

Luigi Biocca, Antonio D'Eredità, Ludovica Malavasi Caula Medici, Nicolò Paraciani  
Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche

luigi.biocca@itc.cnr.it  
antonio.d'eredita@itc.cnr.it  
ludovica.malavasicaulamedici@itc.cnr.it  
nicolo.paraciani@itc.cnr.it

**Abstract.** ValeAS (Valutazione dell'Accessibilità e della Sicurezza) è un software sviluppato dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Unità di Roma, del CNR (ITC-CNR), allo scopo di fornire uno strumento informatico per la valutazione del livello di accessibilità, per persone disabili, dei percorsi d'esodo nelle strutture edilizie. Il software considera la sequenza delle azioni che dovrebbe svolgere un individuo coinvolto in una situazione di emergenza, dal momento in cui percepisce l'allarme, fino al raggiungimento del luogo sicuro o del punto di raccolta, componendo il percorso mediante l'inserimento dinamico degli elementi architettonici che lo costituiscono. Completata la composizione del percorso, il programma genera un risultato con la valutazione di ciascun parametro considerato. L'intento principale di ValeAS è quello di introdurre uno strumento che risponda alle esigenze riguardanti la valutazione tecnica delle caratteristiche dell'ambiente costruito legate all'accessibilità, per permettere ai professionisti di settore di pianificare i necessari interventi di progettazione o adeguamento.

**Parole chiave:** Accessibilità, Disabilità, Sicurezza antincendio, Barriere architettoniche, Ambiente costruito

## Introduzione

L'accessibilità garantisce la fruizione di ambienti costruiti, beni

e servizi alla fascia più ampia possibile di utilizzatori, incluse le persone con difficoltà motorie (temporanee o permanenti), sensoriali e psichiche.

Un problema riscontrato frequentemente è quello della valutazione oggettiva del livello di accessibilità di strutture edilizie, cioè l'applicazione in questo campo di un sistema scientifico che produca risultati quantitativi misurabili. A tale proposito, nel corso degli ultimi vent'anni, sono state proposte varie metodologie nell'ambito della ricerca internazionale.

Uno studio del 1993, ad esempio, prende in considerazione l'accessibilità per persone su sedia a ruote di un campione di 120 ristoranti, situati in zone degli Stati Uniti sia urbane che rurali. Per la raccolta dei dati, gli autori hanno impiegato una check-list, implementata tramite un modulo cartaceo, e basata

sulle linee guida stabilite dall'*Americans With Disabilities Act* del 1990. La valutazione è stata compiuta convertendo in percentuali le risposte positive ai vari punti della check-list (McClain et al., 1993).

Di particolare interesse è la proposta, risalente al 1999, dell'*Housing Enabler*, uno strumento oggettivo per la valutazione dell'accessibilità delle abitazioni. La metodologia su cui è basato lo strumento, che in seguito è stato implementato come software per sistemi operativi Windows, prevede una valutazione divisa in tre fasi: valutazione delle limitazioni funzionali della persona disabile (basata sull'osservazione delle sue capacità di movimento); valutazione delle barriere fisiche dell'ambiente costruito (basata sulla normativa); calcolo del punteggio di accessibilità della struttura, eseguito tramite una sommatoria delle grandezze che quantificano l'insorgenza di problemi dovuti a una combinazione di fattori sia funzionali (dell'individuo) che ambientali (Iwarsson, 1999; Carlsson et al., 2004).

Nel 2007 è stato invece proposto un metodo basato sull'*analytic hierarchy process* (AHP) applicato alla valutazione quantitativa dell'accessibilità degli edifici, concepito per essere utilizzato in fase di progettazione e rivolto all'industria della costruzione. La metodologia permette di stabilire gradi di priorità dei criteri di accessibilità da rispettare e di indicare quantitativamente il livello al quale l'edificio si adatta ad essi. Gli autori suggeriscono anche l'utilizzo di questo modello come base per lo sviluppo di software dedicati (Wu et al., 2007).

Recentemente, sono stati proposti modelli di valutazione dell'accessibilità che fanno uso di ricostruzioni digitali in 3D degli ambienti per simulare, tramite realtà virtuale, le modalità di interazione del disabile con l'ambiente stesso. Uno di questi

ValeAS: an ICT tool to assess accessibility and safety of the built environment

**Abstract.** ValeAS (Assessment of Accessibility and Safety) is a software developed by the Construction Technologies Institute, Rome Unit, of the National Research Council (ITC-CNR), with the aim of giving an ICT tool for assessing the accessibility level of egress ways in the built environment for people with disabilities.

The software takes into account the action sequence a person normally performs when involved in an emergency situation, from when he/she perceives the alarm until he/she reaches a safe place or meeting point, thus resulting into the dynamical insertion of the design elements along the path.

Once completed the path elements composition, the program generates a result with the assessment of each parameter. The main purpose of ValeAS is to introduce a tool responding to the requirements of accessibility of the built environment, in order to allow relevant pro-

fessionals and stakeholders to plan new design or adjustment interventions.

**Keywords:** Accessibility, Disability, Fire safety, Architectural barriers, Built environment

## Introduction

Accessibility ensures the easy use of built spaces, properties and services for the benefit of larger users' groups, including people with motor (both temporary and permanent), sensorial and psychological difficulties.

A frequently encountered problem is the one posed by performing an objective assessment of the accessibility level of buildings, that is, the application in this field of a scientific system that may yield quantitative measurable results. During the last twenty years, several methodologies have been proposed to this purpose in the framework of international research.

A 1993 study, for example, considers the accessibility for wheelchair users of a set of 120 restaurants, located in both rural and urban areas of the United States. In order to gather data, the authors used a check-list, implemented through a paper form and based on the guidelines provided by the Americans With Disabilities Act of 1990. The assessment was performed by converting into percentages the positive answers to the various points of the check-list (McClain et al., 1993).

Of particular interest is the proposal, from 1999, of the *Housing Enabler*, an objective tool for assessing accessibility of housing facilities. The tool, which was later implemented as a desktop software for Windows operating systems, is based on a methodology divided into three phases: assessment of the functional limitations of the disabled person (based on the observation

modelli parte dall'assunzione che l'accessibilità sia schematizzabile come un problema di cinematica inversa di una struttura articolata, ovvero il sistema utente più dispositivo assistivo (ad esempio, persona su sedia a ruote), inserita in un ambiente interno. Gli autori hanno sviluppato un algoritmo il cui scopo è quello di verificare le possibilità di questa struttura di interagire con oggetti e ambiente, tenendo in considerazione le limitazioni legate al grado di disabilità e alla natura dell'ambiente stesso. L'applicazione di questo approccio viene dimostrata in ambienti simulati tramite tecniche di realtà virtuale (Otmani et al., 2009).

È necessario notare che gli studi presenti in letteratura tendono a considerare prevalentemente l'accessibilità dell'ambiente costruito in termini di necessità delle persone con disabilità motorie.

Il software per la valutazione dell'accessibilità e della sicurezza dell'ambiente costruito (ValeAS) che l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Unità di Roma, del CNR (ITC-CNR) sta sviluppando, si ispira invece ai risultati di due importanti esperienze precedenti (Biocca et al., 2012).

La prima riguarda la sicurezza antincendio, con la partecipazione a un Gruppo di lavoro sulla sicurezza delle persone con disabilità, istituito dal Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, che ha prodotto come risultato finale la definizione di una check-list di valutazione della sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro ove siano presenti persone disabili (Ministero dell'Interno, 2002).

La seconda attività riguarda prevalentemente l'accessibilità, sempre in ambito edilizio. L'ITC unità di Roma ha partecipato

infatti al Progetto Europeo Polis<sup>1</sup> e, insieme agli altri partner, ha sviluppato un software per valutare il livello di accessibilità dell'ambiente costruito, in base a parametri definiti tenendo conto sia dei requisiti costruttivi previsti dalla normativa sia delle tipologie di disabilità, secondo le indicazioni ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*).

### Scopo dello strumento

L'abbattimento delle barriere architettoniche, previsto dalla

normativa italiana, non risulta di facile applicazione e individuazione, anche perché non esiste un vero e proprio Testo Unico che raccolga tutte le prescrizioni previste.

Lo strumento, quindi, già allo stato attuale, ma soprattutto per quanto riguarda il suo sviluppo futuro, si inserirebbe in un ambito non ancora diffuso tra i software dedicati al supporto della progettazione, realizzazione e gestione degli organismi edilizi.

Il software intende fornire assistenza per la valutazione delle aree esistenti o delle aree oggetto di intervento, con l'obiettivo di offrire la possibilità di valutare non solo la rispondenza 'stretta' alla normativa, ma anche le opportunità migliorative rispetto ai requisiti minimi previsti.

Le possibilità di impiego sono molteplici, ad esempio per:

- attività di progettazione degli edifici di nuova costruzione o nei casi di ristrutturazione edilizia in cui sia obbligatorio il rispetto delle normative;
- attività di progettazione o di verifica del costruito nei casi in cui si voglia offrire un miglior livello qualitativo, mediante l'utilizzo dei principi del *Design for All* e dello *Universal Design* (Barnes, 2011; Steinfeld and Maisel, 2012);
- programmi d'implementazione e/o di riorganizzazione

of motion abilities); assessment of the physical barriers of the built environment (based on norms); calculation of the accessibility score, consisting of a sum of magnitudes quantifying the possible occurrence of problems, due to a combination of both functional (related to the individual) and environmental factors (Iwarsson, 1999; Carlsson et al., 2004).

In 2007, instead, a method based on the analytic hierarchical process (AHP) applied to quantitative accessibility assessment was proposed, which is conceived to be used in the planning phase and addresses the construction sector. This methodology allows to establish priority levels of accessibility criteria to be met, and to identify the degree to which the building adapts to them. The authors also suggest that this model could serve as a basis for the development of dedicated software (Wu et al., 2007).

Recently, models of accessibility assessment have been proposed that make use of 3D digital renderings of environments in order to simulate, through virtual reality, the ways in which a disabled person interacts with the environment itself. One of this models starts from the assumption that accessibility can be thought of as an inverse cinematic problem applied to an articulated structure, namely the system formed by the user and the assistive device (e.g., a person on a wheelchair), located in an indoor environment. The authors developed an algorithm whose purpose is to verify the possibility for this structure to interact with objects and the environment, taking into account the limitations related to the disability degree and to the nature of the environment itself.

The application of this approach is demonstrated in simulated environ-

ments using virtual reality techniques (Otmani et al., 2009).

It has to be pointed out that studies recurring in literature tend to consider mainly the accessibility of the built environment in terms of needs of people with physical disabilities.

The software for assessing accessibility and safety of the built environment (ValeAS) that ITC-CNR is developing, is instead based mainly on the outcomes of two former relevant experiences (Biocca et al., 2012).

The first concerns fire safety, through the participation in a Working Group with the Ministry of Home Affairs, Dept. of Fire Brigade, Public Rescue and Civil Defence, on safety for people with disabilities; this resulted into the definition of an assessment check-list of fire safety in working places where disabled people are present (Ministero dell'Interno, 2002).

The second mainly concerns accessibility in the general built environment. ITC-CNR, Rome Unit, was partner in the EU project POLIS<sup>1</sup> and, together with the other partners, developed a software for assessing the accessibility level of buildings, basing on parameters which take into account both the building and construction legislative requirements and the classification of disabilities in accordance with ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health).

### Purpose of the tool

The removal of barriers in the built environment, as established in the Italian law, is not easy to apply and be identified, mainly because there is no specific Consolidated Building Text collecting all prescriptions.

Therefore, the program, at this current stage and especially for future develop-

dell'accesso ai servizi pubblici (Poste, Trasporti, Sanità) per le categorie svantaggiate (Villani, 2007);

- sistemi informativi e mappature dell'accessibilità nei servizi ricettivi per turisti con esigenze diversificate;
- certificazione dei livelli prestazionali per l'accessibilità sia su base volontaria che obbligatoria.

### Base procedurale

La normativa italiana relativa all'eliminazione delle barriere architettoniche si articola in una serie di leggi e decreti di attuazione tra loro sequenziali e interconnessi (Argentin et al., 2008).

La legge principale di riferimento, per l'edilizia pubblica, è la L. 118/71, il cui decreto attuativo era il DPR 384/78, poi abrogato e sostituito dal DPR 503/96. Per quanto riguarda gli aspetti più propriamente tecnici, le norme di riferimento sono la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4809/68 e il DM 236/89. Al DM 236/89 fa riferimento anche la L. 13/89, che regola invece l'edilizia privata.

In ambito di sicurezza, la normativa è strutturata all'interno di un quadro complesso (Pelliccia, 2013), in cui è possibile individuare la Circolare del Ministero dell'Interno n. 4/2002 (conseguente al DM del 10 marzo 1998), che fornisce ai datori di lavoro, ai professionisti e ai responsabili della sicurezza, un ausilio per tenere conto, nella valutazione del rischio, della presenza di persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o mentali.

Il gruppo di lavoro sulla sicurezza delle persone con disabilità, istituito dal Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, ha elabo-

rato una *check-list* per proporre uno strumento operativo finalizzato a individuare gli elementi significativi per la sicurezza di tutte le persone (e in particolare di quelle con disabilità) nei luoghi di lavoro.

Tale *check-list*, che fonde gli aspetti relativi all'accessibilità e alla sicurezza, costituisce il principale punto di partenza operativo per la realizzazione del software. La *check-list* è strutturata in base alla sequenza dei passaggi che un individuo deve compiere in una situazione di emergenza, prendendo in considerazione gli elementi edilizi coinvolti in essa e ponendo, per ciascuno di essi, domande di verifica dei parametri che li caratterizzano. Ognuna di queste domande ha origine nella normativa di settore, con riferimento particolare al D.M. 14 giugno 1989, n. 236 e alla Circolare del Ministero dell'Interno, 1 marzo 2002, n. 4. La *check-list* fornisce anche delle possibili soluzioni da adottare nel caso in cui la valutazione di uno o più parametri risulti negativa.

L'altro elemento che ha contribuito a costituire una base operativa da cui è stato derivato ValeAS, è lo strumento POLIS DSS (*POLIS Decision Support System*), un software open source sviluppato nell'ambito del progetto europeo Polis - *Decision Support Tools and Policy Initiatives in Support of a Universal Design of Buildings* (Polis Consortium, 2007). Tale strumento è basato sul metodo di valutazione dell'accessibilità degli edifici *Building Accessibility Methodology* (BAM), che prende in considerazione i servizi forniti dall'edificio ai suoi utenti, valutando la rilevanza di ogni servizio in base al tipo di edificio e alla tipologia di utente, tenendo conto delle differenze specifiche per ogni disabilità e assegnando dei pesi ai parametri di progettazione a seconda dell'attinenza degli stessi rispetto alle varie

ments, can find its place in a sector not yet fully explored among software tools for supporting design, building and management of the building context.

The software aims to give assistance in assessing existing areas or planned intervention areas, with the purpose of providing not only the possibility to assess strict compliance to the law, but also opportunities for improvement beyond minimum requirements.

The possibilities for use are several, for example in:

- design or check-up activities of built areas where a better quality is to be offered through Design for All or Universal Design principles;
- redevelopment or reorganization programs for the access to public facilities (Post Offices, Transports, Health Services, etc.) for the benefit of frail users (Villani, 2007);
- information and mapping systems of

accessibility in tourist facilities for users with specific needs;

- certification of accessibility performance levels both on a voluntary and compulsory basis.

### Procedural background

The Italian legislation on the removal of architectural barriers is articulated within a series of sequential and interconnected laws and decrees (Argentin et al., 2008).

The main reference law, for public buildings, is L. 118/71, whose actuation decree was DPR 384/78, which was then abrogated and replaced by DPR 503/96. Concerning technical aspects more properly defined, the reference norms are 4809/68 by the Ministry of Public Works, and DM 236/89, to which L. 13/89, a law regulating accessibility of private buildings, makes reference as well.

As concerns the safety field, the relevant legislation is structured within a complex framework (Pelliccia, 2013), in which it is possible to identify 4/2002 by the Ministry of Internal Affairs (which followed DM 10/1998), that provides employers, professionals and safety officials with a supporting tool for taking into account the presence of people with reduced or impaired physical, sensorial or cognitive abilities, while assessing risk factors.

The workgroup on safety of people with disabilities, established by the Ministry of Home Affairs, Dept. of Fire Brigade, Public Rescue and Civil Defence, developed a check-list to propose an operative tool with the purpose of identifying significant elements for the safety of all people (and especially for disabled people) in work places.

This check-list, merging aspects related to accessibility and safety, constitutes

the main operational starting point for the development of the software.

The check-list is structured basing on the sequence of actions a person should perform in an emergency situation, taking into account the included building elements and asking questions for checking their defining parameters. Each question is originated from the relevant legislation, particularly D.M. 236/89 and 4/2002. The check-list also suggests possible solutions in case of negative parameter assessment.

The other factor constituting the background to which ValeAS was inspired is the POLIS DSS tool, an open source software developed during the European project POLIS - *Decision Support Tools and Policy Initiatives in Support of a Universal Design of Buildings* (Polis Consortium, 2007).

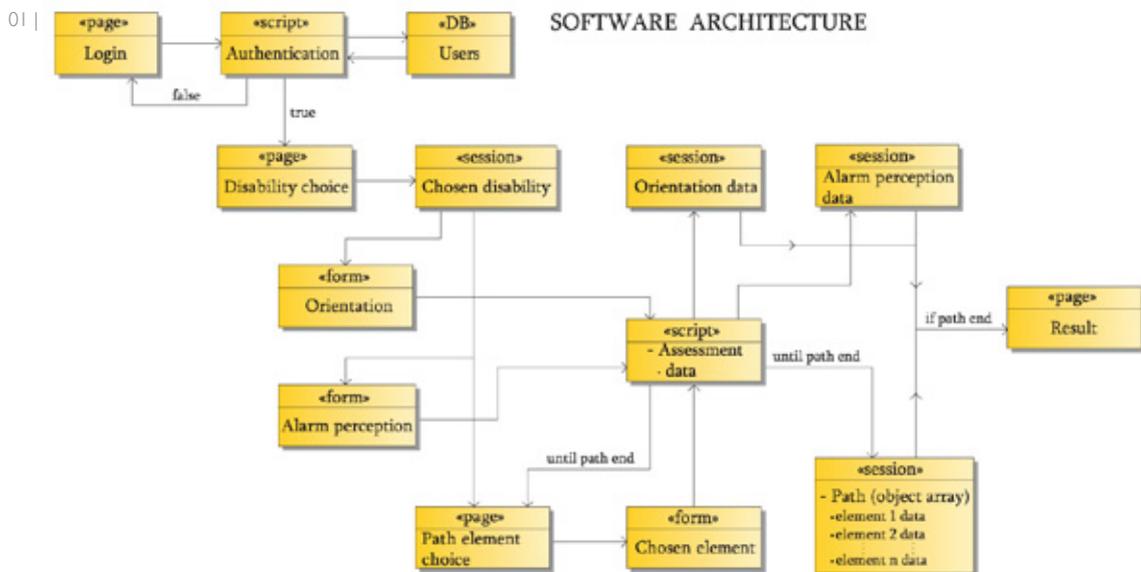
Such tool is based on the accessibility evaluation method *Building Accessibil-*

categorie di disabilità (Sakkas and Perez, 2006; Bendel, 2006). ValeAS riprende dalla *check-list* la valutazione per elementi, che tramite il software possono essere assemblati e valutati in modo dinamico, per comporre un percorso che da un punto di partenza interno all'edificio conduca a un luogo esterno sicuro o a uno spazio calmo<sup>2</sup>, oltre a implementare le domande tramite form HTML e a fornire un risultato finale in cui, nel caso di valutazione negativa, viene indicato il relativo riferimento normativo da cui trarre informazioni per correggere il problema. Da Polis, invece, è stata tratta l'implementazione del software come applicazione web e la struttura di valutazione tramite percorsi, sebbene ValeAS differisca per quanto riguarda l'interfaccia e la modalità di utilizzo. Inoltre, ValeAS, come Polis, prende in considerazione le categorie di disabilità per impostare le domande di valutazione e i conseguenti risultati, ma adotta un insieme di categorie più ristretto per semplificare sia l'interazione con il software che la procedura stessa di valutazione, inglobando le tipologie specifiche usate da Polis all'interno di gruppi più ampi. La stessa semplificazione, nella fase successiva di sviluppo del software, verrà operata relativamente alle tipologie di edifici da considerare. La decisione di semplificare lo strumento informatico sviluppato da Polis per produrre ValeAS, è stata presa in conseguenza del fatto che alcuni test di utilizzo effettuati nel periodo subito successivo al rilascio dello strumento, avevano portato all'individuazione di difficoltà nell'uso dovute alla sua eccessiva complessità. ValeAS costituisce anche un'estensione di Polis, a causa del fatto che include la valutazione dell'accessibilità in situazioni di emergenza, non presente in esso.

### Descrizione dello strumento

ValeAS è un'applicazione web (ospitata attualmente su un server dell'ITC-CNR) che richiede l'accesso tramite login per poter essere utilizzata; username e password personali possono essere impostati tramite una pagina di registrazione. L'utilizzo di un account individuale permette all'utente di salvare il lavoro e recuperarlo al prossimo accesso, oltre a poter gestire in generale i propri progetti salvati tramite un semplice *file manager*. In Fig. 1 viene mostrata una mappa concettuale dell'architettura del software. Il programma è stato sviluppato in PHP per gli script lato server (utilizzando un paradigma ad oggetti), mentre per quelli lato client è stato utilizzato JavaScript. Gli account utente e i progetti salvati vengono gestiti attraverso un database su server MySQL. Si è scelto quindi di usare risorse di programmazione open source per la creazione dello strumento. L'interfaccia grafica è costituita da schermate (o maschere) contenenti sia testo che icone e immagini, relativi alle varie scelte da operare (dipendenti dalla fase a cui si è giunti), ed è stata concepita cercando di applicare concetti di design *user-friendly* e accessibile. Il primo passo nell'utilizzo di ValeAS è la scelta della disabilità rispetto alla quale si vuole eseguire la valutazione. Le opzioni possibili sono le seguenti:

- disabilità motoria;
- disabilità visiva;
- disabilità uditiva;
- disabilità cognitiva;
- tutte le categorie di disabilità.



01 | Mappa concettuale dell'architettura del software (relativa alla valutazione della sicurezza antincendio per disabili)  
Conceptual map of the software architecture (related to assessment of fire safety for disabled people)

## 02 | Creazione del percorso

Scegliere un elemento cliccando sul relativo simbolo



Le domande poste in seguito nel corso della valutazione dipenderanno da questa scelta. Tali domande vengono presentate all'interno di form HTML, tramite i quali, una volta completato l'inserimento, vengono elaborate per la generazione dei risultati (parziali), che vengono poi immagazzinati per la durata della sessione di utilizzo.

Il punto centrale della struttura del programma è rappresentato dalla schermata di scelta degli elementi (Fig. 2), che permette di comporre il percorso aggiungendo un elemento alla volta e valutandolo. Durante questo processo, l'utente può scegliere di salvare quanto fatto, di modificare il percorso, tramite una funzione apposita, sostituendo o eliminando elementi (con la possibilità di cambiare le risposte inserite), oppure di visualizzare il risultato della valutazione, una volta giunto al punto finale del percorso (un esempio di risultato è riportato in Fig. 3).

02 | Menù per la scelta degli elementi del percorso

Main menu for choosing path elements

03 | Esempio di risultato di valutazione (estratto)

Example of assessment result (excerpt)

## Sperimentazione del prototipo e analisi dei risultati

La sperimentazione ha avuto come oggetto la valutazione di 19 percorsi in 14 edifici diversi.

In tutti i percorsi si è scelto di considerare le prescrizioni normative per tutte le categorie di disabilità.

Le verifiche effettuate, anche se non sono in numero tale da essere statisticamente significative, hanno portato a risultati che hanno permesso sia di individuare le caratteristiche tipiche di ciascun ambiente in relazione alla rispondenza ai requisiti, sia di testare l'applicabilità e l'efficacia del software stesso.

L'analisi dei risultati ha portato all'individuazione degli elementi (tra i 9 valutati), o dei singoli parametri, che più frequentemente risultano non a norma o che sono più difficili da adeguare<sup>3</sup>.

L'ambiente interno ha una rispondenza media globale ai requisiti dell'84%, su un campione di 19 casi valutati. È interessante notare che la rispondenza ai singoli parametri è del 100%, ad eccezione del parametro relativo all'assenza di ostacoli che riducono o impediscono la mobilità; tale requisito viene infatti rispettato in un solo caso (5,27%); in tutti i casi tali ostacoli risultano essere eliminabili, pertanto l'elemento ambiente interno risulta facilmente adeguabile.

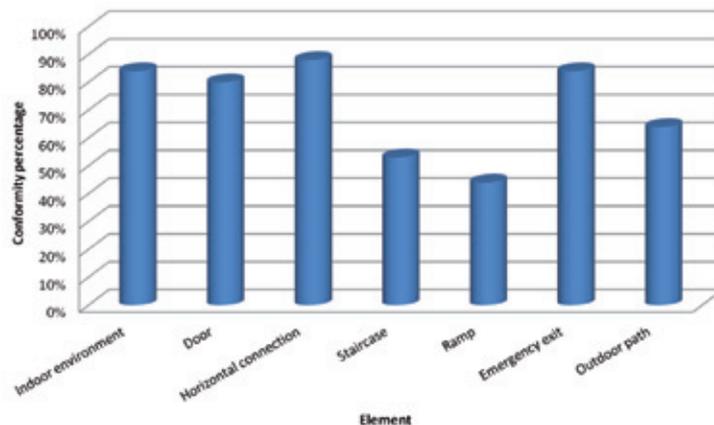
## 03 | Risultato della valutazione

Elemento	Parametro	Risultato	Note
Orientamento	Presenza segnaletica	✘	<a href="#">Riferimento normativo</a>
	Illuminazione adeguata	✘	<a href="#">Riferimento normativo</a>
Percezione dell'allarme	Presenza allarme sonoro	✔	
	Uditibilità allarme sonoro	✔	
	Riconoscibilità allarme sonoro	✔	
	Presenza allarme ottico	✘	<a href="#">Riferimento normativo</a>
	Presenza allarme a vibrazione	✘	<a href="#">Riferimento normativo</a>
Ambiente interno	Assenza di ostacoli	✘	<a href="#">Riferimento normativo</a>
	Assenza di ostacoli ineliminabili	✔	
	Complanarità pavimentazione	✔	
	Scivolosità pavimentazione	✔	
	Assenza di abbagliamento	✔	
	Assenza di dislivelli	✔	

ity Methodology (BAM), which considers those services a building offers to its users, thus evaluating the relevance of each service for each building type and users' group as well as assigning different weights to design parameters, in relation to their relevance to each disability category (Sakkas and Perez; Bendel, 2006).

ValeAS takes from the check-list the feature of performing assessment by elements, which can be assembled through the software and dynamically assessed in order to create a path from a starting point within a building and leading to a safe end point, which can be indoor or outdoor<sup>2</sup>, in addition to implementing the check-list questions through HTML forms and giving a final result where, in case of negative assessment, the relevant law reference is pointed out in order to give guidance for solving the design problem.

Average conformity of elements



L'elemento porta ha una rispondenza media globale alla normativa dell'80%, su un campione di 23 casi. La luce netta della porta e lo sforzo di apertura hanno una percentuale di rispondenza alla normativa del 100%. Diversamente, nei casi di porte con superficie vetrata e trasparente, l'assenza di segno identificativo ad altezza occhi è di 6 casi su 6. L'altezza della maniglia e il tipo di maniglia sono conformi rispettivamente nel 39% e nel 35% dei casi.

Il connettivo orizzontale ha una media di rispondenza dell'88% su un campione di 30 elementi. I parametri dimensionali quali larghezza, dimensioni degli allargamenti e complanarità della pavimentazione, sono rispondenti alla normativa nella totalità dei casi. Laddove si incontra invece un dislivello, in un solo caso su due questo è raccordato correttamente; solo nel 33% dei casi si verifica l'assenza di ostacoli.

Per quanto riguarda l'elemento scale, la media di rispondenza è del 53% su un campione di 9 casi. L'unico parametro sempre conforme è la dimensione della pedata, ma anche la larghezza della scala e la presenza di parapetto hanno delle percentuali positive (89%). Meno frequente è invece il rispetto delle prescrizioni che riguardano l'altezza del parapetto, che è conforme solo in 5 casi su 8 (62,5%). Gli elementi che riducono la media generale, con un apporto dello 0%, sono quelli relativi al rispetto della normativa che riguarda i non vedenti o gli ipovedenti, ovvero: contrasto degli spigoli e segnale di inizio e di fine delle scale.

Anche nel caso della rampa, che ha una percentuale di rispondenza media del 44% su 9 casi valutati, i valori che abbassano la media sono sempre quelli che riguardano la normativa che tutela i non vedenti o gli ipovedenti, che hanno tutti una media

dello 0%. La larghezza della rampa è adeguata in 8 casi su 9 (89%).

L'elemento uscita di sicurezza, valutato in 20 casi, è risultato mediamente conforme all'84%. Gli elementi valutati hanno tutti una rispondenza media che oscilla tra l'85% e il 100%, ad eccezione di due elementi: l'altezza del dispositivo di apertura (65%) e la presenza della molla per il fermo della porta in posizione aperta (62%).

L'elemento balcone/terrazza si è presentato una sola volta con una conformità media dell'89%.

Per quanto riguarda gli spazi calmi, invece, la rispondenza media alla normativa è del 76% nei 3 casi valutati.

L'ultimo elemento valutato è il percorso esterno, la cui rispondenza media totale è del 64% su 19 casi. I dati più interessanti sono l'assenza di impedimenti al moto nella totalità dei casi (100%) e alcuni parametri dimensionali: presenza e dimensione degli allargamenti e pendenza longitudinale del percorso, che sono rispettati intorno al 93% dei casi. Risulta inoltre un'assenza totale di percorsi tattili.

Il grafico riportato in Fig. 4 mostra le percentuali medie globali di rispondenza alla normativa per gli elementi valutati su campioni sufficientemente significativi.

The software implementation as a web application and assessment framework through paths came instead from Polis, although ValeAS differs from it as to the interface and use modality. Furthermore, ValeAS, like Polis, takes into account disability categories to set out the assessment questions and related results, but it adopts a less extended set of categories in order to simplify both the interaction with the software and the assessment procedure itself, by including the specific categories used by Polis within larger groups. In the next software development phase, the same simplification process will be applied to the building typologies to be considered.

The decision to simplify the ICT tool developed by Polis in order to produce ValeAS, has been made as a consequence of the fact that some use tests performed in the period immediately

following the release of the tool, led to the identification of difficulties in its use due to excessive complexity. ValeAS also represents an extension with respect to Polis, since it includes the assessment of accessibility in emergency situations as well, which wasn't found in it.

#### Description of the ICT tool

ValeAS is a web application (currently hosted on a server owned by ITC-CNR) which requires access through a login in order to be used; user name and password can be set by means of a registration page. Having an individual account allows users to save their work and open it at the next access, other than being able to generally manage their saved projects through a simple file manager. Fig. 1 shows a conceptual map of the software architecture.

The program has been developed with

PHP for server-side scripts (using mostly an object-oriented paradigm), while JavaScript has been adopted for client-side scripts. User accounts and saved projects are managed through a database hosted on a MySQL server. Therefore, only open source programming resources have been chosen for creating this tool.

The graphic interface is constituted of screens containing both text and icons and images, related to the various choices that have to be made (depending on the progress stage), and has been conceived trying to apply user-friendly and accessible design concepts.

The first step in using ValeAS is choosing the disability category (Fig. 1) against which one wants to perform the assessment. Possible options are the following:

- motor disability;
- visual impairment;

- hearing impairment;
- cognitive impairment;
- all previous categories.

Questions asked in the following stages of the assessment will depend on this choice. These questions are presented in HTML forms, through which, once filling is completed, they are processed in order to generate (partial) results, which are then stored for the duration of the user session.

The main node of the program structure is represented by the menu for choosing path elements (Fig. 2), which allows to form the path by adding and assessing one element at a time. During this process, users can choose to save what they have done, to edit the path, by means of a dedicated feature, replacing or deleting elements (with the possibility to modify previously submitted answers), or to view the assessment result, once the final point of the path

## Conclusioni

La principale finalità di ValeAS è quella di fornire uno strumento 'agile' per la comprensione e l'applicazione delle normative sull'accessibilità e sulla sicurezza, in relazione alla più vasta utenza possibile di fruitori degli spazi interni del costruito, sia pubblico che privato.

La distanza che purtroppo spesso si ravvisa tra le migliori intese dal legislatore e le reali condizioni d'uso del patrimonio abitativo, rappresenta un ostacolo oggettivo alla reale applicazione delle norme, anche se esse sono frutto di studi settoriali dettagliati. Il superamento delle difficoltà applicative di tali norme nasce e cresce alla luce della possibilità di 'diagnosticare' le criticità presenti e, ove possibile, indicare soluzioni e rimedi. Il fine secondario è la sensibilizzazione del pubblico alle tematiche della sicurezza, attraverso strumenti e metodologie che possono essere resi immediatamente disponibili e che abbiano facilità di utilizzo (è previsto lo sviluppo di un'applicazione per le principali piattaforme *mobile*).

Le conseguenze attese dalla diffusione di strumenti simili sono le ricadute sulla progettazione degli spazi fruibili, e le soluzioni che possano migliorare lo stile di vita degli utilizzatori finali degli spazi, in quanto l'ottimizzazione dei collegamenti interni, specialmente nelle aree pubbliche, risulta altamente strategica nell'esplicitamento delle normali attività.

Un'area di espansione ulteriore è quella legata alle possibilità offerte dal superamento dei livelli imposti dai termini normativi, auspicando soluzioni di un livello superiore ai limiti consentiti, che possano applicare più direttamente i dettami dell'*Universal Design*.

has been reached (an example of assessment result can be seen in Fig. 3).

### Testing of the prototype and results analysis

The prototype has been tested by assessing 19 paths in 14 different buildings. Testing was performed for all paths choosing to consider legislation requirements related to all disability categories.

The performed tests, even though their number isn't statistically significant, have generated results allowing both to identify the main characteristics of each element in relation to its compliance to requirements, and to test the applicability and effectiveness of the software itself.

The analysis of the results led to the identification of the elements (among the 9 being assessed), or the single parameters, that are more frequently

found to be non-compliant or that are difficult to adapt<sup>2</sup>.

The indoor environment element has an average global compliance to requirements of 84%, over a sample of 19 assessed cases. It is interesting to notice that compliance to single requirements is 100%, except for the parameter related to absence of obstacles reducing or hindering mobility; in fact, there is only one case (5.27%) in compliance with this requirement. In all of the cases, these obstacles are removable, therefore the indoor environment element is found to be easily adjustable.

The door element has an average global compliance of 80%, over a sample of 23 cases. The doorway span and the opening weight have a percentage of compliance to requirements of 100%. On the other hand, considering doors with glass and transparent surfaces, the absence of an identification sign placed

## NOTE

<sup>1</sup> Finanziato dalla Commissione Europea, DG Research and Development nel periodo 2004-2006, <http://www.polis-ubd.net/>.

<sup>2</sup> Nel caso oggetto di questo articolo, cioè la valutazione della sicurezza antincendio per disabili.

<sup>3</sup> In quest'ottica si può considerare il software anche come strumento utile a capire dove è necessario intervenire, a livello culturale o istituzionale, per poter sopperire ad una carente informazione su determinate parti delle componenti edilizie.

## REFERENCES

Argentin, I., Clemente, M. and Empler, T. (2008), *Eliminazione barriere architettoniche - Progettare per un'utenza ampliata*, seconda edizione, Dei, Roma.

Barnes, C. (2011), "Understanding disability and the importance of design for all", *Journal of Accessibility and Design for All*, Vol. 1, No. 1, pp. 55-80.

Biocca, L., Morini, A., Paraciani, N. and Pomposini, R. (2012), "ValeAS Uno strumento per verificare accessibilità e sicurezza dell'ambiente costruito", *Speciale ITC-CNR "Ricerca e Sperimentazione"* estratto dalla rivista *Structural*, n. 177/2013, pp. 43-45.

Carlsson, G., Slaug B., Johannisson, A., Fänge, A. and Iwarsson, S. (2004), "The Housing Enabler - Integration of a computerised tool in occupational therapy undergraduate teaching", *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, Vol. 11, No. 1, pp. 5-9.

Iwarsson, S. (1999), "The Housing Enabler: An Objective Tool for Assessing Accessibility", *The British Journal of Occupational Therapy*, Vol. 62, No. 11, pp. 491-497.

McClain, L., Beringer, D., Kuhnert, H., Priest, J., Wilkes, E., Wilkinson, S. and Wyrick, L. (1993), "Restaurant Wheelchair Accessibility", *The American Journal of Occupational Therapy*, Vol. 47, No. 7, pp. 619-623.

at eye level is found in 6 cases out of 6. The height of the door handle and its type are compliant respectively in 39% and 35% of the cases.

The horizontal connection has an average compliance of 88% over a sample of 30 elements. Dimensional parameters such as width, dimension of width widening and coplanar pavement, are in compliance with legislation in all cases. Where there is a difference in levels, instead, only in one case out of two this is properly connected, while only in 33% of cases the absence of obstacles is verified.

Concerning the staircase element, the average compliance is 53% over a sample of 9 cases. The only parameter which is always compliant is the step width, but also the width of the staircase and the presence of a parapet have positive percentages (89%). Compliance with requirements concerning

the height of the parapet is less frequent, being compliant only in 5 cases out of 8 (62.5%). The parameters lowering the global average, contributing with 0%, are those related to compliance with legislation concerning visually impaired people, that is: contrast of edges and signs indicating starting and ending points of the staircase.

Also in the case of the ramp, which has an average percentage of compliance of 44% over 9 cases, the values lowering the average are those related to requirements concerning visually impaired people, which all have 0% as average. The width of the ramp is adequate in 8 cases out of 9 (89%).

The emergency exit element, which has been assessed in 20 cases, has been found to be 84% compliant on average. The parameters being assessed all have an average conformity ranging from 85% to 100%, except two parameters:

Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile (M.I.) (2002), *La sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro: strumento di verifica e controllo (check-list)*, (M.I.), Roma.

Otmani, R., Moussaoui, A. and Pruski, A. (2009), "A new approach to indoor accessibility", *International Journal of Smart Home*, Vol. 3, No. 4, pp. 1-14.

Pelliccia, L. (2013), *Il Testo Unico di sicurezza sul lavoro*, quarta edizione, Maggioli Editore, Rimini.

Polis Consortium (2007), *Building and Urban Space Accessibility*, IHS BRE Press, Garston, Watford.

Sakkas, N. and Pérez, J. (2006), "Elaborating metrics for the accessibility of buildings", *Computers, Environment and Urban Systems*, 30 (5), pp. 661-685.

Steinfeld, E. and Maisel, J. (2012), *Universal Design: Creating Inclusive Environments*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

Villani, T. (2007), "Sicurezza antincendio e accessibilità nelle strutture socio-sanitarie: indirizzi e suggerimenti per la programmazione e la progettazione della sicurezza contro gli incendi per un'utenza debole", *Antincendio*, vol. 8.

Wu, S., Lee, A., Tah, J.H.M. and Aouad, G. (2007), "The use of a multi-attribute tool for evaluating accessibility in buildings: the AHP approach", *Facilities*, Vol. 25, No. 9/10, pp. 375-389.

the height of the opening handle (65%) and the presence of a door closer to allow keeping the exit open (62%).

The balcony element has been encountered only once, with an average compliance of 89%.

As regards safe areas of refuge, instead, the average compliance with legislation is 76% over a sample of 3 cases.

The last element that has been assessed is the outdoor path, whose average total compliance is 64% over 19 cases. The more interesting data are those related to the absence of motion hindrances in all cases (100%) and to some dimensional parameters: presence and dimension of width widening and longitudinal slope of the path, which are compliant for about 93% of cases. There is also a total absence of tactile paving.

The graph in Fig. 4 shows average global percentages of compliance with the

legislation for the elements assessed over sufficiently significant samples.

### Conclusions

The main purpose of ValeAS is to provide an easy-to-use tool for the understanding and application of accessibility and safety legislations, in relation to the largest possible group of people using indoor spaces in both private and public buildings.

The distance that unfortunately is often detected between the improvements that the legislation intends to apply and the real conditions of use of the built environment, represents a substantial obstacle to the actual application of the norms, even if they are the outcome of detailed specific studies. Overcoming the difficulties in applying these norms can be made possible by a 'diagnosis' of critical points suggesting, where possible, solutions and remedies.

The secondary purpose is to raise awareness in the public about safety-related topics, by means of tools and methods which may be readily made available and which are easy to use (the development of an application for the main mobile platforms is planned for the future).

The expected consequences of the diffusion of such tools are the impact on the planning of accessible spaces, and solutions that may improve end users' lifestyle, since optimizing internal connections, especially in public areas, is highly functional for performing daily activities.

A further area of extension is the one related to the possibilities offered by overcoming the levels imposed by legislative requirements, fostering solutions going beyond the permitted limits, which may more directly implement Universal Design principles.

### NOTES

<sup>1</sup> Funded by the European Commission, DG Research and Development, in 2004-2006, <http://www.polis-ubd.net/>.

<sup>2</sup> In the case studied by this article, that is fire safety assessment for disabled people.

<sup>3</sup> From this point of view, the software can also be seen as a useful tool for understanding where interventions are needed, at a cultural and institutional level, in order to remedy to the lack of information about specific parts of building components.