

Ricerca e formazione al comportamento durante l'evacuazione: il progetto LabCUBE_{egress}

ELIA TOSOLINI
SPRINT-LAB,
DIPARTIMENTO DI CHIMICA, FISICA E AMBIENTE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
elia.tosolini@uniud.it

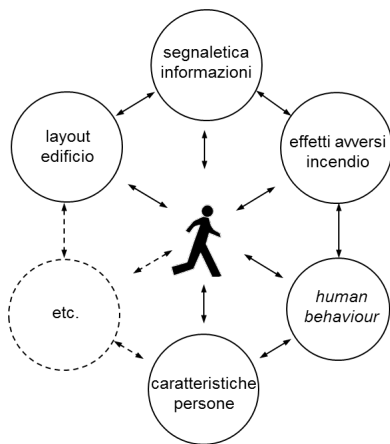
L'evacuazione delle persone in caso di incendio è un processo complesso e fortemente dipendente dalle interazioni tra persone, ambiente fisico in cui si muovono ed effetti avversi dell'incendio. Tra i diversi aspetti che devono essere considerati per caratterizzare in modo corretto il processo d'esodo, un ruolo fondamentale è assunto dal comportamento umano. Lo studio delle dinamiche comportamentali è quindi necessario per sviluppare strumenti efficaci ed affidabili per l'analisi della prestazione dei sistemi d'esodo, mentre la formazione delle persone ai comportamenti più corretti da attuare durante il movimento in emergenza può consentire un esodo in sicurezza. LabCUBE_{egress} è un laboratorio sperimentale ideato e realizzato per coniugare le esigenze della ricerca sulle dinamiche d'esodo con divulgazione e formazione su alcuni aspetti legati al mondo della sicurezza. Le persone partecipano attivamente alle sperimentazioni e possono così "toccare con mano" le criticità che potrebbero essere chiamati ad affrontare durante il movimento in spazi non familiari. I ricercatori, invece, possono acquisire importanti dati da utilizzare per la comprensione e quantificazione dei più importanti fattori che condizionano l'esodo, nonché per lo

sviluppo di nuove metodologie di ausilio per la valutazione della sicurezza dei sistemi d'esodo. Di seguito è presentato il progetto LabCUBEegress, attivato dal laboratorio SPRINT in sinergia con INAIL – Direzione Regionale Friuli Venezia Giulia, e i risultati ottenuti da alcune sperimentazioni.

INTRODUZIONE

La sicurezza delle persone in caso di incendio in spazi chiusi (teatri, centri commerciali, edifici in genere) può essere garantita dotando il sistema fisico in cui sono presenti le persone di un adeguato sistema d'esodo. Questo sistema è costituito da un insieme di percorsi che possono essere attraversati durante un'emergenza e che consentono di raggiungere un luogo sicuro, ossia uno spazio in cui sono garantite le condizioni di sicurezza.

Il processo d'esodo (o allontanamento delle persone dalla zona di pericolo) è complesso e strettamente dipendente dalle interazioni tra le persone, il sistema d'esodo e gli effetti avversi dell'incendio (fumo, gas tossici, calore). Come riportato in numerosi contributi (Gwynne et al. 1999; Sime, 2001; SFPE, 2003), mobilità delle persone, familiarità con i luoghi in cui esse si trovano, comportamento umano, presenza della segnaletica d'emergenza, layout costruttivo dell'edificio sono alcuni aspetti che concorrono a determinare l'esito di un esodo in sicurezza (Figura 1). L'esodo è quindi fortemente influenzato dalle interazioni tra persone e ambiente in cui esse si muovono, e lo studio degli effetti di tali interazioni sul processo d'esodo è fondamentale per migliorarne la conoscenza, per svilupparne la conoscenza, per sviluppare, integrare e calibrare metodologie di analisi della sicurezza dei sistemi d'esodo, oppure per identificare utili criteri per elaborare le strategie più efficaci per la loro progettazione e gestione.



Il processo d'esodo è fortemente condizionato dalle interazioni tra occupanti, sistema d'esodo e presenza dell'incendio. [Immagine adattata da Bryan (2002)].

Figura 1. Il processo d'esodo è fortemente condizionato dalle interazioni tra occupanti, sistema d'esodo e presenza dell'incendio. [Immagine adattata da Bryan (2002)].

Diverse tecniche e approcci possono essere utilizzati per lo studio del movimento e comportamento delle persone durante l'esodo. Come proposto da Gwynne (2010), dati e *pattern* sia comportamentali che di movimento possono essere raccolti utilizzando registrazioni video realizzate durante il normale movimento delle persone (attraverso sistemi CCTV esistenti, ad esempio), prove d'evacuazione, esperimenti in laboratorio, analisi post-evento, interviste, etc. Alcuni approcci consentono lo studio di movimento e comportamento di numerose persone in condizioni normali (sistemi CCTV), altri di studiare l'intero processo d'esodo, anche se per tipologie di persone ben definite e generalmente non in condizioni di emergenza (prove d'evacuazione). Lo studio di aspetti specifici del processo d'esodo può essere realizzato ricorrendo ad esperimenti in laboratorio. Ogni approccio ha vantaggi e svantaggi, e la sua scelta dipende dalle finalità dello studio condotto.

Nell'ambito del progetto di ricerca "Emergenza e Sicurezza nelle Attività Complesse", finanziato dall'INAIL Direzione Regionale Friuli Venezia Giulia e attualmente in corso presso il Centro SPRINT dell'Università degli Studi di Udine, è stato ideato e realizzato il laboratorio sperimentale LabCUBE_{egress}.

LabCUBE_{egress} permette di studiare in modo mirato e sistematico gli effetti di particolari configurazioni geometriche di un sistema d'esodo sul movimento e comportamento delle persone. Il laboratorio ha una struttura modulare e flessibile è ciò consente di configurare al suo interno diversi layout. Le diverse configurazioni geometriche sono progettate per riprodurre alcune condizioni di criticità, come ad esempio restringimenti localizzati, presenza di bivi, percorsi ciechi, presenza/assenza di segnaletica d'emergenza. Il laboratorio può essere installato in contesti in cui è presente un alto numero di persone che sono così coinvolte in modo attivo negli esperimenti. LabCUBE_{egress} permette quindi di unire i vantaggi degli esperimenti in laboratorio (sistematicità, controllo dell'ambiente) con le osservazioni condotte durante il normale movimento delle persone (raccolta di dati relativi a un alto numero di persone eterogenee e non formate).

Inoltre, poiché le persone partecipano attivamente agli esperimenti, possono sperimentare in prima persona e in un contesto

sicuro un'esperienza che replica alcune criticità che potrebbero ritrovare durante il movimento in spazi non familiari, formandosi così ai comportamenti più corretti da attuare per un esodo in sicurezza. Una sessione di *debriefing*, che è svolta al termine delle sperimentazioni, permette a partecipanti e ricercatori di discutere ed esprimere opinioni sulle impressioni e sensazioni provate durante la sperimentazione, oltre che stimolare un approccio critico e un momento di riflessione sull'esperienza appena vissuta. In questo modo, e attraverso l'esperienza diretta, è possibile sensibilizzare i partecipanti ad alcune delle problematiche che possono presentarsi durante il movimento in spazi chiusi. Grazie al confronto reciproco, i partecipanti apprendono così alcune informazioni di base sui comportamenti più appropriati da attuare durante l'evacuazione.

LabCUBE_{egress} consente quindi di soddisfare le esigenze della ricerca e al contempo si propone come punto di promozione della cultura della sicurezza (Figura 2).



Figura 2. Immagini delle sperimentazioni realizzate nel laboratorio sperimentale LabCUBE_{egress} (a sinistra) e sessione di *debriefing* finale (a destra).

LE SPERIMENTAZIONI LABCUBE_{EGRESS} E I RISULTATI OTTENUTI

LabCUBE_{egress} è stato presentato a Udine in occasione della Notte Europea dei Ricercatori 2011 (23 settembre 2011). Durante questo appuntamento sono state realizzate 18 sperimentazioni con il coinvolgimento di oltre 300 persone e ulteriori sperimentazioni sono state condotte durante il Festival della Sicurezza tra la Gente

(Udine, 19 maggio 2012), a cui hanno partecipato oltre 150 persone. Questi appuntamenti hanno consentito sia di raccogliere numerosi dati riguardanti il movimento e il comportamento delle persone durante l'esodo (dati che sono stati analizzati a posteriori e in parte presentati in seguito), sia di sensibilizzare i partecipanti ad alcune problematiche tipiche dell'esodo in ambienti non familiari.

Il tema che ha animato la sessione di debriefing tra partecipanti e ricercatori è stato il ruolo della segnaletica d'emergenza durante un'evacuazione, aspetto studiato anche durante le sperimentazioni. Diversi studi dimostrano, infatti, che la segnaletica d'emergenza ha una sua efficacia (ovvero, la presenza dei cartelli non implica automaticamente che tutte le persone vedano, interpretino e seguano le informazioni indicate) e che numerosi fattori concorrono a determinare se e come essa viene identificata e correttamente interpretata. Come suggerito da Xie et al. “[...] *standard/linee guide non forniscono una quantificazione su quanto, nella realtà, sia efficace la segnaletica d'emergenza progettata 'correttamente'. Viene assunto che se la segnaletica è a norma, essa sarà in grado di fornire l'informazione riportata agli occupanti, e che tale informazione verrà correttamente interpretata e utilizzata [...]*” (Xie et al., 2012). Dimensione del segnale, presenza di ostacoli, condizioni di visibilità, presenza di fumo e gas irritanti, livello di attenzione, familiarità con il sistema d'esodo, credibilità dell'informazione sono alcuni di questi fattori che caratterizzano l'interazione tra persone e segnaletica d'emergenza e che ne possono determinarne l'efficacia.

Riconosciuto quindi che la segnaletica d'emergenza ha un'efficacia, un aspetto che emerge è inerente all'entità di questa efficacia e alla possibilità di quantificarla con metodi scientifici. Pochi studi hanno affrontato questo aspetto e gli quelli attualmente disponibili hanno coinvolto nelle sperimentazioni solamente singole persone. Tuttavia, un aspetto da considerare e che generalmente caratterizza l'esodo in emergenza, è la presenza di gruppi di persone che si muovono verso un luogo sicuro. La presenza di più persone può influire sull'efficacia della segnaletica d'emergenza, che quindi può essere diversa da quella misurata per i singoli individui.

Queste motivazioni hanno animato le sperimentazioni realizzate con il LabCUBE_{egress}. In particolare, le analisi condotte si sono

focalizzate sugli effetti della presenza e assenza di segnaletica d'emergenza ad un punto di scelta (bivio) sui processi decisionali delle persone, sia per gli individui, che per gruppi di persone (Figura 3). Grazie alla configurazione geometrica adottata durante gli esperimenti, i partecipanti si sono trovati a dover scegliere tra due opzioni: il percorso destro o il percorso sinistro. Poiché il layout del LabCUBE_{egress} in questa sezione è simmetrico, l'unico elemento di supporto alla scelta è dato dalla presenza dei segnali delle vie d'esodo. I segnali adottati indirizzavano le persone a scegliere il percorso a sinistra (Figura 3).

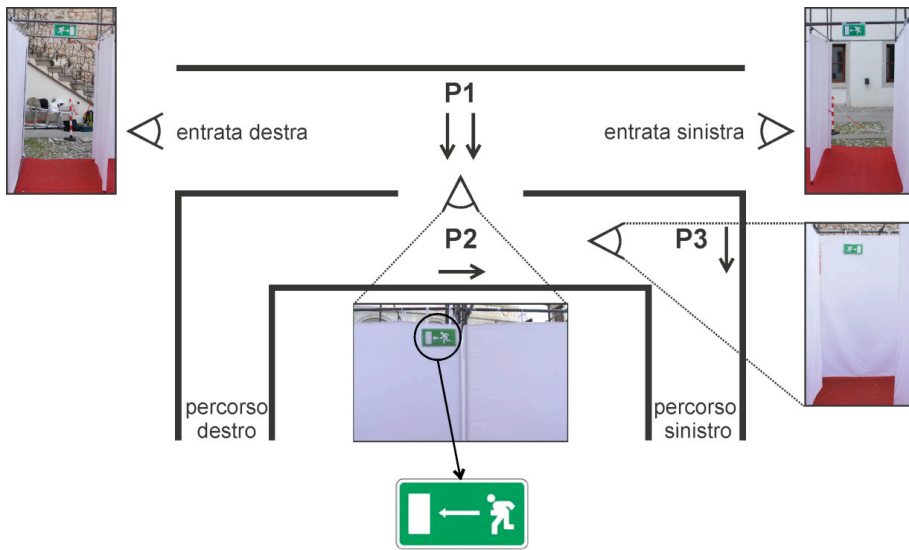


Figura 3. Layout del LabCUBE_{egress} utilizzato per studiare l'interazione tra persone e segnaletica d'emergenza ad un bivio. [Immagine adattata da Tosolini et al. (2012)].

In Tabella 1 sono riportate le caratteristiche delle persone coinvolte nelle sperimentazioni in funzione dei diversi scenari studiati. Sono stati studiati quattro scenari, che si differenziano tra loro dal numero di persone coinvolte durante le singole prove (individui o gruppi) e dalla presenza o assenza della segnaletica d'emergenza. Nello specifico, lo scenario S-0 è relativo agli esperimenti con i singoli partecipanti in assenza di segnaletica d'emergenza, mentre lo scenario S-L si riferisce agli esperimenti con singoli partecipanti e segnaletica d'emergenza. Durante gli esperimenti G-0 sono stati

studiati i gruppi di persone ed assenza di segnaletica, nello scenario G-L i gruppi di persone in presenza di segnaletica d'emergenza. Dalle informazioni riportate in Tabella 1, si evince che la popolazione coinvolta ha una composizione eterogenea. Inoltre, poiché durante le sperimentazioni non sono state fornite informazioni sulle finalità dello studio condotto e sulle caratteristiche del LabCUBE^{egress}, i partecipanti possono essere considerati non familiari con il layout utilizzato. Ogni partecipante ha preso parte una volta sola alle prove e tutte le prove sono terminate con una sessione di debriefing durante la quale, oltre ad illustrare le finalità della ricerca, i partecipanti sono stati intervistati e sono state raccolte ulteriori informazioni sulla loro esperienza.

Tabella 1. Caratteristiche dei partecipanti coinvolti nelle sperimentazioni in funzione dei diversi scenari studiati. (M: maschi; F: femmine; C: bambini; A: adulti; E: anziani).

Scenario	Segnaletica	Persone/Prova (valore medio)	Totale Partecipanti	Sesso (%)			Età (%)		
				M	F	C	A	E	
S-o	No	1	56	50.0	50.0	3.6	96.4	0.0	
S-L	Yes	1	106	50.9	49.1	1.0	96.2	2.8	
G-o	No	16	207	48.3	51.7	6.7	88.3	5.0	
G-L	Yes	19	97	45.4	54.6	8.3	90.7	1.0	

I risultati riguardanti la scelta del percorso al punto P2 sono riportati in Figura 4. In assenza di segnaletica d'emergenza (scenari S-o e G-o) non emerge una preferenza tra destra e sinistra, sia nelle prove con i singoli partecipanti (S-o), sia nelle prove in cui sono stati coinvolti i gruppi (G-o). Infatti, nelle prove S-o il 53.6% delle persone ha scelto la destra e il 46.4% la sinistra, mentre nelle prove G-o il 53.1% delle persone ha scelto la destra e il 46.9% ha scelto la sinistra. In entrambi i casi non ci sono evidenze statistiche che indicano la preferenza per una direzione.

Analizzando i dati riguardanti gli esperimenti con la presenza della segnaletica d'emergenza (che indica la direzione sinistra), emerge un comportamento dei partecipanti nettamente diverso. Negli esperimenti con i singoli partecipanti (S-L) la percentuale di

persone che hanno scelto il percorso sinistro è pari al 69.8%, con un aumento del 50% rispetto agli esperimenti senza segnaletica. Negli esperimenti con i gruppi (G-L), il 60.8% dei partecipanti ha scelto la direzione indicata dal cartello (sinistra), con un incremento del 30% rispetto agli esperimenti senza cartello. L'influenza della segnaletica d'emergenza sul processo decisionale delle persone è evidente e confermata anche da un'analisi statistica dei risultati ottenuti. Questi risultati confermano inoltre che la segnaletica d'emergenza ha un'efficienza. Non si può quindi assumere che in sua presenza tutte le persone vedano, comprendano e seguano le informazioni riportate nel segnale. I dati ottenuti evidenziano che solamente il 70% dei partecipanti durante le prove individuali ha seguito la direzione indicata dalla segnaletica. Questa proporzione scende al 60% per le prove con i gruppi. Emerge, quindi, anche una differenza tra singoli e gruppi.

Le interviste realizzate nella sessione di debriefing hanno permesso di identificare alcuni comportamenti che possono spiegare la non completa efficacia della segnaletica d'emergenza e lo scostamen-

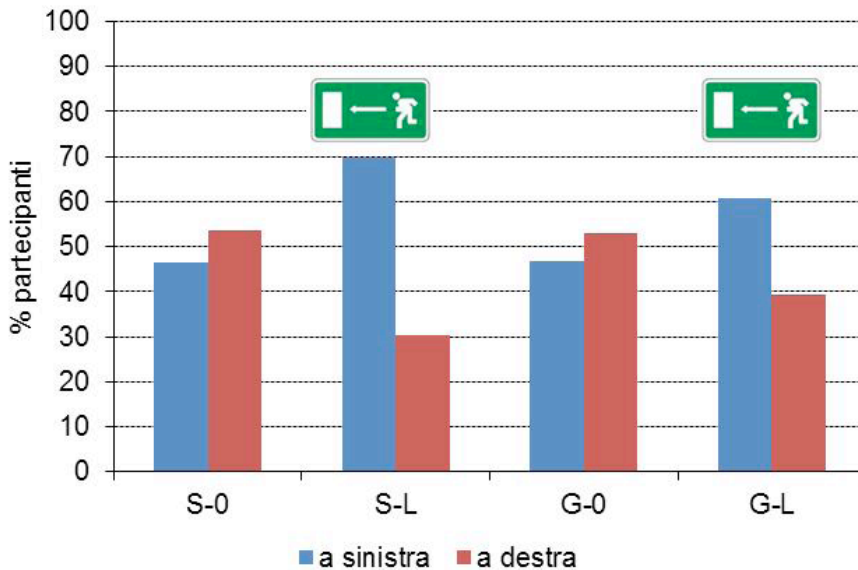


Figura 4. Risultati relativi alla scelta del percorso al bivio. (S-o: singoli partecipanti senza segnaletica; S-L: singoli partecipanti con segnaletica; G-o: gruppi senza segnaletica; G-L: gruppi con segnaletica).

to dei valori tra singoli e gruppi. Tali comportamenti sono riportati di seguito solo a titolo informativo. Il livello di attenzione sembra essere un elemento importante per la percezione della segnaletica, sia nelle prove individuali che in quelle di gruppo. Numerosi partecipanti hanno infatti riferito di non aver prestato attenzione alla segnaletica perché impegnati a controllare i propri figli (nelle prove di gruppo), gli oggetti che trasportavano (prevalentemente borse), oppure perché dovevano prestare attenzione alla loro mobilità (questo comportamento è stato riscontrato prevalentemente per persone anziane o con difficoltà motorie). La credibilità delle informazioni riportate dai cartelli e la comprensione dei pittogrammi riportati nei cartelli (il cui significato molte volte non è noto), è un altro fattore che sembra aver condizionato l'efficacia della segnaletica. Come riferito da alcuni partecipanti, il cartello è stato notato ma l'informazione contenuta non è stata ritenuta credibile. Infine, durante le prove di gruppo, molti partecipanti hanno riferito di aver seguito altre persone e di non essersi poste il problema di dover scegliere la direzione. Questo tipo di comportamento gregario è noto in letteratura con il termine *herding behaviour* (può essere tradotto con il termine "comportamento gregge") e, se di tipo adattivo, può essere un valido aiuto per un esodo corretto ed in sicurezza. In caso contrario può portare le persone a seguire le scelte di un singolo che possono rivelarsi sbagliate, con esiti a volte drammatici. Si può ben capire, quindi, come una formazione adeguata possa aiutare a sviluppare i comportamenti corretti da attuare durante l'esodo in emergenza.

Naturalmente queste sono solo alcuni specifici fattori che concorrono a influenzare l'efficacia della segnaletica d'emergenza, e solamente proseguendo la ricerca su questi temi si potrà giungere a conclusioni più generali.

I risultati ottenuti hanno evidenziato come LabCUBE_{egress} sia un valido strumento che consente lo studio delle interazioni tra persone e sistema fisico durante le dinamiche d'esodo grazie al coinvolgimento attivo delle persone nelle sperimentazioni. L'analisi critica delle sperimentazioni condotta assieme ai partecipanti durante le sessioni di debriefing permette inoltre di aumentare la loro consapevolezza sulle criticità che possono emergere durante l'esodo in ambienti non familiari.

CONCLUSIONI

Il laboratorio sperimentale LabCUBE_{egress} è stato ideato e realizzato per studiare in modo mirato le interazioni tra persone e ambiente durante l'esodo, sia dal punto di vista fisico (analisi del movimento) sia dal punto di vista comportamentale (analisi dei processi decisionali). La partecipazione attiva delle persone nelle sperimentazioni permette la raccolta di dati utilizzabili per lo sviluppo e la calibrazione di metodologie finalizzate alla valutazione della prestazione dei sistemi d'esodo.

Le prime sperimentazioni LabCUBE_{egress} hanno consentito di studiare gli effetti della presenza e assenza della segnaletica d'emergenza ad un bivio sui processi decisionali delle persone. Oltre a confermare l'esistenza di un'efficacia della segnaletica d'emergenza, è emerso che se il movimento avviene in gruppi, l'efficacia della segnaletica diminuisce rispetto al movimento di singole persone. In più, tale efficacia sembra essere condizionata anche da fattori come livello di attenzione e background culturale delle persone.

LabCUBE_{egress} si propone quindi come punto di incontro tra ricerca e popolazione. Grazie a sessioni di debriefing al termine di ogni esperimento, ricercatori e partecipanti discutono criticamente sugli aspetti più significativi dell'esperienza vissuta. I ricercatori possono così acquisire ulteriori elementi e spunti per la ricerca, mentre i partecipanti si possono formare ai comportamenti più corretti da attuare durante il movimento in ambienti non familiari, aumentando così la propria consapevolezza sulle criticità che potrebbero incontrare durante un'emergenza.

RINGRAZIAMENTI

Questo studio è stato realizzato con il supporto dell'INAIL – Direzione Regionale Friuli Venezia Giulia che ha finanziato il dottorato di ricerca in “Emergenza e Sicurezza nelle Attività Complesse”. Si ringraziano inoltre European Commission – Marie Curie Actions, Evraz Palini-Bertoli e Cavourdiciotto/architetti per aver sostenuto parte del progetto LabCUBE_{egress}.

OPERE CITATE

- Bryan J. (2002). Behavioral Response to Fire and Smoke. Section 3/Chapter 12. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD.*
- Gwynne S. (2010). Conventions in the Collection and Use of Human Performance Data. Technical Report GCR 10-928, National Institute of Standards and Technology.
- Gwynne S.M.V., Galea E.R., Owen M., Lawrence P.J., Filippidis L. (1999). A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. *Building and Environment*, 34: 741-749.
- Sime, J. (2001). An occupant response shelter escape time (ORSET) model. *Safety Science*, 38: 109-125.
- Society of Fire Protection Engineers (2003). Engineering Guide to Human Behavior in Fire, SFPE, Bethesda, MD.
- Tosolini E., Pecile L.C., Grimaz S. (2012). LabCUB_{egress}: a laboratory for a selective study of people's movement and human behaviour during egress situations. Proceedings of the 5th Human Behaviour in Fires International Symposium, Interscience Comms, London 2012, pp 148-158.
- Xie, H., Filippidis, L., Galea, E.R., Blackshields, D., Lawrence, P.J. (2012). Experimental analysis of the evacuation effectiveness of emergency signage and its implementation in evacuation simulation. *Fire and Materials*, 36: 367-382.