

PUBLICA

DAI

Il Disegno per
l'Accessibilità e
l'Inclusione

A CURA DI
Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

ISBN 9788899586478

Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

DAI - Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione - 2024

© PUBLICA, Alghero, 2024

ISBN 9788899586478

Pubblicazione Dicembre 2024

PUBLICA

Dipartimenti di Architettura, Design e Urbanistica

Università degli Studi di Sassari

www.publicapress.it



PUBLICA

DAI Il Disegno per
l'Accessibilità e
l'Inclusione

A CURA DI

Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

ISBN 9788899586478

Il volume raccoglie i contributi, dei relatori e degli studiosi, pervenuti in occasione della conferenza DAI - Il Disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione 2024 che si è svolta a Roma il 5 e 6 dicembre 2024. La valutazione dei contributi pubblicati è avvenuta con la modalità del double blind review.

COMITATO ORGANIZZATORE

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma
(Coordinamento scientifico)

Andrea Bruciati

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este
(Coordinamento scientifico)

Adriana Caldarone

Sapienza Università di Roma

Viviana Carbonara

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Angela Chiaraluca

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Lucilla d'Alessandro

Istituto Autonomo Villa Adriana e Villa d'Este

Alexandra Fusinetti

Università degli Studi di Sassari

COMITATO PROMOTORE

Marco Giorgio Bevilacqua

Università di Pisa

Cristina Cåndito

Università di Genova

Enrico Cicalò

Università degli Studi di Sassari

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma

Alberto Sdegno

Università degli Studi di Udine

COMITATO SCIENTIFICO

Giuseppe Amoruso

Francesco Bergamo

Marco Giorgio Bevilacqua

Fabio Bianconi

Giorgio Buratti

Pedro Manuel Cabezos Bernal

Christina Conti

Antonio Calandriello

Adriana Caldarone

Antonio Camurri

Cristina Cåndito

Enrico Cicalò

Agostino De Rosa

Tommaso Emler

Sonia Estévez-Martín

Maria Linda Falcidieno

Marco Filippucci

Alexandra Fusinetti

Andrea Giordano

Per-Olof Hedvall

Alessandro Meloni

Alessandra Pagliano

Ivana Passamani

Leopoldo Repola

Veronica Riavis

Michela Rossi

Giuseppina Scavuzzo

Roberta Spallone

Alberto Sdegno

Valeria Tatano

Paula Trigueiros

Michele Valentino

Ornella Zerlegna

IMPAGINAZIONE E SITO WEB

Alexandra Fusinetti

www.disegnodai.eu

Indice

Introduzione

Tommaso Emler

12

FOCUS 1

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione socio-culturale

Mani che comunicano. I linguaggi gestuali e la loro rappresentazione grafica

Valeria Menchetelli

18

Autism friendly escape room: un Serious Game inclusivo per la Sagrestia del Vasari a Napoli

Alessandra Pagliano, Greta Attademo, Alessandra Coppola

40

Digitalizzazione e partecipazione: il PEBA di Corciano come modello di accessibilità e inclusione

Marco Filippucci, Fabio Bianconi, Simona Ceccaroni, Filippo Cornacchini, Matilde Cozzali, Rebecca Rossi

56

HeritageMap for accessibility and inclusivity in cultural heritage. The 'Open-air Museum of Contemporary Art Works' MAP in Faenza

Elisabetta C. Giovannini, Jacopo Bono

72

Fruizione aumentata del patrimonio perduto: configurazione degli embrici delle cupole napoletane

Gianluca Barile, Nicola Rimella, Francesca Maria Ugliotti

90

Miglioramento dell'accessibilità e attività di tutela nella città storica: esperienze nel mantovano

Giulia Bressan

108

**Segni e Disegni per rappresentare l'Architettura.
Un progetto interdisciplinare di orientamento,
accessibilità ed inclusione**
*Maria Cristina Azzolino, Michela Barosio, Giulia Bertola,
Martina Crapolichio, Rossella Gugliotta, Angela Lacirignola,
Martino Pavignano, Francesca Ronco, Ursula Zich* 122

**La ricostruzione automatica e la fruizione aumentata
dei frammenti archeologici**
Gianluca Barile 146

**Il coro ligneo della Basilica di San Giorgio Maggiore
a Venezia. La fruizione tattile per la conoscenza
culturale**
Sonia Mollica, Giulia Piccinin, Antonio Calandriello 162

**Microarchitetture sperimentali
per la rifunzionalizzazione degli spazi nella scuola
post-pandemica**
Daniela Ladiana, Chiara Iacovetti 176

**Spatial representation and psychological well-being:
new digital perspectives on environmental
psychology**
Piergiuseppe Rechichi, Gianluca Sesso 188

FOCUS 2

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione cognitiva

***The Algorithm as Therapy. Secret Talks, a case study of
the design and development of Digital Therapeutics***
Giorgio Buratti, Yingfei Zhu 210

**Museum Accessibility. A Framework based
on a Didactic Studio**
Dina Riccò, Weihuan Hou 226

**Neurodiversità e spazi verdi urbani. Soluzioni
per giardini sensoriali e terapeutici**
Cristiana Cellucci 242

Percezione visiva ed emozioni. Prevenire il disagio nei soggetti affetti da disabilità intellettive
Gaia Leandri 256

Da BES a Tutor: vedere per far vedere
Ursula Zich, Laura Nicoletta Bello 268

Realtà Virtuale e possibili applicazioni in ambito didattico. Per una comunicazione più inclusiva del *Cultural Heritage*
Nicola La Vitola, Sonia Mollica 286

FOCUS 3

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione spaziale

Percezione accessibile delle forme geometriche del tempo
Cristina Candito, Alessandro Meloni, Ilenio Celoria 302

Cortina d'Ampezzo accessibile: un progetto di mappatura interattiva
Caterina Balletti, Valeria Tatano, Fabio Martinello, Mattia Menardi 320

Il Castello per tutti. Sguardi tattili per inedite visioni
Ivana Passamani 334

Aree gioco urbane accessibili: percezione e configurazione
Segalerba Alessia 354

Il rilievo per la fruizione degli spazi inaccessibili. Il bazar di Kruja in Albania
Gianluca Gioioso 370

Esplorazioni virtuali multilivello per la divulgazione e l'amplificazione della conoscenza del Patrimonio Architettonico
Mara Gallo 382

***Wayfinding*, interpretazione e comunicazione dei siti archeologici protostorici della Sardegna**
Enrico Cicalò, Michele Valentino, Alexandra Fusinetti 398

FOCUS 4

Il disegno per l'accessibilità e l'inclusione museale

koinESTE. Percorso digitale per tutti, progetto di accessibilità

Andrea Bruciati, Angela Chiaraluce, Lucilla D'Alessandro, Tommaso Emler, Carlo Inglese

416

Dall'immagine al modello: l'impiego delle mappe di profondità per la restituzione aptica di dipinti

Alberto Sdegno, Veronica Riavis, Silvia Masserano

428

Alla ricerca di un senso. Prime riflessioni metodologiche sull'accessibilità tattile alle opere d'arte

Ivana Passamani, Massimo De Paoli, Virginia Sgobba, Nicolò Fiammetti, Anna Paolini

444

Digitalizzazione e Inclusione: l'Intelligenza Artificiale per esperienze museali multisensoriali

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Claudia Cerbai, Michela Meschini, Andrea Migliosi, Chiara Mommi

462

Comunicare la meteorologia attraverso esperienze tattili

Manuela Incerti, Raffaella Vitale, Barbara Fabbri, Anna Maragno, Grazia Zini, Paolo Lenisa,

476

***Physical twins* per la fruizione ampliata dei beni museali: il caso studio della Dea di Morgantina**

Mariangela Liuzzo, Dario Caraccio, Laura Floriano

492

Il ruolo dei *Virtual Tour* per l'accessibilità e l'inclusione del patrimonio museale

Noemi Tomasella, Flavia Camagni, Elena Ippoliti

508

Rendere accessibile l'inaccessibile: percorsi per le disabilità motoria, visiva e uditiva nella Fortezza di Marciana

Tommaso Emler, Adriana Caldarone

524

**Feel the Past: una metodologia operativa per
l'accessibilità sensoriale nei musei**

*Riccardo Cristoforo De Giorgi, Davide Mezzino,
Grazia Maria Signore*

538

**Accessibilità e inclusione museale a Torino: uno stato
dell'arte**

Francesca Ronco

554

**Strategie di rilievo digitale e produzione additiva
per la fruizione aptica di opere scultoree**

Andrea di Filippo, Sara Antinozzi

570

**Tecniche fotogrammetriche per la prototipazione e la
fruizione del patrimonio scultoreo storico**

Andrea Zerbi, Sandra Mikolajewska

584

Presentazione

Tommaso Emler

Sapienza Università di Roma

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura

tommaso.empler@uniroma1.it

L'accessibilità e l'*Universal Design* sono temi che hanno acquisito una grande importanza nelle società contemporanee, riflettendo una trasformazione culturale che va oltre la semplice attenzione alle disabilità. Oggi, più che mai, la ricerca e la progettazione sui temi dell'accessibilità sono visti come una necessità fondamentale per garantire pari opportunità a tutti, senza distinzioni, favorendo la partecipazione attiva e il benessere di ogni individuo. Con il progredire delle tecnologie e dei modelli di progettazione, siamo chiamati a ripensare e migliorare costantemente gli spazi, i servizi e le interazioni che compongono la nostra vita quotidiana.

Il convegno si propone di esplorare l'evoluzione dell'accessibilità e dell'*Universal Design*, analizzando le sfide e le opportunità che caratterizzano il nostro tempo, con l'obiettivo di sollecitare i ricercatori, formare professionisti, sensibilizzare le istituzioni e cittadini riguardo alla fondamentale importanza di rendere ogni ambiente più fruibile. Il termine *Universal Design* è stato coniato negli anni '90 dal designer statunitense Ron Mace per descrivere un approccio che mira a creare ambienti, prodotti e servizi fruibili da tutti, prescindere dalle abilità fisiche, cognitive, culturali o economiche degli utenti. L'obiettivo è quello di progettare per la diversità, non come risposta a specifiche necessità, ma come un processo che considera le esigenze di tutti gli individui fin dal principio. Non si tratta solo di adeguamenti per disabili, ma di una visione olistica della progettazione per migliorare la qualità della vita per tutti.

Nel corso degli ultimi decenni, le politiche internazionali e nazionali in materia di accessibilità sono cambiate radicalmente, influenzando le decisioni politiche, architettoniche e urbanistiche. L'adozione dell'*Universal Design* ha contribuito in modo significativo a creare ambienti e tecnologie più aperti, dove la diversità è vista come un valore e una risorsa, e dove l'inclusività non è più considerata un'eccezione, ma la regola. Questo approccio ha avuto impatti significativi non solo nel campo dell'architettura e dell'ingegneria, ma anche in ambito tecnologico, educativo, sociale e culturale.

Quando parliamo di accessibilità, l'attenzione si concentra spesso sull'eliminazione delle barriere fisiche che impediscono la partecipazione alla vita sociale. Negli ultimi anni, si è assistito a una crescente attenzione nel progettare ambienti

senza ostacoli, da edifici pubblici ad ambienti urbani, con l'introduzione di rampe, ascensori, porte automatiche, segnali visivi e sonori, e altro ancora. Tuttavia, l'accessibilità va ben oltre l'eliminazione delle barriere architettoniche: oggi si estende anche al mondo digitale e alle piattaforme online, all'accesso alle informazioni, ai trasporti, ai servizi pubblici e privati, e alla cultura.

Il concetto di accessibilità si è evoluto da un'ottica di necessità per persone con disabilità, a una visione che riconosce la variabilità delle esigenze umane, considerando che ognuno, in momenti diversi della propria vita, può incontrare difficoltà di accesso, che siano temporanee o permanenti. Ad esempio, una persona che inizia a utilizzare un dispositivo mobile per la prima volta o una persona anziana che affronta problemi di vista o udito ha bisogno di un design pensato per facilitarne l'uso. L'accessibilità non riguarda solo le persone con disabilità, ma tutti gli individui, considerando i vari aspetti della vita quotidiana.

In quest'ottica, l'accessibilità implica un miglioramento del design e delle soluzioni tecnologiche, affinché siano adeguate a garantire a ciascuno la piena partecipazione alla vita sociale, culturale ed economica, contribuendo a un ambiente realmente inclusivo. A tal fine, le innovazioni tecnologiche hanno svolto un ruolo fondamentale, portando alla creazione di *software* e hardware che rispondono alle diverse esigenze, come i *software* di lettura per persone non vedenti, le interfacce utente semplificate, le applicazioni di traduzione in linguaggio dei segni, e molto altro.

L'*Universal Design* si differenzia dall'accessibilità tradizionale per il suo approccio proattivo e universale. L'*Universal Design* non si limita a rispondere alle necessità di una minoranza, ma intende anticipare e risolvere le difficoltà di accesso fin dalla fase di progettazione, in modo che il prodotto o lo spazio sia funzionale per chiunque, senza bisogno di modifiche o adattamenti successivi. Questo approccio non si applica solo agli spazi fisici, ma si estende anche ai sistemi tecnologici, ai servizi, alla comunicazione e all'informazione, cercando di integrare soluzioni che siano intuitive e fruibili da tutti.

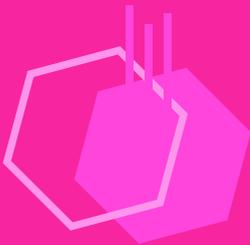
Un buon esempio di *Universal Design* è l'adozione di dispositivi tecnologici che, senza adattamenti specifici, possono essere utilizzati da persone di diverse età e con diverse

abilità. L'utilizzo di design minimalista e intuitivo, di interfacce accessibili e di opzioni di personalizzazione, come il contrasto elevato o la modalità ad alto contrasto per chi ha difficoltà visive, sono tutte soluzioni che si riflettono in un design universale.

Le linee guida di *Universal Design* stabiliscono che ogni progettista dovrebbe pensare in termini di inclusività, cercando soluzioni che non solo soddisfano le esigenze immediate degli utenti, ma che possano essere apprezzate da una gamma più ampia di persone. Ciò implica l'adozione di un linguaggio progettuale che si avvicina il più possibile all'esperienza umana universale, rispondendo a bisogni che spaziano dall'accesso fisico alla fruizione digitale, dall'inclusione sociale alla partecipazione culturale.

Nonostante i progressi, molte sfide restano ancora aperte, dalla scarsità di risorse destinate alla creazione di spazi accessibili, alla resistenza al cambiamento di alcuni settori. L'inclusione non riguarda solo l'adozione di tecnologie, ma implica un cambiamento culturale profondo. L'inclusività deve diventare parte integrante dei valori di una società, che si misura sulla capacità di adattarsi a tutte le diversità umane, non solo per una parte della popolazione.

Negli atti del convegno vengono approfondite queste tematiche, offrendo un'occasione di riflessione e discussione su come l'accessibilità e l'*Universal Design* siano strumenti fondamentali per una società più equa e facilmente fruibile, in grado di rispondere in modo adeguato alle esigenze di tutti i suoi membri, senza lasciare indietro nessuno.



Cortina d'Ampezzo accessibile: un progetto di mappatura interattiva

Caterina Balletti, Valeria Tatano, Fabio Martinello, Mattia Menardi

Università Iuav di Venezia

Dipartimento di Culture del Progetto

balletti@iuav.it; valeria.tatano@iuav.it; martinello_fabio@yahoo.it; mattiamenego@gmail.com



accessibilità urbana
barriere architettoniche
rilievo urbano
mappatura

urban accessibility
architectural barriers
urban surveying
mapping

Il contributo presenta i risultati di un progetto di ricerca avviato nel 2023 per lo studio dell'accessibilità urbana di Cortina d'Ampezzo inerente alla realizzazione di una cartografia che restituisce la morfologia della città con l'obiettivo di individuare le criticità e le potenzialità di movimento di abitanti e turisti, anche in relazione alle Olimpiadi Milano Cortina 2026.

Il gruppo di ricerca coinvolto è interdisciplinare poiché unisce le competenze nel rilievo con quelle della progettazione inclusiva, mettendo a servizio di quest'ultima le conoscenze e le tecniche necessarie per costruire una mappatura in grado di evidenziare le complessità e le criticità del territorio. Il risultato finale, in via di completamento, è un webGIS che fornirà all'utente un navigatore utile per pianificare gli spostamenti nel centro di Cortina. In particolare, l'applicazione dovrà elaborare e mettere a disposizione informazioni riguardanti il livello di fruibilità dei percorsi, dei dislivelli urbani e di altre tipologie di ostacoli presenti, nonché quelle relative all'accessibilità agli edifici di interesse pubblico e di maggior rilievo culturale/sportivo. La messa a punto del sistema prevede due fasi distinte: nella prima viene costruito il grafo dei percorsi pedonali, sulla base delle restituzioni dei dati rilevati SLAM, con particolare attenzione alle quote; nella seconda si procede alla realizzazione dell'applicativo webGIS, ponendo interesse anche all'interfaccia utente, avendo come criteri guida la semplicità d'uso e la chiarezza dei componenti grafici.

The paper presents the results of a research project started in 2023 for studying urban accessibility in the city of Cortina d'Ampezzo inherent the creation of a cartography that returns the morphology of the city with the aim of identifying the critical issues and potential of movement of inhabitants and tourists, also in relation to the Olympics Milan Cortina 2026.

The research group involved is interdisciplinary since it combined the specific skills of surveying with those of inclusive design, putting it at service of the latter the necessary knowledge and techniques series to build a mapping capable of highlighting highlight the complexities and critical issues of the territory.

The final result, nearing completion, is a webGIS which will provide users with a useful navigator to plan travel in urban center of Cortina. In particular, the application will have to process and make relevant information available the level of usability of the routes, the differences in height and other types of obstacles present, as well as those relating to accessibility to buildings public interest and of greater cultural and sporty. System setup involves two distinct phases: in the first the graph of pedestrian routes, based on the remains of the data collected SLAM, with particular attention quota concern; in the second we proceed to creation of the webGIS application, involving also interested in the user interface, having as criteria guide simplicity of use and clarity of graphic components.

Introduzione

L'accessibilità inclusiva a scala urbana è un requisito fondamentale che piccole e grandi città devono essere in grado di garantire, dal momento che assicura alle persone con disabilità il diritto a una vita indipendente la cui importanza è stata riconosciuta a livello internazionale nel 2006 dalla Convenzione ONU, come “pieno ed uguale godimento di tutti i diritti umani e di tutte le libertà fondamentali” [N.U., 2006, Art. 1].

Muoversi con facilità e sicurezza negli spazi urbani, vivere all'aperto potendo uscire dalle proprie abitazioni con la tranquillità di avere all'esterno la stessa autonomia che si possiede in uno spazio conosciuto e spesso progettato su misura delle proprie necessità, costituisce un elemento fondamentale per la qualità della vita delle persone con disabilità fisica, ed è allo stesso tempo un fattore importante per la fruibilità di tutti.

Nelle città storiche e nelle mete turistiche il tema dell'accessibilità allarga il proprio ambito di intervento, cercando di fornire risposte efficaci ai portatori di interesse, siano essi residenti o turisti, operando all'interno di un più ampio ventaglio operativo connesso con il percorso di sostenibilità dello sviluppo locale, legame ormai imprescindibile di ogni programma che intenda rendere ogni insediamento umano “inclusivo, sicuro, duraturo e sostenibile” (Goal 11 dell'Agenda dello sviluppo sostenibile dell'ONU).

Su questo sfondo di riferimento si colloca la ricerca condotta dall'Università Iuav di Venezia [1] che ha come oggetto l'individuazione e lo studio dei percorsi accessibili nella città di Cortina d'Ampezzo e la definizione di uno strumento di orientamento urbano che consenta alle persone di conoscere l'organizzazione degli spazi e di scegliere, secondo le proprie esigenze e capacità di movimento, quale percorso utilizzare per spostarsi.

Oggi il centro di Cortina presenta una serie di criticità, alcune dovute alla naturale morfologia del luogo con frequenti cambiamenti di quota, altre legate a una viabilità pedonale inadeguata per la mancanza di marciapiedi e, di recente, per la presenza di cantieri (Figg. 1, 2). La ricerca, a carattere interdisciplinare, ha unito le competenze specifiche del rilievo coniugandole con quelle della progettazione inclusiva [Baratta et al. 2023] e si è articolata in due fasi, rese possibili

Copertina
Vista della nuvola
di punti SLAM del
rilievo di Cortina
d'Ampezzo.

attraverso due finanziamenti distinti. La prima parte, attivata grazie alla convenzione con l'associazione *CortinaSenzaConfini* [2], ha avviato una mappatura della città finalizzata a definire lo stato dell'accessibilità urbana, anche in riferimento all'offerta alberghiera, con l'intento di costruire una base informativa in vista delle *Olimpiadi e Paralimpiadi invernali Milano Cortina 2026*. La seconda parte, non ancora conclusa, è stata possibile grazie a un bando di ricerca vinto all'interno del *Programma regionale Veneto FSE + 2021-2027*, con cui è stata realizzata la mappatura e verrà predisposta una pagina *web* dedicata per la consultazione dei dati raccolti.

Obiettivo finale è infatti la condivisione dei dati, opportunamente strutturati in ambiente GIS, che andranno a popolare una piattaforma WebGIS liberamente accessibile, che consentirà agli utenti di individuare e scegliere percorsi favorevoli alle proprie capacità fisiche.

Sebbene nel mondo esistono già applicazioni per cellulari e/o *web* sul tema dell'accessibilità, quella presentata in questo paper risulta avere un livello di dettaglio, sia per ciò che riguarda gli elementi mappati che per il pubblico a cui è rivolta, maggiore rispetto a quelle attualmente disponibili. Dopo aver effettuato infatti una verifica dello stato dell'arte, si può affermare che tali applicazioni, in genere, forniscono solo informazioni circa l'accessibilità dei punti di interesse (POIs), dei parcheggi, o di eventuali impedimenti temporanei, limitando l'uso dell'app stessa alle sole persone in carrozzina (elettrica e manuale, con o senza accompagnatore). In un'epoca in cui tutte le informazioni sono facilmente reperibili a portata di *app*, il progetto qui presentato si configura come strumento utile a tutti, a prescindere dall'eventuale disabilità, per potersi muovere con maggiore facilità e per avere una visione più ampia sul tema dell'accessibilità urbana a Cortina.

Obiettivi e metodi

La prima parte della ricerca si è posta come obiettivo operativo la predisposizione di una serie di schede di rilevazione delle principali attività e servizi, e la ricognizione di quanto già presente sul territorio comunale di Cortina d'Ampezzo in favore delle necessità sia di chi ha mobilità ridotta (disabili

motori, anziani, bambini ancora in passeggino, etc.) sia di chi presenta altre difficoltà di movimento, anche temporaneo. Per questo è stato preparato, in collaborazione con *Cortina-SenzaConfini* e *Confcommercio Belluno*, un questionario da sottoporre ai proprietari e gestori delle diverse attività commerciali (bar, ristoranti, negozi) e di alberghi del centro di Cortina, area *test* del progetto (circa 150 record).

La raccolta dati è stata organizzata in situ registrando e gestendo le risposte attraverso la *app* ArcGis Survey123 di Esri, un generatore di moduli dinamico che oltre a velocizzare la raccolta dei dati, visualizza e analizza informazioni su base cartografica per comprendere meglio dove e perché si verificano determinati eventi. Insieme alle informazioni legate al questionario, sono state acquisite alcune immagini che documentano lo stato attuale degli accessi. I dati così raccolti possono essere direttamente caricati nell'ambiente GIS (ArcGIS PRO) in cui si svilupperà il progetto.

Nella seconda parte della ricerca si sta realizzando il rilievo urbano di Cortina utilizzando le più recenti tecniche geomatiche in grado di meglio documentare questi contesti. I sensori a disposizione spaziano dalle telecamere RGB e multi-spettrali sia in fotogrammetria terrestre che aerea agli scanner laser terrestri (TLS), ai LiDAR aerei (*Laser Imaging Detection and Ranging*) e ai sistemi di mappatura mobile (MMS) basati su algoritmi SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*) in grado di mappare simultaneamente l'ambiente e localizzare all'interno della mappa 3D generata [Rodríguez-González et al. 2017].

Date le diverse modalità di acquisizione e restituzione di dati urbani tridimensionali, gli scanner laser terrestri incorporati nei MMS sembrano essere la soluzione più adatta per risolvere le criticità che le configurazioni dei centri storici possiedono. Questi sistemi, proprio per la loro facilità di utilizzo, velocità di acquisizione e costi inferiori, hanno assunto un ruolo importante nel confronto di questi sensori con altri approcci consolidati [Tanduo et al. 2023; Martino et al. 2023]. Questi sistemi integrano e sincronizzano sensori di mappatura, come lo scanner LiDAR (*Light Detection And Range*) e le telecamere sferiche o emisferiche, nonché sensori di navigazione/posizionamento, come il ricevitore GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e la piattaforma IMU (*Inertial Measurements Unit*),

Fig. 01
Esempi di marciapiedi a limitata accessibilità nel centro di Cortina d'Ampezzo.

Fig. 02
Esempi di attraversamenti pedonali e strade a limitata accessibilità nel centro di Cortina d'Ampezzo.



per fornire nuvole di punti geospaziali 3D in tempo reale, ottenute dalla registrazione automatica scan to scan con una precisione di pochi centimetri. Uno dei principali vantaggi degli MMS portatili è che consentono la raccolta di una quantità significativa di informazioni georeferenziate in modo rapido ed efficiente, permettendo la digitalizzazione rapida ed efficiente anche di grandi aree urbane e luoghi inaccessibili.

I sistemi di mappatura mobile, in particolare la tecnologia SLAM, integrati ai metodi più consolidati, assumono un ruolo significativo nel miglioramento dell'accessibilità inclusiva. Queste tecnologie offrono opportunità uniche per raccogliere dati dettagliati, anche in aree difficilmente accessibili con i sistemi di MMS tradizionali, monitorare l'accessibilità e identificare le aree in cui sono necessari miglioramenti. I dati raccolti da sistemi di mappatura mobile SLAM e UAV possono essere utilizzati per sviluppare strategie di pianificazione e progettazione più inclusive.

Il rilievo urbano

Il centro di Cortina d'Ampezzo è caratterizzato da una tipica morfologia montana, con percorsi inclinati risolti attraverso la presenza di scalinate o di rampe inclinate con vari gradi di pendenza la cui percorribilità è resa ancor più difficoltosa dalla presenza di ghiaccio nei mesi invernali. Le barriere architettoniche sono dunque una 'peculiarità' del luogo, negli anni non affrontate in modo sistematico, in parte risolvibili attraverso la scelta di percorsi alternativi, in parte attraverso soluzioni definitive che dovrebbero essere assunte dal Comune, previa predisposizione di un PEBA, *Piano Eliminazione Barriere Architettoniche*, al momento non ancora realizzato.

Per individuare le barriere esistenti, oltre alle caratteristiche topografiche è indispensabile elaborare una cartografia a grande scala che evidenzii ostacoli, cambi di quota e tipi di pavimentazioni, al fine di poter individuare tutte le criticità, oltre ai percorsi da prediligere rispetto alle necessità individuali.

Come prima area studio nel quale applicare il processo di rilievo e mappatura, è stato individuato il centro di Cortina e una parte delle sue 'villes' [3]. Dopo una prima fase di raccolta dei dati spaziali (CTRN, DTM, ortofoto), è emerso che non

Fig. 03
Acquisizione SLAM
lungo le vie del
centro di Cortina
d'Ampezzo.



ci sono cartografie comunali a una scala adatta per la mappatura necessaria o per eventuali piani di intervento.

Per ottenere una rappresentazione accurata del centro di Cortina sono stati impiegati sia strumenti tradizionali (GNSS, fotogrammetria, *lidar*) che innovativi, tra cui l'acquisizione di dati tramite SLAM e UAV ottico e multispettrale, in particolare lungo i percorsi naturalistici (quest'ultimi ancora in corso).

La strumentazione adottata (Fig. 03) per il rilievo urbano è lo Stonex X120GO SLAM, sistema dotato di una testa rotante in grado di generare una copertura $360^{\circ} \times 270^{\circ}$ della nuvola di punti e di tre camere che coprono un campo visivo di 200° orizzontale e 100° verticale.

È stata realizzata anche una rete di appoggio con strumentazione GNSS, per migliorare l'orientamento e la georeferenziazione dei dati acquisiti.

Una valutazione basata sugli elementi effettivamente presenti in un'area urbana può quindi portare alla definizione di un insieme di percorsi definibili come accessibili. Il riconoscimento automatico e la classificazione di marciapiedi e altri elementi urbani da nuvole di punti da MMS è un argomento già trattato da diversi autori e, anche se con metodi diversi [Serna & Marcotegui 2013; Balado et al. 2018; Howland et al. 2022; Treccani et al. 2022; Treccani et al. 2023; Franzini et al. 2023]. L'idea principale è quella di identificare ad esempio i cordoli e quindi separare l'area del marciapiede dalla strada utilizzando il cordolo rilevato o basandosi su diversi livelli di quota degli elementi. Tuttavia, questi metodi non si applicano facilmente alle città storiche e tantomeno in luoghi montani [Treccani et al. 2021] in cui esiste una disposizione non standardizzata degli elementi, come marciapiedi e strade allo stesso livello di quota (senza cordoli).

Data la grande quantità di dati acquisiti, la classificazione delle nuvole (Fig. 04) è risultata utile per facilitare la restituzione cartografica e l'individuazione dei percorsi (grafi).

Il rilievo svolto ha fornito l'occasione per valutare alcuni algoritmi di classificazione che sono implementati in alcuni software commerciali. Gli approcci offerti da questi software sono in gran parte automatizzati e intuitivi e, in quanto tali, rappresentano un'alternativa utile ad approcci più tecnici che richiedono conoscenze specialistiche o *software* aggiuntivi. Per valutare i risultati ottenibili, una parte del percorso

Fig. 04
Vista della nuvola di punti SLAM.

Fig. 05
La nuvola di punti prima e dopo della classificazione.

Fig. 06
Individuazione dei grafi dei percorsi e integrazione con le quote rilevate.

rilevato lungo il Corso Italia è stato acquisito anche con *laser scanner* terrestre Leica RTC 360. I dati ottenuti sono chiaramente diversi. L'acquisizione SLAM è molto più rapida rispetto al laserscanner statico e risulta più ampia nell'area di acquisizione, ma più rumorosa nei dati raccolti.

Un navigatore accessibile

Il risultato finale, in via di completamento, è un webGIS che fornirà all'utente un navigatore utile per pianificare gli spostamenti nel centro di Cortina. In particolare, l'applicazione dovrà elaborare e mettere a disposizione informazioni riguardanti il livello di fruibilità dei percorsi, dei dislivelli urbani e di altre tipologie di ostacoli presenti, nonché quelle relative all'accessibilità agli edifici di interesse pubblico e di maggior rilievo culturale/sportivo. La messa a punto del sistema prevede due fasi distinte: nella prima viene costruito il grafo dei percorsi pedonali, sulla base delle restituzioni dei dati rilevati SLAM, con particolare attenzione alle quote (Figg. 05, 06); nella seconda si procede alla realizzazione dell'applicativo webGIS, ponendo interesse anche all'interfaccia utente, avendo come criteri guida la semplicità d'uso e la chiarezza dei componenti grafici (in riferimento anche alle linee guida date da L'agenzia per l'Italia digitale AGID).

Per grafo si intende, in termini generali, la struttura dati di tipo lineare (*polyline*) che registra lo schema (rete) dei percorsi possibili all'interno di una determinata area. Il grafo della viabilità pedonale pubblica è stato realizzato *ex novo*, non essendo disponibile un prodotto digitale con le caratteristiche geometriche necessarie. Esso è stato realizzato in ambiente ArcGIS Pro, utilizzando come base cartografica la restituzione del rilievo SLAM. Nella digitalizzazione del grafo si è posta particolare attenzione alla costruzione degli incroci e alle linee di attraversamento degli spazi più ampi in quanto a livello pedonale la possibilità di attraversamento degli spazi è molto varia.

In considerazione dell'esperienza avuta con un precedente progetto di mappatura interattiva realizzato a Venezia [Tatano, 2020] e viste le piattaforme web oggi disponibili⁴, in cui si fornisce principalmente una descrizione dei luoghi, si è deciso

di realizzare uno strumento in grado di aiutare le persone nella scelta dei percorsi da punto a punto all'interno del tessuto urbano, utilizzando la rete di viabilità pedonale pubblica e considerando la presenza di ostacoli fisici di diverso tipo. Una volta individuato il punto di partenza e il punto di arrivo, il navigatore indicherà i percorsi possibili evidenziando quale sia la pendenza, la presenza di gradini o di rampe, i cambi di pavimentazione in modo che l'utente possa scegliere il percorso più adatto alle proprie necessità. I dati spaziali saranno implementati dalle informazioni raccolte con i questionari garantendo tutti i dettagli per raggiungere l'ingresso delle diverse attività pubbliche o private.

La piattaforma potrà essere accessibile da qualsiasi dispositivo (*computer, smartphone, tablet*) anche tramite un QR code posizionato all'interno di manifesti o volantini che segnaleranno l'iniziativa e che potranno essere facilmente distribuiti nei punti di maggiore interesse del centro di Cortina.

Conclusioni e sviluppi futuri

La ricerca ha consentito di redigere una base cartografica aggiornata della città, nella quale sono mappate anche le criticità dell'ambiente urbano, che potranno essere impiegate dall'amministrazione per avviare i lavori per la redazione del PEBA. Si intende infatti mettere a disposizione tutto il rilievo svolto, nella speranza di attivare una interazione tra i diversi attori al fine di operare in sinergia e velocizzare la costruzione di una cartografia che consenta, da un lato scelte operative, di competenza pubblica, dall'altro di poter comunicare meglio con gli utenti, fornendo tutte le informazioni utili a muoversi e vivere in modo inclusivo a Cortina.

In questo modo la ricerca scientifica coniuga gli obiettivi che le sono propri con attività di Public Engagement, condividendo il proprio lavoro con uno scopo culturale e di sviluppo della società, nella consapevolezza delle potenzialità che l'università può offrire ma anche della propria responsabilità per la creazione di una cultura dell'inclusione tesa al miglioramento di un territorio e della vita dei suoi abitanti.

Note

- 1 Le referenti scientifiche della ricerca sono Caterina Balletti, SSD CE-AR-04/A e Valeria Tatano, SSD CEAR-08/C.
- 2 *CortinaSenzaConfini* è una associazione senza scopo di lucro, sito web: <https://www.cortinasenzaconfini.org/> (ultimo accesso 23 ottobre 2024).
- 3 Con il termine ‘viles’, in uso nella lingua ladina, si intendono piccoli nuclei abitativi montani disposti intorno a uno centrale più grande.
- 4 A titolo esemplificativo, si vedano il sito delle Dolomiti accessibili: <https://www.visitdolomites.com/page1/dolomiti-accessibili/>; e il portale del turismo accessibile del Friuli Venezia Giulia: <https://friuliveneziaigiuliapertutti.it/it/> (ultimo accesso 23 ottobre 2024).

Bibliografia

- Balado, J., Díaz-Vilarino, L., Arias, P., Gonzalez-Jorge, H. (2018). Automatic classification of urban ground elements from mobile laser scanning data. In *Automation in Construction*, 86, pp. 226-239.
- Baratta A.F.L., Conti C., Tatano V., a cura di (2023). *Manifesto lessicale per l'Accessibilità Ambientale*, Conegliano (Tv): Anteferma.
- Franzini, M., Casella, V., Niglio, O. (2023). Leica blk2go point cloud classification with machine learning algorithms: the case study of Sant'Eusebio's crypt in Pavia (Italy). In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-2-2023, pp. 593-600.
- Howland, M.D., Tamberino A., Liritzis I., Levy T.E. (2022). Digital Deforestation: Comparing Automated Approaches to the Production of Digital Terrain Models (DTMs) in Agisoft Metashape. In *Quaternary 2022*, 5(1), 5.
- Martino, A. Breggion E., Balletti C., Guerra F., Renghini G., Centanni P. (2023). Digitization approaches for urban cultural heritage: last generation mms within venice outdoor scenarios. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W1-2023, pp. 265-272.
- NU, 2006. *Convenzione delle Nazioni Unite del 13 dicembre 2006 sui diritti delle persone con disabilità*, ratificata in Italia con Legge n.18/2009.
- Rodríguez-González, P., Jimenez Fernandez-Palacios, B., Muñoz-Nieto, Á. L., Arias-Sanchez, P., & Gonzalez-Aguilera, D. (2017). Mobile LiDAR system: New possibilities for the documentation and dissemination of large cultural heritage sites. *Remote Sensing*, 9(3), 189.
- Serna, A., Marcotegui, B. (2013). Urban accessibility diagnosis from mobile laser scanning data. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 84, pp. 23-32.

- Tanduo, B., Teppati Losè L., Chiabrandò F. (2023). Documentation of complex environments in cultural heritage sites. A slam-based survey in the Castello del Valentino basement. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, *xlvi-1/w1-2023*, pp.489-496.
- Tatano, V., Revellini, R., & Mazzanti, M. (2020). Accessible Venice: an interactive urban mobility map. In *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, (19), pp. 153-161.
- Treccani, D., Díño, L., Adami, A. (2021). Side-walk detection and pavement characterization in historic urban environments from point clouds: preliminary results. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, *XLIIIB4-2021*, pp. 243-249.
- Treccani, D., Díaz-Vilariño, L., and Adami, A. (2022). Accessible path finding for historic urban environments: feature extraction and vectorization from point clouds. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, *XLVI-2/W1-2022*, pp. 497-504.
- Treccani D., Fernández A., Díaz-Vilariño L., Adami A., (2023). Automating the inventory of the navigable space for pedestrians on historical sites: Towards accurate path planning. In *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 122.