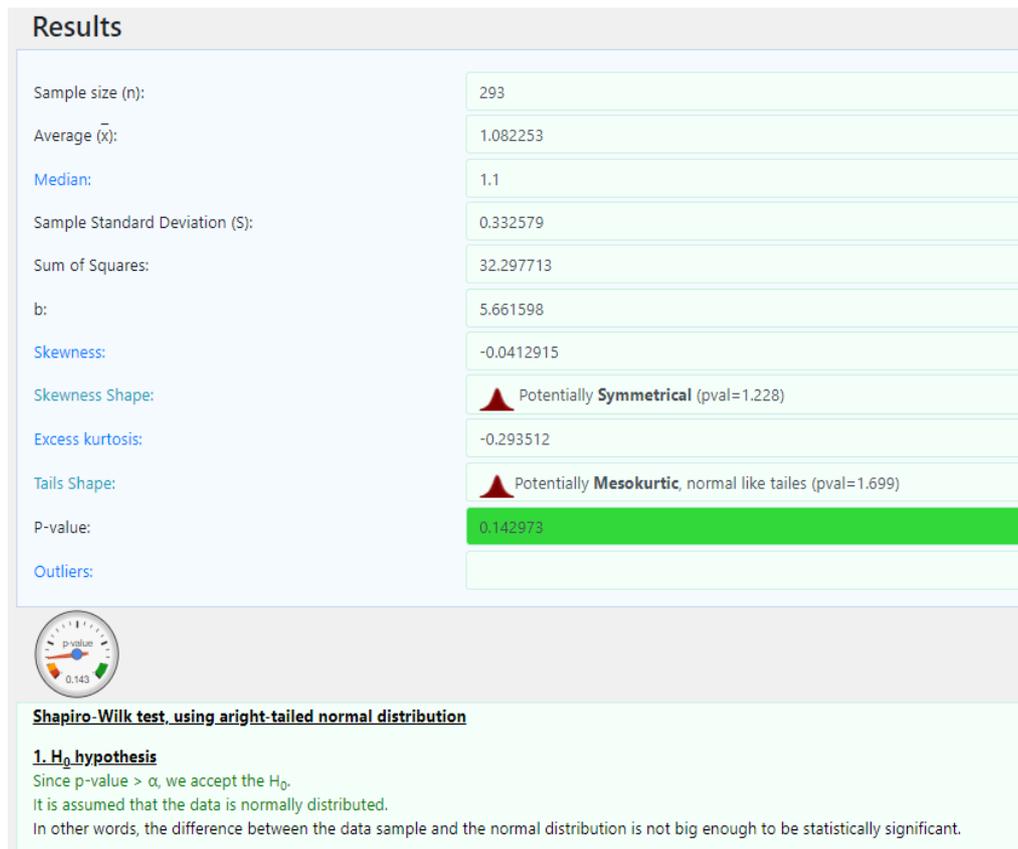
#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

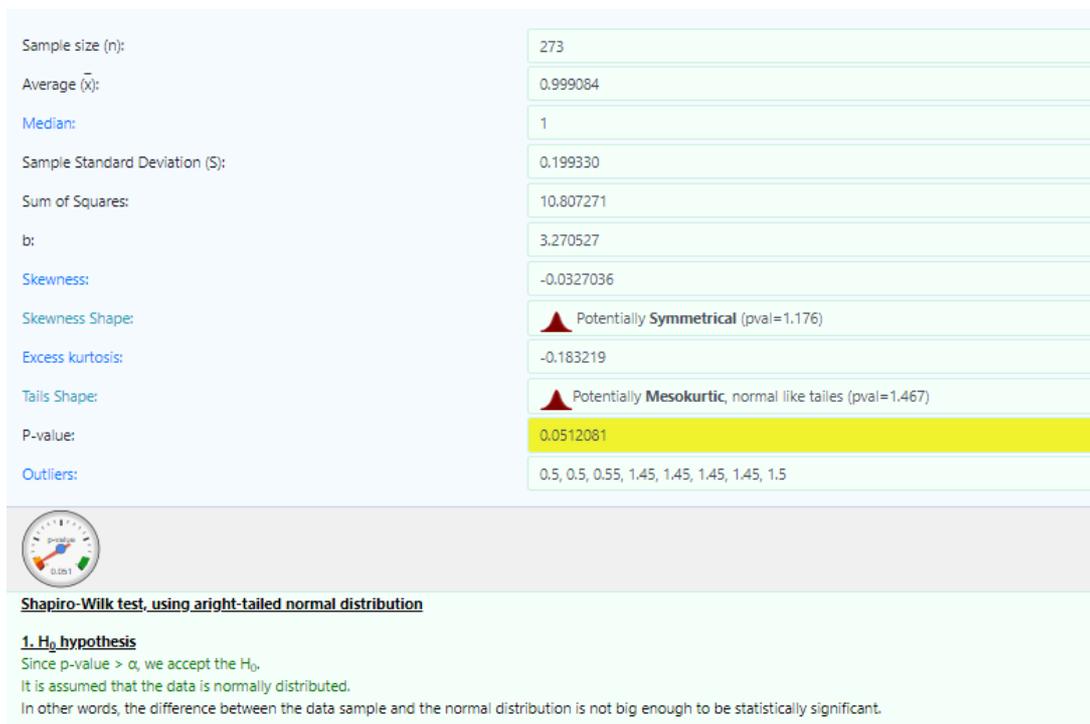
It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (4 – attentato Madrid)



Verifica normalità (4 – attentato aeroporto Bruxelles)



Verifica normalità (12 – attentato Torino)

## Results

Sample size (n):	367
Average ( $\bar{x}$ ):	0.780245
Median:	0.8
Sample Standard Deviation (S):	0.303123
Sum of Squares:	33.629278
b:	5.777193
Skewness:	0.0767855
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.547)
Excess kurtosis:	0.0846846
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=0.739)
P-value:	0.0610511
Outliers:	0, 0.05, 1.5, 1.5, 1.55, 1.55, 1.6, 1.6, 1.65



### Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution

#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (13 – attentato Torino)

## Results

Sample size (n):	386
Average ( $\bar{x}$ ):	0.505440
Median:	0.5
Sample Standard Deviation (S):	0.201865
Sum of Squares:	15.688575
b:	3.946112
Skewness:	0.0753454
Skewness Shape:	 Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.544)
Excess kurtosis:	-0.226844
Tails Shape:	 Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.64)
P-value:	0.0517057
Outliers:	



### Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution

#### 1. $H_0$ hypothesis

Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (14 – attentato Torino)

### Results

Sample size (n):	390
Average ( $\bar{x}$ ):	2.058846
Median:	2.05
Sample Standard Deviation (S):	0.617060
Sum of Squares:	148.116981
b:	12.126765
Skewness:	-0.00105514
Skewness Shape:	▲ Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=1.007)
Excess kurtosis:	-0.498177
Tails Shape:	▲ <b>Platykurtic</b> , negative kurtosis, short <b>thin tails</b> (pval=1.957)
P-value:	0.0600261
Outliers:	



**Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution**

**1.  $H_0$  hypothesis**  
 Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .  
 It is assumed that the data is normally distributed.  
 In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (1 – attentato Stoccolma)

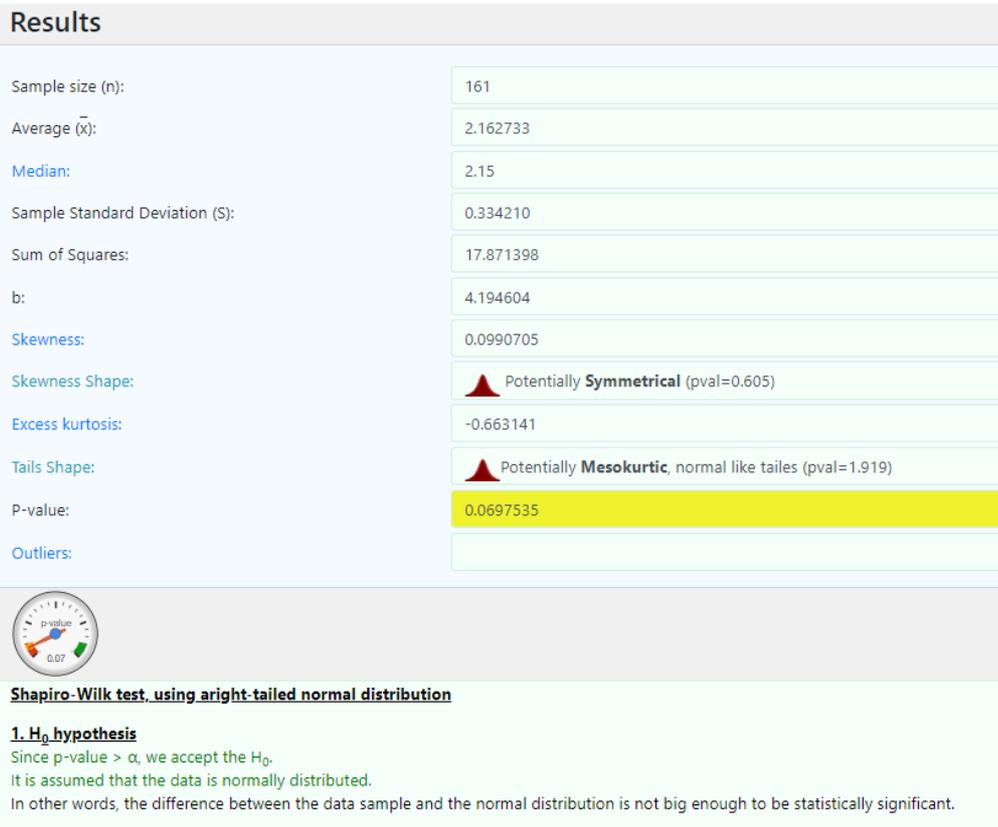
Sample size (n):	525
Average ( $\bar{x}$ ):	1.032571
Median:	1
Sample Standard Deviation (S):	0.352453
Sum of Squares:	65.093029
b:	8.047109
Skewness:	0.0546094
Skewness Shape:	▲ Potentially <b>Symmetrical</b> (pval=0.608)
Excess kurtosis:	-0.272225
Tails Shape:	▲ Potentially <b>Mesokurtic</b> , normal like tails (pval=1.799)
P-value:	0.0745198
Outliers:	



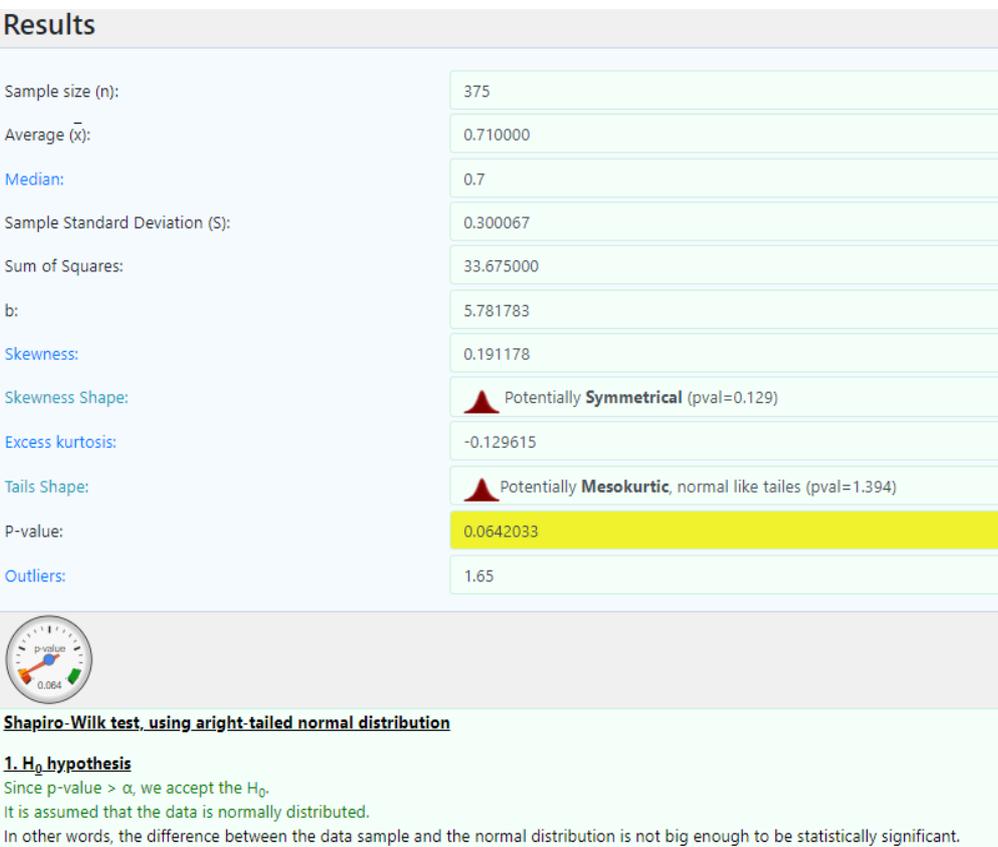
**Shapiro-Wilk test, using aright-tailed normal distribution**

**1.  $H_0$  hypothesis**  
 Since p-value >  $\alpha$ , we accept the  $H_0$ .  
 It is assumed that the data is normally distributed.  
 In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant.

Verifica normalità (2 – attentato Stoccolma)



Verifica normalità (3 – attentato Stoccolma)



Verifica normalità (2 – attentato Parigi)

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1]<https://it.wikipedia.org/wiki/Terrorismo#:~:text=Secondo%20il%20Codice%20degli%20Stati,governi%20o%20la%20popolazione%20civile%E2%80%9D>. (28/09/2020)
- [2] Choma, B. L., Jagayat, A., Hodson, G., & Turner, R. (2018). Prejudice in the wake of terrorism: The role of temporal distance, ideology, and intergroup emotions. *Personality and Individual Differences* 123: 65–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.11.002>
- [3]<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:344:0093:0096:IT:PDF> (28/09/2020)
- [4][https://www.diritto24.ilsole24ore.com/guidaAlDiritto/codici/codicePenale/articolo/314/art-270-bis-associazioni-con-finalita-di-terrorismo-anche-internazionale-o-di-eversione-dell-ordine-democratico.html?refresh\\_ce=1](https://www.diritto24.ilsole24ore.com/guidaAlDiritto/codici/codicePenale/articolo/314/art-270-bis-associazioni-con-finalita-di-terrorismo-anche-internazionale-o-di-eversione-dell-ordine-democratico.html?refresh_ce=1) (28/09/2020)
- [5]<https://www.ednh.news/it/cronologia-degli-attacchi-terroristici-in-europa-dal-2004-al-2017/> (28/09/2020)
- [6] Averill, J. D., Mileti, D. S., Peacock, R. D., Kuligowski, E. D., Groner, N., Proulx, G., ... Nelson, H. E. (2005). Occupant behavior, egress, and emergency communications. Federal building and fire safety investigation of the World Trade Center Disaster. *NIST NCSTAR 7*: 1-7.
- [7] Zanut, S., Fire, N., & Corps, R. (2015). L'analisi del comportamento umano durante l'allarme antincendio. *Antincendio* (October 2014): 54–72.
- [8] D'Orazio, M., Bernardini, G., Tacconi, S., Arteconi, V., & Quagliarini, E. (2016). Fire safety in Italian-style historical theatres: how photoluminescent wayfinding can improve occupants' evacuation with no architecture modifications. *Journal of Cultural Heritage* 19(February): 492–501. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.12.002>
- [9] Liu, Y., Sun, C., Wang, X., & Malkawi, A. (2014). The Influence of Environmental Performance on WayFinding Behavior in Evacuation Simulation. *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*: 2014–2019.
- [10] Caira, L., Mangione, M., & Bontempi, F. (2017). Comportamento Umano in Caso Di Incendio: Modelli Di Evacuazione. *Ingenio* 52: 1–17.
- [11] Pietrantoni, L., & Prati, G. (2003). I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze. *Scienze, Dipartimento, 1*, 5.
- [12] Santoianni, F. (2000). *Il comportamento collettivo in situazioni di emergenza. PROTEZIONE CIVILE EDUCATIONAL*".
- [13] Le Bon, G. (1895). *Psicologia delle folle*. Edizioni Clandestine.
- [14] Santoianni, F. (1996). *Rischio e vulnerabilità: disastri e territorio*. Napoli: CUEN Napoli.

- [15] Cattarinussi, B. (1995). Sentimenti, passioni, emozioni. Le radici del comportamento sociale *Franco Angeli* (2nd ed.)
- [16] Lavanco, G. (2003). *Psicologia dei disastri - Comunità e globalizzazione della paura* (3rd ed.). Franco Angeli.
- [17] Drury, J., & Cocking, C. (2007). *The Mass Psychology of Disasters and Emergency Evacuations: A Research Report and Implications for Practice*. Department of Psychology, University of Sussex.
- [18] Alexander, D. (1990). Behaviour during earthquakes: a southern Italian example. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* 8(1): 5–29.
- [19] Drabek, T. E. (1999). Understanding disaster warning responses. *The Social Science Journal* 36(3): 515–523. [https://doi.org/10.1016/S0362-3319\(99\)00021-X](https://doi.org/10.1016/S0362-3319(99)00021-X)
- [20] Bernardini, G., D'Orazio, M., & Quagliarini, E. (2017). “Safety’ nei grandi eventi: verso una progettazione consapevole della sicurezza delle persone nell’emergenza da atti terroristici.” *Antincendio*, vol. 69, pp. 12-29
- [21] Shi, L., Xie, Q., Cheng, X., Chen, L., Zhou, Y., & Zhang, R. (2009). Developing a database for emergency evacuation model. *Building and Environment* 44(8): 1724–1729. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.11.008>
- [22] Purser, D. A., & Bensilum, M. (2001). Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations. *Safety Science* 38(2): 157–182. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00066-7)
- [23] D’Orazio, M., & Bernardini, G. (2014). An Experimental Study on the Correlation Between “Attachment to Belongings” “Pre-movement” Time. *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2012* 1: 167–178. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02447-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02447-9_12)
- [24] Proulx, G., & Fahy, R. F. (1997). The time delay to start evacuation: review of five case studies. *Fire Safety Science* 5: 783–794. <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.5-783>
- [25] Camilli, S. (2014). *Modelli comportamentali in caso di alluvione per l’acquisizione di indicazioni progettuali*. Tesi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università Politecnica delle Marche. Relatore Enrico Quagliarini.
- [26] Caira, L., Mangione, M., & Bontempi, F. (2017). Comportamento Umano in Caso Di Incendio: Modelli Di Evacuazione. *Ingenio* 52: 1–17.
- [27] Bernardini, G. (2011). *Sviluppo di un modello comportamentale per l’analisi dell’evacuazione post-sisma*. Tesi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università Politecnica delle Marche. Relatore Marco D’Orazio.
- [28] Capretti, A. (2014). *Comportamento umano, sisma e costruito. Un modello ad agenti per la simulazione dei processi evacuativi*. Tesi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università Politecnica delle Marche. Relatore Enrico Quagliarini.

- [29] Okaya, M., & Takahashi, T. (2013). Application of the information transfer model to evacuation guidance during emergencies. *Planet@Risk*, 1: 34–43.
- [30] Helbing, D., Molnár, P., Farkas, I. J., & Bolay, K. (2001). Self-organizing pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design* 28(3): 361–383. <https://doi.org/10.1068/b2697>
- [31] Mawson, A. R. (2007). *Mass panic and social attachment: the dynamics of human behavior*. Ashgate 1. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.2009.00560.x>
- [32] Helbing, D., & Johansson, A. (2010). Pedestrian, Crowd, and Evacuation Dynamics. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. Springer: 697–716. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5\\_382-5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5_382-5)
- [33] Quagliarini, E., Bernardini, G., Wazinski, C., Spalazzi, L., & D’Orazio, M. (2016). Urban scenarios modifications due to the earthquake: ruins formation criteria and interactions with pedestrians’ evacuation. *Bull. Earthq. Eng* 14(4): 1071–1101. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-9872-0>
- [34] D’Orazio, M., Spalazzi, L., Quagliarini, E., & Bernardini, G. (2014). 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>
- [35] Drabek, T. E. (2009). *The human side of disaster*. (CRC Press, Ed.) (2nd ed.).
- [36] Daamen, W., & Hoogendoorn, S. (2003). Controlled experiments to derive walking behavior. European journal of transport and infrastructure research. *EJTIR* 3: 39–54.
- [37] Christakis, M., Müller, P., & Wüstholtz, V. (2015). An Experimental Evaluation of Deliberate Unsoundness in a Static Program Analyzer. *Vmcai* 44(23): 336–354. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000225616>
- [38] Lighthill, M. J., & Whitham, G. B. (1955). On kinematic waves II.A theory of traffic flow on long crowded roads. *The Royal Society*, 229(1178). <https://doi.org/10.1098/rspa.1955.0089>
- [39] Greenshields Symposium. (2011). *75 years of the fundamental diagram for traffic flow theory*. (TRB, Ed.). Woods Hole, Massachusetts.
- [40] Tombolini V. (2018) Centri storici e terrorismo. Problematiche di evacuazioni in occasione di grandi eventi. Tesi di laurea in Ingegneria Edile. Relatore: E. Quagliarini ; Correlatore: G.Bernardini
- [41] D’Orazio, M., Quagliarini, E., Bernardini, G., & Spalazzi, L. (2014). EPES - Earthquake pedestrians’ evacuation simulator: A tool for predicting earthquake pedestrians’ evacuation in urban outdoor scenarios. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 10(PA), 153–177. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.08.002>

- [42] Carniani, A. (2014). *Sviluppo e validazione di un modello sperimentale di simulazione ad agenti e di evacuazione post-sisma*. Tesi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università Politecnica delle Marche. Relatore Marco D’Orazio.
- [43] David, C. (2015). *Emergenza Sismica da grande Affollamento nei Centri Storici: dal Comportamento umano gli Strumenti di Progetto*. Tesi di laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università Politecnica delle Marche. Relatore Enrico Quagliarini.
- [44] Zhang, J. (2012). Pedestrian fundamental diagrams - Comparative analysis of experiments in different geometries. *Forschungszentrum Jülich, Schriften des Forschungszentrums Jülich: IAS Series* 14: 103. <http://hdl.handle.net/2128/4898>
- [45] Johansson, A., Helbing, D., Al-Abideen, H. Z., & Al-Bosta, S. (2008). From Crowd Dynamics to Crowd Safety: A Video-Based Analysis. *Advances in Complex Systems* 11(4): 497–527. <https://doi.org/10.1142/S0219525908001854>
- [46] Zhang, J., & Seyfried, A. (2013). Empirical characteristics of different types of pedestrian streams. *Procedia Engineering* 62: 655–662. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.111>
- [47] <https://www.youmath.it/lezioni/algebra-elementare/lezioni-di-algebra-e-aritmetica-per-scuole-medie/2064-media-moda-mediana.html#:~:text=Media%20moda%20e%20mediana%20sono,centrale%20tra%20i%20dati%20numerici.> (28/09/2020)
- [48] <https://www.webtutordimatematica.it/materie/statistica-e-probabilita/statistica-descrittiva/quartili-quantili-e-percentili> (28/09/2020)
- [49] [http://www.astro.unipd.it/ciroi/spfis1/part\\_7.pdf](http://www.astro.unipd.it/ciroi/spfis1/part_7.pdf) (28/09/2020)
- [50] <https://it.wikipedia.org/wiki/Curtosi> (28/09/2020)
- [51] [https://it.wikipedia.org/wiki/Simmetria\\_\(statistica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Simmetria_(statistica)) (28/09/2020)
- [52] [https://www.youtube.com/watch?v=EG8AF2B\\_dps](https://www.youtube.com/watch?v=EG8AF2B_dps) – Oxford University Press (28/09/2020)
- [53] <http://www.statskingdom.com/320ShapiroWilk.html> (28/09/2020)
- [54] Mori, M., & Tsukaguchi, H. (1987). A new Method for Evaluation of Level of Service in Pedestrian Facilities. *Transp. Res.-A* 21(3): 223
- [55] Wright, B. D., & Hankin (1958). Passenger Flow in Subways. In *Operational Research Quarterly Vol. 9 No.2*.