



DESIGN FOR SAFETY IN CASE OF AN EARTHQUAKE

Ricerca e sviluppo di un modello metaprogettuale per la generazione di nuovi concept di arredo salva-vita in caso di sisma

Dottorato di ricerca in Architecture, Design, Planning
Curriculum | Innovation Design

Ciclo | XXXIII

Coordinatore del dottorato | Prof. Federico Bellini
Supervisor | Prof. Lucia Pietroni

Dottorando | Daniele Galloppo

Daniele Galloppo
daniele.galloppo@unicam.it

Università di Camerino
Scuola di Ateneo di Architettura e Design “Eduardo Vittoria”
sede di Ascoli Piceno
Viale della Rimembranza snc
63100 Ascoli Piceno
Tel. 0737/404200 - Fax 0737/404242
www.unicam.it
<http://d7.unicam.it/sad//>





UNIVERSITÀ DI CAMERINO

SCHOOL OF ADVANCED STUDIES

Scuola di Ateneo di Architettura e Design "Eduardo Vittoria"
sede di Ascoli Piceno

DESIGN FOR SAFETY IN CASE OF AN EARTHQUAKE

**Ricerca e sviluppo di un modello metaprogettuale per la generazione di nuovi concept di arredo
salva-vita in caso di sisma**

Dottorato di ricerca in Architecture, Design, Planning
Curriculum in Innovation Design
Ciclo XXXIII

Coordinatore del dottorato
Prof. Federico Bellini

Coordinatore del curriculum
Prof.ssa Lucia Pietroni

Copyright School of Advanced Studies, Università di Camerino

Tutti i diritti sono riservati:
nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo (comprese fotocopie e microfilm) senza il permesso scritto del
Dottorando di ricerca in Architecture, Design, Planning.

Tutor Prof.ssa Lucia Pietroni

Dottorando Daniele Galloppo

<< Figlio mio, se ricevi le mie parole e serbi con cura i miei comandamenti, prestando orecchio alla saggezza e inclinando il cuore all'intelligenza; sì, se chiami il discernimento e rivolgi la tua voce all'intelligenza, se la cerchi come l'argento e ti dai a scavarla come un tesoro, allora comprenderai il timore del Signore e troverai la scienza di Dio. Il Signore infatti dà la saggezza; dalla sua bocca provengono la scienza e l'intelligenza.>> Pr 2: 1-6

Vorrei ringraziare Dio per come ha guidato e benedetto questi anni del dottorato e per l'opportunità che mi ha dato di crescere nella ricerca, consentendomi di raggiungere un nuovo importante traguardo. Lo ringrazio anche per le persone meravigliose che mi ha messo accanto: la Prof.ssa Lucia Pietroni, che mi ha incoraggiato e supportato in questi anni, ed in ogni fase e passaggio della tesi; per l'aiuto di Jacopo e dei miei colleghi, in modo particolare di Alessandro - un grande amico, prezioso nella fasi finali di questo percorso. Lo ringrazio per Cristiano, che costantemente ha pregato per questo risultato.

Non posso che essere grato per i miei genitori, che insieme a Pino ed Alba non hanno mai smesso di fare il tifo per me. Soprattutto, Lo ringrazio per mia moglie Carmela, che continua a sostenermi nei miei progetti, ed in ogni impresa - anche la più difficile - con amore e pazienza (tanta pazienza): è anche merito suo se mi sento oggi, un PhD, ma soprattutto, un uomo migliore.

Indice

11	ABSTRACT
15	INTRODUZIONE
PARTE PRIMA	
L'emergenza sismica nell'edilizia scolastica italiana e il design degli arredi	
CAPITOLO 1	
Verso una progettazione orientata all'emergenza	
27	1.1 Sicurezza e protezione passiva: il Design for Safety
29	1.2 Caso studio SAFE: Design Takes on Risk
30	1.3 Ciclo di Emergenza e le fasi indagate dalla ricerca
CAPITOLO 2	
Il rischio sismico in Italia e le criticità dei centri storici	
39	2.1 Pericolosità sismica e la sicurezza degli edifici di tipo storico
40	2.2 Stato di salute degli edifici: dati e tabelle riassuntive
42	2.3 Emergenza sismica nei contesti edilizi ad uso pubblico e collettivo
CAPITOLO 3	
Definizione dello scenario di riferimento: l'emergenza sismica nelle scuole	
51	3.1 Vetustà dell'edilizia scolastica: dati e tabelle riassuntive
53	3.2 Strumenti e nuove realtà per il monitoraggio e la sicurezza sismica delle scuole
54	3.3 Modalità di adeguamento sismico nelle scuole: le criticità degli elementi non-strutturali e la loro messa in sicurezza
60	3.4 Gestione dell'emergenza e linee guida comportamentali: ripararsi dal sisma negli istituti scolastici
62	3.5 L'aula 3.0 e le nuove modalità di apprendimento: le principali tipologie di arredo scuola e le caratteristiche tecniche e commerciali
CAPITOLO 4	
Dinamica degli arredi durante il sisma: da causa di morte a sistema di protezione	
74	4.1 Minacce per la salute delle persone durante e dopo un terremoto: traumi e patologie post sisma
76	4.2 Analisi del comportamento dinamico degli arredi durante il sisma
79	4.3 Arredi salva-vita: testimonianze indirette e interviste sul campo
83	4.4 Opportunità e limiti delle strategie di sopravvivenza attraverso il sistema di arredi: il "drop, cover and hold on" e le teorie del "triangolo della vita"

PARTE SECONDA

Strategie e strumenti progettuali per lo sviluppo di prodotti di arredo salva-vita in caso di sisma

CAPITOLO 5

La gestione dell'emergenza terremoto nei paesi ad alto rischio sismico

91	5.1 Linee guida per la messa in sicurezza degli spazi indoor: il caso studio di Tokio
94	5.2 Dispositivi e sistemi di messa in sicurezza e di antiribaltamento del mobilio

CAPITOLO 6

Il design come leva strategica per la progettazione di sistemi di arredo salva-vita

105	6.1 Design di arredi salva-vita in caso di calamità naturali: il caso studio dell'Università di Chengdu
108	6.2 Brevetti e concorsi di design per l'emergenza calamità naturali

CAPITOLO 7

Lo stato dell'arte dei brevetti, dei dispositivi, dei prodotti di arredo e di sistemi salva-vita in caso di sisma: metodologia e schedatura dei casi studio

113	7.1 Introduzione agli arredi salva-vita: il caso studio dell'azienda americana lifeguard™ structures
117	7.2 Metodologia, fasi e primi risultati della ricerca dei casi studio dei prodotti salva-vita in caso di sisma
122	7.2.1 Arredi ad alta resistenza meccanica
138	7.2.2 Cellule e capsule di sopravvivenza
151	7.2.3 Arredi trasformabili
170	7.2.4 Sistemi collaboranti

CAPITOLO 8

Definizione delle principali strategie progettuali per lo sviluppo di arredi con funzione salva-vita

179	8.1 Sviluppo di una scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma
180	8.2 Analisi di cinque casi studio attraverso i parametri della scheda di sintesi
187	8.3 Tre tipologie d'intervento individuate per la messa in sicurezza degli spazi abitativi

CAPITOLO 9

Selezione di materiali ad elevata resistenza meccanica per incrementare le prestazioni salva-vita di un arredo in caso di sisma

193	9.1 Requisiti antisismici generali di alcune tipologie di arredo scuola e proprietà prestazionali dei materiali
195	9.2 Metodologia e strumenti per la ricerca dei materiali ad elevata resistenza meccanica
198	9.3 Schedatura materiali: pannelli sandwich, pultrusi e materiali auxetici
200	9.3.1 Pannelli sandwich a prova di sisma
201	9.3.2 Profilati pultrusi strutturali a prova di sisma
201	9.3.3 Materiali Auxetici a prova di sisma
203	9.3.4 Riflessioni e considerazioni finali

CAPITOLO 10

Tecnologie ICT e IoT per il preallertamento ed il rilevamento delle persone: strumenti e dispositivi per le operazioni di monitoraggio e di soccorso

- 208 10.1 Sistemi di preallerta sisma Earthquake Early Warning
- 212 10.2 Dispositivi per il rilevamento e il soccorso delle vittime

PARTE TERZA

Verso la definizione di un modello procedurale per la progettazione di un sistema di arredi salva-vita in caso di sisma

CAPITOLO 11

Sistema salva-vita in caso di sisma: dal singolo arredo ad un insieme di arredi interconnessi e collaboranti

- 225 11.1 Nuovo concetto di sistema d'arredo a prova di sisma
- 227 11.2 Sviluppo di un sistema diffuso e salva-vita in caso di sisma: dal singolo arredo al sistema di arredi collaboranti per la messa in sicurezza di aule e uffici
- 229 11.3 Requisiti generali del sistema salva-vita di arredi
- 229 11.3.1 Requisiti per il "tempo di pace" e requisiti per il "tempo di guerra" del sistema
- 230 11.3.2 Analisi prestazionali e considerazioni finali
- 231 11.4 Requisiti prestazionali dei singoli arredi
- 232 11.4.1 Banco scuola
- 234 11.4.2 Cattedra/Scrivania
- 235 11.4.3 Parete attrezzata/Armadio
- 237 11.4.4 Parete divisoria
- 239 11.5 Sistema smart per il monitoraggio ed il soccorso delle vittime
- 240 11.6 Caso studio del banco scuola S.A.F.E.

CAPITOLO 12

Modello metaprogettuale per lo sviluppo di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita in caso di sisma

- 251 12.1 Introduzione al modello metaprogettuale life-saving furniture system "L.F.S"
- 254 12.2 Descrizione del modello "L.F.S": macrofasi, attività e linee guida progettuali
- 284 12.3 Riflessioni conclusive e prospettive di sviluppo

292 **Bibliografia generale**

298 **Allegati**



Abstract

La ricerca si inserisce nell'ambito scientifico-disciplinare dell'Industrial Design e del Design for Safety, ed intende affrontare il tema della protezione dal sisma, con particolare attenzione verso le strategie life-saving ad oggi sviluppate per la messa in sicurezza degli ambienti interni, specialmente, attraverso l'utilizzo di dispositivi e di sistemi di arredi deputati alla salvaguardia della vita delle persone.

Pertanto, la ricerca si focalizza sullo studio e l'analisi di sistemi di arredo caratterizzati da un'elevata capacità di protezione e salvaguardia della vita con l'obiettivo finale di definire nuove linee guida progettuali e strategie life-saving da adottare per lo sviluppo di nuovi concept di arredo a prova di sisma. La ricerca di dottorato è stata sviluppata parallelamente al Progetto di Ricerca Industriale "S.A.F.E. Design sostenibile di sistemi di arredo intelligenti con funzione salva-vita durante eventi sismici", caratterizzato da un approccio interdisciplinare ed intersettoriale all'innovazione mirato allo sviluppo di arredi salva-vita in caso di terremoto.

Il presupposto della ricerca è la constatazione che ad oggi le linee guida per la messa in sicurezza e la sopravvivenza delle persone in caso di terremoto, sebbene ampiamente riconosciute dalla comunità scientifica e adottate nei paesi ad alto rischio sismico, risultano ancora inadeguate rispetto a quelle nazioni caratterizzate da un edificato prevalentemente di tipo storico e quindi vulnerabili al sisma.

Purtroppo, tra questi paesi rientra anche l'Italia ed il suo patrimonio edilizio. Infatti, gli ultimi eventi sismici del nostro paese, in particolare quelli del 2016 che hanno colpito di nuovo gravemente il Centro Italia, hanno riaperto il dibattito sulla sicurezza degli edifici pubblici e ad uso civile, con grande attenzione per quelli dei centri storici, e sulla mancanza di un'adeguata strategia di prevenzione anti-sismica su tutto il territorio italiano. Ad aggravare lo scenario di emergenza, oltre la precarietà delle strutture e la loro obsolescenza è anche l'inadeguatezza delle più consuete prassi domestiche per la sopravvivenza in caso di cedimenti e crolli durante il sisma, come il mettersi sotto al tavolo o sotto gli architravi delle porte, il cui scopo fondamentale è quello di sopravvivere alla scossa senza subire gravi lesioni secondo le teorie del "drop, cover, hold on" e del "triangolo della vita".

Secondo le statistiche, circa il 25% dei morti causati da un terremoto sono dovuti a danni non strutturali degli edifici, ossia la caduta di tramezzi, vetrate, cornicioni, tegole, etc. Purtroppo durante un sisma non solo le strutture architettoniche ma anche gli arredi e le attrezzature che allestiscono edifici, pubblici o privati, possono diventare ostacoli e barriere che aggravano le condizioni di pericolo e di soccorso. Oppure, al contrario, gli stessi arredi possono rappresentare un riparo improvvisato quando si fa in tempo a raggiungerlo e questo non cede sotto il peso delle strutture che crollano.

Possiamo considerare questi ripari “improvvisati” come dei sistemi di protezione passiva simili ad altri dispositivi per la sicurezza (airbag, indumenti antinfortunistici, etc.). Il differente modo di comportarsi dei sistemi mobili e degli arredi, in caso di terremoto e di crollo, dipende da come sono stati concepiti, progettati e realizzati. A partire da questa osservazione, e dalla constatazione che ad oggi non esistono soluzioni di intervento adeguate per un contesto edilizio di tipo storico, è stata avviata la ricerca dottorale, suddivisa in tre macrofasi.

La prima è caratterizzata da una serie di ricerche preliminari volte ad inquadrare l'emergenza sismica del nostro Paese, con particolare attenzione verso i dati preoccupanti dell'edilizia scolastica italiana. A seguito dell'inquadramento dello scenario di riferimento, è stata condotta un'ampia analisi sullo stato dell'arte dei sistemi e delle procedure per la messa in sicurezza di spazi abitativi e funzionali, come gli ambienti per l'apprendimento, evidenziando il problema degli elementi non-strutturali e degli arredi come causa di danno alle persone e alle cose. Nella seconda macrofase, attraverso una serie di ricerche di dettaglio, si è voluto inquadrare il tema della protezione delle persone tramite dispositivi e prodotti che permettono la messa in sicurezza degli arredi di un ambiente. Partendo dallo studio dei sistemi “leggeri” per vincolare alcune tipologie di mobili alle pareti, la ricerca ha indagato lo stato dell'arte dei brevetti, dei concept e dei prodotti di arredo salva-vita in caso di sisma. Questa attività è stata fondamentale per esplicitare le strategie di protezione adottate e far emergere, attraverso un'analisi critica, un nuovo set di requisiti progettuali per lo sviluppo di nuovi concept di arredo salva-vita, in grado di offrire riparo e protezione in caso di terremoto.

Le ultime ricerche si sono poi focalizzate sulla ricognizione di materiali ad alta resistenza, e di tecnologie ICT e IOT, per incrementare le prestazioni antisismiche dei tradizionali arredi, specialmente quelli destinati agli spazi per la didattica. La terza macrofase, quella sperimentale, si è caratterizzata per la definizione di un modello procedurale e delle linee guida progettuali per la generazione di nuovi sistemi di arredi salva-vita in caso di terremoto.

Pertanto, l'obiettivo finale della ricerca è apportare un duplice contributo al tema della sicurezza e protezione dal sisma: il primo, per una maggiore diffusione di una cultura dell'emergenza, intende ampliare lo stato dell'arte della letteratura tecnico-scientifica rispetto le modalità di protezione dal sisma nei contesti edilizi storici e strategici; il secondo, ha lo scopo di fornire, attraverso lo sviluppo di un modello procedurale e di nuove linee guida progettuali, uno strumento per la progettazione di nuovi concept di sistemi di arredo in grado di proteggere e salvaguardare la vita delle persone nei contesti edilizi critici individuati. I principali risultati conseguiti dalla ricerca sono: la schedatura di esempi di prodotti e dispositivi per la messa in sicurezza in caso di sisma e una serie di casi studio di arredo salva-vita per i contesti indoor; la definizione dei principali livelli d'intervento per la messa in sicurezza degli spazi abitativi e la definizione delle strategie salva-vita in caso di sisma ad oggi implementate nei casi studio mappati dalla ricerca; lo sviluppo di un modello metaprogettuale, articolato per fasi e linee guida progettuali, per la progettazione di nuovi concept di sistema d'arredi salva-vita in caso di sisma; la definizione di nuovi scenari applicativi e di sviluppo rispetto il tema dell'emergenza sismica nei paesi caratterizzati da un edificato prevalentemente vulnerabile al terremoto.

Keywords

Design per la Sicurezza, Arredi Salva-Vita, Arredi Intelligenti, Ingegneria Sismica.

This research is a part of the scientific-disciplinary field of Industrial Design, with a particular focus on Design for Safety. It intends to address the issue of earthquake protection, with specific attention to life-saving strategies developed to date for the implementation interior safety, exactly through the use of devices and furniture systems specialized in safeguarding people's lives. Therefore, this research is mainly focused on investigation and analysis of furnishing systems characterized by high capacity for protection and safeguarding of human life with the final aim to define new design guidelines and life-saving strategies for development of new earthquake-proof furniture concepts. The doctoral research was developed within the S.A.F.E. industrial research project, characterized by an interdisciplinary and intersectoral approach to innovation aimed at the development of life-saving furniture in the event of an earthquake. The research starts from the observation that, to date, the guidelines for securing and survival methods in the event of an earthquake are still inadequate compared to those nations characterized by a predominantly historical building, and therefore, vulnerable to earthquakes. Unfortunately, Italy and its buildings are also a part of those countries. In fact, the latest seismic events in our country, in particular those of 2016, which severely hit Central Italy again, have rekindled the debate on the safety of public and civil buildings with great attention to those in historic centers, and on the lack of an adequate anti-seismic prevention strategy throughout the Italian territory. To aggravate the emergency scenario in addition to precariousness of structures and their obsolescence, there is also the inadequacy of many usual domestic practices for survival in the events of subsidence and collapses during the earthquake, such as getting under the table or under the architraves of the doors, whose fundamental purpose is help to survive the shock without suffering serious injuries, based on the theories of “drop, cover, hold on” and the “triangle of life”. According to some statistics on certain seismic events, about 25% of deaths caused by an earthquake are due to non-structural damage to buildings (fall of partitions, windows, cornices, tiles, etc.) and to phenomena induced by the earthquake. Unfortunately, sometimes during an earthquake not only the architectural structures, but also the furniture systems, objects and equipment that set up the interiors of public or private buildings, can become obstacles and barriers that aggravate the conditions of danger and rescue or on the contrary, represent a temporary shelter when it is time to reach it and when it does not yield under the weight of the collapsing structures. We can consider these “improvised” shelters as passive protection systems similar to other safety devices (airbag systems, safety clothing, etc.). The different behaviour of furniture systems and furnishings in the event of an earthquake and collapse depends on how they were conceived, designed and built. Starting from this observation and the observation that to date, there are no adequate intervention solutions for a historical building context. A first macro-phase has been launched characterized by a series of preliminary research aimed to frame the seismic emergency in our country, with particular attention to the worrying data of Italian school buildings. Following the framing of the reference scenario, an extensive analysis has been launched on the state of the art of systems and procedures for safety of living spaces and functional spaces, such as learning environments, highlighting the problem of non-structural elements and furnishings as a cause of damage to people and things. In the second macro-phase, a series of detailed research was launched to frame the issue of protection and safety with respect to devices and other products, developed to date, and capable of securing indoor spaces. Starting from the study of “light” systems to attach certain types of furniture to the walls, the research investigated the state of the art of patents, concepts and life-saving furniture products in the event of an earthquake.

This activity has been fundamental to explain the protection strategies adopted and bring out, through a critical analysis, a new set of design requirements evolutionary with respect to the state of the art investigated in order to develop new life-saving furniture concepts. The latest research has been focused on recognition of high-strength materials, and ICT and IoT technologies, aimed to increase the anti-seismic performance of traditional furnishings, especially those intended for teaching spaces.

The third macro-phase, the experimental one, has been characterized by the definition of a procedural model and design guidelines for the generation of new life-saving furniture systems in the event of an earthquake. Therefore, the final objective of this research is to make a twofold contribution to the theme of safety and protection from earthquakes. The first one relates to a greater diffusion of emergency culture and intends to expand the state of the art of technical-scientific literature with respect to earthquake protection methods in historical and strategic building contexts; the second one, by developing a procedural model and new design guidelines, aims to provide a tool for design of new concepts of furnishing systems, capable of protecting and safeguarding people's lives in the identified critical building contexts.

The main research results achieved include: the cataloging of examples of products and devices for safety in the event of an earthquake and a series of life-saving furniture case studies for indoor contexts; the definition of main levels of intervention for safety of living spaces and the definition of life-saving strategies in the event of an earthquake, implemented to date in the case studies mapped by the research; the development of a metaproject model, divided into phases and design guidelines, for the design of new life-saving furniture system concepts in the event of an earthquake; the definition of new application and development scenarios with respect to the theme of seismic emergency in countries, where buildings are particularly vulnerable to earthquakes. Furthermore, considering the great theme of protection and safety in the event of an earthquake, other research streams to be developed in the future were framed, especially those concerning implementation of new approaches and methodologies, such as Biodesign, and application of Generative Design tools for development of new geometries, with high performance and earthquake resistance.

Keywords

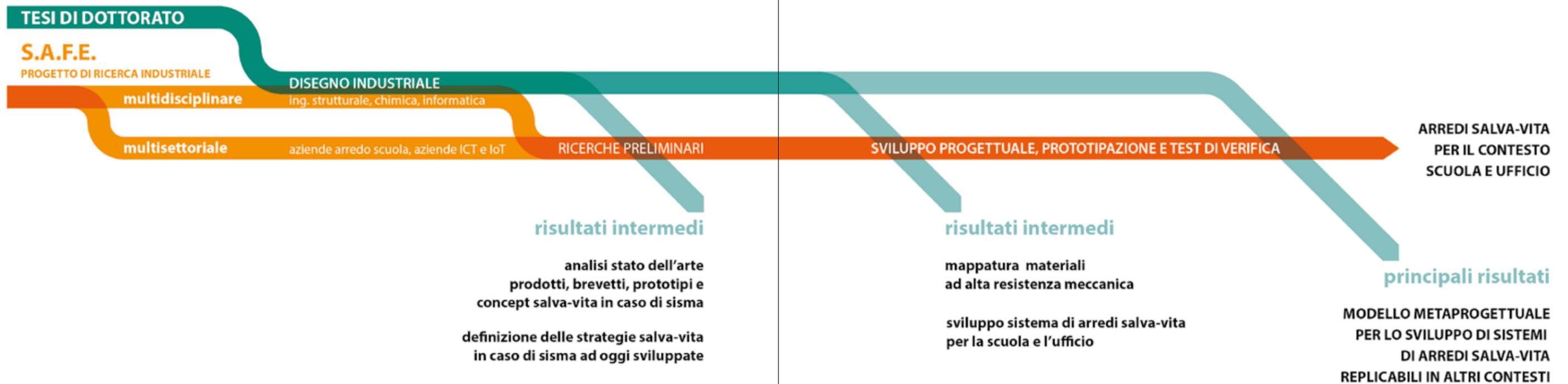
Design for Safety, Life Saving Furniture, Smart Furniture, Seismic Engineering.

Introduzione

Ambito tematico della tesi e collaborazione al progetto di ricerca industriale S.A.F.E.

La ricerca si inserisce nell'ambito scientifico-disciplinare dell'Industrial Design, specialmente del Design per l'emergenza e la sicurezza (Design for Safety), ed intende affrontare il tema della protezione dal sisma da una prospettiva strutturale del design degli arredi. In particolare la ricerca si focalizza sullo studio e l'analisi di sistemi di arredo caratterizzati da un'elevata capacità di protezione e salvaguardia della vita in caso di terremoto, finalizzata alla definizione di nuove linee guida progettuali e strategie life-saving da adottare per lo sviluppo di nuovi concept di arredo a prova di sisma. Il percorso ed i risultati conseguiti da questa ricerca di dottorato, fanno parte di un processo interdisciplinare e multisettoriale sperimentato all'interno del progetto "S.A.F.E. Sustainable design of Anti-seismic Furniture as smart life-saving systems during Earthquake": un progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, co-finanziato nell'ambito del PON-Ricerca e Innovazione 2014/2020 del MIUR nell'Area di Specializzazione "Design, Creatività e Made in Italy", che coinvolge un partenariato pubblico-privato di tre Università e otto aziende e di cui l'Università di Camerino è capofila. Pertanto le attività di ricerca finalizzate all'inquadramento dello scenario di riferimento e allo stato dell'arte, la mappatura dei casi studio di arredi già sviluppati e di materiali di particolare interesse progettuale e, infine, la definizione di un "modello metaprogettuale per lo sviluppo di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita in caso di sisma" rappresentano il personale contributo ed evoluzione della presente ricerca di dottorato rispetto agli obiettivi realizzativi del progetto S.A.F.E.

L'esperienza maturata nel caso pilota S.A.F.E. è stata fondamentale, da un lato, per apprendere una metodologia innovativa e finalizzata allo sviluppo di arredi salva-vita per la messa in sicurezza degli ambienti scuola e ufficio, dall'altro, per generare un modello metaprogettuale replicabile in altri contesti come, strutture ricettive, luoghi di culto, ospedali, etc., in grado di guidare progettisti e aziende nella generazione di nuovi concept di arredo destinati alla protezione individuale e collettiva in questi ambienti.



Di seguito si propone la lettura dell'abstract del progetto S.A.F.E.

Il progetto S.A.F.E. intende studiare, sviluppare e realizzare soluzioni innovative, concrete ed efficaci, in risposta alla crescente domanda sociale di sicurezza nella vita quotidiana, emersa con forza in seguito ai recenti eventi sismici che hanno colpito le regioni del Centro Italia, integrando conoscenze e competenze tecnico-scientifiche, differenti e complementari, quali quelle del Design, dell'Ingegneria Strutturale, dell'Informatica e della Chimica. In particolare, il progetto S.A.F.E. è finalizzato allo sviluppo progettuale e alla realizzazione di sistemi di arredi "anti-sismici", intelligenti e "salva-vita" in caso di terremoto, per le scuole e gli uffici.

Durante un sisma, i sistemi mobili, gli arredi e le attrezzature, che allestiscono gli ambienti, possono diventare ostacoli e barriere che aggravano le condizioni di pericolo, specialmente per anziani, bambini e chi ha difficoltà di deambulazione o, al contrario, rappresentano una possibilità di salvezza in caso di crolli.

La sfida per la ricerca scientifica, tecnologica e industriale è di innovare e trasformare, da una prospettiva strutturale, il design degli arredi e delle attrezzature mobili, utilizzati nelle scuole e negli uffici, in sistemi intelligenti di sicurezza passiva, che possano contribuire alla protezione della vita e, attraverso lo sviluppo e l'integrazione di sensori e di una piattaforma informatica di management, alla localizzazione e al ritrovamento delle persone in caso di crollo durante un terremoto, migliorandone anche le prestazioni in termini di sicurezza, sostenibilità ambientale e salubrità. Attraverso un approccio tecnico-scientifico multidisciplinare all'innovazione e la condivisione di differenti know how presenti all'interno del partenariato pubblico-privato coinvolto nel progetto, i risultati attesi riguardano, non solo la realizzazione di nuovi sistemi di arredo per scuole e uffici più sicuri e la loro validazione attraverso test e prove strutturali, ma anche le potenzialità che il progetto può contribuire a generare in termini di innovazione, sviluppo economico e incremento di competitività

del comparto Legno-Arredo italiano, uno dei più importanti del "Made in Italy", costituito soprattutto da piccole e medie imprese artigiane, che in gran parte realizzano i prodotti sul territorio nazionale, lavorando con tecnologie tradizionali e mature, e che, in molti casi, hanno risentito, soprattutto nel Meridione, della crisi economica e della globalizzazione dei mercati.

Quadro scientifico disciplinare di riferimento

Il quadro di riferimento, nel quale si colloca la ricerca, è quello della prevenzione e della protezione dal sisma, con particolare attenzione verso lo stato dell'arte delle strategie life-saving ad oggi sviluppate per la messa in sicurezza degli ambienti interni, soprattutto attraverso l'utilizzo di dispositivi e sistemi di arredo specializzati nella salvaguardia della vita delle persone.

La ricerca parte dalla constatazione che ad oggi le linee guida per la messa in sicurezza e le modalità di sopravvivenza in caso di terremoto, sebbene ampiamente riconosciute dalla comunità scientifica e adottate nei paesi ad alto rischio sismico, risultano ancora inadeguate rispetto quelle nazioni caratterizzate da un edificato prevalentemente di tipo storico, e quindi vulnerabili al sisma. Purtroppo, tra questi paesi rientra anche l'Italia ed il suo patrimonio edilizio. Difatti, gli ultimi eventi sismici del nostro paese, in particolare quelli del 2016, che hanno colpito di nuovo gravemente il Centro Italia, e quelli del 2017 ad Ischia, hanno riaperto il dibattito sulla sicurezza degli edifici pubblici e ad uso civile, con grande attenzione per quelli dei centri storici, e sulla mancanza di un'adeguata strategia di prevenzione anti-sismica su tutto il territorio italiano.

Dopo l'esperienza di ricostruzione post-sisma dell'Aquila e in seguito ai gravi danni e alle tante vittime dei recenti terremoti del Centro Italia, oggi siamo più che mai consapevoli di come nel nostro paese, ad alto rischio sismico e con un patrimonio architettonico ed edilizio prevalentemente storico, il processo di messa in sicurezza ed adeguamento alle normative anti-sismiche degli edifici, pubblici e privati, sarà lungo, lento e complesso.

Ad aggravare la situazione, oltre la precarietà delle strutture e la loro obsolescenza, è anche l'inadeguatezza delle più consuete prassi domestiche per la sopravvivenza in caso di cedimenti e crolli durante il sisma, come il mettersi sotto al tavolo o sotto gli architravi delle porte, il cui scopo fondamentale è quello di permettere di sopravvivere alla scossa, secondo le teorie del "drop, cover, hold on" e del "triangolo della vita". Questa consapevolezza sta facendo crescere in modo esponenziale la domanda sociale di sicurezza nelle comunità e nei territori colpiti, ma anche nel resto dell'Italia. In riferimento a questo scenario, la ricerca intende indagare il tema della protezione passiva in caso di sisma e trovare soluzioni progettuali e tecnologiche innovative, ma al contempo concrete e fattibili, per rispondere al problema della sicurezza personale e collettiva nelle attività della vita quotidiana delle popolazioni che vivono in zone sismiche. La ricerca nasce dall'osservazione di ciò che accade frequentemente all'interno degli edifici pubblici e privati durante un terremoto e un conseguente crollo, ovvero il comportamento degli arredi, delle attrezzature mobili e degli elementi non strutturali. Secondo alcune statistiche, in determinati eventi sismici è stato rilevato che circa il 25 % dei morti causati da un terremoto sono dovuti proprio a danni non strutturali degli edifici (caduta di tramezzi, vetrate, cornicioni, tegole, etc.) e a fenomeni indotti dal terremoto. Partendo da questa osservazione e dalla constatazione che ad oggi non esistono soluzioni di intervento adeguate per un contesto edilizio di tipo storico, la ricerca intende indagare il tema della protezione passiva in caso di sisma e, attraverso un approccio al design dei prodotti che parte da una prospettiva strutturale, definire un set di nuovi requisiti tecnico-prestazionali dei sistemi di arredo utilizzati in contesti pubblici, specialmente le scuole ed i suoi uffici amministrativi, che consentano di trasformarli in "tempo di guerra", ossia in caso di sisma, in veri e propri sistemi di protezione individuale e salva-vita.

L'obiettivo finale della ricerca è apportare un duplice contributo al tema della sicurezza e protezione dal sisma: il primo, per una maggiore diffusione di una cultura dell'emergenza, intende ampliare lo stato dell'arte della letteratura tecnico-scientifica rispetto alle modalità di protezione dal sisma nei contesti edilizi storici e strategici; il secondo, astrarre la metodologia condotta nel caso studio del progetto S.A.F.E., per sviluppare un modello metaprogettuale replicabile, come strumento utile alla progettazione di nuovi sistemi di arredo in grado di proteggere e salvaguardare la vita delle persone in altri contesti edilizi vulnerabili al sisma.

Macrofasi e metodologia della ricerca

Per conseguire gli obiettivi esposti, la ricerca è stata condotta con un approccio interdisciplinare e intersettoriale, consentito dalla partecipazione al progetto di ricerca S.A.F.E., che è stato fondamentale per integrare differenti e complementari conoscenze tecnico-scientifiche. Queste competenze sono state utili per sviluppare le linee guida per la generazione del modello metaprogettuale replicabile in altri contesti e destinato ad aziende, progettisti e designer che intendono sviluppare nuovi concept di prodotto salva-vita in caso di sisma.

La ricerca si è articolata in tre macrofasi: una fase di ricerche preliminari, una fase di sintesi dei dati e di ricerche di dettaglio e infine, una fase sperimentale per lo sviluppo di un modello metaprogettuale. Nella prima macrofase sono state avviate una serie di ricerche preliminari per inquadrare lo scenario di riferimento, con particolare attenzione verso lo stato di salute degli edifici del nostro Paese e l'emergenza sismica di edifici strategici, quali istituti scolastici e centri amministrativi, ubicati nelle aree urbane ad alta pericolosità sismica, ad esempio, nei centri storici.

A seguito dell'inquadramento dello scenario di riferimento, è stata avviata un'ampia analisi sullo stato dell'arte dei sistemi e delle procedure per la messa in sicurezza degli spazi abitativi e degli spazi funzionali, come gli ambienti per l'apprendimento, evidenziando il problema degli elementi non-strutturali e degli arredi come causa di danno alle persone e alle cose.

Le attività di ricognizione dei dati sono state condotte attraverso molteplici strumenti di indagine, come: la consultazione on-desk di siti di aziende del comparto ufficio e arredo scuola; la consultazione di biblioteche per la raccolta bibliografica e della letteratura tecnico-scientifica sviluppata; una serie di interviste rivolte a chi direttamente ha vissuto il terremoto e chi ha collaborato ai primi soccorsi; partecipando ad una serie di seminari e di incontri con istituzioni ed organizzazioni come la Protezione civile e i Vigili del Fuoco. Le principali attività svolte nella prima macrofase hanno previsto:

- l'inquadramento della problematica sismica in Italia e dello stato di salute del patrimonio edilizio;
- la definizione dello scenario di emergenza di riferimento: le criticità degli istituti scolastici;
- l'analisi delle principali cause di danni e di decessi durante il terremoto;
- lo studio dei comportamenti degli elementi non-strutturali e degli arredi durante il sisma;
- le procedure per la messa in sicurezza degli spazi scuola e ufficio;
- lo studio delle tipologie d'arredo per le nuove modalità di didattica nelle scuole italiane.

Nella seconda macrofase sono state avviate una serie di ricerche di dettaglio per inquadrare il tema della protezione e della messa in sicurezza rispetto ai dispositivi ed altri prodotti ad oggi sviluppati e in grado di mettere in sicurezza gli spazi indoor. Partendo dallo studio dei sistemi "leggeri" per vincolare alcune tipologie di mobili alle pareti, la ricerca ha indagato lo stato dell'arte dei brevetti, dei concept e dei prodotti di arredo salva-vita in caso di sisma.

Questa attività è stata fondamentale per esplicitare le strategie di protezione adottate e far emergere, attraverso un'analisi critica, un nuovo set di requisiti progettuali, evolutivi rispetto allo stato dell'arte indagato, per lo sviluppo di nuovi concept di arredo salva-vita in grado di offrire riparo e protezione in caso di terremoto.

Le ultime ricerche di dettaglio si sono poi focalizzate sulla ricognizione di materiali ad alta resistenza, e di tecnologie ICT e IOT per incrementare le prestazioni antisismiche dei tradizionali arredi, specialmente quelli destinati agli spazi per la didattica.

I principali strumenti di indagine, sono stati: la consultazione on-desk delle schede prodotto di arredo salva-vita; la consultazione motori di ricerca specializzati nella lettura dei brevetti; la consultazione delle campionature dei materiali e dei datasheet presso materiotecche e di software specializzati nella selezione di materiali; la consultazione del sito UNI per la ricognizione delle normative per lo sviluppo di arredi scuola; visita e documentazione fotografica negli stabilimenti produttivi del comparto arredo scuola e ufficio; visita e documentazione video nei laboratori per il test strutturale del banco scuola S.A.F.E.

Le attività svolte in questa macrofase si integrano organicamente nel processo di sviluppo del progetto di ricerca industriale S.A.F.E. e hanno previsto:

- l'analisi dei dispositivi tradizionalmente utilizzati negli altri paesi ad alta pericolosità sismica per la messa in sicurezza di alcune tipologie d'arredo;

- la ricognizione ad ampio raggio, a livello nazionale, europeo ed extraeuropeo, delle soluzioni di prodotti salva-vita, con particolare attenzione per gli arredi in grado di offrire riparo e protezione in caso di emergenza terremoto negli spazi indoor, pubblico e privato;
- la schedatura dei prodotti di arredo salva-vita e lo sviluppo di una scheda di sintesi delle principali strategie salva-vita adottate;
- una campionatura di materiali ad alta resistenza meccanica in grado di incrementare le prestazioni antisismiche dei tradizionali arredi scuola.

La terza macrofase, quella sperimentale, si è caratterizzata per la definizione di un modello metaprogettuale e delle linee guida progettuali per la generazione di nuovi sistemi di arredo salva-vita in caso di terremoto per altri contesti.

Nella prima parte viene esplicitato il cambio di paradigma che prevede: il superamento del tradizionale sviluppo del singolo arredo salva-vita verso una progettazione sistemica di arredi che, in maniera diffusa e collaborativa, sono in grado di mettere in sicurezza gli spazi indoor nei contesti edilizi vulnerabili e fragili alle sollecitazioni sismiche.

Vengono poi analizzate le principali tipologie d'arredo del comparto scuola e ufficio per definirne i requisiti progettuali in "tempo di pace" e le prestazioni a prova di sisma in "tempo di guerra".

In particolare è stato descritto il caso studio del banco scuola S.A.F.E., la metodologia adottata, le fasi progettuali e le verifiche dei modelli sviluppati. L'esperienza maturata nel processo di ricerca industriale S.A.F.E. è stata astratta e declinata in un modello metaprogettuale replicabile per altri contesti che, attraverso un approccio multidisciplinare e multidisciplinare, e una serie di linee guida progettuali, definisce nuovo strumento procedurale innovativo destinato allo sviluppo di nuovi sistemi di arredo per la protezione in caso di sisma.

Per il raggiungimento degli obiettivi sono stati utilizzati una serie strumenti: la consultazione di manuali di ergonomia; lo studio di schede tecniche di prodotti e materiali della filiera produttiva dell'arredo scuola; la consultazione del materiale tecnico-scientifico sviluppato durante il progetto S.A.F.E.; attività sul campo di documentazione dei processi di sviluppo e verifica delle tipologie d'arredo scuola S.A.F.E.; software per lo sviluppo del modello grafico del metaprogetto.

Le principali attività svolte in relazione ai principali obiettivi di questa fase sono state:

- la messa a sistema delle principali strategie individuate dall'analisi dello stato dell'arte di prodotti a prova di sisma e la definizione di un nuovo concetto di "sistema d'arredo" salva-vita;
- lo sviluppo di un set di requisiti tecnico prestazionali, per il "tempo di pace" ed il "tempo di guerra", per la progettazione di un sistema di arredi salva-vita da destinare agli spazi amministrativi e per l'apprendimento negli istituti scolastici;
- lo sviluppo di un modello metaprogettuale con le linee guida e le macrofasi per la progettazione di arredi salva-vita in caso di sisma per altri contesti e scenari vulnerabili al terremoto.

Struttura e articolazione della tesi

La tesi è costituita da tre parti, articolate in dodici capitoli.

Nella **prima parte**, intitolata "**L'emergenza sismica nell'edilizia scolastica italiana e il design degli arredi**" e formata da quattro capitoli, si definisce il quadro scientifico di riferimento e le aree disciplinari per lo sviluppo della ricerca.

Il **primo capitolo** intende approfondire il concetto di emergenza e introdurre il tema del Design for Safety con particolare attenzione verso lo stato dell'arte del Design rispetto la questione della sicurezza in caso di calamità naturali. Viene riportato come esempio virtuoso, la mostra SAFE: Design Takes on Risk, allestita al MOMA nel 2006, e infine, definito, all'interno del ciclo di vita dell'emergenza, le principali aree d'interesse e di studio della ricerca.

Il **secondo capitolo** della tesi descrive lo scenario di riferimento e il tema dell'emergenza sismica in Italia, analizzando il problema della vetustà del patrimonio edilizio con particolare attenzione per gli edifici collocati nei centri storici. Partendo dalla mappa di pericolosità sismica sono stati messi a sistema, attraverso lo sviluppo di una serie di grafici e di tabelle, i dati sullo stato di salute attuale degli edificati che caratterizzano i nostri centri urbani.

Il **terzo capitolo** si riferisce alle condizioni sismiche degli edificati di tipo strategico, in particolare degli istituti scolastici e lo stato di salute degli ambienti destinati all'apprendimento, principale campo d'azione della ricerca. In ottica di prevenzione sismica, sono state esaminate le modalità d'intervento per la messa in sicurezza delle nostre scuole e le linee guida comportamentali da osservare a seguito di un terremoto al fine di far emergere le principali criticità.

Il **quarto capitolo** si focalizza sul comportamento dinamico degli elementi non-strutturali e di alcune tipologie di arredo durante un sisma. Attraverso l'analisi dei risultati di specifiche ricerche, condotte principalmente nell'ambito disciplinare dell'ingegneria strutturale, e una raccolta iconografica e di testimonianze di sopravvissuti dal sisma, il capitolo approfondisce il fenomeno della "casualità" del comportamento antisismico.

La **seconda parte** della tesi, intitolata "**Strategie e strumenti progettuali per lo sviluppo di prodotti di arredo salva-vita in caso di sisma**" e costituita da 6 capitoli e si focalizza sull'analisi critica dello stato dell'arte dei prodotti di arredo salva-vita in caso di sisma per estrapolarne le principali strategie salva-vita adottate, e formulare, in chiave sistemica ed evolutiva rispetto i prodotti individuati dalla ricerca, un nuovo set di requisiti prestazionali.

Il **quinto capitolo** intende estendere la ricerca sulle modalità di messa in sicurezza degli spazi indoor attraverso i dispositivi ad oggi sviluppati e consigliati nei manuali di sopravvivenza, per vincolare alle pareti dell'edificio alcune tipologie di arredo che, specialmente durante il sisma, possono generare gravi danni alle persone e alle cose.

Il **sesto capitolo** descrive lo stato dell'arte della letteratura tecnico-scientifica ad oggi sviluppata nell'ambito disciplinare del design e relativo al tema della protezione e riparo in caso di calamità naturali, come il terremoto. In particolare, vengono riportati i risultati di un importante, ed unico, lavoro di ricerca condotto dall'Università di Design di Chengdu (Cina), in cui sono state elaborate delle linee guida progettuali per lo sviluppo di nuovi concept di arredi per la salvaguardia della vita individuale in caso di catastrofi naturali.

Il **settimo capitolo** rappresenta una delle ricerche più importanti della tesi e si focalizza sull'analisi e lo studio critico, dello stato dell'arte di progetti, brevetti e prodotti salva-vita in caso di sisma in grado di proteggere ed aumentare le possibilità di salvarsi in uno scenario edilizio inadeguato e vulnerabile. I prodotti analizzati sono stati schedati attraverso diversi parametri: la tipologia, il livello di approfondimento progettuale, il contesto di utilizzo e le prestazioni antisismiche dichiarate. Attraverso questa indagine sono state individuate le principali strategie salva-vita attuate, e allo stesso tempo, sono state evidenziate le criticità e le opportunità progettuali ancora inesprese.

L'ottavo capitolo si è focalizzato principalmente sullo sviluppo di una scheda di sintesi delle principali strategie salva-vita adottate dai prodotti mappati e schedati. Attraverso questa scheda vengono commentati cinque casi studio coerenti con lo scenario individuato, evidenziandone le dimensioni, le prestazioni antisismiche e i materiali adottati.

Il nono capitolo intende indagare l'offerta di materiali e semilavorati capaci di ampliare, per le tipologie di arredo individuate nella ricerca, le prestazioni salva-vita in caso di sisma in termini di resistenza strutturale, qualità estetica e sostenibilità ambientale. Il decimo capitolo si rivolge allo stato dell'arte dei sistemi di preallerta terremoto, meglio conosciuto come Earthquake Early Warning E.E.W, ed intende approfondirne le criticità e le possibilità applicative all'interno dello sviluppo di nuovi concept di arredo salva-vita.

La terza parte della tesi, intitolata “Verso la definizione di un modello procedurale per la progettazione di un sistema di arredi salva-vita in caso di sisma” e costituita da 2 capitoli, rappresenta la fase sperimentale della tesi di dottorato. I risultati delle ricerche preliminari e l'esperienza progettuale maturata nel progetto di ricerca industriale S.A.F.E. sono stati riportati in linee guida ed inquadrati in un modello metaprogettuale per la progettazione di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita in caso di sisma.

L'undicesimo capitolo della tesi individua un nuovo paradigma progettuale, evolutivo ed innovativo rispetto lo stato dell'arte indagato, ossia: dalla progettazione dal singolo arredo antisismico (modello tradizionale individuato nelle ricerche) alla generazione di un “sistema di arredi salva-vita” in caso di sisma. Dopo aver inquadrato e definito il concetto di “sistema”, sono state esplicitate le tipologie d'arredo scuola da riprogettare in chiave salva-vita e descritti in maniera puntuale e dettagliata i requisiti progettuali e le prestazioni attese per il “tempo di pace” e il “tempo di guerra” di tutto il sistema di arredi.

Il dodicesimo capitolo, infine, si focalizza sulla definizione e lo sviluppo di un modello metaprogettuale destinato alla progettazione di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita, per la messa in sicurezza degli spazi indoor che caratterizzano strutture edilizie ad uso collettivo e vulnerabili al sisma. Il capitolo presenta anche i possibili scenari di ulteriore sviluppo e ricerca sulla tematica indagata.

Principali risultati conseguiti

I risultati della ricerca conseguiti sono:

- La schedatura di esempi di prodotti e dispositivi per la messa in sicurezza in caso di sisma e una serie di casi studio di arredo salva-vita per i contesti indoor, pubblico e privato;
- La definizione dei principali livelli d'intervento per la messa in sicurezza degli spazi abitativi e la definizione delle strategie salva-vita in caso di sisma ad oggi implementate nei casi studio mappati dalla ricerca;
- Lo sviluppo di un modello metaprogettuale, articolato per fasi e linee guida progettuali, per la progettazione di nuovi concept di sistema d'arredi salva-vita in caso di sisma;
- La definizione di nuovi scenari applicativi e di sviluppo rispetto il tema dell'emergenza sismica nei paesi caratterizzati da un edificato prevalentemente vulnerabile al terremoto.

Capitolo 1

Verso una progettazione orientata all'emergenza

- 1.1 Sicurezza e protezione passiva: il Design for Safety
- 1.2 Caso studio SAFE: Design Takes on Risk
- 1.3 Ciclo di Emergenza e le fasi indagate dalla ricerca



Fig. 1. La piramide di Maslow, 1954. I livelli di bisogno concepiti sono: bisogni fisiologici (fame, sete ecc.), bisogni di salvezza, sicurezza e protezione, Bisogni di appartenenza (affetto, identificazione), bisogni di stima, di prestigio, di successo bisogni di realizzazione di sé (realizzando la propria identità e le proprie aspettative e occupando una posizione soddisfacente nel gruppo sociale).

1 Verso una progettazione orientata all'emergenza

1.1 Sicurezza e protezione passiva: il Design for Safety

Il tema della sicurezza, nella storia dell'uomo ha sempre rappresentato un bisogno istintivo che guida molte delle nostre scelte, al pari di altri sentimenti e pensieri come l'amore, la letteratura, la scienza e l'arte. A sostegno di quanto detto, lo psicologo statunitense Abraham Maslow, tra il 1943 e il 1954, nello sviluppare la *piramide dei bisogni* (Fig. 1) pone la sicurezza (intesa come: fisica, di occupazione, morale, di salute, familiare, di proprietà) al secondo posto, subito dopo i bisogni fisiologici (cibo, acqua, omeostasi, sesso etc.). Nel modello proposto da Maslow, la soddisfazione di un livello è necessaria per soddisfare quelli successivi. Pertanto, il bisogno di sicurezza è un diritto imprescindibile per l'uomo, e un tema di discussione in continuo fermento, specialmente nell'ambito della ricerca e dello sviluppo di soluzioni innovative per il progresso di società ancora più sicure^[1]. Ad avvalorare questo specifico bisogno di salvaguardia delle persone, l'unione europea, nel programma HORIZON 2020, pone tra le sfide per la ricerca il problema della sicurezza. Infatti, al punto 7 del terzo pilastro del programma, l'obiettivo è "Società sicure - proteggere la libertà e la sicurezza dell'Europa e dei suoi cittadini".

"Oggi, mantenere i cittadini al sicuro significa combattere il crimine e il terrorismo, proteggere le comunità dai disastri naturali e causati dall'uomo, sventare attacchi cibernetici e stare in guardia contro il traffico illegale di persone, droghe e beni contraffatti. La ricerca e l'innovazione dell'UE sta sviluppando nuove tecnologie per proteggere le nostre società, rispettando allo stesso tempo la privacy e sostenendo i diritti fondamentali - due valori al centro della ricerca dell'UE in materia di sicurezza. Queste tecnologie hanno un significativo potenziale per stimolare l'attività economica attraverso nuovi prodotti e servizi e per creare posti di lavoro"^[2].

[1] Antonelli, P. (2006). Design Takes On Risk-Safe. (pp. 9-10).

[2] Unione Europea (2014). HORIZON 2020 in breve Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione. (p. 15).

Per inquadrare meglio la questione della sicurezza e quali aspetti di questa, la ricerca di dottorato, intende indagare, è importante approfondire il suo significato, analizzare la terminologia e pertanto le sue principali definizioni.

Da un punto di vista etimologico, la parola *sicurezza* deriva dal latino “*sine cura*” (senza preoccupazione), e può essere definita come la “*conoscenza che l’evoluzione di un sistema non produrrà stati indesiderati*”^[3]. È interessante in questa definizione, come il termine conoscenza, sottolinei il dovere di studiare e analizzare qualsiasi potenziale fenomeno di pericolo, affinché questo non generi possibili danni nel tempo. Il dizionario Treccani invece, la definisce come:

“*la condizione che rende e fa sentire di essere esente da pericoli, o che dà la possibilità di prevenire, eliminare o rendere meno gravi danni, rischi, difficoltà, evenienze spiacevoli, e simili*”^[4].

Da queste due definizioni, si potrebbe affermare che, la riduzione dei rischi e dei danni, è in funzione di uno studio preliminare del fenomeno e delle misure di prevenzione adottate. Proprio da questa premessa, trovano applicazione le norme di sicurezza e le linee guida di prevenzione ad oggi sviluppate per ridurre gli impatti di determinati fenomeni di pericolo, e contribuire di conseguenza al miglioramento della qualità della vita. Diversamente dalla terminologia italiana, il termine “sicurezza” nella lingua anglofona, può essere espresso dalle due parole *security* e *safety*. In particolare, con il termine *security* si fa riferimento alla sicurezza intesa come protezione da atti intenzionali che potrebbero ledere cose o persone.

Un esempio di questa categoria sono i sistemi di videosorveglianza, di telecontrollo, i dispositivi antintrusione e antieffrazione, ma anche i sistemi di protezione dei dati e di tutela della privacy più in generale.

Il termine *safety* identifica invece, la sicurezza delle persone intesa come loro incolumità o salute, e pertanto fa esclusivo riferimento alle strategie adottate per garantire l’integrità fisica di una persona. In particolare, a questa categoria rientrano l’insieme delle misure, dei prodotti e dei dispositivi finalizzati a prevenire e ridurre gli infortuni in ambito lavorativo, sportivo e domestico, ad esempio: i prodotti antiinfortunistica, come guanti, elmetti, cinghie anticaduta etc.; articoli come caschetti, ginocchiere e paracolpi per la protezione del corpo durante specifiche discipline sportive; altri dispositivi per la *sicurezza attiva e passiva* delle persone. A questo punto è importante specificare, cosa s’intende con il termine *sicurezza passiva* e cosa per *protezione attiva*.

Nel contesto della sicurezza dagli incendi, il termine *protezione attiva*, comprende una serie di interventi mirati alla riduzione del fenomeno incendio, mediante una serie di dispositivi e sistemi che svolgono un ruolo attivo nell’estinzione dello stesso: estintori, idranti, sprinkler, evacuatori di fumo e calore, rilevatori. Si tratta in pratica di utilizzare prodotti dove l’azione dell’uomo è fondamentale per la riuscita della messa in sicurezza. Diversamente, si ha una *sicurezza passiva* in caso di incendi, quando si adottano misure e provvedimenti finalizzati a limitare e circoscrivere le conseguenze del fuoco. Un esempio sono l’adozione di materiali incombustibili o poco combustibili, materiali isolanti posti a protezione di elementi strutturali, etc. dove non è richiesto uno specifico intervento dell’uomo^[5]. Nell’ambito della sicurezza stradale si definisce *sicurezza attiva* o *primary safety* quando le caratteristiche di un veicolo sono progettate per ridurre il rischio di un incidente quando la strada si trova in condizioni critiche.

Soluzioni progettuali sono i sistemi antibloccaggio ABS, i dispositivi di controllo e stabilità della velocità del veicolo VSC, i sistemi di assistenza alla frenata EBA, che insieme alla reazione preventiva del conducente aumentano la possibilità di evitare incedenti con altre vetture o pedoni.

[3] Definizione di Sicurezza secondo Wikipedia.

[4] Definizione di Sicurezza secondo il Dizionario Treccani.

[5] Prete, G. & Dipaola, V. (2001). Sicurezza e durabilità strutturale delle costruzioni edilizie. (p. 9).

Si definisce *sicurezza passiva* o *secondary safety* invece, “*la protezione garantita dal veicolo ai suoi occupanti quando l’incidente non è stato evitato*”^[6] e ogni azione correttiva del conducente è ormai inutile.

Il dispositivo ad oggi più utilizzato per la protezione passiva sulle automobili, è il cuscino salva-vita, meglio conosciuto come airbag. Le due definizioni, in entrambi i contesti, sottolineano l’importanza di una duplice azione: la prima, di prevenzione e di gestione di determinati sistemi di sicurezza, direttamente da parte dell’uomo, e questo mette subito in evidenza l’esperienza e le capacità dell’operatore nel superare lo stato di pericolo; la seconda, fa maggior riferimento alla qualità di progettazione di sistemi in grado di proteggere le persone, quando queste non hanno più il controllo del pericolo. Pertanto, in ottica di sviluppo di nuovi scenari progettuali orientati alla tutela della vita delle persone, sarà importante considerare queste due prime riflessioni.

1.2 Caso studio SAFE Design Takes on Risk

Nella disciplina del Design, la progettazione orientata alla sicurezza, meglio definita con il termine *Design for Safety*, è stata, ed è tuttora, una sfida attrattiva per molti progettisti e designer. Il tema della protezione e della sicurezza viene indagato attraverso la metodologia del design e lo sviluppo di una ricerca estetica in grado di mecciare le prestazioni richieste per il “tempo di guerra”, durante l’emergenza, con le prestazioni tradizionali in “tempo di pace”, ossia in condizioni di normalità. Come dichiara Paola Antonelli, curatrice del Dipartimento di Architettura e Design del MoMa:

“*Good design does hand in hand with personal needs, providing protection and security without sacrificing the need to innovate and invent. Good design, combined with good instinct, is our strongest assurance of progress toward a safer, more livable world*”^[7].

Ad avvalorare il prezioso contributo del Design sulla questione della sicurezza e della protezione personale, la stessa Paola Antonelli, nel 2004, ha organizzato insieme a Patricia Juncosa Vecchierini, la mostra *SAFE: Design Takes On Risk*, applicato ai timori quotidiani (Fig. 2).

“*La pressione è dietro ogni angolo e la resilienza umana può essere sorprendente [...] Quanto siamo sicuri dipende dalla nostra percezione di ciò che è a portata di mano per proteggerci*”^[8].

“*Paura, senso del pericolo, desiderio di sicurezza, bisogno di protezione. Sono tutte esperienze psicologiche che definiscono la condizione d’esistenza del genere umano. Cosa c’è alla base della vita? Innanzitutto la voglia di sentirsi sicuri, la ricerca di un punto saldo, di una corazza che difenda dalle aggressioni esterne. Un istinto vecchio quanto il mondo, che accomuna l’uomo primitivo al più progredito degli urban-tech men. Ed ecco che entra in campo il design, con uno studio concreto sulle modalità di resistenza alle più comuni ansie. Il design si reinventa come problem solver, fornendo risposte funzionali ai disagi che la modernità produce convulsamente*”^[9].

Queste parole sintetizzano l’anima della mostra *SAFE* e introducono il lavoro dei designer e il contributo apportato attraverso l’esposizione di nuovi concept di prodotto, pensati per proteggere la mente e il corpo da situazioni di pericolo, generando senso

[6] Piano L., (2009). La sicurezza passiva degli autoveicoli. Criteri di progettazione e sperimentazione. (pp. 6-7).

[7] Antonelli, P. (2006). Design Takes On Risk-Safe. (p. 15).

[8] Ivi, p. 9.

[9] Istituto Italiano di Cultura Los Angeles. Mostra di Paola Antonelli - SAFE: Design Takes on Risk. (Consultato il 25 gennaio 2021). Disponibile all’indirizzo https://iiclosangeles.esteri.it/iic_losangeles/it/gli_eventi/calendario/mostra-di-paola-antonelli-safe-design-takes-on-risk.html.



Fig. 2. Mostra SAFE: Design Takes On Risk. Progetti e prototipi sviluppati per i vari scenari di emergenza ed esposti nelle sale del MoMa di New York, 2006

di conforto, assicurando chiarezza di informazione e rispondendo in generale a situazioni di pericolo e di emergenza. *SAFE: Design Takes On Risk* è stato un evento unico ed il primo dedicato al tema della sicurezza, e per la prima volta è stato possibile, dalla prospettiva del design, analizzare e confrontare le strategie progettuali e i diversi approcci adottati all'interno di uno stesso scenario di emergenza. Infatti, nei concept e nei prototipi allestiti è possibile osservare le strategie salva-vita perseguite: da chi ha cercato soluzioni secondo la metodologia design for material, ossia ampliando le prestazioni tecniche del prodotto attraverso uno specifico materiale, a chi ha preferito lavorare diversamente, attraverso lo sviluppo di nuovi concetti di trasformazione della geometria e della struttura dell'oggetto.

Trecento le creazioni proposte da giovani designers di tutto il mondo, raccontate in sei specifiche categorie, *shelter, armor, property, everyday, emergency* e *awareness*, che affrontano molteplici aspetti legati al tema più ampio della sicurezza, come ad esempio: il problema della protezione e della sopravvivenza dal sisma, oggetto di approfondimento e di discussione anche di questa ricerca di dottorato.

1.3 Ciclo di Emergenza e le fasi indagate dalla ricerca rispetto la gestione del sisma

Prima di dare una definizione generale sul concetto di *emergenza* è opportuno capire il significato della parola *disastro*, termine che spesso accompagna questa parola. Nel ciclo di lezioni sul Disaster Management, pubblicato in *Prehospital and Disaster Medicine*, *Cuny* ha definito il termine *disastro* come:

“una situazione risultante da un fenomeno ambientale o conflitto armato che produce stress, lesioni personali, danni fisici e sconvolgimenti economici di grande entità”^[10]
Perez e Thompson su Natural Disasters^[11], definiscono un disastro come: *“l’insorgere di danni, lesioni o perdite di vite o proprietà estese, con cui la comunità non può far fronte e durante i quali la società colpita subisce gravi disagi”*.

Entrambe queste definizioni sottolineano che un disastro, in particolare, può sconvolgere pesantemente la società vittima dell’evento. Se consideriamo invece, la definizione adottata dall’Organizzazione mondiale della sanità e dalle Nazioni Unite:

“il disastro è il risultato di una vasta crisi ecologica nelle relazioni tra l’uomo e il suo ambiente, una grave e improvvisa (o lenta, come in siccità) perturbazione su una scala tale che la comunità colpita ha bisogno di sforzi straordinari per farvi fronte, spesso con aiuti esterni o aiuti internazionali”^[12]

[10] Cuny, FC. (1992). Introduction to Disaster Management. Lesson 1: The Scope of Disaster Management. In: *Prehospital and Disaster Medicine*. (pp. 400-408).

[11] Thompson, P. & Perez, E. (1994). Natural hazards: causes and effects. Lesson 1—introduction to natural disasters. In: *Prehosp Disaster Med*. 9.1. (pp. 80–88).

[12] Gunn, S. & Williams, A. (1990). Multilingual Dictionary Of Disaster Medicine And International Relief. In: *Prehospital Disaster Medicine*. (pp. 23-24).



Fig. 3. Ciclo di vita dell'emergenza.

si sottolinea l'importanza degli sforzi di una società per far fronte a particolari eventi critici. In breve, quest'ultima definizione introduce un aspetto fondamentale del fenomeno che è il tema della gestione dell'emergenza.

Il termine *emergenza*^[13] può assumere molteplici significati, ma da un punto di vista delle protezione civile viene definito come “una situazione che genera domande a una velocità molto superiore a quella necessaria per elaborare le risposte”. Da questa affermazione è possibile dedurre che, per gestire una emergenza è necessario agire rapidamente, fornendo le risposte che ci vengono richieste ad una velocità adeguata. Siccome però la velocità delle domande è superiore a quella con cui si riesce ad elaborare le risposte in tempo reale, per replicare e agire rapidamente, è necessario aver imparato prima, e acquisito attraverso lo studio e l'analisi del fenomeno, le risposte efficaci in grado di gestire la situazione critica^[14]. L'emergenza è pertanto una situazione temporanea che implica una serie di azioni immediate che avvengono all'interno di un determinato tempo, la cui durata dipende dal tipo di evento e di calamità che si è scatenata. Quello

[13] L'atto dell'emergere, improvvisa difficoltà, circostanza imprevista, accidente; Diz. Treccani.

[14] Bignami, F. (2008). Protezione civile e riduzione del rischio disastri. (p. 83).



Fig. 4. Principali fasi del ciclo di vita dell'emergenza indagate dalla ricerca.

che non cambia mai in una situazione di emergenza è il suo ciclo di vita^[15] (Fig. 3). Per ogni emergenza infatti, secondo la metodologia del *disaster management*, si possono distinguere quattro fasi distinte:

1 La fase di preparazione

È definita dalla *Strategia Internazionale per la Riduzione dei Disastri* (ISDR) come:

“conoscenza, capacità e azioni di governi, organizzazioni, gruppi di comunità e individui, per anticipare efficacemente, rispondere e riprendersi dagli impatti di eventi o condizioni di pericolo probabili, imminenti o attuali.”^[16]

[15] Il ciclo di vita dell'emergenza illustra il processo attraverso il quale tutte le organizzazioni dovrebbero pianificare le attività per ridurre gli impatti dei disastri e come reagire immediatamente al loro manifestarsi, adottando misure per recuperare i beni e servizi essenziali in breve tempo. <https://ccaaha.org/resources/emergency-management-cycle>.

[16] Emily, Y. & Janice, Y. Ho. (2018). Urban community disaster and emergency health risk perceptions and preparedness. (Cap. 7.1.2). Città: casa editrice.

E comprende: gli sforzi di preparazione individuale, come la formazione di primo soccorso e le azioni domestiche per la messa in sicurezza; gli sforzi della comunità e le strategie governative adottate, compresi i sistemi di preallerta, i piani di emergenza e di evacuazione. La fase di *preparazione*, fa riferimento al periodo precedente al disastro e come esplicitato nella definizione iniziale, è fondamentale poiché fa riferimento ad una fase di apprendimento e di preparazione in un contesto di normalità, lontano quindi da un possibile stato di calamità e di catastrofe.

2 La fase di risposta

Questa fase prevede la pianificazione e le azioni d'intervento per replicare allo stato di emergenza. Una ricerca svizzera del 2009, ha dimostrato come l'efficacia di tali azioni è in funzione del livello di percezione del rischio^[17]. In questo studio, infatti, il gruppo di individui che ha avuto precedenti esperienze di alluvione avevano un'efficacia di risposta più elevata rispetto al gruppo che non aveva mai avuto esperienze dirette con questo tipo di calamità. Pertanto è possibile affermare che le azioni di intervento e di risposta all'emergenza saranno più efficaci, nelle comunità che hanno acquisito maggiore conoscenza e consapevolezza dei possibili rischi generati da una determinata calamità.

3 La fase di recupero

La terza fase di *recupero*, si avvia immediatamente dopo aver superato lo stato di emergenza iniziale, e prevede l'avvio di tutte le operazioni per la ricostruzione della situazione di quiete, il ripristino delle attività sociali, e quindi, il ritorno alla normalità.

4 La fase di mitigazione

Questa fase riguarda le tipologie di misure che dovranno essere adottate affinché non si ripresenti in futuro lo stesso tipo di situazione critica. In particolare si fa riferimento alle azioni di verifica, di revisione e di miglioramento delle infrastrutture, ma anche alle attività di sensibilizzazione e di educazione alla gestione dell'emergenza^[18].

Ad esempio, nella gestione di una calamità naturale, specialmente di un terremoto, sarà fondamentale agire in ogni fase dell'emergenza con delle azioni puntuali e mirate, al fine di ampliare lo stato di sicurezza e di protezione, specialmente per le persone che abitano in una determinata regione ad alto rischio sismico. Purtroppo il nostro paese rientra tra queste regioni, ed è tristemente noto nel mondo, anche per i disastri provocati dai terremoti.

Nonostante le pregresse esperienze e lo sviluppo di piani di emergenza sismica, continuiamo a subire gravi danni, non solo al patrimonio artistico, ma soprattutto in termini di perdita di vite umane. Come già descritto nelle definizioni precedenti, è importante quindi, approfondire ed acquisire maggiore conoscenza e consapevolezza del fenomeno al fine di mitigarne il più possibile i danni, per citare un famoso aforisma

“Se conosci il nemico e te stesso, la tua vittoria è sicura. Se conosci te stesso ma non il nemico, le tue probabilità di vincere e perdere sono uguali.”^[19].

Da un punto di vista geologico sappiamo che il sisma è un evento naturale, generato dalla rottura delle placche tettoniche, il cui effetto è la vibrazione del terreno, dal latino *terra motus*, cioè “*movimento della terra*”.

[17] Botzen, W. et al. (2009) Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resour Res.*

[18] Marotta, N. & Zirilli, O. (2015). *Disastri e catastrofi.* (pp. 151-157).

[19] Sun Tsu. (VI e il V secolo a.C.). *L'arte della guerra.*

In realtà, un sisma di per sé, è innocuo, nel senso che è l'uomo che ha reso catastrofici i terremoti con le opere che ha costruito. Il problema è pertanto, di natura antropica, perché sono proprio i nostri edificati, vulnerabili alle sollecitazioni e facilmente danneggiabili, a provocare danni e vittime.

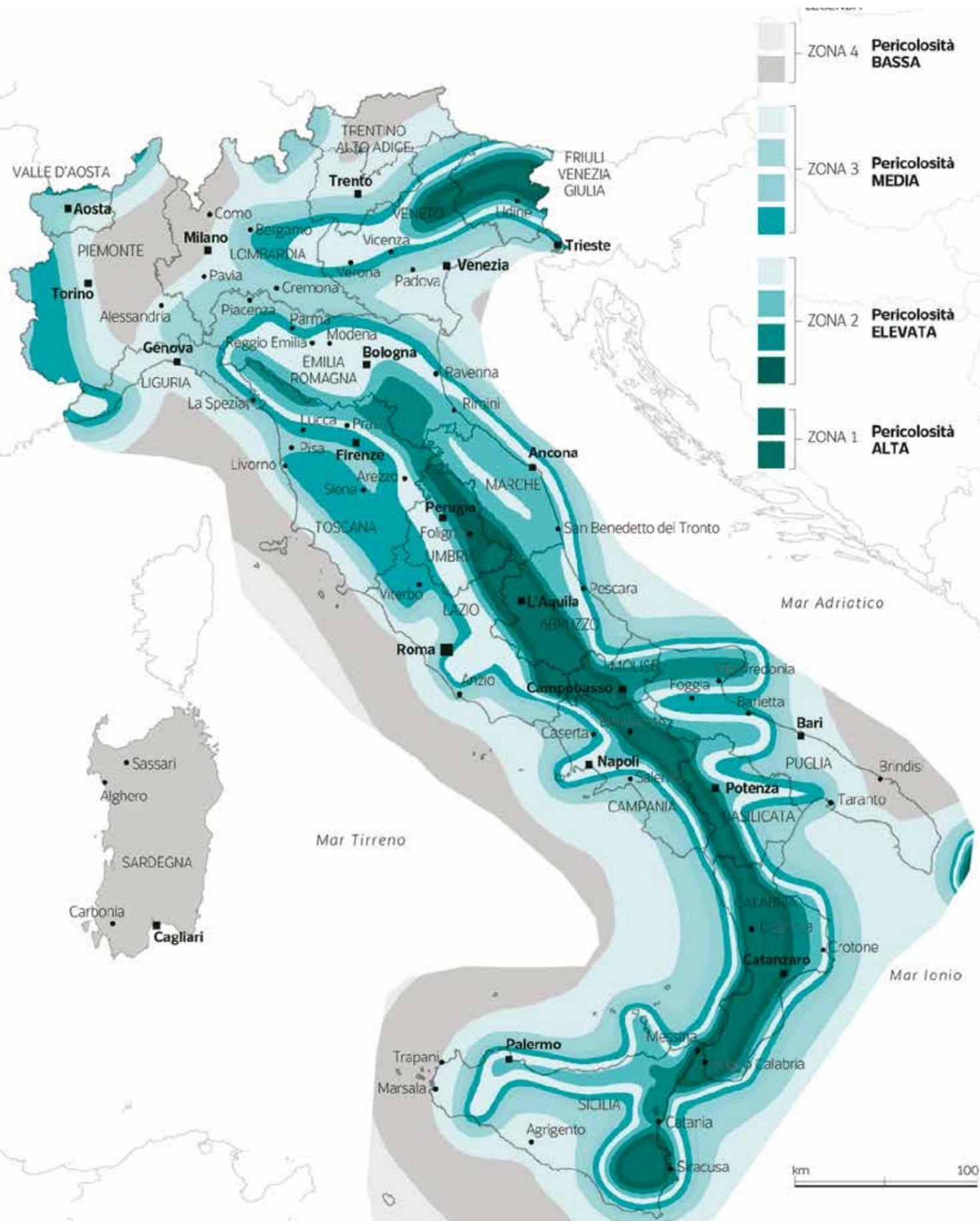
Nonostante siano state sviluppate delle normative e delle tecniche che ottimizzano le prestazioni antisismiche degli edifici, dobbiamo tener presente che, in alcuni paesi, specialmente in Italia, la prevalenza del patrimonio edilizio è di tipo storico, pertanto vulnerabile e fragile rispetto le sollecitazioni di un importante evento tellurico. Considerata la problematica sismica del nostro paese e il ciclo di vita dell'emergenza, la ricerca di dottorato intende indagare il tema della protezione dal terremoto restringendo il campo di azione alle prime due fasi (Fig. 4), con particolare attenzione verso le azioni adottate per la messa in sicurezza degli spazi indoor e le modalità di sopravvivenza perseguite in caso di sisma. Pertanto, le ricerche preliminari si focalizzeranno innanzitutto sulla definizione dello scenario di riferimento, analizzando la natura geologica del nostro paese e lo stato di salute del patrimonio edilizio. L'obiettivo di questa attività è reperire il maggior numero di informazioni e di dati in grado di descrivere ed inquadrare le criticità del territorio rispetto la problematica individuata e quali sono i contesti e le principali infrastrutture che ne risentono maggiormente.

Capitolo 2

Il rischio sismico in Italia e le criticità dei centri storici

- 2.1 Pericolosità sismica e la sicurezza degli edifici di tipo storico
- 2.2 Stato di salute degli edifici: dati e tabelle riassuntive
- 2.3 Emergenza sismica nei contesti edilizi ad uso pubblico e collettivo

Fig. 5. Mappa del rischio sismico nella penisola italiana.



2 Il rischio sismico in Italia e le criticità dei centri storici

2.1 Pericolosità sismica e la sicurezza degli edifici di tipo storico

L'Italia è uno dei paesi del Mediterraneo con maggiori criticità sismica, questo a causa della sua particolare posizione geografica, precisamente situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica. Le zone con sismicità più elevata, zona 1 e zona 2 (Fig. 5), si concentrano nella parte centro-meridionale della Penisola, lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), in alcune aree settentrionali come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale, ed infine nel Sud, in Sicilia e in Calabria. Solo l'isola della Sardegna può essere considerata un'area a bassa pericolosità, poiché non risente di particolari eventi sismici.

Per comprendere meglio cosa s'intende per *rischio sismico* è opportuno dare alcune definizioni riguardo la *pericolosità*, la *vulnerabilità* e l'*esposizione sismica*. Nel linguaggio tecnico scientifico, con il termine *sismicità*, s'intende la forza e la frequenza con cui si manifestano i terremoti, ed è una caratteristica fisica di un territorio. Se sono note la frequenza e l'energia che caratterizzano l'evento in una determinata area, e assegniamo un valore di probabilità al verificarsi del terremoto in un certo intervallo di tempo, possiamo definirne la *pericolosità sismica*.

Valori elevati della *pericolosità* sono associati a maggiori probabilità di attività sismica di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato. Oltre agli aspetti di natura geologica, occorre considerare quelli di natura antropica, cioè dell'edificato presente nelle aree interessate all'attività sismica e le sue condizioni di resistenza: l'attitudine di un edificio ad essere danneggiato definisce la *vulnerabilità sismica*. Ne consegue che, quanto più una costruzione è vulnerabile (progettazione insufficiente, scadente qualità dei materiali, mancanza di manutenzione, etc.), tanto maggiori saranno i danni imputabili all'evento sismico.

Infine, la maggiore o minore presenza di beni esposti al rischio e la possibilità subire danni economici, non solo alle opere architettoniche ed artistiche, ma anche in termini di perdita di vite umane, viene definita *esposizione sismica*. Ad oggi non è semplice stimare con precisione le conseguenze di un importante fenomeno tellurico, poiché

dipende da molteplici fattori come i diversi momenti del giorno, il numero di persone che risiedono in un'abitazione, se è un'abitazione ad uso abitativo o si tratta di locali per uso lavorativo etc. Tuttavia, i parametri fondamentali per determinare il rischio di un disastro sismico e adottare delle misure preventive e di contenimento, sono: la vulnerabilità, la pericolosità e l'esposizione sismica^[20]. Secondo i dati della protezione civile l'Italia ha una pericolosità sismica medio-alta (per frequenza e intensità dei fenomeni), una vulnerabilità molto elevata (per fragilità del patrimonio edilizio, infrastrutturale, industriale, produttivo e dei servizi) e un'esposizione altissima (per densità abitativa e presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo). In sintesi, la nostra Penisola è tristemente caratterizzata da una situazione ad alto rischio sismico, con elevata probabilità di perdite di vite umane, danni alle costruzioni, specialmente quelle dei centri storici, e di conseguenza destinata a subire anche ingenti danni di natura economica. Ne consegue che la sicurezza del Paese è strettamente legata non solo agli aspetti geologici, ma in certe zone, specialmente da quelli di origine antropica, dovuto proprio ai criteri di progettazione, alle capacità antisismiche e allo stato di salute dei nostri edificati.

2.2 Stato di salute degli edificati: dati e tabelle riassuntive

Secondo Carlo Blasi, Ordinario di Restauro Architettonico:

“la sicurezza è un rapporto tra la resistenza di un edificio e le azioni che lo possono sollecitare. Tale rapporto deve essere maggiore di uno: la resistenza, con gli adeguati coefficienti di sicurezza, deve essere maggiore delle azioni. Tale metodo di valutazione della sicurezza nasce all'inizio dell'Ottocento quando vengono realizzate le prime strutture moderne in acciaio e in cemento armato e funziona per tali edifici, realizzati con procedimenti controllabili e industrializzati, ma non è utilizzabile per la maggior parte dei manufatti artigianali e delle murature storiche sia per le difficoltà di quantificare il comportamento di oggetti artigianali sia per la presenza di elementi oggettivamente non definibili con numeri. I vecchi edifici in muratura, infatti, non crollano, in genere, per deficienze globali (a parte quelli realizzati con murature decisamente inconsistenti come quelle di molti degli edifici crollati per i recenti sisma), ma per carenze locali non quantificabili (travi con appoggi insufficienti, tetti spingenti, resistenze per attrito, canne fumarie, muri male ammorsati, cornicioni degradati ecc.) che non vengono considerate nei calcoli strutturali. Tali criticità possono essere individuate solo mediante attente ed esperte ispezioni all'interno degli edifici. Definire la sicurezza di edifici con simili caratteristiche con un solo numero è pertanto velleitario, impreciso e rischioso”^[21].

Da questa riflessione si può dedurre che, ad aggravare la situazione nel nostro Paese, non è solo l'effettiva condizione e vetustà del patrimonio edilizio storico, ma anche la mancanza di verifiche e di monitoraggio per la messa in sicurezza, sia degli elementi strutturali, che di quelli non strutturali come: controsoffitti, finestre, impianti elettrici, impianti di condizionamento, attrezzature per l'ufficio, arredi. In particolare, questi ultimi, tema di discussione del quarto capitolo, rappresentano una delle principali cause di danni e di decesso durante importanti eventi sismici.

Ad avvalorare la necessità di un intervento immediato e radicale per la messa in sicurezza degli spazi abitativi del nostro paese, sono i risultati ricavati dal censimento sul patrimonio edilizio italiano e restituiti nelle tabelle del rapporto del 2012 dell'ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili).

[20] Dipartimento della Protezione Civile - Pericolosità sismica (consultato il 25 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo: <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita-pericolosita-sismica>.

[21] Blasi, C. (a cura di). (2016). Rischio sismico dei centri storici italiani: alcune riflessioni. Disponibile all'indirizzo <https://www.teknoring.com/>.

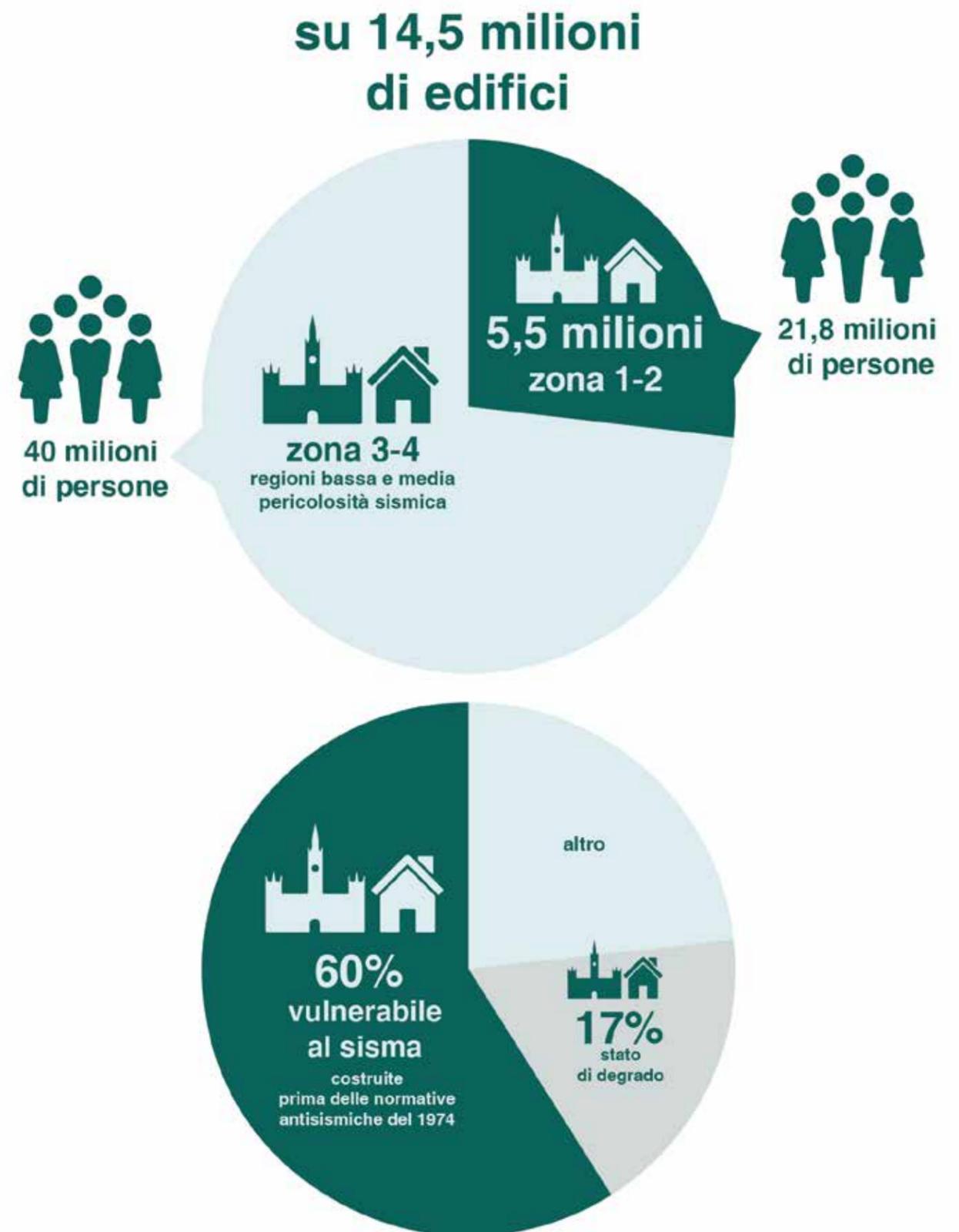


Fig. 6. Schema di sintesi dei dati riportati.

In particolare si vogliono riportare due punti fondamentali estrapolati dal documento e che sintetizzano, attraverso una serie di dati e di percentuali, la gravità dello stato di salute dell'edificato del nostro Paese.

1. *Le aree a elevato rischio sismico sono pari al 44% della superficie italiana (131 mila kmq) e riguardano il 36% dei comuni (2.893 unità). In queste aree vivono 21,8 milioni di persone (36% della popolazione), per un totale di 8,6 milioni di famiglie e si trovano circa 5,5 milioni di edifici tra residenziali e non residenziali. Ma il rischio di danni e vittime è amplificato dalla condizione di elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano, costruito per oltre il 60% prima dell'entrata in vigore delle prime norme antisismiche, nel 1974.*

2. *Oltre al rischio naturale, dunque, un fattore da cui dipende l'effettiva condizione di rischio delle strutture è lo stato di conservazione degli edifici. In Italia il 60% degli edifici è stato costruito prima del 1971 (pari a 7 milioni di edifici) e i restanti 4 milioni di edifici sono stati costruiti negli ultimi 30 anni. In particolare tra il 1972 e 1981 sono stati realizzati 1,9 milioni di edifici, tra il 1982 e il 1991 sono stati costruiti 1,3 milioni, tra il 1991 e il 2001 si contano 791 mila edifici. La normativa antisismica per le nuove costruzioni è entrata in vigore nel 1974 (Legge n.64/1974), quindi gli edifici realizzati precedentemente a questa data non sono stati costruiti secondo questi accorgimenti tecnici. Inoltre, anche gli edifici costruiti successivamente al 1974, pur essendo in regola rispetto alla legge vigente al momento della realizzazione, potrebbero non essere conformi alla attuale normativa sismica poiché in questi anni la mappa della pericolosità sismica è stata modificata più volte, includendo sempre più comuni nelle zone di rischio più elevato^[22].*

Inoltre, ad integrazione dei dati riportati e sintetizzati nello schema (Fig. 6), emerge che in Italia sono oltre 2,5 milioni gli edifici (pari a circa il 17%) in pessimo o mediocre stato di conservazione, specialmente quelli vecchi in muratura dei centri storici, di cui molti ad uso strategico come ospedali, scuole ed altre strutture aperte al pubblico.

2.3 Emergenza sismica nei contesti edilizi ad uso pubblico e collettivo

La stima sullo stato di salute strutturale degli edifici di carattere storico rappresenta un problema rilevante, specialmente nelle città italiane caratterizzate da un elevato numero di manufatti artistici, una valutazione dettagliata dello scenario di rischio urbano richiederebbe tempi lunghi e considerevoli investimenti di persone e risorse. Inoltre, quando si opera per la messa in sicurezza dei monumenti ubicati in zone ad alta pericolosità sismica, non si parla di "adeguamento" alle norme sismiche vigenti ma bensì di "miglioramento" antisismico, questo perché è difficile rendere conforme ai nuovi criteri di progettazione antisismica un monumento senza inficiarne il suo valore artistico. La questione della sicurezza sismica in nei contesti storici non interessa solo la salvaguardia del nostro patrimonio artistico e monumentale, ma ovviamente, anche la tutela della vita delle persone che usufruiscono di questi straordinari spazi. Ad esempio in l'Italia le tipologie di edifici monumentali particolarmente frequentate, e al contempo, diffuse ed esposte al rischio sismico, sono rappresentate dalle chiese. Infatti, dopo i recenti eventi sismici del 2016, il rilievo del danno degli edifici monumentali evidenziò l'alta vulnerabilità degli edifici di culto, che si rilevarono essere numerosi e più sensibili alle sollecitazioni rispetto altri palazzi di tipo storico. Questa criticità è dovuta alla natura costruttiva delle strutture che, essendo state edificate in tempi remoti e secondo tecniche e principi di tipo empirico e con materiali scarsamente resistenti, rischiano di generare maggiori danni alle cose e alle persone. Un tragico esempio accaduto nel nostro Paese, durante il sisma che ha interessato la Campania centrale e la Basilicata centro-settentrionale nel 1980, è il crollo della chiesa di Balvano (PT) mentre si svolgeva la funzione religiosa serale.

[22] Bellini, L. et al. (2012) Primo Rapporto ANCE/CRESME, Lo stato del territorio italiano 2012-II rischio sismico e idrogeologico. (pp.6 pp.78).

“La storia racconta che Balvano, piccolo centro della provincia di Potenza, subì nei secoli disastrosi terremoti. Ma sicuramente quello che si ricorda per la sua drammatica cronaca è l'ultimo, quello del 23 novembre 1980, fu quello che lasciò nella popolazione un segno indelebile. Questo sisma è diventato il simbolo di Balvano, un grande spartiacque della storia del paese. A quel disastroso appuntamento, Balvano, fu uno dei centri più colpiti della Basilicata, sia per numero di vittime che per i gravissimi danni subiti dal tessuto urbano. Tra le macerie della Chiesa di S. Maria Assunta morirono settantasette persone, di cui sessantacinque bambini. La maggior parte delle vittime, morì nella Chiesa di S. Maria Assunta, dove il crollo di tutta la parte anteriore della Chiesa e del portale di ingresso bloccò la corsa verso la vita delle oltre 77 persone che si affrettavano ad uscire per strada. Dopo la parziale ricostruzione restano tante macerie: 10 persone su 100 hanno disturbi ansiosi e depressivi molto gravi con casi minori di psicosi depressive e schizofreniche. Un dato confermato in diverse interviste dall'allora sindaco di Balvano e medico del luogo Ezio di Carlo. Un segno che resterà soprattutto nelle tante giovani vite spezzate e strappate troppo presto dalle braccia dei loro famigliari”^[23].

Anche nel sisma che colpì Le Marche e l'Umbria nel 1997, si verificò il danneggiamento significativo di oltre duemila chiese storiche, tra queste si ricorda il drammatico crollo della volta della Basilica di S. Francesco ad Assisi, che provocò la morte di quattro persone. Purtroppo come insegna la storia, l'imprevedibilità del sisma rischia di amplificare lo stato di pericolo e di minaccia per l'incolumità delle persone, specialmente in quei luoghi, come gli edifici religiosi che, in determinati periodi dell'anno o della settimana, sono frequentati e visitati da molti fedeli e turisti.

Oltre alle strutture destinate alle funzioni religiose, il rischio dei crolli e dei danni alle persone interessa anche altri edifici strategici. Nel 29 maggio del 2012 la sequenza sismica di magnitudo 5.8 che ha interessato le regioni centrali, in particolare quella dell'Emilia, ha provocato la morte di ventisette persone e rilevanti danneggiamenti a edifici residenziali, industriali e pubblici. In particolare, sono stati registrati lesioni strutturali e gravi danni agli elementi non strutturali degli ospedali ubicati nella provincia di Modena.

Si tratta di fenomeni piuttosto frequenti nel caso di eventi sismici di intensità medio-bassa; in questi casi, infatti, le parti strutturali subiscono limitati danneggiamenti, per contro, le parti non strutturali, come impianti, attrezzature medicali ed altri macchinari ospedalieri risultano essere particolarmente vulnerabili subendo significativi danni a seguito del terremoto.

Questo significa che si deve considerare tra le strategie di prevenzione, la sicurezza e la stabilità sia degli elementi portanti, ma anche di quelli non strutturali e impiantistici, per garantire la loro operatività nella gestione delle maxi emergenze.

Infatti tra gli edifici pubblici, gli ospedali rivestono un ruolo strategico in caso di calamità naturali, poiché destinati a svolgere una vitale funzione di soccorso durante tutte le fasi dell'emergenza, specialmente come continuazione delle prime operazioni di pronto intervento sanitario avviate già sul campo.

Questo implica alle strutture ospedaliere, caratterizzate da ambienti specializzati nella cura e ricovero dei pazienti, e pertanto affollati da migliaia di persone aventi capacità reattive diversificate, di resistere senza danni eccessivi alle forze d'urto generate dal terremoto, e al contempo, mantenere un servizio di assistenza sanitaria efficace anche dopo l'evento sismico.

D'altra parte il tempo medio relativo alla "ospedalizzazione" post-evento è stimato in circa settantadue ore e quindi durante tutto questo lasso temporale le strutture ospedaliere devono continuare a garantire la loro operatività^[24].

[23] Lanza, O. (a cura di). (2019). Balvano, il crollo della Chiesa con la morte di 65 bambini, (consultato il 21 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo <http://www.basilicatanotizie.net/cronache/cronaca/13978-balvano-il-crollo-della-chiesa-con-la-morte-di-65-bambini.html>

[24] Di Sarno, L. (a cura di). (2015). La sicurezza sismica delle strutture ospedaliere, (consultato il 22 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo <https://www.ingenio-web.it/4047-la-sicurezza-sismica-delle-strutture-ospedaliere>



Fig. 7. Da sinistra verso destra, immagine dei crolli della volta della Basilica di S. Francesco da Assisi (1997), l'ingresso del pronto soccorso dell'ospedale San Salvatore dell'Aquila (2009), l'entrata dell'albergo-ristorante Roma di Amatrice (2016).

Nonostante gli ultimi terremoti in Italia e nel mondo hanno evidenziato l'importanza e la criticità delle funzioni svolte dalle strutture ospedaliere nell'emergenza post-sismica, le condizioni di salute di molte strutture presenti nelle nostre regioni, restano ancora critiche e in attesa di miglioramenti antisismici.

Il primo a lanciare l'allarme fu Guido Bertolaso, relazionando al Senato sul terremoto che colpì L'Aquila e rese inagibile l'ospedale San Salvatore. Il dato venne riconfermato nel 2013 dalla Commissione d'inchiesta [...] A seguito di verifiche effettuate su 200 edifici, risultò che il 75% di queste sarebbe crollato in caso forte evento sismico. Del resto solo l'8 per cento di tutti gli edifici ospedalieri italiani è stato progettato dopo il 1983 quando fu adottata la normativa antisismica [...] Quello della riqualificazione degli ospedali italiani secondo le norme tecniche antisismiche, è un problema annoso che ci trasciniamo ormai dal 2009. Da allora, infatti, e più precisamente a seguito del terremoto che colpì L'Aquila e rese inagibile l'ospedale San Salvatore, sappiamo che sono almeno 500 le strutture ospedaliere a rischio crollo in Italia in caso di forte evento sismico [...] Nella sua relazione al Senato, Bertolaso ricordava come, "secondo uno studio commissionato dall'ex Ministro Veronesi nel 2001, su circa 1000 presidi, risulta che circa il 65% è stato costruito prima del 1970 (di cui il 15% prima del 1900 e il 20% tra il 1900 e il 1940), il 20% tra il 1971 e 1990 e solamente il 15% dal 1991 al 2001"^[25].

[25] Rodriguez, G. (a cura di). (2018). Edilizia sanitaria. In Italia almeno 500 ospedali a rischio sismico. Se ne tornerà finalmente a parlare nella prossima legge di Bilancio? (consultato il 22 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo https://www.quotidianosanita.it/governo-e-parlamento/articolo.php?articolo_id=66609.

Il dato riguardante i 500 ospedali a rischio sismico venne successivamente ripresa nel 2013, dalla relazione conclusiva della Commissione parlamentare di inchiesta sull'efficacia e l'efficienza dell'ospedale San Salvatore dell'Aquila, e presieduta da Ignazio Marino:

"Per quanto riguarda la situazione degli edifici ospedalieri, ancorché in mancanza di una cifra esatta, le strutture che necessitano di una pluralità di interventi, che sarebbero strategiche in base alla loro localizzazione in zone ad alto rischio sismico dato che costituiscono un punto di riferimento per la gestione di eventuali situazioni di emergenza post evento, non sono meno di 500. Sono strutture distribuite soprattutto lungo l'arco appenninico, nella zona dell'Italia centrale ma soprattutto meridionale, in particolare in Campania, Basilicata, Calabria e Sicilia"^[26].

Non solo è stato riconfermato il dato sugli ospedali a rischio, ma quella volta la Commissione presentò a supporto anche un approfondimento della situazione con delle verifiche effettuate su 200 edifici ospedalieri in base a un protocollo per la riduzione del rischio sismico avviato dal Governo nel 2003 e supportato dai tecnici della Protezione Civile.

"Per valutare l'adeguatezza sismica degli edifici la Protezione civile usa valori che vanno da 0 a 1: gli indicatori al di sotto dello 0,2 indicano gravi deficienze, quelli compresi tra lo 0,2 e lo 0,8 indicano carenze di gravità decrescente, mentre i valori al di sopra dello 0,8 corrispondono a un'adeguatezza quasi completa degli edifici. Ciò

[26] Ibid.

significa che l'edificio che ha un valore di adeguatezza pari a 0 è l'edificio più a rischio [...] In questo caso il 75 per cento degli edifici verificati presenterebbe un indicatore di rischio di stato limite di collasso compreso tra lo 0 e lo 0,2, quindi carenze gravissime. Se cioè si verificasse un terremoto particolarmente violento con magnitudo superiore a 6,2-6,3, il 75 per cento degli edifici che sono stati verificati crollerebbe". Un dato che scenderebbe al 60% nel caso di terremoti meno gravi ma comunque importanti, ossia un terremoto di intensità 6 della scala Richter^[27].

Oltre alla precarietà degli edifici funzionali per la salute ed il ricovero delle persone, si pone la questione della sicurezza sismica nelle imprese ricettive, specialmente quelle presenti nei borghi storici, che in determinati periodi dell'anno si ritrovano ad ospitare, oltre un numero considerevole di turisti, il personale qualificato alle attività di accoglienza e di ristorazione. La vulnerabilità di queste strutture alberghiere, come per gli altri edifici di tipo storico, rischia pertanto di generare pericoli e gravi danni alla salute delle persone che usufruiscono dei loro spazi ricreativi e per il pernottamento. Ad esempio, nel 2016 durante il sisma che ha colpito il centro-Italia, una serie di scosse di magnitudo 6.2 ha devastato la struttura storica dell'albergo-ristorante *Roma* di Amatrice, e, in quell'occasione, l'edificio ospitava oltre settanta persone tra clienti e dipendenti (Fig. 7).

"Più di 100 anni di storia crollati con il sisma che ha messo in ginocchio il comune di Amatrice. Potrebbe essere un'ecatombe dentro la tragedia del terremoto quella dell'Hotel Roma di Amatrice, un albergo e ristorante storico della cittadina Reatina, dove c'erano una settantina di persone al momento del sisma, che ha semidistrutto la struttura."^[28]

La svolta nella normativa italiana rispetto le verifiche per la sicurezza degli edifici pubblici e privati è arrivata, come spesso accade, a seguito di una tragedia che ha segnato per sempre la memoria del nostro Paese: la morte di 27 bambini ed una maestra a seguito del crollo, per effetto del terremoto, della scuola Francesco Iovine di San Giuliano di Puglia nel 31 ottobre 2002. Alcuni mesi più tardi, infatti, venne emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri che prescriveva l'obbligo di:

"procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso."^[29]

Quindi per la prima volta nel nostro Paese si iniziava a considerare seriamente l'elevato rischio sismico del patrimonio edilizio storico ed infrastrutturale esistente.

Le normative si rivolgevano soprattutto verso quelle opere che, per la loro funzione strategica in stato di emergenza, come gli ospedali, dovevano essere tutelate dal collasso e garantire la loro operatività nella fase post-evento, nonché nei confronti di quelle a rischio rilevante, come scuole ed uffici pubblici, dove il collasso può provocare significative perdite di vite umane per la loro specifica funzione e per l'elevata esposizione. In particolare, se si considera che i nostri istituti ospitano quasi otto milioni di studenti e più di ottocentomila docenti, le condizioni di salute di queste strutture (vedi paragrafo successivo) rappresentano una delle maggiori priorità rispetto le criticità emerse nello scenario generale del patrimonio edilizio italiano e delle sue strutture ad uso pubblico e collettivo.

[27] Ibid.

[28] Dal Lago, A. (a cura di). (2016). Terremoto centro Italia: crollato l'hotel Roma ad Amatrice, si temono 70 vittime, (consultato il 21 gennaio 2021).

[29] articoli 3 e 4 dell'OPCM 20/02/2003, n. 3274.

Pertanto, la ricerca intende approfondire il problema della precarietà e della vulnerabilità degli edifici scolastici, ponendo attenzione sullo stato dell'arte delle modalità per la messa in sicurezza e la protezione dal terremoto negli spazi destinati alla didattica e all'amministrazione. Quando si parla di emergenza sismica negli istituti del nostro Paese, la prima immagine che viene in mente è il drammatico evento della scuola elementare di San Giuliano di Puglia, accaduto durante il sisma del Molise, il 31 ottobre del 2002. In quella occasione infatti, perirono, a causa del crollo dell'edificio, ventisei bambini e un'insegnante.

Alcune vittime provarono a trovare riparo sotto i banchi, ma purtroppo non ce l'hanno fatta, perché questi hanno ceduto insieme al resto della struttura. In quell'occasione si attribuì, il crollo dell'edificio, alla mancanza dei calcoli, degli opportuni collaudi, e soprattutto al mancato rispetto delle norme per l'adeguamento sismico. Purtroppo nonostante la consapevolezza della realtà geologica e la storia sismica della nostra Penisola, sembra che certe tragedie come quella avvenuta in Molise, siano destinate ancora ripetersi. Infatti, come sarà discusso nei successivi paragrafi, ancora oggi, la maggior parte degli istituti dedicati alla didattica, non possono considerarsi ambienti sicuri e a prova di terremoto.

Capitolo 3

Definizione dello scenario di riferimento: l'emergenza sismica nelle scuole

- 3.1 Vetustà dell'edilizia scolastica: dati e tabelle riassuntive
- 3.2 Strumenti e nuove realtà per il monitoraggio e la sicurezza sismica delle scuole
- 3.3 Modalità di adeguamento sismico nelle scuole: le criticità degli elementi non-strutturali e la loro messa in sicurezza
- 3.4 Gestione dell'emergenza e linee guida comportamentali: ripararsi dal sisma negli istituti scolastici
- 3.5 L'aula 3.0 e le nuove modalità di apprendimento: le principali tipologie di arredo scuola e le caratteristiche tecniche e commerciali



3 Definizione dello scenario di riferimento: l'emergenza sismica nelle scuole

3.1 Vetustà dell'edilizia scolastica: dati e tabelle riassuntive

Secondo uno studio del 2012, condotto dall' *Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE)* e riportato nel *Report Ance-Cresme*, la fotografia edilizia delle scuole italiane, in quanto a sicurezza, appare ancora poco chiara e contraddittoria.

“Un edificio su dieci è stato realizzato in epoca anteriore al 1919 e complessivamente oltre il 60% è anteriore al 1971, e gli ultimi vent'anni registrano un aumento delle realizzazioni rispetto ai periodi precedenti.”^[30]

“In Italia nel 2011 si stima ci siano 64.800 edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico. Il 30% di tali edifici è concentrato nelle prime 10 province (le prime tre sono Roma, Milano e Napoli). Oltre la metà (51%) si distribuisce nelle prime 24 province. Circa il 29% si trova in comuni di piccola dimensione demografica (fino a 5 mila abitanti), e altrettanti nei comuni di dimensione medio-piccola. Complessivamente questi edifici sviluppano una superficie di oltre 91,4 milioni di m2, in media 1.410 m2 per edificio. Sulla base della quota di superficie territoriale e di popolazione esposte a rischio naturale si possono stimare gli edifici potenzialmente esposti ad elevato rischio sismico e idrogeologico. In Italia il 37% degli edifici scolastici, pari a oltre 24mila unità, si trova in aree ad elevato rischio sismico e il 9,6%, pari a 6.250 edifici, è in aree ad elevato rischio idrogeologico.”^[31]

Ad implementare il lavoro dell'ANCE sulle condizioni di salute dei nostri istituti, sono i risultati dell'attività di censimento dell'edilizia scolastica, condotta dalla *Direzione Generale per interventi in materia di Edilizia scolastica, per la gestione dei Fondi strutturali per l'Istruzione e per l'innovazione Digitale (DGEFID)* del 2018.

[30] Bellini, L. et al. (2012) Primo Rapporto ANCE/CRESME, Lo stato del territorio italiano 2012-II rischio sismico e idrogeologico. (p.114).

[31] Ivi, p. 73.

Fig. 8. Schema di sintesi dei dati sul rischio sismico degli istituti scolastici.

Nel documento, consultabile sul portale del ministero dell'Istruzione^[32], è possibile constatare che le oltre 2.700 scuole italiane che si trovano in zone ad elevato rischio sisma (zona 1 e zona 2), non sono state progettate o adeguate alle più recenti norme antisismiche. In generale, circa nove scuole su dieci non garantiscono gli standard di sicurezza a studenti e corpo docenti. A trovarsi in questa condizione sono 44.486 scuole pubbliche, su un totale di 50.804 censite, e di queste, oltre 8 mila si trovano in edifici costruiti prima delle norme anti sismiche del 1974, di cui 331 ubicate nella zona 1, area ad alta pericolosità sismica^[33]. Tra quest'ultime, rientra la scuola "Romolo Capranica" di Amatrice, crollata durante il sisma del centro Italia nell'agosto del 2016. L'edificio che ospitava la scuola materna, elementare e la media, è ceduto sotto le sollecitazioni del terremoto malgrado nel 2012 fossero stati realizzati lavori di ristrutturazione e di messa in sicurezza. L'evento di Amatrice, come quello della scuola di San Giuliano di Puglia, apre la discussione su un altro importante aspetto: quello dei finanziamenti e delle risorse economiche stanziare per la messa in sicurezza delle scuole. Purtroppo, nonostante gli ingenti fondi stanziati negli ultimi tre anni, su 9.425 interventi realizzati, solo 4.580 (circa il 49%) hanno riguardato gli istituti scolastici posti nelle zone 1 e 2 ad elevata ed alta pericolosità sismica. Di questi 4.580, solo il 5,3% hanno riguardato interventi di adeguamento antisismico, e solo il 2,1% si è trattato di nuove edificazioni a prova di sisma. Nel report di Legambiente del 2016, *Vanessa Pallucchi*, presidente di Legambiente Scuola Formazione, dichiara inoltre che:

"calcolando che le scuole costruite prima della normativa antisismica sono circa il 65% e considerando che nell'arco di un triennio nelle scuole situate nelle aree più a rischio sono stati realizzati solo 341 interventi (di cui 243 di adeguamento antisismico e 98 nuove edificazioni), di questo passo per mettere in sicurezza gli edifici scolastici, situati nei comuni a rischio sismico 1 e 2 e costruiti prima del '74, ci vorrà oltre un secolo"^[34].

Inoltre, nonostante la percentuale di istituti che hanno effettuato verifiche di vulnerabilità sismica, sia cresciuta, passando dal 25% del 2015 al 31% del 2016, resta ancora troppo bassa la media degli edifici scolastici costruiti secondo criteri e le tecniche di costruzione a prova di terremoto. Infatti, secondo uno studio condotto dall'associazione onlus *Cittadinanzattiva*, gli edifici che rispondono alle recenti normative antisismiche sono meno del 13%, e solo uno su due possiede la certificazione di collaudo e di idoneità statica^[35]. Anche i dati più recenti, del 2019, riportati nel report Osservatorio civico sulla sicurezza a scuola, giunto alla sua diciassettesima edizione, sembrano confermare un trend di peggioramento. In particolare nel documento emergono tre importanti passaggi che confermano le criticità strutturali rilevate dalle attività di screening degli anni precedenti, di seguito elencate:

"Il 43% degli edifici scolastici si trova in zone ad elevato rischio sismico (zona sismica 1 e 2), il 57% in zone a rischio 3 e 4. Secondo la rilevazione condotta nel 2018 da Cittadinanzattiva, solo per il 29% delle scuole è stata effettuata la verifica di vulnerabilità sismica; fanalino di coda Calabria (solo 2% con verifica), Campania (4%) e Sicilia (7%), regioni in cui insistono un maggior numero di scuole in zone ad elevata sismicità."^[36].

[32] <https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/leaf/?datasetId=DS0250EDIVINCOLISTA>.

[33] Mancino D. 2017. Scuola, 9 istituti su 10 non sono antisismici: ecco la mappa di tutti gli edifici a rischio, articolo disponibile sul sito <https://espresso.repubblica.it/>

[34] Di Battista E., 2020. Scuole, la sicurezza sismica un miraggio, articolo disponibile sul sito <http://www.ansa.it/>.

[35] Cittadinanzattiva. (2019). Osservatorio civico sulla sicurezza a scuola. XVII ed. (p.2). Disponibile all'indirizzo. <https://www.cittadinanzattiva.it/comunicati/scuola/12609-sicurezza-a-scuola-presentato-il-xvii-rapporto-di-cittadinanzattiva/>.

[36] Ivi, p. 3.

"Solo il 15% ha effettuato le verifiche di vulnerabilità (rispetto al 29% degli altri istituti), appena il 4% è stato migliorato sismicamente (vs 9%), e ancor meno, il 2%, è stato del tutto adeguato sismicamente (vs 5%)."^[37].

"Bensettantagliepisodidicrolliedi distacchi diintonacoregistratida Cittadinanzattiva, tramite la stampa locale, tra settembre 2018 e luglio 2019. Parliamo di un episodio ogni 3 giorni di scuola, di cui 29 in regioni del Nord (Piemonte 6, Lombardia 16, Emilia Romagna 4, Veneto 2, Trentino Alto Adige 1), 17 nel Centro (Toscana 5, Lazio 10, Umbria 1, Marche 1), 24 nelle regioni del Sud e nelle Isole (Campania 8, Puglia 6, Calabria 2, Sicilia 7, Sardegna 1). Tali episodi hanno provocato il ferimento di 17 persone, tra studenti e adulti. Tragedie sfiorate in molti casi perché tali episodi sono avvenuti di notte, nel week end o in periodi di chiusura delle scuole. Dal 2013 abbiamo registrato, in totale, 276 episodi di questo genere."^[38].

Considerati i risultati emersi sullo stato di salute degli istituti scolastici e la precarietà delle strutture (Fig. 8), specialmente quelle ubicate nelle zone 1 e 2 della mappa sismica (Fig. 5), è opportuno, per avere un quadro esaustivo dello scenario individuato, estendere la ricerca al tema delle verifiche strutturali e dell'adeguamento sismico degli ambienti destinati alla didattica. Pertanto, nel prossimo paragrafo saranno discusse ed esplicitate le principali strategie adottate dalle istituzioni e approvate dal MIUR, per il monitoraggio e la messa in sicurezza delle scuole.

3.2 Strumenti e nuove realtà per il monitoraggio e la sicurezza sismica delle scuole

Certamente nell'ottica di prevenzione e di consapevolezza dello stato di conservazione dei nostri istituti, il monitoraggio e la valutazione strutturale degli edifici resta uno strumento fondamentale ed efficace per definire successivamente le strategie adeguate di intervento per la messa in sicurezza. Pertanto, oltre all'osservazione delle normative tecniche che disciplinano le modalità di verifica (D.M. 17 gennaio 2018) obbligando i dirigenti a prendere provvedimenti per l'adeguamento sismico, si delineano ulteriori attività integrative, attraverso l'utilizzo di nuovi strumenti e sistemi specializzati per il monitoraggio e la valutazione strutturale dell'edificio. Ad avvalorare il bisogno di nuovi strumenti e per la verifica e il controllo dello stato di salute degli edifici funzionali alla didattica, nel 2019, il MIUR ha sviluppato un nuovo portale dell'Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica^[39], dove vengono messi in chiaro i principali indicatori: il periodo di costruzione degli edifici, le condizioni di sicurezza, l'adeguamento alle norme antisismiche. Contestualmente sono stati illustrati i primi risultati del progetto di rilevazione satellitare delle deformazioni degli edifici pubblici adibiti a uso scolastico. Infatti, nello stesso anno, il MIUR ha avviato anche un importante progetto di ricerca con tre grandi partner italiani: l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e l'Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare (INFN)^[40].

L'obiettivo del progetto è il monitoraggio e uno screening costante dello stato di salute degli edifici scolastici attraverso la costellazione di satelliti di osservazione terrestre COSMO-SkyMed. I quattro satelliti che scrutano la Terra dall'alto, sono stati progettati per fotografare lo stesso punto con una frequenza di passaggio di circa 16 giorni e sono in grado di rilevare gli scostamenti di un edificio inferiori a 10 millimetri.

I dati ottenuti dal sistema COSMO-SkyMed vengono sovrapposti a quelli registrati dall'Anagrafe del MIUR e riguardanti la vetustà dell'edificio, infine incrociati con le mappe di rischio sismico e idrogeologico.

[37] Ivi, p. 5.

[38] Ibid.

[39] Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Edilizia scolastica. http://www.istruzione.it/edilizia_scolastica/.

[40] ASI: Sistema duale per l'osservazione della Terra. <https://www.asi.it/scienze-della-terra/cosmo-skymed/>.

Pertanto, attraverso questo processo di data fusion, è possibile ottenere una mappa dettagliata e completa dello stato di salute dell'edilizia scolastica, favorendo in maniera puntuale, la programmazione delle attività di adeguamento sismico e della sicurezza in generale, degli edifici maggiormente a rischio.

Oltre alle grandi istituzioni, il bisogno di sicurezza e di prevenzione in caso di sisma ha coinvolto anche l'opinione pubblica, specialmente quella delle famiglie degli studenti. Il caso più interessante si registra dopo il sisma del 2016, che ha colpito il Centro Italia, quando piccole realtà locali di genitori e insegnanti, in poco tempo, hanno fondato un'associazione di volontariato denominata *Comitato Scuole Sicure Italia (CSSI)*, tutt'oggi attiva.

Il "Comitato scuole sicure" vuole promuovere ogni iniziativa utile e necessaria volta a tutelare la sicurezza, l'incolumità degli alunni e degli operatori delle scuole di Rieti, la qualità della vita della popolazione scolastica, l'ambiente e la salute, in particolare agendo attraverso campagne di sensibilizzazione dell'opinione pubblica e di tutti gli Organi Istituzionali che abbiano il potere di intervenire in maniera diretta od indiretta per garantire la prevenzione dei rischi e la sicurezza di persone ed edifici pubblici^[41].

Come definito nello statuto del CSSI, l'obiettivo è la promozione della conoscenza del territorio nazionale sui dati sismologici e di tutte le norme da applicare relative alle azioni antisismiche pertinenti agli edifici scolastici ed affini per la tutela e la sicurezza dei bambini e dei loro diritti.

3.3 Modalità di adeguamento sismico nelle scuole: le criticità degli elementi non-strutturali e la loro messa in sicurezza

Nel campo dei sistemi e delle tecniche per la messa in sicurezza edilizia, è possibile far riferimento a specifiche linee guida per ridurre i potenziali danni delle strutture, che si possono generare a seguito di un'importante scossa tellurica. Alcune di queste norme trovano applicazione anche nel contesto scuola, infatti, sono state sviluppate una serie di indicazioni con gli elaborati tecnici ed economici relativi agli interventi per la riqualificazione e l'*adeguamento sismico*^[42].

Ai fini di una maggiore comprensione della problematica individuata, è opportuno dare una definizione tecnica di cosa s'intende per *adeguamento sismico* di una struttura edilizia. Da un punto di vista legislativo, la normativa antisismica^[43] individua tre diversi tipi di intervento per gli edifici esistenti:

1. interventi di *adeguamento antisismico* degli edifici che servono a raggiungere i livelli di sicurezza previsti dalle NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni);
2. interventi di *miglioramento antisismico* che servono ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC;
3. *riparazioni o interventi locali* che portano ad un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

[41] Comitato Scuole Sicure. (2017). Disponibile all'indirizzo. <https://www.facebook.com/pg/comitatosculesicure2016>.

[42] Ufficio speciale per la ricostruzione delle Comuni del Cratere. (2011). Linee guida per la redazione degli elaborati tecnici ed economici relativi agli interventi indicati nell'allegato al d.c.d. n. 89/2011. Disponibile all'indirizzo. http://www.usrc.it/images/Documenti/Scuole/Linee%20Guida_allegati%20Scuole%20Abruzzo.pdf.

[43] Ministero delle infrastrutture. Decreto 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Pertanto, l'*adeguamento sismico*, o *seismic retrofit* nella lingua anglofona, consiste nella modificazione degli edifici e degli spazi interni esistenti per renderli più resistenti ai fenomeni di movimento tellurico.

Le tecniche e le pratiche del *seismic retrofit* hanno come principale obiettivo, l'applicazione di una serie di interventi puntuali e diffusi, circoscritti sia all'esterno dell'involucro edilizio che agli ambienti interni, per migliorare, in generale, le prestazioni strutturali dell'edificio.

Tra gli interventi più importanti di riqualificazione della struttura edilizia ci sono: la messa in opera di puntelli di sostegno e l'installazione di sistemi dissipativi (martinetti idraulici, gomme dissipative etc.).

Tuttavia negli ultimi dieci anni, la comunità scientifica dell'ingegneria strutturale, sta focalizzando la propria attenzione sul problema del comportamento degli elementi *non-strutturali* presenti negli ambienti interni, e come questi possano generare talvolta danni ancora più gravi rispetto gli elementi strutturali.

Il testo proposto nell'Assemblea del 27/07/2018 per la Circolare esplicativa alle NTC 2018 chiarisce come gli elementi *non-strutturali* possano essere correttamente suddivisi in:

1. *elementi con rigidità, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale;*
2. *elementi che pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone^[44].*

[44] Forlani, M. (2010). Cultura tecnologica e progetto sostenibile. (pp. 171-172).



Fig. 9. Schema delle principali tipologie di elementi non-strutturali presenti negli edifici.

3.5 ELEMENTI DI ARREDO E APPARECCHIATURE

3.5.1 Armadi e scaffali alti e snelli sono ancorati al pavimento o alla parete FO NA

Gravità ed estensione									Interventi suggeriti					
Grave			Medio			Lieve			Demolizione	Pendini	Puntelli	Riparazione	Trasenne	Altro
E	M	B	E	M	B	E	M	B	Rimozione	Staffe	Controventi	Rinforzo	Protezioni	
						<input type="checkbox"/>								

Note

Stima di massima dei costi: <10.000 € 10.000€ - 50.000 € >50.000 € (da approfondire)

3.5.2 Le apparecchiature appaiono adeguatamente ancorate alla struttura VO FO NAO

Gravità ed estensione									Interventi suggeriti					
Grave			Medio			Lieve			Demolizione	Pendini	Puntelli	Riparazione	Trasenne	Altro
E	M	B	E	M	B	E	M	B	Rimozione	Staffe	Controventi	Rinforzo	Protezioni	
						<input type="checkbox"/>								

Note

Stima di massima dei costi: <10.000 € 10.000€ - 50.000 € >50.000 € (da approfondire)

3.5.3 Nessuna parte di importanti apparecchiature (es. unità trattamento aria, o tralicci per trasmissioni ...) sporge dalla struttura senza essere controventata VO FO NAO

Gravità ed estensione									Interventi suggeriti					
Grave			Medio			Lieve			Demolizione	Pendini	Puntelli	Riparazione	Trasenne	Altro
E	M	B	E	M	B	E	M	B	Rimozione	Staffe	Controventi	Rinforzo	Protezioni	
						<input type="checkbox"/>								

Note

Stima di massima dei costi: <10.000 € 10.000€ - 50.000 € >50.000 € (da approfondire)

Fig. 10. Scheda rilevamento sicurezza elementi di arredo e apparecchiature.

Come mostrato nello schema (Fig. 9), gli elementi *non-strutturali* più comuni includono: i controsoffitti, le finestre, gli impianti elettrici e di condizionamento, le attrezzature per l'ufficio, e infine, il sistema di tutti gli arredi: dal mobilio in generale, ai corpi illuminotecnici. In particolare, al secondo punto della definizione di elementi *non-strutturali*, si può facilmente dedurre che, il comportamento dinamico di alcuni oggetti (per approfondimento vedi paragrafo 4.2), specialmente quelli più pesanti, possono generare durante il sisma, situazioni di pericolo e di danno per le cose e le persone. Ad esempio, nel 1994, durante il terremoto di Los Angeles, più di 170 campus sono stati drammaticamente colpiti dal sisma.

In particolare, tra questi, si riportata il caso del liceo Reseda, dove: il soffitto di un'aula crollò e coprì i banchi e le cattedre con detriti ed altri materiali; i pannelli acustici, relativamente grandi, sono caduti in pezzi da circa tre metri di altezza e accompagnati da pezzi di profilati metallici i corpi illuminotecnici.

Dato che il sisma è avvenuto alle 4:31 del mattino, l'edificio non era occupato, e fortuitamente non ci sono state vittime tra gli studenti ed il corpo docenti. A seguito del sisma che ha colpito i campus di Los Angeles, la comunità scientifica americana ha iniziato a lavorare sul problema della sicurezza degli elementi non-strutturali presenti nelle scuole, e negli anni sono state divulgate dalla FEMA (federal emergency management agency), le linee guida e i criteri per la messa in sicurezza degli elementi non strutturali presenti negli spazi dedicati alla didattica^[45].

Data l'importanza del fenomeno, anche in Italia sono state sviluppate ed emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, le *Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole*^[46].

Le indicazioni riportate sul documento, sono state predisposte con il fine di offrire un supporto di carattere generale alle visite di sopralluogo previste dall'Intesa ed alla compilazione della scheda di rilievo. Pertanto, le squadre deputate ai sopralluoghi, possono seguire una serie di schede per reperire il maggior numero di dati riguardanti:

1. le informazioni utili ricavabili dall'Anagrafe dell'edilizia scolastica e da altre fonti;
2. l'acquisizione di ulteriori informazioni e segnalazioni da parte dei dirigenti scolastici;
3. le modalità di carattere generale di esecuzione delle ispezioni da parte delle squadre;
4. aspetti generali e di dettaglio per la compilazione della scheda;
5. la stima speditiva dei costi.

In particolare, riguardo le criticità degli spazi interni, viene chiaramente evidenziato il potenziale il rischio generato dagli elementi non-strutturali:

La presenza di oggetti, impianti, apparecchiature, arredi, rivestimenti, infissi eccessivamente pesanti e mal posizionati o ancorati alle strutture, si rivelano ancora più gravi e bisognose di interventi urgenti nelle zone del Paese soggette al rischio sismico, in quanto anche un movimento tellurico di limitata intensità, e non pregiudizievole per le strutture, potrebbe determinare il crollo di elementi non strutturali in condizioni di instabilità e precarietà^[47].

[45] Federal Emergency Management Agency FEMA. (2004). Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds, Nonstructural Systems and Components. (paragrafo 1.7.2). (consultato il 25 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo: https://www.preventionweb.net/files/15313_fema424.pdf.

[46] De Sortis, A., Di Pasquale, G., Dolce, M., et al. (2009). Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole. Disponibile all'indirizzo: https://www.ausl.re.it/sites/default/files/LG_elem%20non%20strutturali_scuole.pdf.

[47] Ibid.

In merito alla sicurezza di alcuni oggetti è importante rilevare che, tra le schede di verifica riportate nel documento, ne è stata sviluppata una specifica, per la valutazione di stabilità e di precarietà del sistema di arredi e di quelle apparecchiature funzionali allo svolgimento della didattica (Fig. 10).

Come descritto nel modello per il rilevamento delle criticità, tra le soluzioni d'intervento esplicitate, vengono consigliati l'utilizzo di specifici dispositivi per l'ancoraggio a parete e a terra di alcuni elementi, come pendini e staffe. Ad integrazione del documento emanato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ad avvalorare il bisogno di procedure e di linee guida per la tutela della vita nelle scuole, anche la protezione civile ha sviluppato, in condivisione con gli istituti scolastici e le amministrazioni comunali, una serie di protocolli finalizzati alla redazione dei Piani di emergenza dei singoli istituti scolastici, che abbiano, come riflesso, lo sviluppo di modalità operative uniformi e omogenee in caso di eventi sismici.

Del resto anche la normativa in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, disciplina gli obblighi dei dirigenti scolastici.

Il D.Lgs 81/08 e s.m.i, Decreto di riferimento in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, alla Sezione VI Gestione delle Emergenze, art. 43, pone in Capo al Datore di Lavoro che, nel caso degli Istituti in argomento risulta essere il Dirigente Scolastico, precisi obblighi inerenti la "Gestione delle Emergenze".

Si ritiene inoltre utile ricordare che il "Piano di Emergenza", ai sensi del DM 10 marzo 1998 e s.m.i, riporta le procedure da adottare a valle del verificarsi di un evento incidentale nel luogo di lavoro; pertanto, dette procedure devono necessariamente scaturire da una preventiva valutazione dei rischi del luogo di lavoro, valutazione che anch'essa deve obbligatoriamente essere fatta a cura del Datore di lavoro. Ne consegue quindi che il "Rischio Sismico" debba necessariamente essere uno degli ipotetici scenari da prevedere nella redazione dei "Piani" a servizio degli Istituti^[48].

Pertanto ogni piano di emergenza, come indicato dal vademecum della protezione civile nel 2011^[49], generalmente si articola in due parti: una parte dedicata alla fase di prevenzione e di verifica dei piani di sicurezza ed evacuazione; una seconda che tratta la fase di emergenza.

In particolare la prima fase, si riferisce alle procedure per il monitoraggio che, il dirigente scolastico, ai sensi dell'art. 25 del D.Lgs. n. 165 del 2001 responsabile della sicurezza, deve attuare in ottica di prevenzione e di contenimento dei possibili danni che l'edificio può subire a seguito del sisma. Ad esempio, la segnalazione di crepe su muri e soffitti, possibili segni di cedimenti strutturali, le condizioni delle uscite di emergenza etc. A seguito dell'attività di rilievo delle principali criticità, vengono indicate, attraverso delle checklist, le precauzioni da applicare. Nello specifico, come riportato in uno dei documenti per il servizio di Prevenzione e Protezione "SPP"^[50], le azioni da svolgere sono:

- fissaggio al muro gli armadi più pesanti e degli scaffali;*
- evitare di posizionare oggetti pesanti (libri, coppe, scatole, apparecchiature, lavori degli studenti) sulle mensole o sugli scaffali alti;*

[48] Decreto 81: il dirigente e gli obblighi per la sicurezza del lavoro. Disponibile all'indirizzo. <https://www.scuolasicurezza.it/dirigente/>.

[49] Protezione Civile Nazionale. (2011). Vademecum scuole norme comportamentali in caso di terremoto. n001. Disponibile all'indirizzo. http://www.provincia.potenza.it/provincia/files/docs/12/16/85/DOCUMENT_FILE_121685.pdf.

[50] Agli artt. 31 e 33 del D. Lgs. 81/08 il Servizio di Prevenzione e Protezione "SPP" è definito come l'insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori".

- evitare di porre materiali, anche se leggeri, sopra gli armadi (cadendo costituirebbero un rischio inciampo);*
- verificare il corretto posizionamento di faretti, corpi illuminanti e dei pannelli dei controsoffitti;*
- fissare con stop chiusi in numero adeguato quadri, specchi, orologi, bacheche, lavagne appesi al muro;*
- conoscere dove si trovano e come si chiudono i rubinetti generali del gas, dell'acqua e gli interruttori della luce: gli impianti potrebbero subire danni durante le scosse;*
- rivestire le superfici vetrate non infrangibili degli infissi e degli armadi con pellicole adesive trasparenti;*
- conoscere le istruzioni operative ed i percorsi di fuga in caso di Terremoto presenti nel Piano di Emergenza della scuola;*
- individuare nelle aule e negli altri locali scolastici i punti dove potersi riparare in caso di terremoto: vani delle porte nei muri portanti, tavoli, scrivanie e banchi^[51].*

Nel prossimo paragrafo sarà approfondita un'altra importante questione, ossia, le norme comportamentali da osservare in aula in caso terremoto, e che completa il quadro delle linee guida, ad oggi sviluppate per la protezione e la prevenzione dal sisma negli istituti scolastici.

[51] Come comportarsi in caso di terremoto gennaio. (consultato il 22 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo. https://www.liceoeqvisconti.edu.it/files/RMPC080007/sicurezza/Come_comportarsi_in_caso_di_terremoto_gennaio_20173179.pdf.

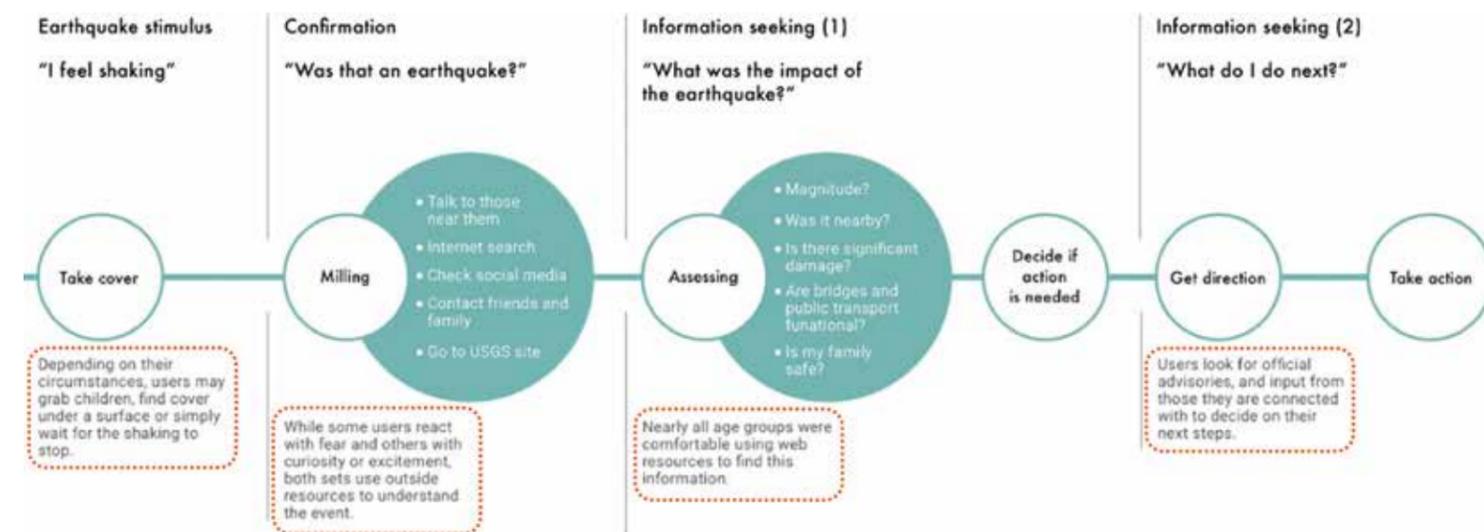


Fig. 11. Flusso di azioni intraprese dalle persone in risposta a un terremoto derivato da interviste con utenti.

3.4 Gestione dell'emergenza e linee guida comportamentali: ripararsi dal sisma negli istituti scolastici

In uno studio sociologico americano, condotto nel 2018, e basato sulla metodologia dell'*User-Centered Design*^[52], viene descritto la reazione ed il comportamento delle persone alle prime scosse sismiche. Attraverso una serie di interviste sono stati rilevati dal team di ricerca sia le tipologie di informazioni che le persone cercano in questi eventi, che alcuni dei principali atteggiamenti emotivi rispetto le prime reazioni di panico e di gestione dell'emergenza. Ad esempio: gli intervistati hanno espresso sentimenti di paura nei confronti dei terremoti, oltre a sentirsi impotenti a prepararsi per un grande evento di emergenza; i partecipanti hanno riferito di evitare pensieri di terremoti, impegnandosi con informazioni sui terremoti e sulla preparazione solo quando ne hanno sperimentato uno o ne hanno visto uno nelle notizie.

Queste interviste hanno contribuito allo sviluppo di un flusso di azioni che le persone hanno intrapreso o pensato di intraprendere quando si verifica un terremoto, riportato in Fig. 11. Come si legge dallo schema, ai primi segnali del sisma, le persone cercano riparo sotto qualche superficie di copertura e attendono che le scosse terminino.

A questa reazione istintiva, segue una di paura o di curiosità, che spinge le vittime sia a cercare un contatto verbale con le altre persone vicine, che a trovare informazioni sull'evento sismico. Infatti, subito dopo il sisma, si cerca di approfondire attraverso i principali dispositivi di telecomunicazione, i danni subiti alle cose, lo stato di salute dei propri familiari e infine, le azioni da intraprendere.

I risultati di questa ricerca rappresentano, sia uno strumento di analisi importante per la progettazione di dispositivi e di App per la preparazione al sisma (vedi caso studio *MyShake* al paragrafo 10.1), che un modello di studio per avere maggiore consapevolezza sulle dinamiche comportamentali individuali, in caso di pericolo e di stress da emergenza terremoto. Come già esplicitato, la paura e l'incapacità di prepararsi al sisma rappresentano uno dei principali stati d'animo e di maggiore preoccupazione, dove l'unica arma di difesa sembra proprio essere la capacità di raggiungere il maggior numero di informazioni sul fenomeno, e capire, attraverso dei modelli comportamentali, come prepararsi in caso di altri eventi futuri.

Certamente le reazioni emotive delle persone variano anche sulla base dei contesti nei quali si verifica lo stato di pericolo e di emergenza, se nelle proprie abitazioni, vicino ai propri familiari, o nei posti di lavoro e di studio, insieme a coetanei e altre figure responsabili della propria sicurezza. Ad esempio, in un sistema complesso come la scuola, caratterizzata da un'alta concentrazione di persone, di diversa età e con possibili forme di disabilità, una situazione di emergenza sismica può portare ad un comportamento irrazionale e di panico, ed è normale che si generi uno stato di stress e di tensione emotiva, sia negli studenti che nel corpo docenti.

Per rispondere efficacemente a uno scenario critico, ed evitare il più possibile reazioni pericolose, per sé e per la collettività, è fondamentale essere informati e preparati per conoscere bene l'ambiente in cui l'emergenza si evolve: dalla planimetria dell'edificio alla disposizione delle vie di fuga etc. Per il contesto scuola, come abbiamo visto nel precedente paragrafo, la protezione civile ha sviluppato una serie di linee guida comportamentali, da mettere in atto in caso di emergenza terremoto. In particolare, nel *vademecum scuole norme comportamentali in caso di terremoto*^[53] vengono esplicitate sia, le norme da seguire per la prevenzione dei possibili danni generati dagli elementi non strutturali, che le indicazioni a studenti ed insegnanti per la fase di gestione dell'emergenza. Come descritto nel documento, durante il sisma, gli studenti ed il personale presente nell'edificio devono osservare i seguenti punti:

[52] Rochford, K., Strauss, J. A., Kong, Q., & Allen, R. (2018). MyShake: Using human-centered design methods to promote engagement in a smartphone-based global seismic network. *Frontiers in Earth Science*. (pp. 1–14).

[53] Protezione Civile Nazionale. (2011). *Vademecum scuole norme comportamentali in caso di terremoto*. n001.



Fig. 12. Studenti si riparano sotto il banco durante un'esercitazione a scuola.

- a. Dal momento in cui avvertono l'evento in corso devono cercare di ripararsi e proteggersi cercando rifugio sotto ai banchi, cattedra, scrivania, lungo le pareti portanti o sotto le aperture in esse presenti;
- b. Mantenere la calma;
- c. Prepararsi a fronteggiare la possibilità di ulteriori scosse;
- d. In attesa dell'ordine di evacuazione cercare riparo sotto o vicino elementi strutturali o di arredo resistenti (architravi, robusti tavoli) o muri portanti preventivamente individuati;
- e. Allontanarsi da finestre, specchi, vetrine, lampadari, scaffali di libri stando attenti alla caduta di oggetti;
- f. Prepararsi ad abbandonare l'edificio solo nel caso in cui viene diramato il segnale di evacuazione secondo le procedure previste in ogni plesso scolastico;
- g. Diramato il segnale di evacuazione, seguire scrupolosamente le indicazioni dei responsabili dell'emergenza;
- h. Spostarsi lungo i muri perimetrali anche scendendo le scale;
- i. Non usare gli ascensori;
- j. Non usare accendini o fiammiferi;
- k. Non spostare una persona traumatizzata, a meno che non sia in evidente immediato pericolo di vita (crollo imminente, incendio che si sta avvicinando etc.);
- l. Informare il responsabile dell'emergenza di eventuali crolli o situazioni di rischio.
- m. Causa il possibile collasso delle strutture allontanarsi dall'edificio e recarsi in uno dei punti di raccolta individuati già in precedenza dai "Piani di Emergenza";
- n. Una volta raggiunto il punto di raccolta (questo dovrà essere localizzato possibilmente lontano dagli edifici e alberi e su spazi aperti) si raccomanda di non rientrare all'interno dell'edificio, per nessun motivo, finché il "Gestore dell'Emergenza" dell'Istituto non dichiarerà terminata l'emergenza, ovvero non avrà effettuato una valutazione della fruibilità dell'edificio.

- o. *Nel caso di presenza in aula di studenti disabili (oppure anche in presenza di persone infortunate con ridotte capacità motorie o comunque che manifestano difficoltà di muoversi in autonomia), il docente o l'insegnante di sostegno, insieme agli incaricati del soccorso, devono aiutare chi si trova in difficoltà a raggiungere il luogo sicuro. L'alunno con disabilità dovrà uscire per ultimo dall'aula opportunamente accompagnato e in modo tale da non intralciare il passaggio di chi dovesse ancora mettersi in sicurezza e raggiungere il punto di ritrovo^[54].*

Tra le raccomandazioni e le regole da osservare durante il sisma, sicuramente la più importante è quella di trovare qualcosa in grado di offrire protezione, e certamente in un ambiente scolastico, in particolare in un'aula, il banco e la cattedra possono offrire una prima soluzione di riparo temporaneo (Fig. 12).

Tuttavia, come verrà discusso nei prossimi paragrafi, queste prassi di sopravvivenza non sono sempre adeguate. Sicuramente le linee guida, ad oggi sviluppate, per mitigare i possibili danni generati dal sisma, rappresentano uno strumento valido ed efficace se applicato correttamente.

Il procedere per il monitoraggio della struttura edilizia, le modalità di messa in sicurezza degli elementi non-strutturali, l'adeguamento delle vie di fuga, e le indicazioni comportamentali da tenere durante il terremoto, possono aumentare le possibilità di sopravvivenza delle persone che usufruiscono degli ambienti e degli spazi dedicati alla didattica. Tuttavia, la ricerca intende approfondire ed interrogarsi sulla validità di queste procedure, in quei contesti edilizi di tipo storico e antecedenti alle normative antisismiche del 1974, al fine di far emergere alcune criticità, dovute proprio alla natura vulnerabile dell'edificio. Ad esempio, comprendere se il fissaggio a parete, di alcune tipologie d'arredo, sia efficace nel momento in cui la parete dell'edificio per sua natura non è sicura, oppure, che garanzia di protezione è possibile raggiungere nel ripararsi sotto un banco, se questo non è sufficientemente resistente al cedimento di un controsoffitto o di una parete.

Certamente la trasformazione di un banco o di una cattedra in un ausilio salva-vita, non rientra tra i requisiti prestazionali di un arredo tradizionale, ma sarebbe opportuno, per quei contesti edilizi vulnerabili e fatiscenti, investire su un nuovo approccio alla progettazione per ampliare la gamma prestazionale di alcune tipologie d'arredo scuola in termini di protezione personale al sisma.

Pertanto, considerata una nuova prospettiva di progettazione in chiave salva-vita degli arredi scuola, la ricerca intende inquadrare l'ambito tecnico-produttivo e commerciale di riferimento, partendo dall'individuazione delle principali tipologie di arredo scuola e le nuove modalità di apprendimento.

3.5 L'aula 3.0 e le nuove modalità di apprendimento: le principali tipologie di arredo scuola e le caratteristiche tecniche e commerciali

A seguito della discussione, descritta nei precedenti paragrafi, sulle modalità di intervento per la messa in sicurezza degli istituti scolastici, questa parte del capitolo intende circoscrivere il campo di azione della ricerca all'ambiente aula e ai sistemi di arredi funzionali per lo svolgimento della didattica.

L'obiettivo è indagare e approfondire i layout all'interno delle aule, le singole tipologie d'arredo allestite, descriverne gli aspetti tecnici tradizionali ed infine, individuare i nuovi requisiti prestazionali, rispetto le recenti modalità di apprendimento emanate dal Ministero della Pubblica Istruzione.

[54] Protezione Civile Nazionale. (2011). Vademecum scuole norme comportamentali in caso di terremoto. n001. (pp. 3-4). Disponibile all'indirizzo: http://www.provincia.potenza.it/provincia/files/docs/12/16/85/DOCUMENT_FILE_121685.pdf.

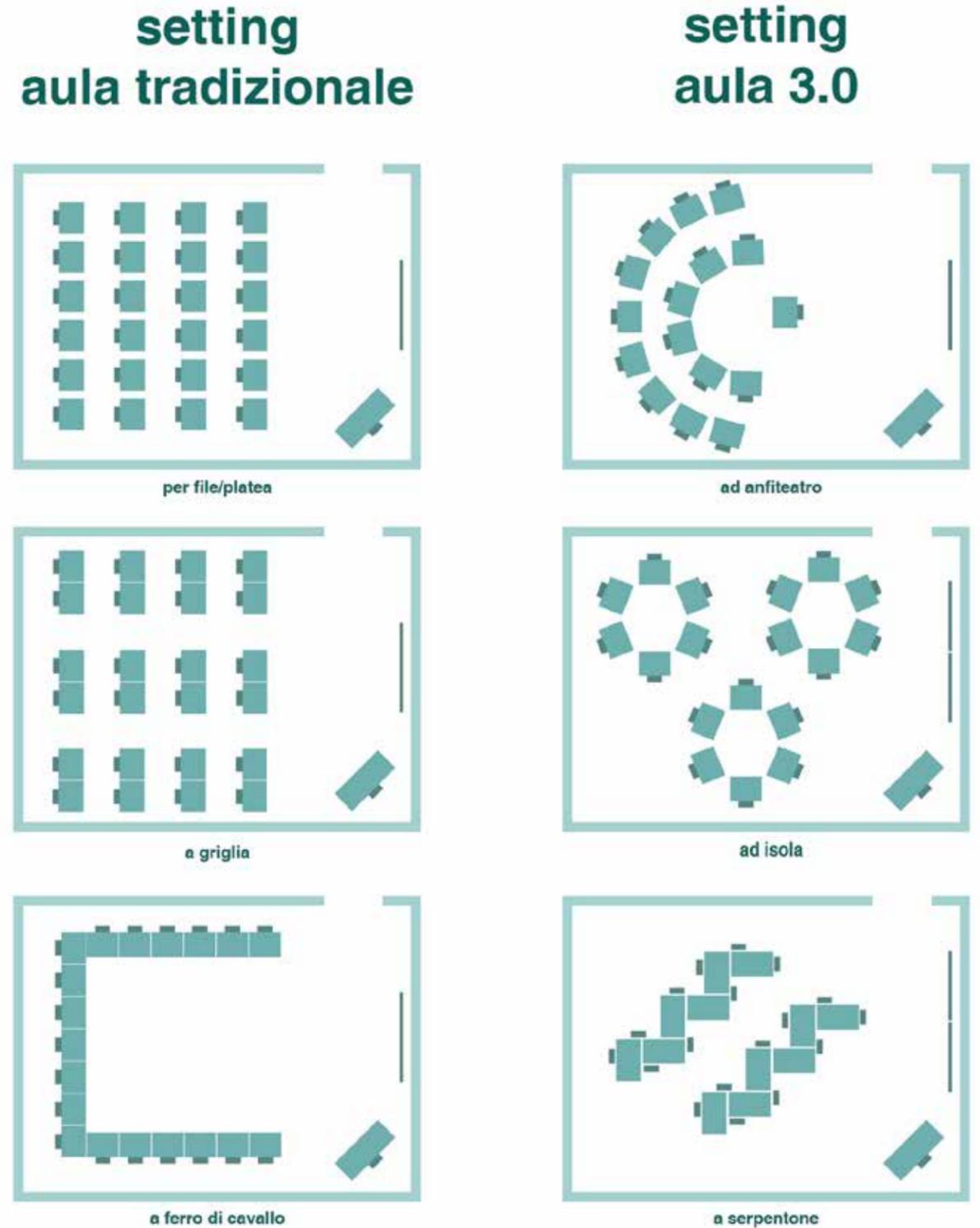


Fig. 13. Configurazioni di un'aula tradizionale e tipologie di layout nell'aula 3.0 generati attraverso il sistema dei banchi.

Nelle normative tecniche per l'edilizia scolastica l'aula è definita come:

Lo spazio della didattica quotidiana, un luogo in cui il docente, posto di fronte a file di ragazzi disposti in file di banchi, trasmetteva agli studenti le conoscenze da acquisire. È lo spazio in cui il ruolo del docente si fa più esplicito e diretto e in cui si pongono le basi e si traggono le conclusioni del percorso didattico complessivo^[55].

Oggi questo concetto di spazio si è trasformato, e il tradizionale modo di fare didattica si è evoluto a favore di una nuova modalità di apprendimento sviluppata dalla scienza dell'educazione. Le cause di questo fenomeno possono essere ricondotte ad una serie di eventi significativi come: lo sviluppo della telematica, l'introduzione della lavagna interattiva, l'utilizzo dei tablet come strumenti di apprendimento.

Attraverso queste nuove tecnologie, le scuole si sono orientate verso una didattica ancora più multidisciplinare, flessibile e interconnessa. Le prime esperienze di spazi scuola digitali, fanno riferimento al progetto *Cl@sse2.0*^[56], ed hanno dimostrato che un apprendimento ottimale non si svolge solo nello spazio fisico dell'aula, piuttosto in ambienti virtuali e in spazi polifunzionali.

Un esempio virtuoso di questo cambiamento di paradigma, e in continuità con i risultati della *Cl@sse2.0*, è il progetto *Aula 3.0*, che promuove un modo innovativo di fare la tradizionale lezione frontale, attraverso un set di arredi funzionali per una didattica che privilegia approcci laboratoriali e collaborativi (Fig. 13).

[55] MIUR. (2013). Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale. (p. 2). Disponibile all'indirizzo: https://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/01/cs110413_all1.pdf.

[56] MIUR. Scuola digitale - Cl@sse 2.0. https://www.istruzione.it/archivio/web/istruzione/piano_scuola_digitale/classi_2_0.html.

Il progetto "Aula 3.0" fa diventare la classe flessibile, trasformandola in un laboratorio attivo di ricerca. La progettazione e l'attuazione di una classe flessibile implicano la correlazione di alcuni elementi fondamentali: l'organizzazione dello spazio fisico puntando su arredi funzionali agli studenti e alla didattica; l'uso delle nuove tecnologie della comunicazione; l'applicazione di metodologie innovative basate sul dialogo e sulla collaborazione tra insegnanti e studenti^[57].

All'interno della classe la disposizione dei banchi è variabile, e gli arredamenti facilitano la creazione di gruppi di lavoro così come garantiscono la possibilità di studio individuale. Una LIM (lavagna interattiva multimediale) con proiettore dotato di WiFi direct, consente al docente di spostarsi fra i banchi con il proprio dispositivo, e contemporaneamente, mostrare quello che sta scrivendo sulla lavagna.

Gli studenti sono dotati di tablet, e la connessione wifi è garantita da un Access Point e dalla connessione pubblica in fibra ottica. In conclusione, in un modello di aula 3.0 lo spazio si trasforma in un laboratorio attivo di ricerca, dove le tecnologie digitali e gli arredi si configurano in relazione agli spazi disponibili, e modificandosi in base alle esigenze specifiche della didattica.

Questo modello innovativo per il trasferimento della conoscenza e del sapere, è ad oggi, una realtà diffusa e consolidata in molte dei nostri istituti.

I due progetti per la scuola hanno effettivamente dimostrato che la qualità dell'insegnamento passa attraverso, non solo le capacità del docente, ma anche con la messa a sistema di specifiche tecnologie e, in particolare di arredi caratterizzati da alta flessibilità allestitiva. Infatti, di riflesso al cambiamento tecnologico e dei layout che ha investito lo spazio di apprendimento, trasformandolo in un ambiente polifunzionale, anche le tipologie di arredo scuola si sono dovute evolvere per rispondere alle nuove forme di didattica.

[57] Moro, W. (a cura di). (2013). "Aula 3.0", la classe flessibile del futuro. (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo: <http://www.educationduepuntozero.it/>.



Fig. 14. Esempio di un'aula 3.0 con le diverse tipologie di arredi e di configurazioni.

Questa sezione del paragrafo, intende perciò approfondire il cambiamento del comparto arredo-scuola rispetto i nuovi scenari di apprendimento e definire le principali tipologie di prodotto sviluppate, per analizzarne le caratteristiche produttive (materiali e tecnologie di trasformazione), i requisiti ergonomici, ed infine, gli aspetti funzionali e prestazionali prioritari. Rispetto alle funzionalità principali, si riporta la definizione di *arredo scuola*, estrapolata dal documento del MIUR, contenente le linee guida e i requisiti progettuali per lo sviluppo dei prodotti:

“Gli arredi giocano un ruolo fondamentale in una architettura flessibile, attraversabile, che si modifica e vuole consentire usi e attività in continua trasformazione: è una architettura generica, che ha prestazioni hardware di comfort climatico, di comportamento energetico, [...] Gli arredi sono l’interfaccia di uso tra gli utenti e lo spazio, consentono la declinazione dell’uso: hanno il compito di dare concretezza alle possibilità, di innescare le relazioni (come enzimi); sono i veri tools della scuola. I tavoli sostituiscono i banchi: consentono di lavorare a piccoli gruppi, fare ricerca, spostarsi lungo i confini dei tavoli ma anche di guardare tutti insieme la lavagna o una proiezione. [...] Gli arredi consentono di creare spazi di gruppo, spazi laboratoriali, spazi individuali, spazi informali e di relax con componenti di reversibilità: valorizzano la capacità evolutiva della scuola e contribuiscono in modo determinante non solo al funzionamento ma alla definizione della sua identità estetica: raccontano e supportano un nuovo modello educativo e risultano quindi centrali nel processo progettuale.”^[58].

A supporto del documento del MIUR, vengono riportati anche i dati estrapolati dal capitolato tecnico, elaborato dalla centrale acquisti della pubblica amministrazione italiana, il CONSIP. Il *Capitolato descrive gli aspetti tecnici relativi alle acquisizioni di prodotti e servizi che possono essere effettuate tramite il Sistema Dinamico di Acquisizione (SDAPA) per la fornitura di arredi*^[59].

Le schede contenute nel documento, divise per i diversi ambiti merceologici (arredi Scolastici, arredi per Università e Collettività, Arredi Sanitari, Arredi per Ufficio), presentano le normative che disciplinano i principali parametri progettuali, con le prestazioni e le caratteristiche tecniche e dimensionali, da osservare per lo sviluppo delle singole tipologie d’arredo.

Nel capitolato sono presenti inoltre, le indicazioni per la progettazione sia degli arredi tradizionali, che dei modelli specializzati per la configurazione di un’aula 3.0. Vengono pertanto riportate le informazioni per lo sviluppo degli arredi 3.0, nello specifico: la seduta allievi, il tavolo/banco, la seduta per insegnanti, il tavolo per insegnanti/cattedra, e l’armadio.

sedia allievi

- *Sedie girevoli su ruote con base a 5 razze in materiale plastico o in tubolare metallico diam. mm 25x2 di spessore. Elevazione regolabile a gas. Sedile e schienale in multistrato di faggio verniciato [...]oppure rivestiti in laminato plastico colore in tinta con il piano e fissato alla struttura realizzata in tubolare metallico del diam. minimo di mm 20x1,5 di spessore.*
- *Sedie fisse in tubolare metallico diam. mm 25x2 di spessore verniciato a polveri*

[58] MIUR. (2013). Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale. VII. Arredi. Disponibile all’indirizzo. https://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/01/cs110413_all1.pdf.

[59] CONSIP. (2019). Capitolato tecnico relativo alla procedura aperta per l’istituzione del sistema dinamico di acquisizione della pubblica amministrazione ai sensi dell’art. 55 del d. lgs. n. 50/2016 per la fornitura di arredi.V.7. allegato 1. (p.7). Disponibile all’indirizzo. https://www.mef.gov.it/bandi/bandi-di-gara/2016/documenti/1637/Allegato_1_-_Capitolato_Tecnico_SDA_Arredi_nov2019.pdf.

epossidiche previo sgrassaggio. Sedile e schienale in multistrato di faggio verniciato [...]oppure rivestiti in laminato plastico colore in tinta con il piano e fissato alla struttura in tubolare metallico mediante rivetti in alluminio per lo schienale e viti in acciaio per il sedile. Puntali di plastica antirumore posti alla base dei tubolari^[60].

tavolo allievi

- *Tavoli a forma di trapezio delle dimensioni di circa cm 100x33/66 e altezza 4-5-6-7 (640 mm, 710 mm, 760 mm, 820mm) secondo la norma UNI EN 1729-1 accostabili ed aggregabili tra loro. Struttura del singolo tavolo composta da 4 gambe in tubolare metallico del diametro minimo di 40 x 1,5 mm di spessore, verniciato a polveri epossidiche [...] oppure in legno di faggio massello verniciato diametro minimo di 50 mm. L’assemblaggio alla struttura delle gambe dovrà avvenire con piastra sagomata e saldata, annegata nel piano e fissata con minimo 6 viti autofilettanti [...]. Le 2 gambe anteriori (lato corto del trapezio) dovranno essere dotate di ruote frenanti [...] mentre le altre due fisse dovranno essere dotate di puntali inestraibili antirumore. Piano in materiale ligneo rivestito in laminato plastico spessore 9/10 su ambo i lati spessore totale minimo mm. 25 circa bordato*^[61].

sedia insegnante

- *Sedie per insegnante con braccioli, girevole su ruote con base a 5 razze in materiale plastico o in tubolare metallico diam. mm 25x2 di spessore. Elevazione regolabile a gas. Sedile e schienale in multistrato di faggio verniciato [...]oppure rivestiti in laminato plastico colore in tinta con il piano e fissato alla struttura realizzata in tubolare metallico del diam. minimo di mm 20x1,5 di spessore*^[62].

tavolo insegnante

- *Cattedra dimensioni minime cm 140x70x76h realizzata con struttura metallica in tubolare di acciaio diametro minimo mm 40x1,5 verniciato a polveri [...]Piano in materiale ligneo rivestito in laminato plastico spessore 9/10 su ambo i lati spessore totale minimo mm 25 circa. Nel piano dovrà essere incassato un porta pc/notebook in lamiera di acciaio verniciata a polveri epossidiche, con meccanismo di chiusura a ribalta o scomparsa dotato di chiave e blocco di sicurezza. L’anta a scomparsa del vano in metallo, dovrà essere rivestita nella parte superiore con lo stesso materiale del piano al fine di renderlo utilizzabile in posizione “chiuso”. L’appoggio a pavimento dovrà avvenire mediante puntali con funzione di tappo di chiusura del tubolare. Pannelli laterali, schermo paragambe e cassettera in legno nobilitato con bordi in ABS. Due cassette con struttura interna in metallo, [...]*^[63].

armadio

- *Mobile basso porta dispositivi e tablet realizzato interamente con pannello di truciolare nobilitato dello spessore di mm 20 con bordi in ABS da 2 mm. [...] Il mobile dovrà essere rifinito anche nella parte posteriore al fine di consentire l’accostabilità ad altri moduli in modo da creare isole centrali oppure composizioni a parete. L’interno dovrà essere dotato di ripiani con scanalature per l’alloggiamento dei tablet al fine di consentirne il corretto posizionamento, per la custodia e ricarica di almeno 30. L’armadio dovrà essere dotato di torrette estraibili con prese USB e SCHUKO per la connessione e la ricarica dei dispositivi elettronici per un numero almeno pari a 30.*

[60] Ivi, p. 19.

[61] Ivi, p. 20.

[62] Ivi, p. 19.

[63] Ibid.

Ogni vano potrà essere chiuso da ante, realizzate con lo stesso materiale della struttura, dotate di serratura ad asta e maniglia in plastica. Le ante, dovranno essere smontabili al fine di creare spazi a giorno e spazi chiusi. Appoggio a terra tramite piedini regolabili oppure con ruote frenanti ad alto carico. La parte superiore del mobile dovrà essere finita con un top in tinta con il colore dei piani dei tavoli e delle sedute^[64].

In conclusione, possiamo affermare che:

1. con la diffusione e l'attuazione delle nuove tipologie di didattica nelle scuole, aula 3.0, la disposizione degli arredi varia a seconda delle attività da svolgere, e ciò vuol dire che dovranno essere caratterizzati da una forte flessibilità in termini di allestimento e di configurazione. In particolare il banco dovrà essere caratterizzato da una geometria del piano di scrittura avente una morfologia a trapezio o a pentagono per agevolare le configurazioni da adottare a seconda dei laboratori e delle attività didattiche, ad esempio: ad isola, a gruppi, a platea, agorà etc.;
2. le strutture portanti, devono essere realizzate in tubolare di acciaio e prevedere delle soluzioni di movimentazione per non facilitare lo studente nelle operazioni di spostamento del banco;
3. i materiali impiegati per la produzione del banco sono: derivati del legno per il piano di scrittura; una griglia metallica o di plastica per il poggia-libri; una gomma come puntale di appoggio a terra, mentre le bordature sono in ABS;
4. a differenza del banco, la cattedra può ospitare l'alloggiamento di un notebook e una centralina con il foro passacavi;
5. le finiture dei singoli prodotti devono garantire la family line del sistema di arredo che configura l'aula.

Un'altra importante osservazione da riportare è che, nonostante in Italia siano presenti ben 246 mila alunni con disabilità^[65], all'interno del documento del MIUR e del capitolato tecnico del CONSIP, non sono mai esplicitate le indicazioni progettuali per lo sviluppo di arredi inclusivi e specializzati, da destinare a un'utenza caratterizzata da particolari disabilità motorie.

Inoltre, per tutti gli ambiti merceologici, non vengono mai menzionate normative specifiche che inquadrano il tema della sicurezza e della protezione personale in caso di terremoto, ad esempio: quali caratteristiche fisiche dovrebbe avere un banco che, oltre alla sua funzione tradizionale, deve essere in grado di proteggere da eventuali crolli a seguito di un terremoto.

Pertanto, i dati finora acquisiti ed esplicitati nelle normative del capitolato tecnico, saranno utili alla fase conclusiva della ricerca di dottorato (vedi cap.12), la fase metaprogettuale, per redigere con maggiore consapevolezza un set di nuovi requisiti tecnico-prestazionali, in grado di potenziare le caratteristiche tradizionali degli arredi scolastici e implementare nuove capacità in termini di inclusività, ma soprattutto di protezione personale e di sicurezza in caso di emergenza sisma.

[64] Ivi, p. 21.

[65] Palmieri, F., Di Ascenzo, D., Di Girolamo, P., Borrini, C. (2019). Focus Principali dati della scuola Avvio Anno Scolastico 2018/2019. MIUR - Direzione Generale per i contratti, gli acquisti e per i sistemi informativi e la statistica Ufficio Gestione Patrimonio Informativo e Statistica. (p. 7). Disponibile all'indirizzo: <https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/Principali+dati+della+scuola+-+avvio+anno+colastico+2018-2019.pdf/fb3e7b10-e2bc-49aa-a114-c41ef53cac9?version=1.0>

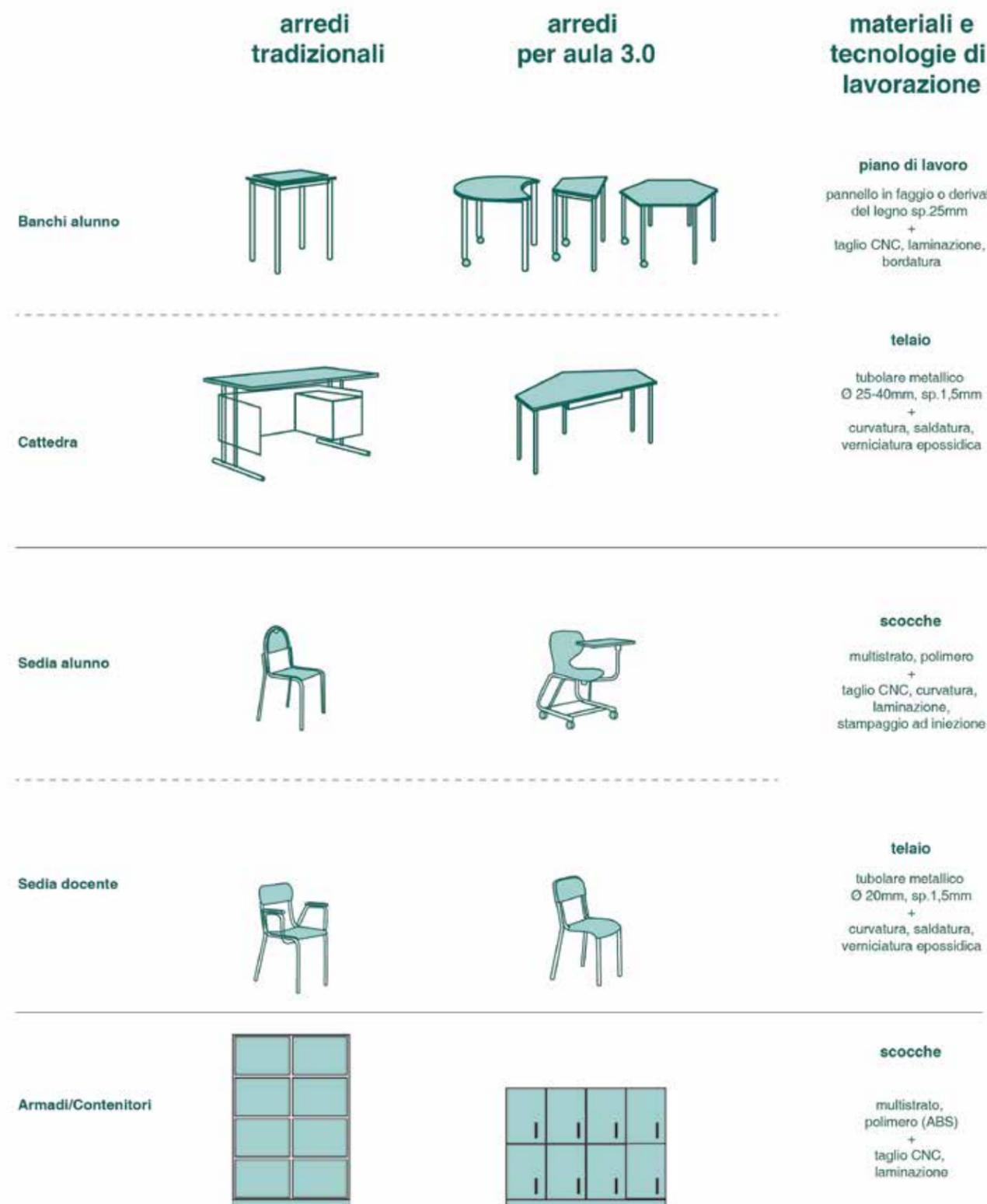


Fig. 15. Principali materiali e tecnologie degli arredi scuola tradizionali e degli arredi di un'aula 3.0.

Capitolo 4

Dinamica degli arredi durante il sisma: da causa di morte a sistema di protezione

- 4.1 Minacce per la salute delle persone durante e dopo un terremoto: traumi e patologie post sisma
- 4.2 Analisi del comportamento dinamico degli arredi durante il sisma
- 4.3 Arredi salva-vita: testimonianze indirette e interviste sul campo
- 4.4 Opportunità e limiti delle strategie di sopravvivenza attraverso il sistema di arredo: il “drop, cover and hold on” e le teorie del “triangolo della vita”



4 Dinamica degli arredi durante il sisma: da causa di morte a sistema di protezione

Come è stato accennato già nel paragrafo 2.1, l'incolumità dell'uomo rispetto al fenomeno sismico dipende fundamentalmente dalle sue capacità progettuali e dal rispetto di determinate procedure, specialmente quando si tratta della realizzazione di edificati e di infrastrutture destinate ai principali bisogni della collettività. Pertanto, si potrebbe affermare che, una progettazione che osservi i criteri antisismici stabiliti dalle recenti normative (nel caso delle costruzioni edili), può salvaguardare le vite delle persone in caso di eventi eccezionali come un terremoto.

Diversamente, tra le cause principali dei decessi, sono da riportare quelle dovute alla progettazione di strutture che, incapaci di resistere a determinate sollecitazioni, sono crollate generando importanti perdite in termini di vite umane.

Inoltre, come descritto anche nei paragrafi precedenti, ad aggravare le condizioni di sicurezza all'interno delle strutture, si denunciano i comportamenti degli elementi non-strutturali. Infatti, in molti eventi sismici, anche in quelli di bassa intensità, è stato dimostrato che una percentuale importante di danni a persone e cose è da imputare alle dinamiche di alcuni elementi non strutturali.

Ad esempio, sono stati documentati in contesti residenziali e strutture ospedaliere, gravi disagi, e in alcuni casi vittime, generati proprio dal ribaltamento dei grandi arredi contenitivi come: armadi, librerie e impianti server. Il problema della messa in sicurezza degli elementi non strutturali, è diventato di vitale interesse anche in ambito normativo, per disciplinare, attraverso nuovi standard costruttivi, le strategie migliori in grado di ridurre il rischio di pericolosità.

Tra queste strategie, alcune prevedono l'impiego di sistemi di collegamento fra detti elementi e la struttura dell'edificio. Per questo motivo, negli ultimi anni, l'attenzione della comunità scientifica, specialmente quella dell'ingegneria strutturale, si è focalizzata sullo studio e l'analisi del comportamento degli elementi non strutturali, ampliando la visione progettuale del concetto di sicurezza anche all'interno della struttura architettonica.

Oltre al fenomeno appena descritto, si è osservato che, durante un sisma, può accadere anche il contrario, ossia gli elementi non strutturali, specialmente alcune tipologie di arredo, si trasformano, in modo casuale, in sistemi di protezione passiva e di ripari

Fig. 17. Sequenza di immagini del test su tavola vibrante E-DEFENSE di Nagoya (Giappone), di un edificio di cinque piani, per valutare il comportamento dinamico di diverse tipologie di arredo in caso di forti scosse sismiche.

provvisori per le persone. Partendo da queste osservazioni, nei seguenti paragrafi verranno dapprima analizzati i principali rischi e traumi che si sviluppano durante il sisma, e successivamente verrà focalizzata l'attenzione sul comportamento degli arredi, come: causa di decesso o, al contrario, ausili temporanei di protezione personale.

4.1 Minacce per la salute delle persone durante e dopo un terremoto: traumi e patologie post sisma

È dimostrato che gli eventi sismici di elevata intensità possono generare oltre al collasso delle strutture, anche uno spostamento caotico degli oggetti e del sistema di arredo (vedi paragrafo 4.2), fino al loro completo ribaltamento, generando in pochissimo tempo, da semplici lesioni a traumi fisici, e in alcuni casi, il decesso della vita di una persona. Ad aggravare lo stato di sopravvivenza delle persone spiega il dr. Mario Caroli (allegato1), si aggiungono inoltre, le possibili perdite di gas e di polvere che si sviluppano contemporaneamente allo scuotimento improvviso del suolo.

Queste dispersioni rappresentano un'ulteriore minaccia, non solo per la salute delle persone residenti nell'edificio, ma anche per l'incolumità dei primi soccorritori, obbligati a raggiungere i dispersi all'interno di zone contaminate e caratterizzate da sacche di gas, altamente esplosive. Pertanto, questa parte della ricerca intende approfondire gli effetti del sisma sulla salute dell'uomo e indagare le principali cause di stress, di traumi e le patologie che si generano durante un evento sismico, e infine, individuare le cause di peggioramento delle condizioni di sopravvivenza. L'obiettivo finale di questa analisi è rielaborare le criticità identificate in opportunità progettuali per lo sviluppo nuovi concept di prodotto salva-vita in caso sisma.

Come è facile intuire, l'apparato che presenta maggiori esposizioni durante un terremoto è quello muscolo-scheletrico. In particolare gli arti inferiori sono quelli più colpiti, con lesioni da lacerazione intorno al 65% dei casi, le fratture intorno al 22%, e infine traumi da contusione e distorsione circa il 6% delle vittime^[66]. Un'altra parte del corpo esposta è il torace, circa il 13% dei casi, e sebbene siano meno frequente le probabilità di lesioni, il rischio di decesso per lo schiacciamento al torace è molto più elevato. Si stima infatti che, i terremoti provochino lesioni da schiacciamento per il 20% delle persone, di cui il 74% di questi, presentano schiacciamenti agli arti inferiori. A completare il drammatico quadro clinico ci sono anche i traumi di natura neurologica, ossia quelli generati da gravi colpi e contusioni alla scatola cranica.

Ad esempio, durante il sisma di Taiwan del 1999, il 30% delle persone sono decedute proprio a causa di lesioni alla testa. Queste tipologie di traumi sono state le più frequenti dopo le lesioni agli arti inferiori, accompagnati da livelli elevati di sepsi, stati di coagulazione intravascolare disseminata e sindrome da stress respiratorio. Purtroppo per target sensibili, come disabili, bambini e anziani, ogni forma di patologia individuata, può degenerare più velocemente rispetto altri soggetti.

Quelli appena descritti, sono i maggiori traumi subiti dalle persone a seguito dei crolli e dei cedimenti degli edifici e dai fenomeni di ribaltamento di alcuni oggetti pesanti, come armadi ed altri elementi non strutturali, che si possono verificare dopo importanti eventi sismici. È opportuno precisare che, i dati riportati sulle varie tipologie di traumi (Fig. 16), sono da imputare sia ai crolli degli elementi costruttivi che, a quelli generati dal comportamento dinamico di alcuni elementi non strutturali, come il ribaltamento di un armadio.

Ad esempio, in un paese come il Giappone, caratterizzato da un edificato prevalentemente a prova di sisma, la maggior parte dei danni fisici e di natura economica, sono da attribuire proprio al comportamento imprevedibile del sistema degli arredi. Ma può accadere anche, in modo casuale, che alcune tipologie di arredo possono trasformarsi in ausili temporanei per la protezione personale in caso di terremoto (per approfondimento vedi paragrafo 4.2).

[66] Eisuke, I., et al. (2004). Measurement of the human body damage caused by collapsed building. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada



Fig. 16. Principali traumatologie generate dal collasso delle strutture, lo sviluppo di polveri e gas, e il ribaltamento degli arredi durante il sisma.

Come appena descritto, durante quei fenomeni di natura sismica particolarmente forti, lo scenario di emergenza può evolvere in maniera peggiorativa e rendere ancora più difficili le condizioni di sopravvivenza delle persone.

Tra i fattori che possono aggravare lo stato dell'emergenza, ci sono i guasti e i danni alle reti energetiche, ad esempio, la caduta delle linee elettriche e la fuoriuscita di gas dalle tubature possono innescare pericolosi fenomeni di esplosione e di combustione all'interno degli edifici. Questo tipo di problematica, non solo colpisce la sicurezza delle persone, ma risulta di particolare interesse anche per la riuscita e lo svolgimento delle attività di monitoraggio e di soccorso. Infatti, come documentato nell'intervista all'ispettore *Massimo Fazzini* del Comando dei Vigili del Fuoco di Ascoli Piceno (allegato 2), una delle maggiori criticità negli interventi, che interessano in particolare i centri storici, è la generazione di sacche esplosive dovute all'utilizzo ancora delle vecchie bombole gpl: in caso di perdite del gas, queste possono deflagrare e colpire gli operatori inficiando di conseguenza le operazioni di soccorso in generale.

In conclusione possiamo affermare che:

1. le parti del corpo maggiormente esposte al rischio di traumi sono gli arti inferiori e i traumi di natura neurologica;
2. le percentuali più alte di decesso, sono legate ai casi di traumi inferti dal peso di oggetti che schiacciano la vittima, specialmente sulla zona del torace;
3. la maggior parte delle cause dei traumi sono da imputare ai cedimenti strutturali dell'edificio e ai fenomeni di ribaltamento di strumentazioni varie e di alcune tipologie di arredo;
4. anziani e bambini sono il target che risente maggiormente di alcune patologie;
5. dopo il sisma si possono sviluppare forme gravi di polmonite, legate all'esposizione per lungo tempo, in ambienti contaminati da particolari agenti chimici e polveri;
6. una delle maggiori criticità per i soccorritori, oltre ai possibili cedimenti delle strutture, sono le dovute alla fuoriuscita di gas e la presenza di sacche esplosive.

Come descritto al terzo punto, tra le cause principali dei danni alle persone, durante il sisma, emergono i fenomeni di ribaltamento di oggetti pesanti e di alcuni arredi. Nel prossimo paragrafo saranno pertanto, approfonditi gli aspetti comportamentali e le dinamiche fisiche del sistema di arredi, che si innescano con le oscillazioni di un edificio a seguito del movimento tellurico.

4.2 Analisi del comportamento dinamico degli arredi durante il sisma

La prima parte di questa analisi intende, approfondire quali siano gli effetti diretti e i danni generati dagli elementi non strutturali durante un importante evento sismico, e perché negli ultimi anni la comunità scientifica, specialmente dell'ingegneria strutturale, si stia focalizzando su questa particolare problematica.

Ad oggi, sappiamo che i danni associati al comportamento degli non strutturali sono riconducibili fondamentalmente a tre potenziali impatti: *economico*, *funzionale* e di *sicurezza della vita*.

I danni di tipo *economico*, sono le perdite immediate di proprietà, che si generano specialmente in edifici ad uso commerciale o in edifici con altre funzioni. Ad esempio può accadere che, durante un sisma, in uno edificio ad uso commerciale, gli arredi contenitivi, come sistemi di scaffalature e gli armadietti, si rovesciano sul pavimento rovinando la merce al suo interno. Si stima che, per la maggior parte degli edifici commerciali, la parte strutturale conta un 20-25% del costo di costruzione originale, mentre gli elementi non strutturali e la merce, rappresentano il restante 75-80%^[67].

Per impatti di tipo *funzionale*, s'intendono l'insieme dei guasti e delle interruzioni che, la rete energetica può subire, impedendo di conseguenza le consuete attività all'interno dell'edificio. In particolare, alcune tipologie di danni, come quelle alle reti elettriche e alle tubature del di gas, possono degenerare in fenomeni esplosivi e altamente pericolosi per l'incolumità delle persone^[68].

Ovviamente, di quelli elencati, il più importante è l'impatto sulla *sicurezza della vita*, ossia i danni, le ferite, e in molti casi i decessi, generati non solo dai guasti degli impianti energetici, ma soprattutto dagli elementi non strutturali, come gli arredi, che si muovono in maniera imprevedibile, fino a ribaltarsi completamente a terra. Il danno sismico agli ambienti interni, dovuto al comportamento dei componenti non strutturali resta un problema serio, che genera ferite e vittime tra gli occupanti dell'edificio. Per esempio, nel terremoto del Jiuzhaigou del 2017, la maggior parte degli edifici non ha subito gravi danni o crolli, bensì danni interni dovuti ai soffitti caduti e mobili rovesciati, che hanno causato la maggior parte delle vittime.

Anche nel nostro Paese si registrano episodi similari, ad esempio, nel sisma del 2016 di Amatrice, tra le testimonianze raccolte, si riporta la storia del fornaio Tony Di Giacomo, rimasto intrappolato tra le macerie, e del suo collega, gravemente ferito dal ribaltamento di un armadio^[69].

Purtroppo i dati statistici e le testimonianze raccolte nel paragrafo 4.3, dimostrano che, vicende come queste, e finite ancora più drammaticamente, sono davvero tante. Da queste osservazioni, si è compresa la necessità di estendere il concetto di sicurezza sismica, anche alla questione degli arredi presenti in un edificio, al fine di ridurre la pericolosità per le persone e garantire la funzionalità degli spazi e dei percorsi di uscita e di evacuazione. Negli ultimi dieci anni infatti, è cresciuto l'interesse della comunità scientifica rispetto il problema degli elementi non strutturali e sulle strategie da adottare per la loro messa in sicurezza in caso di sisma.

[67] Eduardo, A. et al. (1994). Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage, A Practical Guide. Third Edition by Wiss, Janney, Elstner Associates, INC. For the Federal Emergency Management Agency (FEMA) Under the National Earthquake Technical Assistance Contract (NETAC) EMW-92-C-3852. (p. 7).

[68] Ivi, p. 9.

[69] Barresi, M. (a cura di). (2016). Un siciliano sopravvissuto al terremoto ad Amatrice: «Ho visto la morte negli occhi», Disponibile all'indirizzo: <https://www.lasicilia.it/news/home/23329/un-siciliano-sopravvissuto-al-terremoto-ad-amatrice-ho-visto-la-morte-negli-occhi>

In particolare sono stati condotti alcuni studi sul comportamento dinamico degli arredi, e analizzati i fenomeni di traslazione e di ribaltamento, al fine di far emergere i principali impatti, in termini economici e di minaccia alla sicurezza delle persone.

Ad esempio, nel 2004, è stato realizzato uno studio sui i danni provocati dalle strutture e dal sistema di arredi durante il grande sisma di Kobe del 1995. Nell'indagine condotta dal team di ingegneria dell'università di Tokio, viene dimostrato che la stragrande maggioranza delle persone sono morte in edifici completamente crollati o gravemente danneggiati, e che una percentuale delle vittime invece, è da attribuire al comportamento dinamico degli arredi^[70]. Nell'analisi, sono stati identificati ben 33 casi di decessi e 443 casi di gravi lesioni generati proprio dal ribaltamento del mobilio. Lo studio riporta anche le principali tipologie di traumi, la forma più comune di lesione individuata è la frattura, specialmente nella zona lombare-addominale, delle gambe e del torace, seguita dalla contusione. Invece, le principali cause di decesso identificate sono primariamente quelle generate dal soffocamento per compressione della gabbia toracica e quelle dovute ai fenomeni degenerativi delle fratture del sistema osseo. Questi dati, sono in linea con quelli riportati nel precedente paragrafo (Fig. 16). Un'altra importante analisi risale al 2008, ed è stata condotta dall'istituto di tecnologia di Tokio. Rispetto le altre indagini, questa ricerca si è focalizzata principalmente sul comportamento dinamico di alcune tipologie di arredo, in particolare degli arredi per ufficio presenti nei grattacieli, mettendo in evidenza la degenerazione dell'ambiente lavorativo in uno spazio ostile e senza vie di fuga^[71]. Infatti, attraverso una serie di simulazioni virtuali e su tavola vibrante, viene dimostrato che il mobilio, specialmente quello con ruote, continua a muoversi e a spostarsi, anche oltre un metro dalla posizione iniziale e per un lungo periodo di tempo, fino a 90 secondi. Questi movimenti casuali, innescano una serie di fenomeni di collisione e di ribaltamento tali trasformare l'ambiente ufficio in uno spazio pericoloso e senza vie di uscita, generando stati di panico e arrecando gravi lesioni alle persone. Ad avvalorare i risultati di questo studio, sono i alcuni dati registrati nel grande terremoto di Hanshin-Awaji del 1995 in cui, sebbene il gli edifici stessi non hanno subito gravi danni, il comportamento dinamico degli arredi ha causato quasi il 50% delle lesioni alle vittime^[72]. Ancora nel 2017, il dipartimento di ingegneria meccanica dell'Università di Tsukuba, insieme alla *E-Defense* (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience), ha dimostrato, attraverso dei modelli matematici e delle simulazioni su tavole vibranti, i potenziali danni del comportamento dinamico di alcune tipologie di arredo, nello specifico, un armadio in metallo, un tavolino su ruote, una scrivania in metallo e una seduta da ufficio. In questo specifico studio, viene enfatizzata la pericolosità del fenomeno del ribaltamento, sia come causa di lesioni alle persone, ma soprattutto come generazione di una serie di ostacoli, che oltre a impedire la fase di evacuazione o il raggiungimento del punto di raccolta, aggrava anche le operazioni dei primi soccorritori^[73]. Anche le università di ingegneria strutturale del nostro Paese, hanno dato il loro contributo rispetto il tema della sicurezza degli spazi interni e lo studio comportamentale degli arredi. Recentemente, l'Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica (ANIDIS) per il XVIII Convegno Nazionale, tenutosi ad Ascoli Piceno ha inserito, tra le proprie sessioni di discussione, una dedicata agli elementi non-strutturali dal titolo "Industrial research on seismic performance of non-structural elements"^[74].

[70] Eisuke, I., et al. (2004). Measurement of the human body damage caused by collapsed building. 13th World Conference on Earthquake Engineering.

[71] Masatsuki, T., et al. (2008). Seismic behavior of office furniture in high-rise buildings due to long-period ground motions. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

[72] Eisuke, I., et al. (2004). Measurement of the human body damage caused by collapsed building. 13th World Conference on Earthquake Engineering.

[73] Daigoro, I., et al. (2017). Motion analysis of furniture under seismic excitation using the finite element method. Vol. 80 N. 718, Journal of Structural and Construction Engineering, (pp. 1891-1900).

[74] Pietroni et al. (2019). Design Industriale, Ingegneria Strutturale, Informatica e Chimica per lo sviluppo di sistemi di arredo con funzione salva-vita in zona sismica. XVIII CONVEGNO ANIDIS "L'Ingegneria Sismica in Italia", Ascoli Piceno.

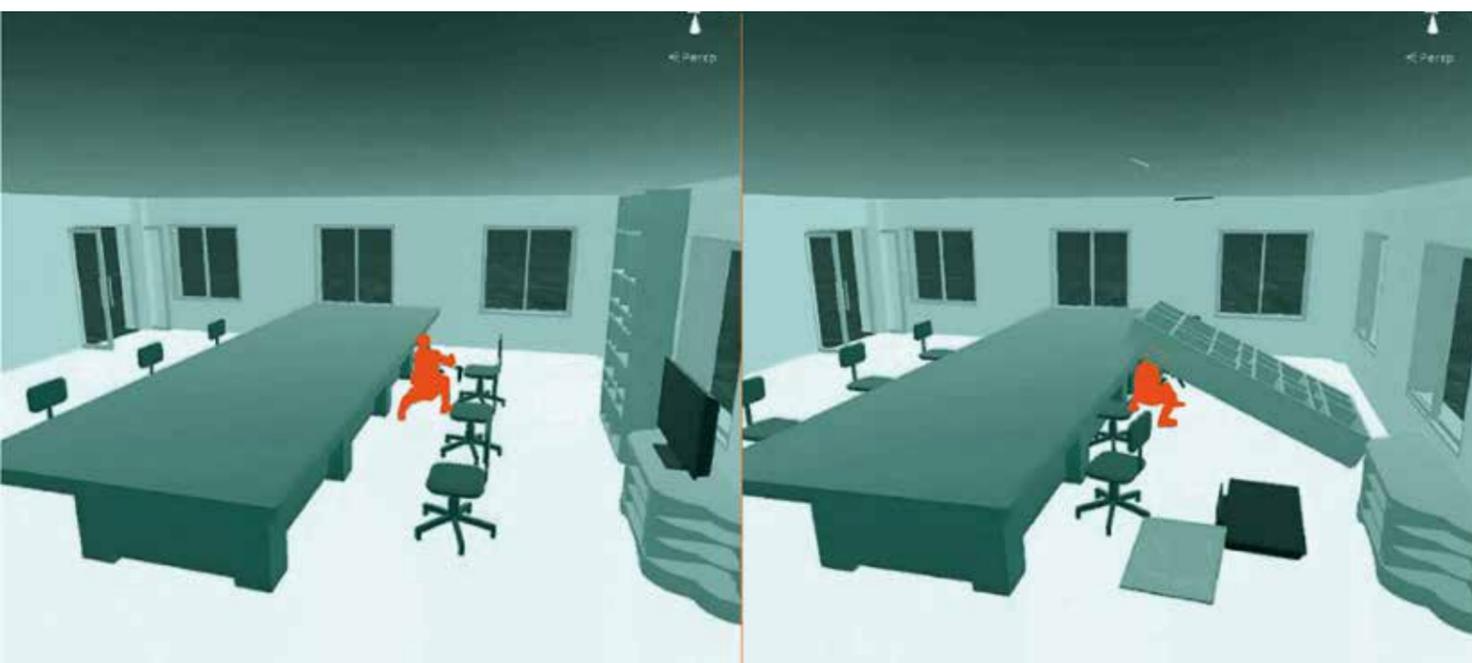


Fig. 18. Simulazione virtuale dei comportamenti istintivi in caso di terremoto.

L'ultimo importato contributo che si vuole riportare, è uno studio condotto nel 2019 dell'Università di Nagoya in collaborazione con l'E-Defense, la piattaforma vibrante più grande al mondo, gestita dall'istituto nazionale di ricerca giapponese per le scienze della terra e la resilienza ai disastri. Questo studio si è focalizzato in particolare sulla valutazione dei danni inferti alle persone da parte di alcuni elementi non strutturali, quali controsoffitti e arredi, al fine di ottimizzare le fasi di preparazione e di esercitazione in ottica di sicurezza antisismica^[75].

La particolarità di questo studio è nella metodologia attuata, che si è focalizzata principalmente sull'analisi di un modello realistico, attraverso lo sviluppo di una struttura di acciaio di cinque piani e l'allestimento di una serie di ambienti ad uso notte, ufficio etc. Lo scenario è stato verificato prima con i modelli matematici e poi validato dal team di ricercatori giapponesi dell'Università di Nagoya, con un test finale sulla tavola vibrante più grande del mondo, di proprietà della E-Defense, in Giappone. La simulazione del sisma, è stata opportunamente registrata e documentata con una serie di videocamere disposte in maniera puntuale sui vari ambienti e piani dell'edificio (Fig. 17). L'esperienza di questo test, e la sua fedele ricostruzione, ha permesso ai ricercatori di interpretare i potenziali danni alle persone, causati dalle oscillazioni e dai movimenti trasversali di alcune tipologie di arredi, e di generare in futuro un modello previsionale del fenomeno.

Infatti, i dati rilevati durante le prove virtuali e sulla piattaforma vibrante, saranno utili in una fase successiva, per migliorare le tradizionali linee guida per la sicurezza sismica, ma soprattutto contribuire allo sviluppo di nuovi sistemi smart deputati alla preparazione e all'esercitazione delle persone in caso di sisma.

L'obiettivo principale dello studio è la riduzione del margine di errore umano, specialmente nella gestione dell'emergenza e del panico, e di amplificare attraverso lo sviluppo di nuove interfacce, il livello di consapevolezza delle persone riguardo i

[75] Zhen, X., et al. (2019). Virtual Scene Construction for Seismic Damage of Building Ceilings and Furniture. Applied Sciences. China.

potenziali danni generati dal sistema di arredi. Ad avvalorare alcune delle indicazioni riportate tra le linee guida comportamentali in caso di terremoto, sono i risultati delle simulazioni virtuali condotte nello studio di Nagoya, dove è interessante osservare la gestualità e l'istinto di sopravvivenza della persona nel cercare riparo proprio sotto il tavolo (Fig. 18).

Questa comune prassi di autosalvataggio in caso di sisma, viene ampiamente descritta dalle teorie del "triangolo della vita", e consiste proprio nel ripararsi sotto gli architravi delle porte, sotto un letto, o in questo caso sotto un tavolo, al fine di aumentare le possibilità di salvarsi in caso di cedimenti e di crolli^[76].

In effetti, in molti eventi sismici si è osservato un duplice comportamento degli arredi: da un lato, e come ampiamente descritto in questo paragrafo, possono generare gravi lesioni alle cose e alle persone, dall'altro, possono in modo casuale, trasformarsi in ausili di protezione e di salvezza temporeni. Nel paragrafo successivo vengono riportate alcune testimonianze di persone che, grazie a questo comportamento salva-vita degli arredi, sono riuscite a resistere e sopravvivere al terremoto.

4.3 Arredi salva-vita: testimonianze indirette e interviste sul campo

Questa parte della ricerca si è focalizzata sulla raccolta di alcune testimonianze di persone sopravvissute al sisma e di vigili del fuoco, direttamente coinvolti nelle operazioni di soccorso.

La finalità di questa ricerca è quella approfondire le cause di sopravvivenza, specialmente quando sono generate dal comportamento salva-vita di alcuni arredi.

Tra i casi più eclatanti di arredi che, in maniera fortuita, hanno fatto da sistema di protezione passiva, si riporta l'esperienza dei fratelli Ciro, Mattias e del piccolo Pasquale, sopravvissuti al sisma di Ischia del 21 agosto del 2017. Come documentato in alcuni video e dai servizi di cronaca, la struttura del letto e della culla hanno resistito al crollo dell'edificio e fatto da scudo, proteggendo i ragazzi dai cedimenti strutturali.

« Erano seduti sul primo lettino del letto a castello quando è avvenuta la tragedia. Su di loro si è abbattuta una vera e propria pioggia di pietre. Forse è stato quel lettino a salvarli: la rete ha costituito una barriera protettiva. È stato Ciro a salvare il fratellino Mattias. Dopo la scossa lo ha preso e lo ha spinto con lui sotto al letto, un gesto che sicuramente ha salvato la vita a entrambi. Poi con un manico di scopa ha battuto contro le macerie e si è fatto sentire dai soccorritori »^[77].

Ancora più interessante, è la storia del fratellino Pasquale di sette mesi, che si trovava all'interno della culla, nella stanzetta affianco a quella dei fratelli. Come racconta il padre, nell'intervista di Giulio Golia, inviato delle Iene:

« il box della culla si è ribaltato da solo, e ha fatto da scudo al bambino, proteggendolo dal peso del frigorifero e di altre macerie. »^[78].

È bene ricordare, che il sisma di Ischia è stato di relativa intensità, si è trattato infatti di un terremoto di magnitudo 4.0. Tuttavia i danni registrati sono stati davvero tanti. Infatti, il capo della protezione civile Angelo Borrelli, riferendosi al caso di Ischia, dichiara che:

[76] Linn, L. (2004). Extract from Doug Copp's article on the "triangle of life", Ed. MAA Safety Committee. Disponibile all'indirizzo. <https://www.kboo.fm/blog/1368>.

[77] Il Mattino. (2017). Terremoto a Ischia, il racconto di Ciro « bimbo-eroe »: Così ho salvato mio fratello. (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo. https://www.ilmattino.it/napoli/cronaca/terremoto_ischia_ciro_casamicciola-2629959/.

[78] Golia, G. (a cura di). (2017). La famiglia salvata dal terremoto, video intervista. Disponibile all'indirizzo. https://www.mediasetplay.mediaset.it/video/leiene/golia-la-famiglia-salvata-dal-terremoto_F308612401004C02/.



Fig. 19. Generazione “casuale” di nicchie di sopravvivenza e di spazi vitali (“triangolo della vita”), attraverso alcune tipologie di arredo e la loro capacità di resistere ai crolli delle strutture a seguito del terremoto.

“molte costruzioni sono realizzate con materiali scadenti che non corrispondono alla normativa vigente, per questo alcuni palazzi sono crollati o rimasti danneggiati”^[79].

Ma il caso di Ischia non l’unico. Ad esempio durante il sisma di Arquata del 2016, due bimbi di 4 e 7 anni sono stati estratti vivi dalle rovine, perché la nonna aveva fatto in tempo a scivolare insieme a loro sotto il letto di casa. Allo stesso modo si è salvata suor Mariana, trentaduenne albanese, sopravvissuta al crollo del convento *Don Minozzi* di Amatrice, dopo aver trovato riparo tra la struttura del suo letto e l’architrave della porta.

«Mi sono accorta del terremoto verso le 4 del mattino e dalle 4 alle 4.30 ho fatto la spola tra sotto il letto e la porta della camera per chiedere aiuto. Quando mi sono accorta che era il terremoto e che crollava tutto, sono andata sotto la porta – se così si può chiamare la maceria rimasta – e mi sono vista come sopra un pinnacolo: tutto il resto era crollato»^[80].

Sicuramente durante gli eventi sismici notturni, il letto può rappresentare una soluzione di riparo immediata, tuttavia, sono documentate anche altre esperienze di sopravvivenza, attraverso diverse tipologie di arredo.

[79] Gallori, P. (a cura di). (2017) *Terremoto Ischia, Protezione civile: “Case con materiali scadenti”*. Geologi: “Serve prevenzione” (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all’indirizzo: https://www.repubblica.it/cronaca/2017/08/22/news/terremoto_ischia_morire_per_scossa_di_bassa_magnitudo-173587827/.

[80] Audio intervista, estratto della conversazione con Radio Vaticana di Suor Mariana. Disponibile all’indirizzo: <https://formiche.net/>.

Ad esempio, sempre durante il sisma del centro Italia, dell’agosto del 2016, si riporta la vicenda del sig. Giancarlo Gabrieli, dipendente comunale di 56 anni, che è riuscito a salvarsi dai crolli della sua abitazione, grazie al contributo, casuale, del suo armadio.

Una pioggia di calcinacci detriti e pezzi di muro lo ha investito, nella sua casa in via Roma, nel cuore del centro storico di Amatrice, raso al suolo. «Un rumore assordante mi ha svegliato e in un secondo ero già sotto a quintali di macerie, bloccato dalla vita in giù - spiega - L’armadio caduto sul mio letto ha fatto da calotta, salvandomi da colpi alla testa»^[81].

Un caso molto simile è documentato anche nel terremoto dell’Aquila del 2009, dove una grossa trave si è appoggiata con un’estremità al mobile, generando una sorta di spazio salva-vita, che ha protetto tutti gli occupanti della casa dai cedimenti della struttura edilizia. Si riporta qui, la testimonianza della vittima, il signor Giancarlo Zanardelli:

«Siamo stati salvati dall’armadio. Una grossa trave si è appoggiata con un’estremità al mobile e l’altra vicino alla mia testa, in linea con me e Alessia, e ci ha protetto dal crollo»^[82].

[81] Bianchini, E. (2016). *Terremoto, storie dei sopravvissuti. I vigili ai bimbi sepolti: “Vi tiriamo fuori e vi facciamo pompieri onorari”*, (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all’indirizzo: <https://www.ilfattoquotidiano.it/2016/08/25/terremoto-storie-dei-sopravvissuti-i-vigili-ai-bimbi-sepolti-vi-tiriamo-fuori-e-vi-facciamo-pompieri-onorari/2995707/>.

[82] Il Tempo. (2009). *Così io e Alessia ci siamo salvati*. (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all’indirizzo: <https://www.iltempo.it/politica/2009/04/10/news/cosi-io-e-alessia-br-ci-siamo-salvati-678117/>.

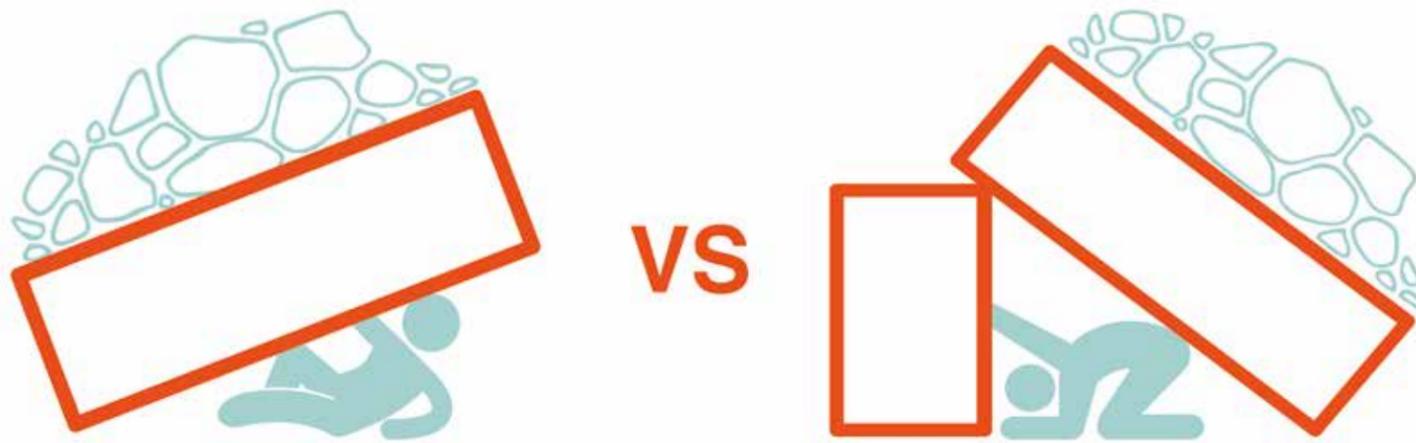


Fig. 20. Arredo VS arredo.

Anche durante il grande sisma di Messina, del 28 dicembre del 1908, è stato possibile mappare delle testimonianze di persone che sono riuscite a trovare riparo attraverso alcuni arredi di casa. Ad esempio, nel documentario di Enzo Trapani, del 1958, l'intervistato racconta:

«Alla prima scossa di terremoto crollò il pavimento andando a finire al primo piano. E lì che trovò la morte mia madre, un fratello e una sorella. Io mi salvai perché andai a finire sotto una tavola da pranzo che mi fece da sostegno dal materiale che veniva sopra»^[83].

Ad avvalorare i racconti descritti dai sopravvissuti si riporta anche l'intervista condotta presso la sede dei vigili del fuoco di Ascoli Piceno all'ispettore Fazzini, direttamente coinvolto nelle operazioni di soccorso degli ultimi eventi sismici del centro Italia. Durante il colloquio sono emerse molte congruenze con le testimonianze raccolte dalla rete, soprattutto sul comportamento salva-vita di alcune tipologie di arredo: *“L'armadio [...] più volte ha evitato il collasso completo del solaio* (allegato 2). Sulla base di quanto documentato in questi paragrafi, è possibile affermare che, durante il sisma, alcune tipologie di arredo possono assumere un duplice comportamento, ossia: diventare una minaccia per la sicurezza della vita, oppure, in maniera casuale, trasformarsi in sistemi di protezione personale temporanei. Come testimoniato da alcuni sopravvissuti e dai soccorritori, si rilevano tipologie di arredo che hanno collaborato all'integrità dell'edificio, ad esempio l'armadio che ha supportato il peso del solaio, e arredi che, diversamente e in maniera fortuita, hanno fornito uno spazio vitale per la protezione dai cedimenti delle strutture e di altri oggetti pesanti (Fig. 19 e Fig. 22). Tuttavia, questo spazio protettivo, definito anche come *“triangolo della vita”*^[84], può essere inadeguato se il tavolo o il letto, per loro natura, non sono in grado di sopportare determinate sollecitazioni e pertanto, rischiano di cedere insieme alla struttura edilizia

[83] Trapani, E. (a cura di). (1958)., Epicentro Reggio-Messina, estratto dalla video intervista.

[84] Emergency live (2020). Sopravvivere ad un terremoto: la teoria del “triangolo della vita”, (consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo. <https://www.emergency-live.com/it/salute-e-sicurezza/sopravvivere-ad-un-terremoto-la-teoria-del-triangolo-della-vita/>.

minacciando la salute stessa delle persone che vi cercano riparo. Diversamente, la prestazione salva-vita dell'arredo in caso di sisma, potrebbe essere efficace se, nella fase di sviluppo del prodotto, è programmata e progettata oltre le tradizionali funzioni. Pertanto, nel prossimo paragrafo, la ricerca si soffermerà sulle principali metodologie, ad oggi riconosciute per la sopravvivenza domestica, al fine di evidenziare alcune criticità rispetto l'affidabilità degli arredi tradizionali, e quindi avvalorare il bisogno di nuova visione progettuale in chiave di protezione personale dal terremoto.

4.4 Opportunità e limiti delle strategie di sopravvivenza attraverso il sistema di arredo: il “drop, cover and hold on” e le teorie del “triangolo della vita”

Come documentato dalle testimonianze, una delle caratteristiche del terremoto è certamente la sua imprevedibilità, che coglie alla sprovvista le persone senza alcun preallarme. Un evento sismico può durare attimi, ed è difficile attuare in poco tempo delle contromisure in grado di mettere in sicurezza la propria vita e quella dei familiari. Le possibilità di sopravvivenza aumentano quando le persone sono informate e preparate per gestire lo stato di emergenza^[85].

A tal proposito, il presidente del Consiglio Nazionale dei Geologi Francesco Peduto, in un'intervista del 2016, dichiarava che:

“Una percentuale tra il 20% e il 50% dei decessi, in questi casi, è causata da comportamenti sbagliati dei cittadini durante l'evento sismico”^[86].

È fondamentale dunque, lo sviluppo di una cultura dell'emergenza che parta innanzitutto dalla presa di coscienza del fenomeno e della sua imprevedibilità, al fine di definire quelle strategie di sopravvivenza, in grado di educare e preparare le persone che abitano in quelle aree ad alta pericolosità sismica.

Pertanto, questa parte della ricerca, intende approfondire il tema della sopravvivenza domestica in caso di terremoto, attraverso l'analisi delle comuni prassi ad oggi adottate, e con particolare attenzione verso la tecnica del drop, cover, hold on e del triangolo della vita.

[85] Botzen, W., Aerts, J., Van den Bergh, J. (2009). Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resour. Res.* 2009;45(10). doi: 10.1029/2009WR007743.

[86] Giangrande, A. (2016). L'Aquila e l'Abruzzo: Quello che non si osa dire, (p. 100).



Fig. 21. Drop cover hold on.



Fig. 22. Schema "triangolo della vita".

L'obiettivo di tale indagine è, da un lato, evidenziare l'affidabilità di queste metodologie e le possibilità di restare vivi, dall'altro, rilevare i limiti e le criticità di queste prassi, rispetto un contesto edilizio vulnerabile e fragile alle sollecitazioni sismiche.

È opinione comune pensare che durante un evento sismico occorre uscire dall'abitazione nel minor tempo possibile. In realtà, tale procedura non è sempre da preferirsi, anzi, nella quasi totalità dei casi è da escludere. Dipende molto dalle condizioni degli edifici, per esempio, se è costruito seguendo le normative antisismiche, è consigliabile cercare all'interno un posto sicuro (in questo caso i pericoli maggiori possono venire dagli oggetti di arredo), mentre se l'edificio non è stato costruito nel rispetto delle normative antisismiche, forse la cosa migliore da fare è cercare di uscire nel minor tempo possibile dall'abitazione^[87].

Purtroppo non sempre è possibile fuggire dall'edificio, ed è qui che entrano in gioco alcune tecniche e prassi di sopravvivenza. Una delle più riconosciute a livello internazionale è quella del "drop, cover, hold on", ovvero, "mettiti a terra, copriti e aspetta". Nel manuale americano, *How to Stay Alive: The Ultimate Survival Guide for Any Situation*, vengono descritte in maniera puntuale, le singole azioni:

Drop: Andare a carponi è il modo più facile di muoversi quando l'edificio sta tremando e, chinandosi su sé stessi, è possibile proteggere gli organi vitali.

Cover: Dovresti coprire immediatamente la testa e il collo per proteggerti dalla caduta di detriti. Se sei particolarmente a rischio di caduta di oggetti, striscia sotto qualcosa di robusto come un tavolo. Se non esiste un tale riparo, strisciare verso le

[87] Vinci, M. (2013). *Proteggersi dai terremoti, prima, durante e dopo l'evento*, (p. 133).

pareti interne e tenersi lontano da pareti e finestre esterne, perché sono le parti più pericolose di un edificio durante il terremoto. Tieniti lontano dagli armadi vicino la parete, e dagli oggetti presenti sopra di esso.

Hold on: Se ti trovi sotto un riparo, come il tavolo, tienilo stretto così da poterlo spostare se cambia posizione. Se non ci sono altri ripari, aspetta che finisca il terremoto con le mani che proteggono la testa^[88].

In sintesi, si tratta di trovare un posto sicuro sotto cui stare, come un tavolo, una scrivania, o un letto, e attendere la fine della scossa. Molti paesi ad alto rischio sismico, come il Giappone, adottano questa particolare tecnica e la promuovono, attraverso esercitazioni e specifiche campagne di sensibilizzazione, specialmente nei contesti più sensibili, come scuole, ospedali e uffici.

Tuttavia alcuni esperti confutano questo tipo di teoria e propongono una strategia diversa, quella del *triangolo della vita*.

Il maggior sostenitore di questa teoria è *Doug Copp*, capo della squadra d'emergenza e di pronto soccorso, e manager della squadra americana internazionale di salvataggio (ARTI), specializzata nei disastri dovute alle calamità naturali. Si riporta di seguito, la descrizione e i principali punti della sua teoria, esplicitati in un articolo americano del 2010:

"Nel 1996 abbiamo girato un film che ha dimostrato che la mia metodologia di sopravvivenza è corretta. Il Governo Federale Turco, la città di Istanbul, l'Università di Istanbul, la Case Productions e l'ARTI, hanno cooperato per filmare questo test pratico, scientifico [...] Abbiamo fatto crollare una scuola e una casa con dentro 20 manichini. 10 di questi manichini realizzavano il metodo "drop, cover, hold on" e gli altri 10 manichini li ho utilizzati nel mio metodo di sopravvivenza: "il triangolo della vita". Dopo il crollo da terremoto simulato, abbiamo strisciato attraverso i detriti e siamo entrati nell'edificio per filmare e documentare i risultati. Il film, nel quale ho praticato le mie tecniche di sopravvivenza in condizioni direttamente osservabili e scientifiche, relativamente al crollo dell'edificio, ha mostrato che ci sarebbe stato lo 0% di sopravvivenza per coloro che realizzavano il metodo "drop, cover, hold on".

Ci sarebbe stato il 100% di sopravvivenza per le persone che avrebbero utilizzato il mio metodo del "triangolo della vita" [...] perché quando gli edifici crollano, il peso dei soffitti che cadono sugli oggetti o sui mobili all'interno schiaccia questi oggetti, ma lascia uno spazio o un vuoto accanto ad essi. Questo spazio è ciò che io definisco "il triangolo della vita". Più è grande l'oggetto, più è forte, meno si compatterà [...] maggiore è la probabilità che la persona che utilizzi questo vuoto per la propria sicurezza non sia ferita. La prossima volta che guardate degli edifici crollati, in televisione, provate a contare "i triangoli" che vedete formati. Sono dappertutto. È la forma più comune che vedrete in un edificio crollato."

"Potete sopravvivere in un piccolo spazio vuoto. State vicini a un oggetto, vicini a un divano, vicini a un grosso oggetto voluminoso, che si comprima un po', ma lasci un vuoto accanto a sé."

"Se vi trovate a letto durante la notte e si verifica un terremoto, semplicemente rotolate giù dal letto, senza infilarvi sotto, restate accanto al letto."

"Colui che semplicemente, si china, si accovaccia e si ripara sotto qualcosa, quando gli edifici crollano, viene schiacciato e quasi sempre ucciso. Ogni volta, senza eccezione. Le persone che cercano riparo sotto oggetti quali scrivanie o automobili, vengono schiacciate."

[88] Grylls, B. (2017) *How to Stay Alive: The Ultimate Survival Guide for Any Situation*, (p. 120).

“Se si verifica un terremoto mentre guardate la tv e non potete scappare facilmente uscendo dalla porta o dalla finestra, allora sdraiatevi al suolo e raccoglietevi in posizione fetale accanto a un divano o a una grossa poltrona”^[89].

Secondo *Doug Copp*, l'insostenibilità della metodologia del *drop, cover, hold on*, è da ricondursi proprio al comportamento fragile del sistema di arredo, spesso inadeguato a resistere a certi carichi statici e dinamici e di conseguenza, a salvaguardare la vita della persona dagli eventuali crolli dell'edificio.

A sostegno della sua tesi, racconta l'esperienza sul campo, durante alcuni sopralluoghi, avvenuti a seguito del grande sisma di Città del Messico, del 1985.

“Il primo edificio [...] fu una scuola di Città del Messico, durante il terremoto del 1985. Tutti i bambini si trovavano sotto i loro banchi. Ogni bambino fu schiacciato fino allo spessore delle proprie ossa. Avrebbero potuto sopravvivere se si fossero distesi giù, accanto ai loro banchi, nelle corsie esistenti tra i banchi stessi. Fu orribile, inutile, e mi chiesi perché i bambini non si trovassero nelle corsie tra i banchi. Allora non sapevo che quei bambini erano stati istruiti a nascondersi sotto qualcosa.”^[90].

In conclusione, dall'analisi delle due teorie, è possibile affermare che:

1. Lo scopo finale delle due teorie è quello di proteggere le persone, non solo da un eventuale collasso della struttura edilizia, ma anche dai possibili danni generati dal movimento ed il ribaltamento di altri oggetti e elementi di arredo;
2. Entrambe le teorie propongono di trovare un riparo provvisorio in prossimità di alcune tipologie di arredo, quelle ritenute più grandi e resistenti. In particolare: la tecnica del “drop, cover, hold on”, suggerisce di proteggersi sotto l'arredo, diversamente, il triangolo della vita, propone di rifugiarsi in quello spazio vitale, che si genera affianco un grande mobile;
3. In entrambi i casi, la probabilità di sopravvivenza dipende dalla resistenza dell'oggetto, in prossimità del quale ci si colloca. Certamente, le metodologie di sopravvivenza analizzate, aumentano le probabilità di salvarsi, specialmente per quelle persone che abitano in edifici e strutture antisismiche, dove le principali minacce per la salute (vedi paragrafo 4.3), sono dovute per lo più, al comportamento imprevedibile e pericoloso di alcuni arredi. Ma è opportuno chiedersi se, in un paese come il nostro, caratterizzato da un'edilizia ad alta vulnerabilità sismica, le normative per la messa in sicurezza degli elementi non strutturali (arredi e apparecchiature varie) e le prassi di sopravvivenza consolidate, siano effettivamente la soluzione ottimale per garantire la propria incolumità in caso di sisma. Ad esempio, rispetto il problema dello stato di salute degli istituti scolastici italiani, è difficile garantire la sicurezza degli studenti e dei docenti, adottando semplicemente queste strategie, consapevoli, che qualsiasi forma di riparo o di adeguamento sismico, potrebbe cedere insieme alla struttura che, per sua natura, non è in grado di resistere alle sollecitazioni del terremoto. È importante perciò indagare lo stato dell'arte dei sistemi e dei prodotti salva-vita, ad oggi sviluppati, e in grado di proteggere le persone, anche in quei contesti dove, le raccomandazioni per la messa in sicurezza degli ambienti e degli arredi in generale, non è sufficiente.

[89] Copp, D. (2010) American Rescue Team Survival Magazine Article: The American Rescue Team International, (pp. 1-5). (Consultato il 26 gennaio 2021). Disponibile all'indirizzo. http://www.amerrescue.org/arti_survivalarticle.

[90] Ivi, p. 6.

PARTE SECONDA
**Strategie e strumenti progettuali
per lo sviluppo di prodotti di arredo
salva-vita in caso di sisma**

Capitolo 5

La gestione dell'emergenza terremoto nei paesi ad alto rischio sismico

- 5.1 Linee guida per la messa in sicurezza degli spazi indoor: il caso studio di Tokyo
- 5.2 Dispositivi e sistemi di messa in sicurezza e di antiribaltamento del mobilio



5 Dinamica degli arredi durante il sisma: da causa di morte a sistema di protezione

5.1 Linee guida per la messa in sicurezza degli spazi indoor: il caso studio di Tokyo

Come ampiamente descritto nel paragrafo 2.1, una zona sismica è una regione in cui il tasso di attività tellurica rimane piuttosto costante nel tempo, e si definisce una zona ad alta pericolosità sismica, quando questa attività è più frequente e produce maggiori danni alle persone e alle cose. Questa realtà, sappiamo dipendere dalla natura della terra e principalmente dalla disposizione delle placche tettoniche. Mentre alcune aree del mondo, possono ritenersi quasi completamente estranee da questo tipo di fenomeno, altre come l'Italia, sono notoriamente pericolose, specialmente per la frequenza con la quale accadono terremoti di medie e alta intensità.

Tra le regioni del pianeta, a elevato rischio sisma, ci sono: l'area della Nuova Zelanda, dove gli eventi sismici sono frequenti e molto intensi e il Cile, zona ben nota ai sismologi di tutto il mondo e perennemente tenuta sotto controllo. È in Cile infatti, che nel 1960 è stato registrato il più potente evento sismico della storia, di 9,5 gradi. A seguire, si registra l'area americana della California, dell'India, dello Sri Lanka, dell'Indonesia e delle Filippine, quest'ultime colpite nel 2004 da un devastante tsunami. In Europa, oltre all'Italia, la zona più a rischio è la Grecia, seguita dalle regioni della Turchia. Infine, sono soggetti a terremoti di intensità elevata anche alcune aree dell'Asia, in particolare della Cina e dell'arcipelago nipponico.

Specialmente in Giappone, negli ultimi anni, si sono registrati numerosi eventi sismici, uno dei quali, avvenuto nel 2011, è stato valutato come uno dei più potenti del nostro secolo ed il settimo nella storia del nostro pianeta, con una magnitudo pari a 9 gradi della scala Richter. Non a caso dopo il drammatico sisma, nel 2015, il paese ha ospitato la 3th World Conference on Disaster Risk Reduction (terza conferenza mondiale sulla riduzione del rischio di catastrofi).

La conferenza si è tenuta a Sendai, descritta dal Japan Times come: “una città che è sinonimo di resilienza ai disastri per la sua straordinaria ripresa dal terremoto e dal grande tsunami”^[1].

[1] Polloman, M. (2015). Years Later, What Japan Can Teach the World About Disaster Preparedness. (consultato il 03 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <https://thediplomat.com>.

Fig. 23. il Manuale Tokyo Bousai.

Infatti, a seguito degli eventi del 2011, la città ha avviato una serie di attività per migliorare i livelli di sicurezza e di protezione dal sisma e promuovere una cultura dell'emergenza per tutto il Giappone. Il caso più interessante, in questo senso, è il piano antisismico "Tokyo Bousai"^[2], adottato dal governo metropolitano di Tokyo nel 2015, e tuttora attivo. Si tratta di una campagna di sensibilizzazione e divulgazione delle pratiche da adottare in ottica di prevenzione e gestione dell'emergenza sismica, sviluppata attraverso un importante lavoro di comunicazione grafica, che ha coinvolto, sia la segnaletica stradale che prodotti editoriali.

Il principale artefatto grafico realizzato, è il manuale Tokyo Bousai, Let's get prepared, caratterizzato da un rinoceronte stilizzato che indossa un casco e uno zaino. "Bousai" in giapponese significa preparazione al disastro e la sua seconda sillaba, "sai", ha lo stesso suono della parola rinoceronte. Sulla copertina del manuale è possibile leggere la seguente dichiarazione:

"It is predicted that there is a 70 percent possibility of an earthquake directly hitting Tokyo within the next 30 years. Are you prepared?" (Si prevede che esiste un 70% di possibilità che un terremoto colpisca direttamente Tokyo entro i prossimi 30 anni. Sei preparato?)

Il Tokyo Bousai

Diversamente dagli altri tradizionali manuali di emergenza, il "Tokyo Bousai", è il risultato di un importante lavoro multisettoriale, tra le competenze grafiche dello studio Nosigner, l'agenzia pubblicitaria Dentsu e il dipartimento per la prevenzione dei disastri del governo di Tokyo (Fig. 23).

Il progetto grafico, caratterizzato da un colore brillante, un layout semplice e delle illustrazioni facili da riconoscere lo rende molto più intuitivo e semplice da leggere rispetto altri vademecum.

La guida è divisa in cinque capitoli, che trattano nello specifico: le simulazioni, suggerimenti e indicazioni sulla preparazione, la messa in sicurezza dello spazio abitativo, le modalità di sopravvivenza dal sisma.

[2] Tokyo Metropolitan Government. (2015). Disaster Preparedness Tokyo, Tokyo Bousai, Let's get prepared.

Si riportano di seguito, le dieci regole da osservare per migliorare la propria sicurezza in caso di terremoto:

1. fare scorta di acqua e cibo a lunga conservazione;
2. preparare un kit di emergenza;
3. conservare nello stesso posto gli oggetti di valore e i propri documenti;
4. valutare il rischio sismico della propria stanza;
5. mettere in sicurezza gli arredi che possono ribaltarsi;
6. verificare lo stato di vulnerabilità dell'edificio;
7. verificare i punti di raccolta in caso di sisma;
8. organizzare con i propri cari le procedure da eseguire in caso di terremoto;
9. iscriversi ai servizi di aggiornamento sulle attività sismiche in tempo reale;
10. partecipare alle esercitazioni di i possibili casi di emergenza (incendio, tsunami, sisma etc.)^[3].

Simulation of a Major Earthquake

In particolare, nel primo capitolo del "Tokyo Bousai", intitolato "Simulation of a Major Earthquake", vengono descritte le procedure comportamentali in caso di sisma e come ci si prepara nei luoghi pubblici. Ad esempio nelle scuole, si consiglia di correre al riparo sotto il banco e afferrare le gambe del telaio, per proteggersi dai frammenti volanti di vetro della finestra, dalla caduta dei corpi illuminanti e dal possibile ribaltamento di altri oggetti pesanti e altri arredi. Una volta terminato il sisma lo studente dovrà seguire le istruzioni degli insegnanti e del personale per evacuare dall'edificio. In generale, si tratta delle stesse indicazioni che si adottano nei nostri istituti^[4].

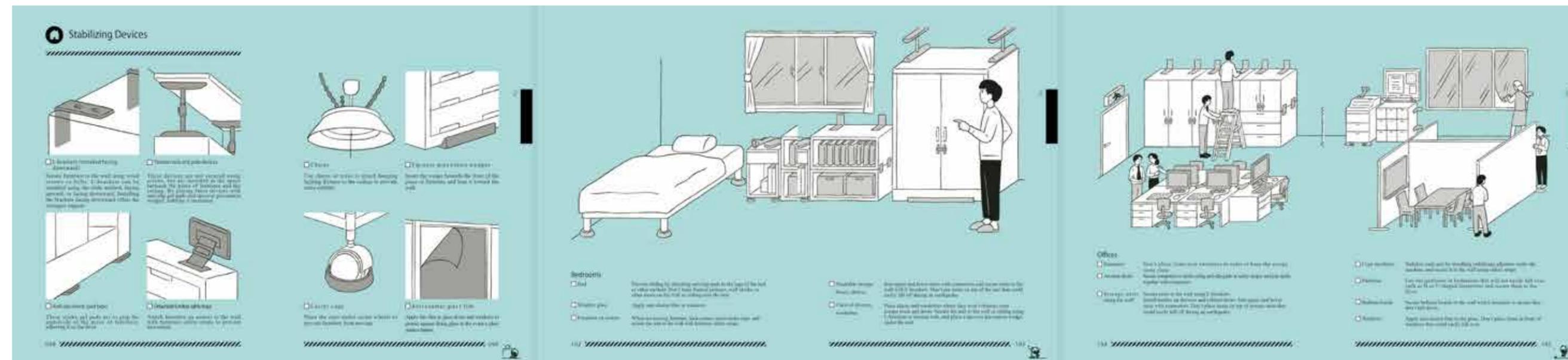
Let's Get Prepared, Disaster, Preparedness, Actions

Nel secondo capitolo del manuale, intitolato "Let's Get Prepared, Disaster, Preparedness, Actions", viene posta l'attenzione sul comportamento pericoloso che alcuni arredi

[3] Ivi, p. 13.

[4] Ivi, pp. 14-79.

Fig. 24. Immagine sintetica di alcune pagine del manuale dedicate alla messa in sicurezza degli arredi nei vari spazi funzionali (casa e ufficio), attraverso l'utilizzo di staffe di metallo e dispositivi antiribaltamento del mobilio.



possono avere durante il sisma. Addirittura, viene riportato il dato statistico del fenomeno, ossia: una percentuale delle lesioni registrate dopo il sisma, e compresa tra il 30 e il 50 per cento, è da imputare proprio alla caduta di oggetti e di mobili che si rovesciano sulle persone. Pertanto, attraverso una check list, il capitolo presenta le procedure di contenimento e di messa in sicurezza degli arredi di casa e ufficio. In linea generale, viene indicato di apportare i seguenti accorgimenti: sistemare gli arredi in maniera tale da evitare la generazione di possibili ostacoli, adottare sistemi di staffe di metallo per fissare i mobili sulla parete, montare sulle aree di appoggio degli arredi dei pad antiscivolo per stabilizzarne i movimenti, applicare delle pellicole adesive trasparenti sui pannelli di vetro per evitarne la frantumazione, vincolare con delle cinghie gli apparecchi elettronici perché possono generare fenomeni di corto circuito e di incendio (Fig. 24)^[5].

Il “Tokyo Bousai”, non è un semplice manuale, ma è uno strumento culturale molto efficace per la prevenzione e la riduzione del rischio sismico, tale da essere adottato anche in altre nazioni con zone sismiche. Infatti sia nei paesi scandinavi, che in Canada e negli Stati Uniti, quello di Tokyo, è stato un modello di riferimento per lo sviluppo di altri manuali e vademecum destinati alla promozione di una cultura dell'emergenza e la preparazione in caso di sisma. Ad esempio, nella contea di Los Angeles, è stato divulgato l'Emergency Survival Guide, il quale riprende i dieci punti del manuale giapponese, e oltre al problema della protezione dal sisma, tratta anche altri casi di emergenza e di sicurezza. Così anche nello stato delle filippine si è deciso di istruire la comunità mediante una serie di linee guida che riprendono quelle del manuale di Tokyo. È interessante notare che, in ogni manuale sviluppato, è sempre presente una sezione dedicata alla messa in sicurezza degli spazi per la didattica, e che, la maggior parte delle procedure, sono quelle adottate dal modello giapponese. Certamente l'esperienza di questo paese, ha molto da insegnare sulla cultura dell'emergenza, ma occorre fare alcune considerazioni rispetto al contesto edilizio del paese e alle modalità di gestione del sisma, molto diversi dagli altri paesi con le stesse problematiche. Infatti, il Giappone, per quanto riguarda la prevenzione dal sisma è uno dei paesi più all'avanguardia, sia sulle metodologie del disaster management che sulle tecnologie antisismiche per la costruzione di nuovi edifici. Inoltre, ogni quartiere è caratterizzato da piani di addestramento ed esercitazioni periodiche, supportati da una serie di segnaletiche per coordinare le fasi di evacuazione dagli edifici e mitigare possibili stati di sovraffollamento all'aperto.

Inoltre, ad avvalorare il contributo del Giappone rispetto il problema della protezione dal sisma, sono anche le innovazioni e gli sviluppi apportati nel settore dei prodotti e dispositivi deputati per la messa in sicurezza degli spazi indoor. Infatti, l'industria e la commercializzazione di questi prodotti altamente specializzati, soprattutto dopo il grande sisma di Kobe, si è ampliata e consolidata nel mercato del paese e, negli ultimi anni, grazie all'e-commerce, si è estesa anche in altri paesi. Nel prossimo paragrafo, verrà riportata una fase della ricerca, che si è focalizzata proprio sull'analisi di queste tipologie di prodotto.

5.2 Dispositivi e sistemi di messa in sicurezza e di antiribaltamento del mobilio

È possibile classificare questi dispositivi antisismici sulla base delle strategie di antiribaltamento e di smorzamento delle vibrazioni generate dallo scuotimento del suolo durante il sisma, in particolare sono state individuate tre principali modalità d'intervento per la messa in sicurezza di alcuni elementi non strutturali, come arredi, apparecchiature elettroniche, etc. Le strategie rilevate sono:

- a) Bloccaggio a parete
- b) Bloccaggio a terra
- c) Bloccaggio a soffitto

[5] Ivi, pp. 80-141.

STOPPER ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a parete

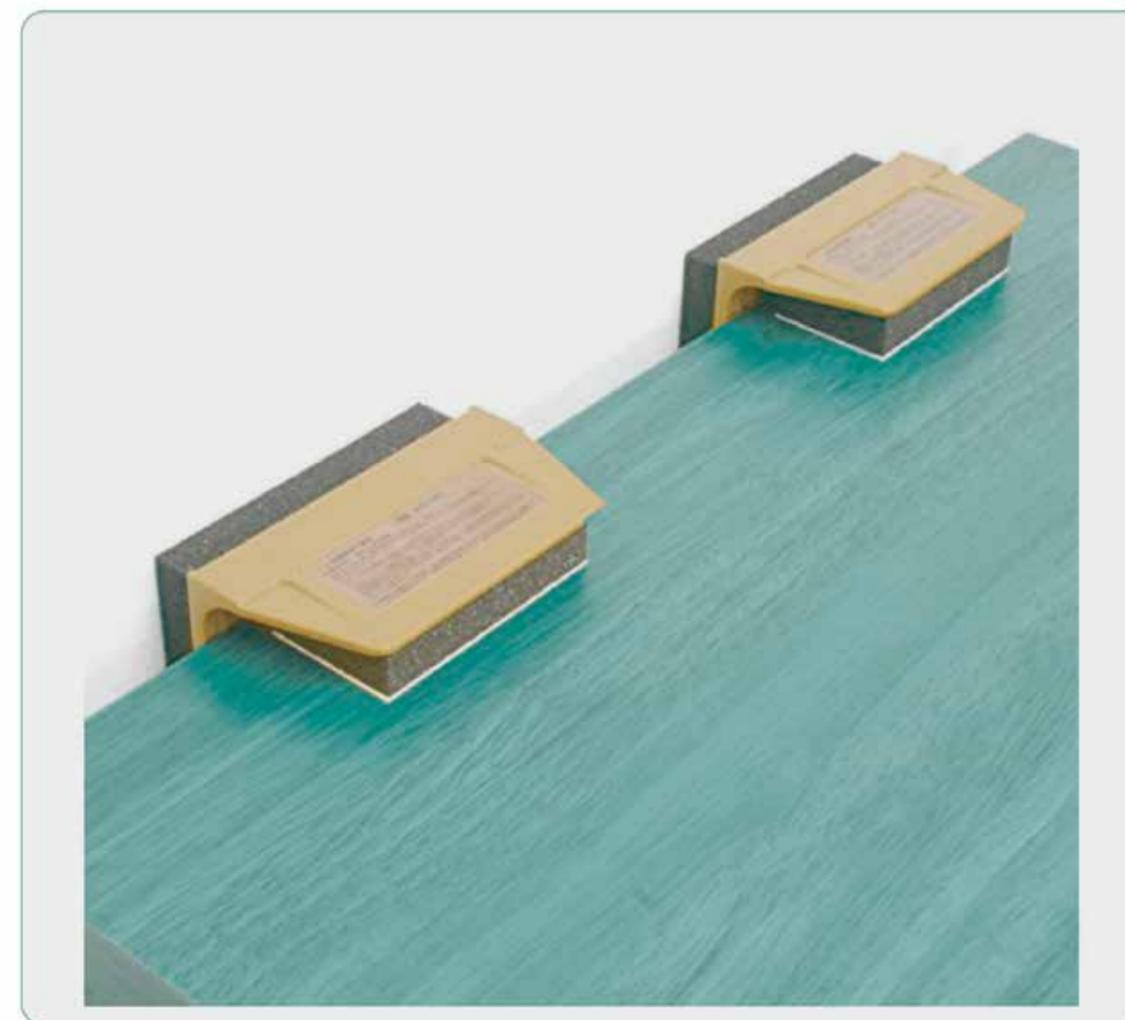
azienda:
SANWA SUPPLY (Giappone)

materiali:
ABS + Poliuretano
170 x 114 x 86 mm

riferimenti:
www.amazon.co.jp



Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede la fornitura di una coppia di stopper dotati di un adesivo che ne permette il posizionamento tra la parete e lo spigolo dell'oggetto da mettere in sicurezza.



STAFFE ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a soffitto

azienda:
SANWA SUPPLY (Giappone)

materiali:
acciaio e rivestimento in pvc, abs, pe espanso
215 x 78 x 800mm

riferimenti:
www.amazon.co.jp

Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede la fornitura di una coppia di stopper con asta telescopica che ne permette il posizionamento ed il serraggio tra il soffitto e la parte alta del mobile da mettere in sicurezza.



NASTRO ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a terra

rivenditore:
NITOMS (Giappone)

materiali:
Silicone
44 x 10 x L900 mm

riferimenti:
www.amazon.co.jp

Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede la fornitura di una sorta di nastro di silicone spesso 10mm da posizionare sullo spigolo anteriore dell'oggetto da mettere in sicurezza.



STAFFE ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a soffitto

rivenditore:
SHINJUKU SEKI (Giappone)

materiali:
acciaio e rivestimento in pvc, abs, pu
215 x 60mm

riferimenti:
www.amazon.co.jp

Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede la fornitura di una coppia di stopper con regolazione manuale che ne permette il posizionamento ed il serraggio tra il soffitto e la parte alta del mobile da mettere in sicurezza.



CUSCINETTI ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a terra

azienda:
SANWASAPURAI (Giappone)

materiali:
Silicone
65 x 65 x 3 mm

riferimenti:
www.amazon.co.jp

Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede la fornitura di un set di cuscinetti semiadesivi in materiale silicico spesso 3mm da posizionare sulla superficie di appoggio dell'oggetto da mettere in sicurezza.



CINGHIE ANTIRIBALTAMENTO | bloccaggio a parete

rivenditore:
TONCHOU (Giappone)

materiali:
acciaio e nylon

riferimenti:
www.amazon.co.jp

Prevenzione anti-ribaltamento di arredi e di altri sistemi mobili. Il kit prevede un sistema di minuteria mediante il quale le fasce vengono vincolate tra la parete e l'oggetto da mettere in sicurezza.



Le prime due tipologie sono quelle più performanti in termini di prestazioni tecniche, ma rappresentano anche la forma più invasiva. Infatti, per l'installazione occorre praticare dei fori sia sulla parete, che sull'arredo da mettere in sicurezza. Alcune aziende pertanto, hanno sviluppato una serie di dispositivi regolabili in termini dimensionali, così da renderli adattabili in base alle dimensioni dell'arredo da bloccare. Inoltre, in commercio è possibile reperire modelli sviluppati per venire incontro, anche alle esigenze estetiche del mercato, ad esempio, alcuni di questi sono stati "carterizzati" con delle sovrascocche di plastica, in genere in ABS, per migliorare l'aspetto freddo e tecnico del metallo. Nelle pagine successive vengono riportate alcune schede prodotto (scheda 01, 02, 03), sviluppate durante questa specifica attività di analisi, di alcuni dispositivi e sistemi deputati alla messa in sicurezza degli arredi e reperibili on-line. Molti dei prodotti schedati, sono quelli consigliati anche nelle procedure descritte all'interno del manuale "Tokyo Bousai" (vedi paragrafo 5.1).

Come si può dedurre anche dai manuali sviluppati per la preparazione e la protezione dal sisma, nei paesi con edificati di recente costruzione e a prova di terremoto, il maggiore danno alle persone deriva dal comportamento dinamico e imprevedibile del sistema di oggetti e di arredi, specialmente dai fenomeni di ribaltamento del mobilio pesante. Pertanto, come suggerito in particolare dal modello giapponese, la migliore strategia per salvaguardare l'incolumità delle persone è la messa in sicurezza del mobilio attraverso l'utilizzo di sistemi e dispositivi in grado di vincolare gli oggetti pesanti alle pareti e a terra. Certamente questa soluzione risulta efficace negli edificati antisismici, dove le pareti dell'edificio sono in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche e contenere anche il ribaltamento degli arredi. Ma in un contesto edilizio come il nostro, caratterizzato da una prevalenza di edifici storici e pertanto vulnerabili al sisma, c'è da chiedersi quanto siano effettivamente efficaci queste metodologie e dispositivi per la messa in sicurezza degli arredi. Una prima ipotesi è che l'arredo, pur essendo ancorato alla parete, si ribalterebbe insieme a questa, perché incapace di contrastare il movimento e le forze del terremoto. Una conferma di quanto ipotizzato è la letteratura scientifica sviluppata intorno al tema degli arredi e del sisma (vedi paragrafo 4.2), che hanno osservato e analizzato la reazione dinamica del mobilio durante il sisma. In particolare, alcune di queste analisi si sono focalizzate sul comportamento di tipologie di arredo vincolate alle pareti dell'edificio attraverso alcuni dei dispositivi schedati e riportati anche questo paragrafo. Ad esempio in uno studio del Canadian Journal of Civil Engineering, viene monitorato su piattaforma vibrante, il comportamento dinamico di una libreria ancorata su un divisorio, costruito con materiali che non hanno prestazioni antisismiche. I risultati sperimentali hanno confermato l'ipotesi iniziale: una struttura antiquata e l'arredo vincolato ad essa, sotto le oscillazioni del sisma, cedono e si ribaltano sul piano^[6]. Inoltre, la simulazione dimostra come l'utilizzo di questi sistemi "leggeri", per la messa in sicurezza degli spazi domestici, non siano particolarmente efficaci in contesti edilizi vulnerabili al sisma. Tuttavia, come documentato tra i risultati principali della ricerca, nel capitolo 7, sono state sviluppate altre soluzioni, "intermedie" e "pesanti", concepite per rispondere anche in quei contesti edilizi strutturalmente critici e vulnerabili.

Il tema della protezione dal sisma negli spazi abitativi potrebbe essere inquadrato come una sfida progettuale multidisciplinare. Sicuramente, in termini di produzione di letteratura tecnico-scientifica, l'ingegneria è una di quelle più interessate a coinvolte nello studio e nello sviluppo di nuove soluzioni, ma come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, anche altre discipline, ad esempio, la medicina da campo, hanno indagato, da una loro prospettiva, il problema della sicurezza delle persone durante e dopo i terremoti. Pertanto, nel prossimo capitolo, la ricerca intende approfondire i principali risultati della letteratura tecnico-scientifica prodotta dalla disciplina del Design, e riportare il suo contributo rispetto la ricerca e lo sviluppo di nuove soluzioni in grado di salvare vite in caso di calamità naturali, come il sisma.

[6] Filiatrault, A., Kuan, S., & Tremblay, R. (2004). Shake table testing of bookcase – partition wall systems. Canadian Journal of Civil Engineering. (pp. 664–676).

Capitolo 6

Il design come leva strategica per la progettazione di sistemi di arredo salva-vita

- 6.1 Design di arredi salva-vita in caso di calamità naturali: il caso studio dell'Università di Chengdu
- 6.2 Brevetti e concorsi di design per l'emergenza calamità naturali



6 Il design come leva strategica per la progettazione di sistemi di arredo salva-vita

6.1 Design di arredi salva-vita in caso di calamità naturali: caso studio Università di Chengdu

Questa prima parte del capitolo focalizza l'attenzione sul potenziale contributo del design rispetto il tema della sicurezza dal sisma nei contesti indoor. L'obiettivo è dimostrare che, oltre alla comunità scientifica dell'ingegneria, anche quella disciplinare del design, si è sensibilizzata nei confronti del problema della protezione dal terremoto, ponendo attenzione anche sul comportamento pericoloso degli elementi non strutturali, e pertanto ha sviluppato nuove opportunità e strategie salva-vita, proprio attraverso il sistema degli arredi. Ad esempio nel 2015, un team di ricercatori dell'Università di Chengdu, ha condotto una ricerca per lo sviluppo di nuovi approcci progettuali per la definizione di alcune tipologie di arredo, caratterizzate dalla presenza di nuove prestazioni salva-vita in caso di calamità naturali^[7]. Lo studio inquadra come campo d'azione della ricerca, il contesto edilizio di alcune aree della Cina particolarmente esposte al sisma, e che presentano un edificio caratterizzato da strutture sensibili e vulnerabili alle sollecitazioni. Uno scenario dunque simile a quello di molte delle regioni del nostro Paese.

Inoltre, viene evidenziato che, nel 2015, i lavori per la prevenzione dalle catastrofi e di riduzione dei possibili danni, si sono focalizzati principalmente sul miglioramento sismico delle architetture, e malgrado le normative vigenti, molte aree devono essere ancora riqualificate. Secondo il vicedirettore del Disaster Prevention Science and Technology Museum di Kobe, nelle aree caratterizzate da un edificio come quello descritto, in caso di terremoto, le probabilità di salvarsi sono del 70%, se i comportamenti sono corretti e vengono applicate le regole per la sopravvivenza, del 20%, sono da attribuire ai soccorritori e dei medici da campo, e infine del 10%, nei comportamenti adeguati durante la fase di evacuazione dall'edificio^[8].

[7] Chen, M., et al. (2015). Furniture Innovative Design with Earthquake Self-rescue Function: From Furniture Form and Structure Perspective. International Conference on Informatization in Education, Management and Business. (pp. 37-40).

[8] ingjie, J. (2009). Household defensive products design and research to earthquake. Southwest Jiaotong University. (p. 8).

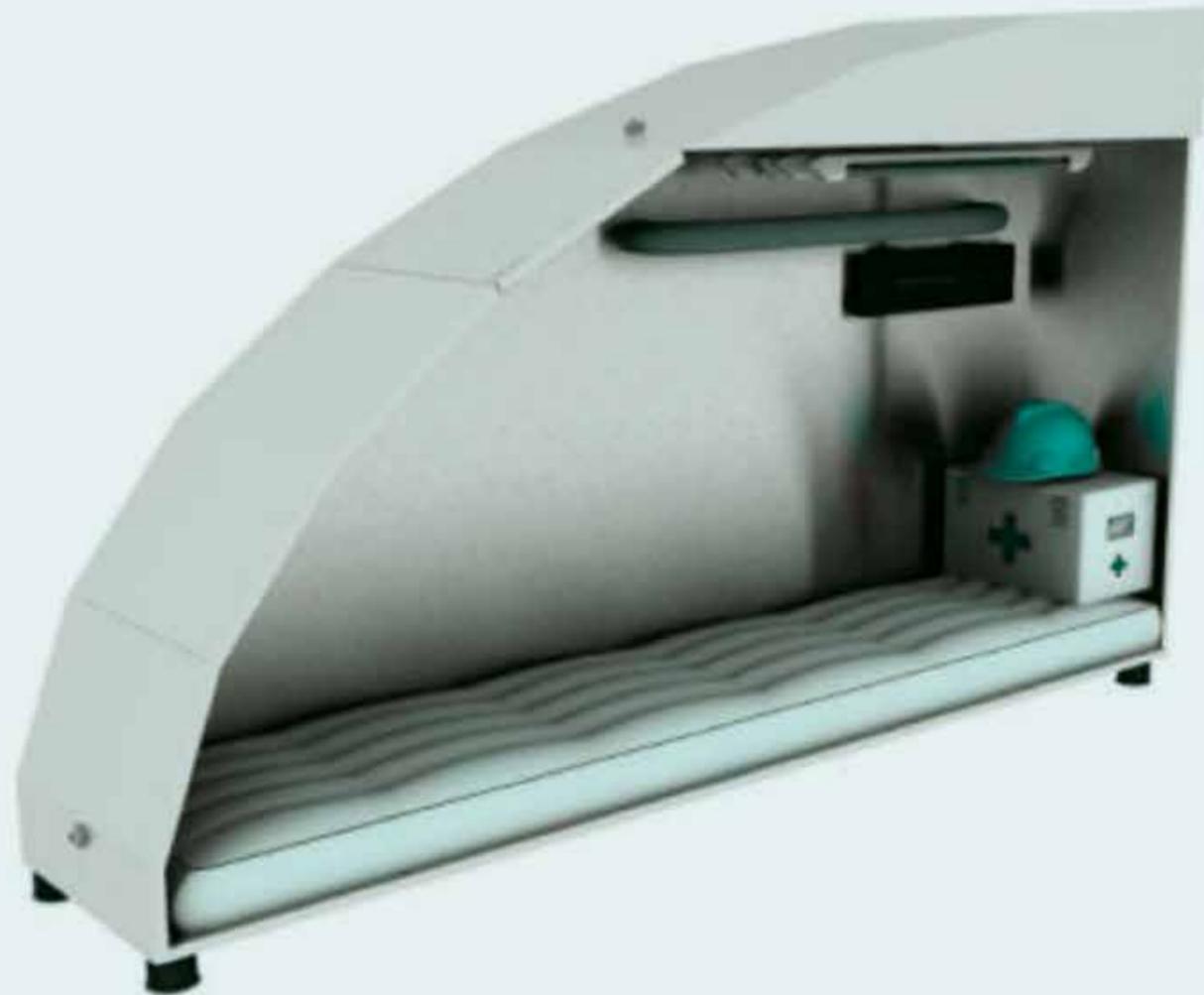


Fig. 25. Concept di comodino per la protezione personale in caso di eventi sismici notturni.

In sintesi, un comportamento adeguato alla sopravvivenza personale in caso di sisma, è il modo più efficace di preservare la propria vita. All'interno dello stesso studio cinese, viene approfondito anche il problema del comportamento degli arredi durante il sisma, come riportato nel documento: sebbene la casa non sarà crollata sotto le sollecitazioni dei terremoti di piccola e media intensità, i mobili interni potrebbero però, ferire le persone che cercano un rifugio proprio vicino questi^[9]. Come osservato dal team che ha condotto l'analisi, effettivamente il mobilio potrebbe assumere un ruolo salva-vita, anche perché, gli ambienti domestici sono i luoghi principali in cui le persone lavorano, riposano e trascorrono più della metà del tempo quotidiano, e di conseguenza è più probabile trovarsi a stretto contatto con gli arredi di casa, proprio in queste situazioni di emergenza. C'è un detto nella psicologia del terremoto, chiamato *12 seconds opportunity for self-rescuing*^[10], il che significa che dopo le prime scosse, sarà fondamentale raggiungere un rifugio sicuro entro un margine prezioso di 12 secondi, e in questi casi, gli arredi possono rappresentare la migliore soluzione di riparo a breve distanza per le persone.

Sulla base di queste osservazioni nasce l'intuizione del team del design dell'Università di Chengdu: sviluppare e attuare delle strategie di design, da una prospettiva strutturale, in grado di generare nuovi concept di arredo salva-vita in caso di calamità naturali come il terremoto.

Da un punto di vista metodologico, il primo approccio del team di ricerca, è stato quello di analizzare il sistema degli arredi nelle loro funzioni tradizionali, per poi individuare delle nuove prestazioni salva-vita da implementare nelle fasi successive della progettazione. Vengono di seguito riportate le principali linee guida progettuali per l'ideazione di nuovi arredi salva-vita in caso di calamità naturali, sviluppate in questo specifico studio.

1. Generare una geometria in grado di resistere alle sollecitazioni

Innanzitutto è stato fatto un lavoro di schematizzazione della forma generale degli oggetti, riducendola in quattro elementi di base: il punto, la linea, la superficie ed il volume che costituisce la forma degli arredi e le loro principali varianti tipologiche. Secondo l'analisi effettuata, una struttura resistente, deriva pertanto, dalla combinazione dei materiali, opportunamente selezionati, e degli elementi di base, organizzati secondo un sistema strutturale che risponde ad una precisa funzione d'uso. Ad esempio: la forma del triangolo possiede prestazioni elevate in termini di stabilità, e che difficilmente potrà collassare durante un violento scuotimento; la forma dell'arco può sviluppare invece, un'azione tampone o semi-elastica, specialmente se si esercita una forza verticale. Pertanto sarà fondamentale per i progettisti, nella fase di sviluppo della struttura, considerare le principali leggi della statica e della meccanica^[11].

2. Selezionare dei materiali ad alta resistenza meccanica

Sarà fondamentale tener conto delle proprietà e delle prestazioni dei materiali da impiegare nella realizzazione della struttura dell'arredo. La scelta del materiale non solo influenza la forma e l'aspetto del mobile, ma possono potenziare notevolmente la prestazione salva-vita in caso di emergenza. Pertanto, nella selezione dei materiali, i progettisti dovranno soddisfare da un lato, le esigenze di una trasformazione semplice e rapida dell'arredo, in sistema salva-vita con prestazioni ad elevata resistenza meccanica, dall'altro, dovrebbero rispondere anche alle caratteristiche commerciali tipiche di un arredo tradizionale, ossia, le sue prestazioni estetico-percettive e di produzione in serie.

[9] Chen, M., et al. (2015). Furniture Innovative Design with Earthquake Self-rescue Function: From Furniture Form and Structure Perspective. International Conference on Informatization in Education, Management and Business. (p. 40).

[10] Ivi, p. 37.

[11] Ibid.

3. Garantire l'affidabilità della funzione salva-vita dell'arredo

È importante tener conto dell'affidabilità del dispositivo anche in situazioni di emergenza e di panico. I danni generati dal terremoto avvengono in pochi secondi, quindi il design della struttura del prodotto d'arredo dovrebbe far fronte anche alle reazioni emotive delle persone e alle loro esigenze di supporto e di guida per la loro sopravvivenza. Ad esempio una porta di sicurezza non dovrà creare disagi nel tirarla o spingerla, specialmente durante la fase di evacuazione dall'edificio, quando si fugge o si corre al riparo, ma l'apertura dovrà essere immediata ed intuitiva.

4. Prevedere l'implementazione di kit di sopravvivenza

Oltre allo sviluppo della forma e della struttura del mobile, dovrebbe essere considerata anche l'implementazione di altri prodotti di emergenza antisismica, come: contenitori di cibo a lunga conservazione, un kit medico, una torcia, un dispositivo di segnalazione acustica^[12].

5. Assolvere la duplice funzione di arredo tradizionale e dispositivo salva-vita

Sebbene la frequenza delle catastrofi naturali sia relativamente elevata, non si verifica tutti i giorni. Pertanto, si dovranno prevedere delle soluzioni efficaci in termini di sviluppo di ingombri e qualità estetica percettiva, in grado di integrare la funzione salva-vita della persona in "tempo di guerra" (durante il sisma) con la funzione tradizionale dell'arredo per il "tempo di pace". Ad esempio, a causa dei prezzi elevati degli immobili, la scelta di un piccolo appartamento è diventata quella più diffusa per i giovani, quindi sarà importante sviluppare soluzioni ad hoc, di arredi trasformabili e salva-vita, per soddisfare i bisogni di questo specifico target che vive in spazi limitati.

Le linee guida sviluppate dal team del design dell'Università di Chengdu, sono state poi applicate in una fase successiva di sperimentazione, attraverso lo sviluppo di un nuovo concept di comodino letto (Fig. 25), con capacità antisismiche. La scelta di testare questa tipologia di arredo, nasce dalla considerazione, se pur ovvia, che la situazione più critica per mettersi in salvo dal sisma, avviene nelle ore notturne, pertanto un campo di applicazione, di particolare interesse, sono proprio gli arredi della zona notte. In base all'analisi del fenomeno sismico e al confronto con i mobili usati in passato, e considerato che i terremoti di solito avvengono di notte, vengono testati i principi di progettazione sui comodini da letto da utilizzare come spazio salva-vita. Per quanto riguarda il comodino, è collegato al letto e posizionato dietro l'angolo, così da generare uno spazio di sopravvivenza o triangolo della vita. Il comodino mantiene la sua funzione tradizionale di contenitore, ma, in caso di terremoto, una porta scorrevole si aprirà premendo un interruttore. Il design del comodino ha la forma di arco, costituito da un telaio in acciaio, in modo da garantire maggiore sicurezza. La struttura di questo comodino è formata da un telaio di protezione a doppio strato: un telaio di assorbimento agli urti, posizionato all'esterno e un telaio di sicurezza all'interno. Nella parte inferiore del comodino è stato installato un dispositivo a molla di smorzamento, per dissipare le energie prodotte dalle sollecitazioni sismiche e garantire pertanto maggiore stabilità al sistema. C'è anche un crash pad a forma di arco, installato dentro e sopra il comodino, deputato a garantire non solo la sicurezza delle persone all'interno dagli oggetti che cadono, ma anche ad aumentare il comfort sonoro ed ergonomico. Come spazio di contenimento, il comodino può stoccare un kit di emergenza da utilizzare in caso di disastro e dei vestiti per riscaldare le persone dopo il terremoto. L'allarme terremoto è installato sulla spalliera del letto ed ha la funzione di svegliare le persone, in caso di sisma notturno, e far in modo che tempestivamente si mettano al sicuro. Il comodino è collegato al letto e potrebbero esserci più comodini per proteggere altri membri della famiglia^[13].

[12] Ivi, pp. 38-39.

[13] Chen, M. et al. (2015). Primary Research on Emergency Self-Rescue Furniture Design for Natural. Proceedings of the 2015 Conference on Informatization in Education, Management and Business (pp. 943-946).

L'analisi e lo studio sul design di arredi salva-vita in caso di emergenza, ha lo scopo di fornire un set di indicazioni progettuali per lo sviluppo di sistemi di protezione domestici, in grado di assolvere sia la funzione di arredi tradizionali che di rifugi provvisori, facile da raggiungere e a prova di sisma. Da quanto emerso in questa ricerca, la progettazione in chiave antisismica, di nuove tipologie di arredo e la sfida per i designer, gioca sulla capacità di mettere a sistema le prestazioni salva-vita in caso di calamità, con le tradizionali funzioni degli arredi, a loro volta influenzate dalle logiche produttive e da uno specifico mercato e target di riferimento. Pertanto, la progettazione dovrà focalizzarsi sia sullo sviluppo di una struttura resiliente e a prova di sisma, attraverso l'attuazione di strategie di ottimizzazione della geometria, l'impiego di materiali ad alta resistenza meccanica e l'implementazione di tecnologie e ad altri dispositivi in grado di collaborare alle prestazioni generali salva-vita del prodotto, che allo sviluppo di altri requisiti, come gli aspetti ergonomici, di affordance, le prestazioni estetico-percettive ed emozionali del prodotto. Ad esempio, in una progettazione di un mobile, che prevede l'integrazione di sistemi meccatronici per trasformare rapidamente la sua geometria in un sistema di copertura sicuro ed alta resistenza, è fondamentale considerare sia la progettazione della sua interfaccia, che dovrà tener conto delle possibili reazioni emotive dell'utenza in caso di emergenza, che degli aspetti linguistici legati alla morfologia e alle finiture per non scadere nello stereotipo tipico dei dispositivi tradizionali per l'emergenza.

6.2 Brevetti e concorsi di design per l'emergenza calamità naturali

Ad avvalorare il bisogno di una progettazione innovativa del sistema degli arredi, in chiave antisismica e di protezione personale, è la crescente richiesta del bisogno sociale di sicurezza. Infatti, una ricerca condotta da alcuni studiosi della Southwest Jiaotong University, dopo gli eventi sismici del 2008, ha dimostrato che, a seguito del terremoto di Wenchuan, il grado di consapevolezza e la sensibilizzazione sul tema della mitigazione dei danni inferti dai terremoti è aumentata in modo significativo. In particolare, l'interesse delle persone verso la problematica della protezione dal terremoto, viene confermata dalla crescita della domanda d'acquisto di prodotti e dispositivi antisismici specializzati nella messa in sicurezza degli ambienti indoor^[14]. Di riflesso, è cresciuto anche l'interesse dei progettisti e delle aziende rispetto il tema dei prodotti per la protezione personale e l'emergenza terremoto. Sicuramente il Giappone è stato uno dei primi paesi che ha investito concretamente sul bisogno sociale di sicurezza, ed ha sostenuto la nascita di un mercato specializzato nell'erogazione di prodotti deputati alla sicurezza in caso di calamità. Infatti, negli ultimi dieci anni l'industria nipponica, ha sviluppato una varietà di dispositivi per la prevenzione dei terremoti e la messa in sicurezza degli spazi abitativi (alcuni di questi riportati nelle schede del paragrafo precedente). A confermare il nuovo fenomeno economico e sociale, è anche l'incremento, in modo esponenziale delle domande brevettuali, in particolare questa crescita, si registra dopo il terremoto di Kobe del 1995. Il grafico riportato mostra chiaramente questo aumento del trend delle domande di brevetto rispetto il tema della sicurezza e della protezione in caso di sisma. Nel grafico sono riportate le principali classificazioni CPC (Cooperative Patent Classification), che riguardano:

- Il 13,1% le A47C, si tratta di arredi per sedersi o sdraiarsi e arredi trasformabili in altre tipologie di arredo, in particolare le A47C31/002 sono domande brevettuali per letti con strutture anti-sismica;
- Il 10,4% le E04H, si riferiscono a strutture per edifici per assolvere scopi speciali, in particolare le E04H9/002 sono domande brevettuali per strutture resistenti a terremoti e celle di protezione disposte all'interno di edifici, dispositivi di smorzamento etc.;

[14] Yingjie, J. (2009). Household defensive products design and research to earthquake. Southwest Jiaotong University. (p. 8).

- Il 4,3 % le A62B, si tratta di domande per il deposito brevettuale di dispositivi salva-vita in generale, di cui, le A62B31/00, si riferiscono a rifugi mobili comprensivi di apparecchi per la protezione e garantire respirazione;
- Il 2,7% le G08B, comprende i brevetti di sistemi di segnalazione e di allarme, in particolare le G08B25/00, si riferiscono ai sistemi di allarme in cui una stazione centrale riceve informazioni di allarme da rivelatori o sistemi satellitari.
- Il 1,6% le A47B, sono le domande di brevetto che si riferiscono alle categorie merceologiche dei tavoli, scrivanie, armadietti e arredi per ufficio. In particolare le A47B13/00, riguardano le innovazioni dei telai e degli appoggi a terra per le scrivanie ed i tavoli.

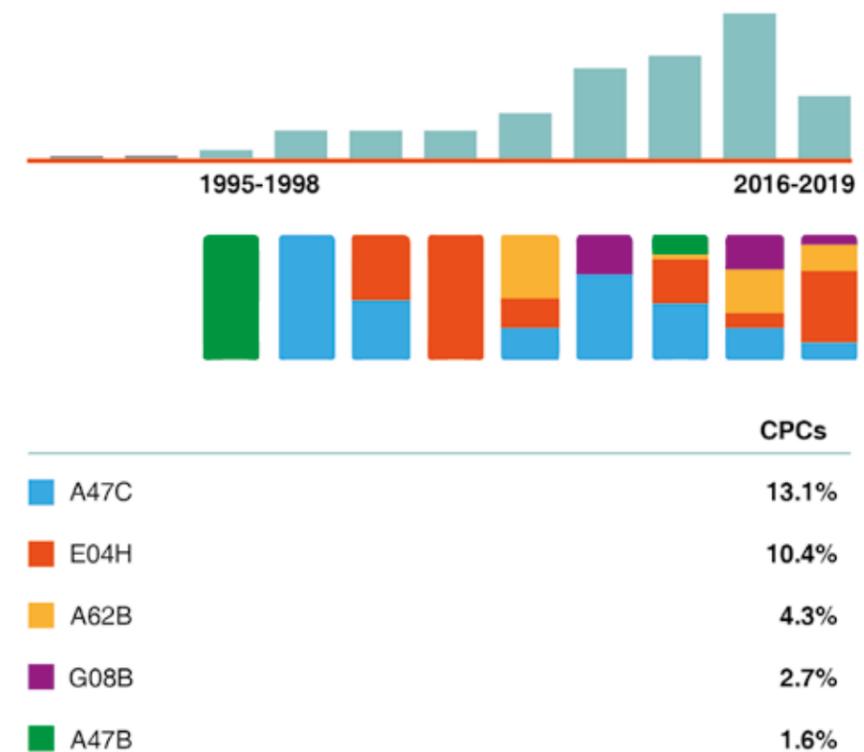


Tabella andamento deposito brevetti internazionali: arredi salva-vita in caso di sisma.

Parallelamente all'incremento dei brevetti, si è osservato un altro fenomeno culturale, caratterizzato da una crescente attività di diffusione e promozione di concorsi di idee e progetti tematizzati sulla sicurezza personale e l'emergenza da calamità naturali, rivolti a ingegneri, architetti e designer di tutto il mondo.

Uno di questi, è il concorso internazionale "Creation de mobilier parasismique-design of furniture furniture"^[15] indetto dall'Ordine degli Architetti Francesi a seguito del terremoto di Amatrice. Il bando della gara, aveva come obiettivo lo sviluppo di nuove proposte progettuali per l'ambito domestico, in grado di fornire riparo e protezione individuale in caso di sisma. In linea con il format francese, nel 2017, la rivista Eleven

[15] Foundation Architectes de urgence. (2016). Design of furniture earthquake-resistant, international contest. (consultato il 03 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <https://www.archi-urgent.com/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/2016-10-27-Reglement-concours-fau-mobilier-parasismique-FR-EN.pdf>

Magazine per la VII edizione del suo concorso annuale, ha lanciato il tema “*Shelter 48 Emergency Life-Support Design*”^[16], invitando i progettisti ad affrontare il tema della protezione e della sopravvivenza delle vittime nelle quarantotto ore successive a una catastrofe naturale. Questo particolare trend, ha coinvolto anche alcune aziende del comparto arredo che, spinte da questo crescente bisogno sociale di sicurezza, hanno iniziato ad investire privatamente in attività di ricerca e di sviluppo per implementare funzioni antisismiche all’interno dei propri prodotti.

Tra i casi studio virtuosi, e documentati dalla ricerca, ci sono l’azienda italiana Mangini, specializzata nello sviluppo di pareti mobili, e l’azienda americana LifeGuard Structures, la prima che ha proposto sul mercato una linea di arredi per contesti diversi e con prestazioni salva-vita in caso di sisma.

Alcune riflessioni

In conclusione, considerato che nei contesti caratterizzati da un edificio vulnerabile al terremoto le possibilità di sopravvivenza e di messa in sicurezza sono scarse, certamente il sistema di arredi può effettivamente rappresentare l’unico sistema di protezione personale in caso di sisma, specialmente se questa sua funzione salva-vita è implementata e prevista già nella fase progettuale. In questa prospettiva, il design può sicuramente offrire il suo contributo e assumere un ruolo strategico, specialmente nella progettazione e nello sviluppo di nuovi concept di arredo salva-vita in caso di terremoto. Inoltre, considerata la problematica della sicurezza negli spazi destinati alla didattica, specialmente quelli del nostro Paese, si potrebbe indirizzare queste nuove prestazioni per lo sviluppo di soluzioni innovative di arredo scuola, deputati alla sicurezza di questi luoghi e alla salvaguardia della vita degli studenti e dei docenti.

Partendo da queste considerazioni, la ricerca si è focalizzata sullo studio e l’analisi dello stato dell’arte di queste tipologie di prodotto specializzate per la protezione personale in caso di sisma, al fine di inquadrare sia gli aspetti tecnici che le strategie salva-vita attuate, e infine, rilevarne eventuali criticità con lo scopo di definire nuove opportunità di sviluppo e di implementazione in chiave di protezione e sicurezza a prova di terremoto.

[16] Aasarchitecture. (2018). Shelter 48: Emergency Life-Support Design. (consultato il 03 febbraio 2021). Disponibile all’indirizzo: <https://aasarchitecture.com/2018/02/winner-shelter-48-emergency-life-support-design.html/>.

Capitolo 7

Lo stato dell’arte dei brevetti, dei dispositivi, dei prodotti di arredo e di sistemi salva-vita in caso di sisma: metodologia e schedatura dei casi studio

- 7.1 **Introduzione agli arredi salva-vita: il caso studio dell’azienda americana lifeguard™ structures**
- 7.2 **Metodologia, fasi e primi risultati della ricerca dei casi studio dei prodotti salva-vita in caso di sisma**
 - 7.2.1 **Arredi ad alta resistenza meccanica**
 - 7.2.2 **Cellule e capsule di sopravvivenza**
 - 7.2.3 **Arredi trasformabili**
 - 7.2.4 **Sistemi collaboranti**

7 Lo stato dell'arte dei brevetti, dei dispositivi, dei prodotti di arredo e di sistemi salva-vita in caso di sisma: metodologia e schedatura dei casi studio

7.1 Introduzione agli arredi salva-vita: il caso studio dell'azienda americana lifeguard™ structures

Come già ampiamente discusso nel precedente capitolo, durante un sisma non soltanto le strutture architettoniche possono arrecare gravi danni alle persone, ma specialmente nei contesti antisismici, sono i sistemi di arredi, gli oggetti e le attrezzature che allestiscono lo spazio, a generare stati di pericolo e in molti casi anche di morte. Tuttavia, come riportato anche nelle testimonianze (vedi paragrafo 4.3), può accadere, in modo casuale, che gli arredi si comportino come dei sistemi di riparo e di protezione, grazie alla loro capacità di resistere al peso delle strutture che crollano sotto gli effetti del sisma. Possiamo considerare questi ripari occasionali come dei sistemi di protezione passiva al pari di dispositivi progettati per la sicurezza in altri ambiti, come i sistemi airbag, articoli per la protezione personale per alcune discipline sportive, gli indumenti per l'antinfortunistica, etc. Il loro differente comportamento dipende da come sono stati concepiti, progettati e realizzati.

In commercio sono già disponibili una serie di dispositivi, come staffe di metallo e cinghie di contenimento deputati alla messa in sicurezza di quegli elementi non strutturali ritenuti maggiormente pericolosi per l'incolumità delle persone quali: armadi, mensole ed altri oggetti pesanti.

Come abbiamo visto, per i paesi caratterizzati da un elevato rischio terremoto e con un edificato prevalentemente antisismico (ad esempio il Giappone), questi dispositivi (vedi paragrafo 5.2) sono ampiamente consigliati e in alcuni contesti obbligati dalle normative antisismiche.

Tuttavia, tali sistemi risultano essere totalmente inadeguati per l'utilizzo in un contesto edilizio vulnerabile, specialmente quello di tipo storico, come quello italiano ma anche di altri paesi, caratterizzato da una diffusa incertezza del comportamento delle strutture in caso di sisma.

Fig. 26. Codice colore per la gerarchizzazione dei prodotti secondo lo stato di approfondimento progettuale: concept, prototipi, brevetti, prodotti commercializzati.



Pertanto, questa parte della ricerca, è finalizzata ad indagare lo stato dell'arte dei sistemi di protezione in caso di sisma, con particolare attenzione verso le soluzioni salva-vita ad oggi sviluppate che interessano elementi non-strutturali come i sistemi mobili, gli arredi e le attrezzature che allestiscono gli spazi interni di un edificio.

Lo scopo di questa attività è analizzare in maniera critica e schedare, secondo dei parametri utili alla progettazione strutturale e al design, i progetti, i brevetti e i prodotti salva-vita, ad oggi sviluppati, in grado di proteggere ed aumentare le possibilità di salvarsi rispetto i contesti critici individuati come spazi abitativi, lavorativi e per l'apprendimento.

Nell'analisi saranno evidenziate le principali strategie salva-vita attuate e rilevate eventuali criticità da trasporre, in una fase progettuale successiva, come opportunità di innovazione e di nuovo sviluppo di concept. I risultati dello stato dell'arte riportato in questa ricerca, rappresentano inoltre, un importante contributo all'attività di definizione e ampliamento di un set di requisiti tecnico-prestazionali dei prodotti che saranno sviluppati all'interno del progetto di ricerca industriale S.A.F.E.^[17].

Tra gli esempi di aziende che si sono specializzate nella manifattura di prodotti e arredi antisismici si riporta il caso studio virtuoso della LifeGuard Structures con sede a Seattle, stato di Washington negli Stati Uniti. Dal 2016 è l'unica azienda sul mercato internazionale a sviluppare una linea di arredi protettivi in caso di sisma per l'ambito ufficio, scuola e domestico.

La mission aziendale è la protezione delle persone che vivono e lavorano in aree soggette ad elevata pericolosità sismica producendo strutture protettive ad elevata resistenza meccanica e, come documentato nei video dimostrativi caricati sul sito ufficiale^[18], in grado di supportare il crollo di un edificio a più piani.

“Gli esperti dicono sempre che dovrete mettervi sotto un tavolo o una scrivania robusti durante un terremoto o un tornado. Ma hai davvero fiducia che un tavolo o una scrivania normale possano salvarvi la vita? Pertanto abbiamo costruito un dispositivo di sicurezza in grado di sopravvivere a un crollo completo dell'edificio. L'abbiamo camuffato come un oggetto di tutti i giorni e lo abbiamo allestito con tutto il necessario per rimanere in vita, anche se il tuo salvataggio è in ritardo di settimane”.
(Ben S. - New customer Ben S. from Vancouver BC)^[19].

Scrivanie, tavoli e banchi sono costruiti per supportare oltre un milione di libbre, in tal modo una persona può rimanere al sicuro all'interno dello spazio di sicurezza ricavato sotto l'arredo.

Il sistema prevede lo sviluppo di un solido telaio, che si comporta da armatura e da cellula salva-vita, rivestito da una serie di pannelli con finiture diverse e personalizzabili per adattarsi al contesto d'utilizzo. Sotto il rivestimento, i moduli protettivi sono stati progettati come le scocche di un carro armato.

Ogni prodotto LifeGuard è costituito infatti da un potente scheletro in acciaio caratterizzato da una “Crumple Zone”, ossia una struttura in grado di assorbire l'energia generata dall'impatto con grandi oggetti in caduta, come pavimenti ed altri elementi strutturali. Nella figura 26 è possibile osservare uno dei test condotti dall'azienda per la verifica strutturale rispetto la resistenza agli urti. Oltre alla protezione dai carichi statici e dinamici, i moduli LifeGuard sono dotati di una base per garantire la sicurezza e la protezione della persona anche nel caso del crollo di un pavimento.

[17] “S.A.F.E. - Design sostenibile di sistemi di arredo intelligenti con funzione salva-vita durante eventi sismici” è un progetto di Ricerca Industriale, co-finanziato dal MIUR nell'ambito del Programma Operativo Nazionale - Ricerca e Innovazione 2014/2020, coordinato dall'Università di Camerino che coinvolge undici partner tra università, aziende del settore legno-arredo e del settore ICT e IoT (Coordinatore scientifico: Lucia Pietroni, Professore di Disegno Industriale della Scuola di Architettura e Design di Unicam)www.safeproject.it

[18] <https://www.lifeguardstructures.com/>.

[19] Ben, S. (a cura di). (2019). Lifeguards. Disponibile all'indirizzo. <https://www.lifeguardstructures.com/>.

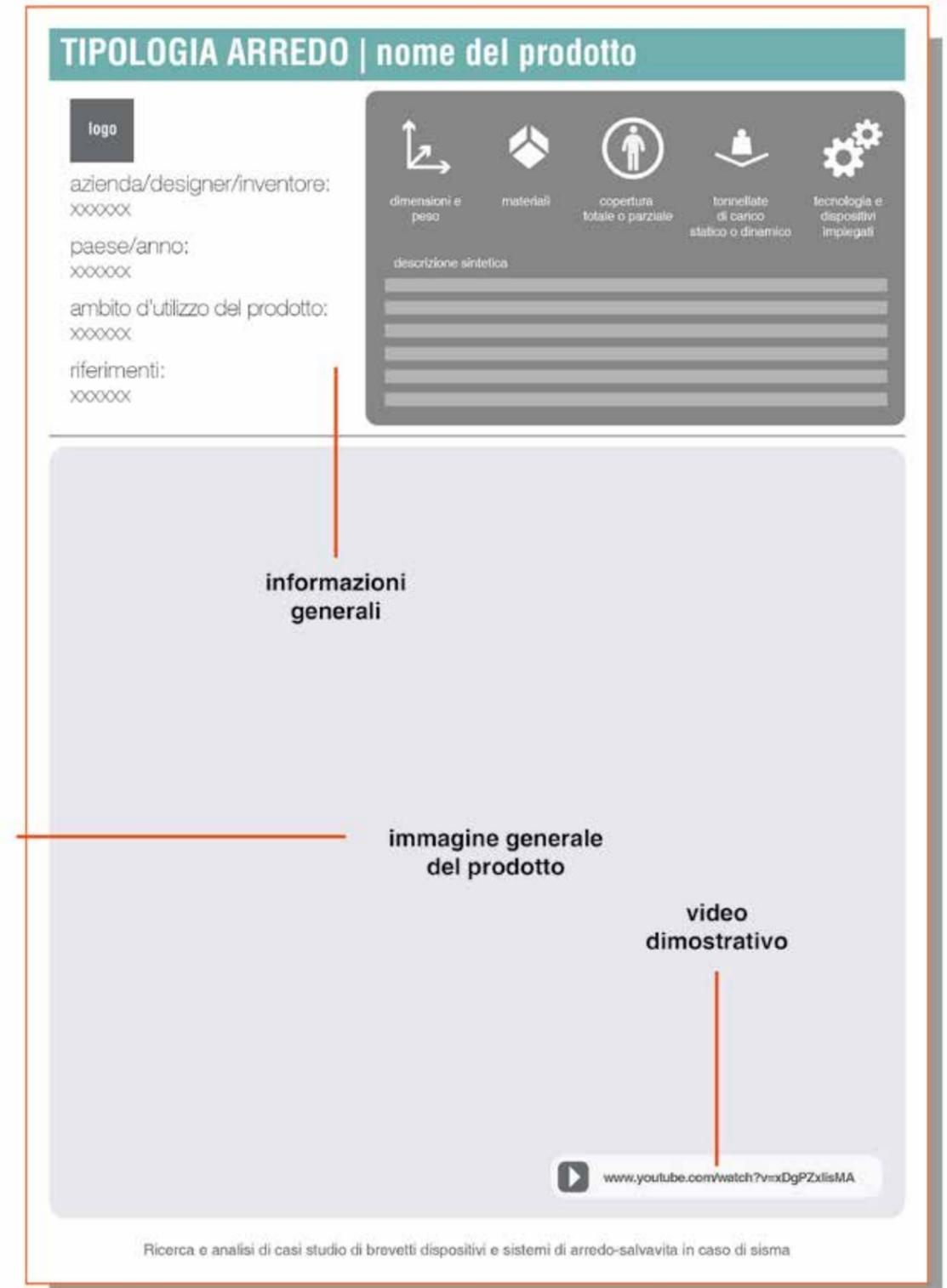


Fig. 27. Layout della scheda sintetica per la catalogazione dei casi studio mappati dalla ricerca.



Fig. 28. Area grafica con le informazioni sintetiche del prodotto analizzato.

Ogni unità salva-vita include al suo interno una maschera per la respirazione in caso di fughe di gas e polveri, un sistema di illuminazione di emergenza, una serie di coperte per mitigare il freddo, un kit di pronto soccorso, una serie di dispositivi di segnalazione e una scorta di acqua e cibo sufficienti per resistere diverse settimane. Le unità variano per dimensione, layout e di conseguenza per numero di persone protette in caso di sisma. In particolare, le forme e la configurazione dei moduli sono state sviluppate per essere versatili all'interno di precise zone dello spazio ufficio, come il centro di una stanza o l'angolo di una parete. Inoltre, è possibile in fase di allestimento abbinare le singole unità creando delle vere e proprie "isole di sopravvivenza" (Fig. 26).

Le tipologie disponibili sul catalogo e la loro flessibilità nelle configurazioni e la possibilità di accostare più moduli, rappresentano sicuramente uno degli aspetti più innovativi sviluppati dall'azienda americana. Attraverso di queste è infatti possibile coprire e mettere in sicurezza diverse aree dello stesso edificio, come uno spazio ufficio, una sala riunione, una hall, un'aula o un laboratorio. Un altro aspetto interessante è la possibilità di customizzazione dei moduli.

L'azienda di Seattle non ha valorizzato solo le prestazioni antisismiche dei suoi prodotti, ma ha cercato anche di investire sulla leva emozionale, attraverso una serie di diversi materiali e finiture in grado di ampliare la gamma dei prodotti e degli stili, in modo da rispondere a diversi target e mercati, anche del lusso, e adattarsi a molteplici contesti d'utilizzo. Infatti, per ogni modulo è possibile scegliere oltre ad un set di finiture esterne, in legno o in laminato, anche lo stile dell'arredo, disponibile in diversi modelli e in grado di offrire al cliente finale, arredi salva-vita in coordinato con un ambiente ufficio di tipo tradizionale e classico, oppure moderno e minimal. Per ulteriori approfondimenti è possibile consultare il sito web dell'azienda all'indirizzo www.LifeGuardStructures.com e consultare il catalogo con tutti i prodotti ad oggi commercializzati^[20]. In sintesi, l'azienda LifeGuard™ Structures rappresenta, per la ricerca e lo sviluppo di soluzioni per la protezione personale in caso di sisma e l'offerta commerciale di diverse tipologie di prodotto, la realtà imprenditoriale specializzata nella progettazione di arredi salva-vita, più importante ad oggi sul mercato. Come è facile comprendere dallo studio dei moduli protettivi, la principale strategia di protezione perseguita dall'azienda è quella di sviluppare delle strutture ad alta resistenza meccanica, attraverso l'uso massivo dell'acciaio. Si tratta di una soluzione che da un lato, risponde perfettamente alla capacità di resistere ad importanti carichi e agli impatti con altri oggetti pesanti, dall'altro, prevede la realizzazione di arredi caratterizzati da pesi davvero eccessivi. Tuttavia, come documentato nelle schede del prossimo paragrafo, questa strategia è quella più adottata nel processo di sviluppo di questi specifici prodotti.

7.2 Metodologia, fasi e primi risultati della ricerca dei casi studio dei prodotti salva-vita in caso di sisma

La metodologia proposta in attuazione dell'indagine si articola in quattro importanti step:

1. Avvio di una serie di ricerche preliminari e indagine on-desk sulla letteratura tecnico scientifica ad oggi sviluppata; infine lo sviluppo di una bibliografia e di una sitografia che raccoglie i maggiori motori di ricerca di brevetti industriali, siti specializzati nella divulgazione di bandi e concorsi per designer e progettisti, siti di aziende specializzate sulla tematica di riferimento;
2. Lo sviluppo di una scheda di sintesi prodotto (Fig. 27, Fig. 28, Fig. 29) dove sono state inserite: le principali caratteristiche dimensionali, tecniche-prestazionali, con particolare attenzione alle strategie salva-vita adottate; le informazioni sintetiche dell'azienda produttrice e del designer o inventore (per i brevetti); l'anno e il paese dove sono stati realizzati;

[20] Lifeguards. (2019). Life-Saving Structures multi-hazard protection in a familiar form. Catalogo. Disponibile all'indirizzo. <https://www.lifeguardstructures.com/>.

3. L'elaborazione dei risultati attraverso una prima fase di raggruppamento e di indicizzazione delle schede sviluppate sulla base delle strategie salva-vita individuate, ad esempio: la resistenza, la copertura totale, la trasformabilità, la collaborazione antisismica con l'edificio;
4. Lo sviluppo di una scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma (Fig. 31) dai principali casi studio mappati.

Ricerche preliminari

Nella prima fase di ricerche preliminari sono state avviate una serie di attività on-desk e sul campo per reperire il maggior numero di dati e informazioni in merito alla letteratura tecnico-scientifica che ha già trattato l'argomento della messa in sicurezza degli spazi indoor attraverso l'installazione di arredi e dispositivi salva-vita in caso di sisma. Per la ricerca di anteriorità dei brevetti sono stati indagati alcuni motori di ricerca specializzati come Google patent, espacenet e uibm, utilizzando le seguenti parole chiave: "furniture life-saving", "earthquake proof furniture", "shelter seismic desk/table", "seismic self-rescue furniture".

Le stesse keywords, tradotte in italiano, sono state utilizzate sul sito dei brevetti italiani. I prodotti commerciali sono stati indagati attraverso la raccolta delle schede tecniche fornite dalle aziende e del materiale multimediale reperibile in rete.

I casi studio individuati sono stati successivamente organizzati in delle schede, in base al livello di approfondimento progettuale, dal concept al prototipo, dal brevetto al prodotto commerciale, e infine suddivisi secondo le principali strategie progettuali adottate per implementare la prestazione salva-vita.

La fase di individuazione, raccolta e indicizzazione dei casi studio è durata complessivamente tre mesi ed è stata svolta con un approccio interdisciplinare, coinvolgendo ricercatori dell'Università di Camerino delle due aree disciplinari del Disegno Industriale e dell'Ingegneria Strutturale e un professionista, esperto nella tutela della proprietà intellettuale e dei brevetti.

Schedatura dei casi studio

Attraverso la metodologia di una schedatura, si sono volute metter in evidenza soprattutto le principali strategie salva-vita attuate, come: l'incremento delle prestazioni di resistenza meccanica attraverso l'utilizzo di materiali rigidi e tenaci, lo sviluppo di cellule di sopravvivenza, la trasformabilità della struttura dell'arredo in uno spazio in un sistema di copertura a prova di sisma attraverso sistemi meccanici e meccatronici, e infine, lo sviluppo sistemi collaboranti con l'edificio attraverso l'utilizzo di tralicci e dissipatori. Sulla base di questa prima articolazione delle schede sono state indagate, quindi, le caratteristiche tecnico-prestazionali dei materiali impiegati, l'architettura del prodotto, le tecnologie e le strategie di dissipazione di energia adottate, come l'impiego di dissipatori idraulici, materiali "intelligenti" deformabili in maniera controllata etc. Sono stati infine rilevati eventuali implementazioni con dispositivi e accessori per il ritrovamento delle persone (sistemi GPS) e la loro sopravvivenza (kit di medicinali, filtri per le polveri ed i gas, etc.).

La scheda prodotto (Fig. 27) è stata sviluppata in modo da semplificare le operazioni di archiviazione e lettura dei dati importanti, ossia quelli ritenuti più coerenti con gli obiettivi della ricerca. La fase di schedatura ha visto lo sviluppo di una scheda sintetica che fornisce una visione generale sul prodotto, seguita da una scheda di dettaglio che riporta ulteriori informazioni. Ogni scheda presenta un codice colore (Fig. 30) che identifica lo stato di approfondimento progettuale del prodotto preso in esame: azzurro per i concept; rosso per i prototipi, verde per i brevetti; arancione per i prodotti commercializzati. Il layout della scheda sintetica si articola in quattro parti: nella barra colorata in alto è specificata la tipologia di arredo analizzata ed il nome commerciale, sotto a sinistra sono visibili i dati dell'azienda o del designer (o inventore) con il paese

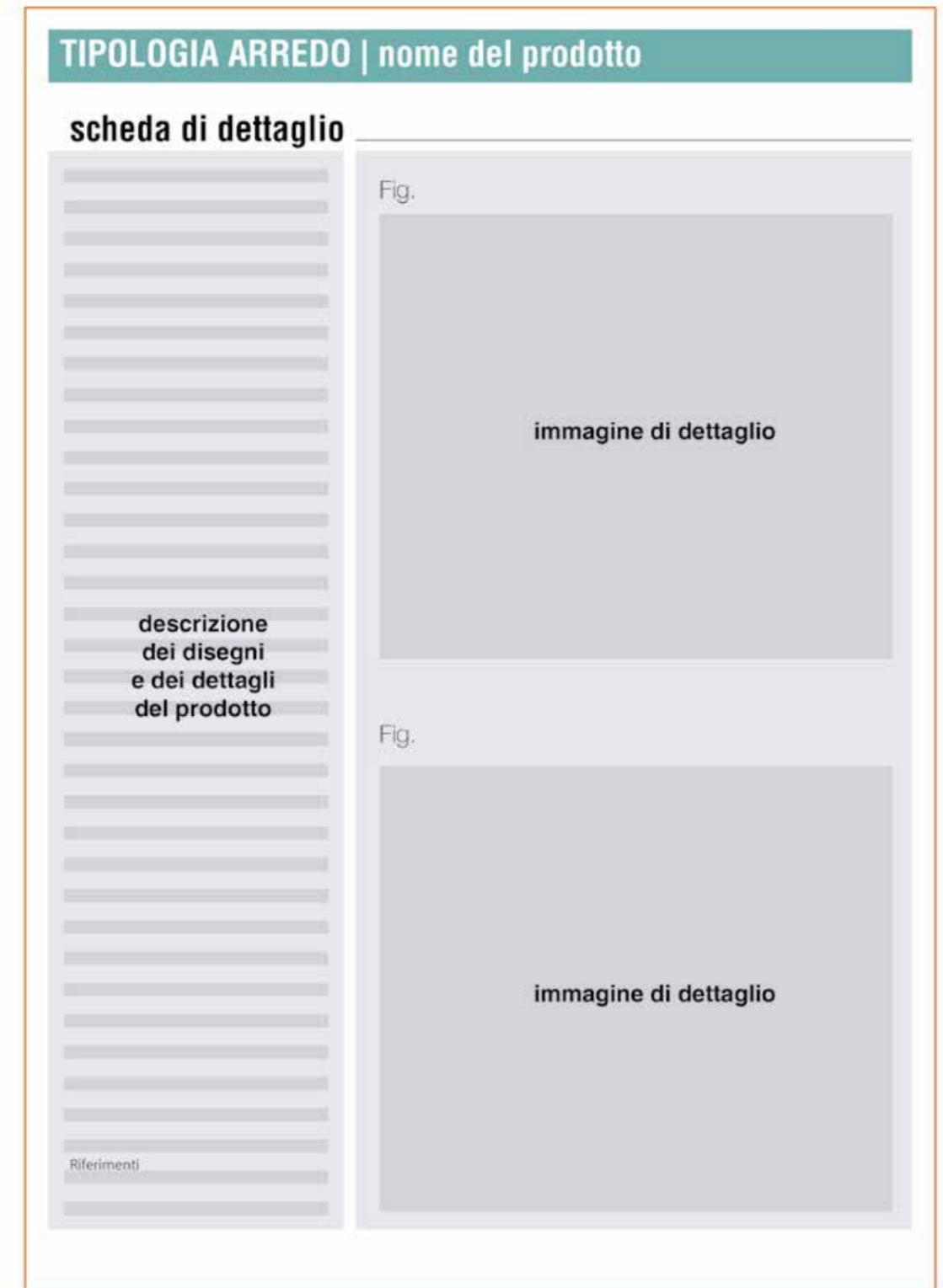


Fig. 29. Scheda con la descrizione di dettaglio del prodotto analizzato.

- commercializzati**
- brevetti**
- prototipi**
- concept**

TIPOLOGIA ARREDO | nome del prodotto

logo

azienda/designer/inventore:
xxxxxx

paese/anno:
xxxxxx

ambito d'utilizzo del prodotto:
xxxxxx

riferimenti:
xxxxxx

dimensioni e peso
materiali
copertura totale o parziale
formelle di carico statico o dinamico
tecnologia e dispositivi impiegati

descrizione estetica

Immagine generale del prodotto

Ricerca e analisi di casi studio di brevetti (dispositivi) e sistemi di arredo-salvavita in caso di sisma pag.

di provenienza e l'anno di produzione o di ideazione in caso di concept o di deposito in caso di brevetto; a destra oltre ad una breve descrizione sono presenti dei simboli che identificano le caratteristiche dimensionali, i materiali, il livello di protezione, le prestazioni tecniche e le tecnologie adottate; nella parte centrale sono riportate le immagini del prodotto e in basso a destra il link di un video esplicativo del prodotto (quando questo è fornito dalle aziende).

La scheda di dettaglio (Fig. 29) riporta delle informazioni aggiuntive che riguardano i dettagli tecnici e ulteriori approfondimenti sugli aspetti tecnologici e di innovazione.

Il layout della scheda è caratterizzato da una colonna testuale, a sinistra, dove sono descritti i disegni e le caratteristiche del prodotto, e uno spazio, a destra del foglio, dove sono riportate le immagini di riferimento.

Ogni scheda presenta un codice colore che identifica lo stato di approfondimento progettuale del prodotto: azzurro per i concept; rosso per i prototipi, verde per i brevetti; arancione per i prodotti messi in commercio.

Raggruppamento e indicizzazione delle schede

Nella terza fase dell'analisi dello stato dell'arte, le trentacinque schede sviluppate sono state suddivise in quattro macro gruppi: 1) arredi ad alta resistenza meccanica; 2) cellule e capsule di sopravvivenza; 3) arredi trasformabili; 4) sistemi collaboranti.

1. Per *arredi ad alta resistenza meccanica* s'intendono alcune tipologie di arredo consolidate come tavoli, scrivanie, banchi, etc. caratterizzate da migliori prestazioni di resistenza meccanica ai carichi statici e dinamici, in cui la procedura di sicurezza prevede di cercare riparo sotto l'arredo ed aspettare i soccorsi secondo la pratica di sopravvivenza del "drop, cover, hold-on". All'interno di questa categoria sono stati schedati dieci prodotti.
2. Per *cellule e capsule di sopravvivenza* si fa riferimento a tutte quelle soluzioni progettuali anti-sismiche in cui le persone per mettersi in sicurezza sono obbligate a raggiungere una sorta di piccolo rifugio o bunker completamente chiuso, che oltre a dare riparo contro i crolli strutturali è in grado di isolare l'occupante dagli agenti nocivi esterni dovuti ad un'intensa attività sismica: polveri, fughe di gas, etc. In questa categoria sono stati schedati nove prodotti.
3. Per *arredi trasformabili* s'intendono quelle tipologie di arredo equipaggiati con una serie di accessori attivabili manualmente o dotati di sensori elettronici che innescano sistemi meccatronici in grado di trasformare l'oggetto in un bunker o in una struttura protettiva e resiliente alle sollecitazioni del sisma. In questa categoria sono stati schedati tredici prodotti.
4. Per *sistemi collaboranti* s'intendono quelle soluzioni progettuali che collaborano con la struttura dell'edificio per mettere in sicurezza le persone. In particolare con il termine "collaborante" si vuole intendere la capacità di un prodotto a contribuire positivamente al mantenimento della configurazione statica di un corpo edilizio; ad esempio attraverso un sistema tenace di irrigidimento da installare in una stanza, oppure un sistema in grado di assecondare i movimenti e le oscillazioni di un edificio durante un sisma, riducendo drasticamente le possibilità di generare barriere e ostacoli. All'interno di questa categoria sono stati schedati tre prodotti^[21].

[21] Galloppo D., Mascitti J., Pietroni L. (2019). Design strategies for the development of life-saving furniture systems in the event of an earthquake. "WIT Transactions on The Built Environment" (a cura di) G. Passerini, F. Grazia e M. Lombardi, WIT Press, vol. 189, Southampton (UK). (pp. 67-77).

Fig. 30. Codice colore per la gerarchizzazione dei prodotti secondo lo stato di approfondimento progettuale: concept, prototipi, brevetti, prodotti commercializzati.

7.2.1 Arredi ad alta resistenza meccanica

In questo paragrafo vengono riportati i principali risultati in merito all'analisi dei casi studio caratterizzati dallo sviluppo di arredi ad alta resistenza meccanica. Si tratta di dieci schede in tutto, che restituiscono in maniera sintetica caratteristiche tecniche e disegni, riferiti a questa particolare categoria, ossia, le tipologie d'arredo tradizionale come tavoli, scrivanie, sedie, banchi, etc. contraddistinte da elevate prestazioni in termini di resistenza ai carichi statici e di resilienza rispetto ai carichi dinamici. Per queste specifiche categorie di prodotto, le persone, per mettersi in salvo, sono obbligate a seguire la tipica procedura di sopravvivenza del "drop, cover, hold-on", quindi, chinarsi sotto l'arredo ed aspettare che il sisma finisca per poi lasciare l'edificio o attendere i primi soccorsi.

BANCO SCUOLA | Earthquake Proof Table

designer:
Arthur Brutter, Ido Bruno

paese/anno:
Israele/2012 (prototipo)

ambito d'utilizzo del prodotto:
scuola

riferimenti:
www.quakeproofable.com


720x1200x800


Acciaio
Multistrato


copertura
parziale
e
2 studenti


carico verticale
1 Ton


smorzatore
idraulico

Il banco da scuola è progettato in modo da assorbire e deformarsi sotto l'urto delle strutture che cadono. La progettazione della deformazione permette ai detriti di scivolare sui lati del piano di lavoro del banco. La resistenza del tavolo al carico dinamico è ottenuta mediante un disegno del telaio spiovente e l'utilizzo di smorzatori idraulici installati all'interno dei quattro tubi sugli angoli del banco. Si tratta di una azione sinergica tra struttura e materiale che assorbe e trasferisce l'energia in modo tale che lo spazio importante al di sotto del tavolo rimanga intatto.



BANCO SCUOLA | Earthquake Proof Table

scheda di dettaglio

La struttura banco scuola (Figura 1 e Figura 2) è formata da un traliccio generato da una coppia di telai speculari ed un telaio centrale portante. L'intero telaio è realizzato a partire da barre di acciaio a sezione doppia T, mentre le gambe del banco sono dei tubolari a sezione tonda.

Il piano di lavoro è formato dall'insieme di un telaio di rinforzo di acciaio ed un rivestimento con del legno multistrato.

All'interno dei quattro tubolari sono montati quattro dispositivi ammortizzanti SASE (shock absorbing elements) in grado di assorbire parte dello shock causato da elementi strutturali (ad esempio un solaio) che cadono sul piano del tavolo.

Gli elementi ammortizzanti (Figura 2) sono accoppiati alla sommità di ciascuno dei telai laterali e possono essere configurati per assorbire una notevole quantità di forza fino ad un massimo di 1 tonnellata. Questi dispositivi permettono di ottimizzare il peso finale del telaio in quanto è possibile impiegare dei tubolari con un minore momento di inerzia, quindi più leggeri.

Riferimenti:
dal brevetto IIMPACT RESISTANT STRUCTURE
US 8,887,648 B2 del 2010

FIGURA 1



FIGURA 2



LETTO A CASTELLO | Jeté de sangles

designer:
Castelneau Ferri,
Garance Jeanmet, Léo Coste

paese/anno:
Francia/2017

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.architectes.org



Il letto è una microarchitettura definita da una serie di moduli realizzati da un traliccio di metallo e l'intreccio di cinghie di rinforzo. I moduli si differenziano per dimensioni e grado di resistenza: le zone maggiormente soggette alle sollecitazioni hanno un sistema di intrecci a base di fibre aramidiche in grado di innervare il telaio e renderlo resistente alle possibili deformazioni che si possono generare durante l'attività sismica.



LETTO A CASTELLO | Jeté de sangles

scheda di dettaglio

Il letto presenta un aspetto giocoso e poetico come provocazione al classico letto a castello.

La parte superiore ospita un letto semplice e una struttura realizzata interamente con tubolari di diametro 40mm resistente a un carico verticale di 1000 kg.

La parte inferiore è progettata per proteggere da due a tre persone e costituisce un riparo totale da eventuali oggetti che cadono ed urtano il letto.

Due materiali economici e comuni costituiscono i moduli del letto a castello (Figura 2):

- un telaio in tubolari di metallo
- una serie di cinghie in fibra aramidica

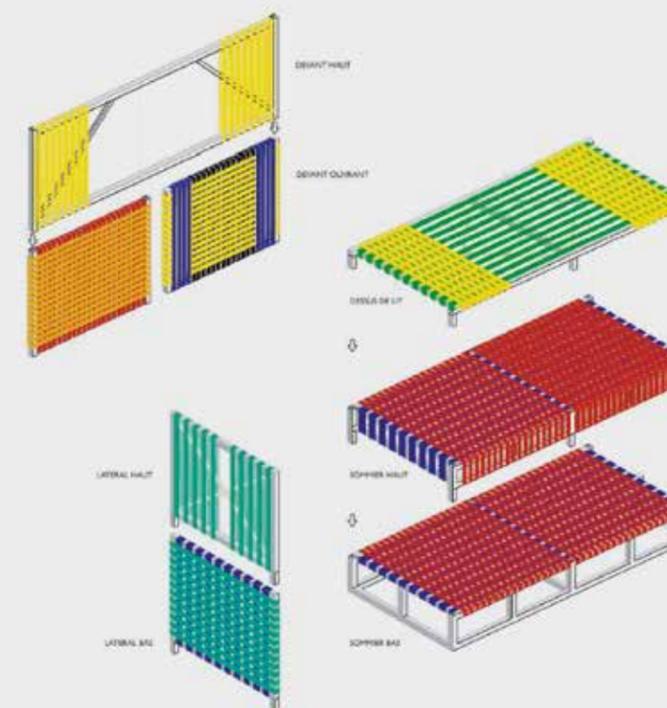
L'organizzazione strutturale risultante dal calcolo sismico con il software è trasposta sulla configurazione degli intrecci delle cinghie; distribuite sulle diverse facce in base alla resistenza richiesta.

Riferimenti:
ARCHITECTE DE L'URGENCE concours international- création de mobilier parasismique

FIGURA 1



FIGURA 2



SCRIVANIA | Safety ball functioning as earthquake shelter

inventore:
Jin Yeong Har

paese/anno:
Korea del Sud/2009

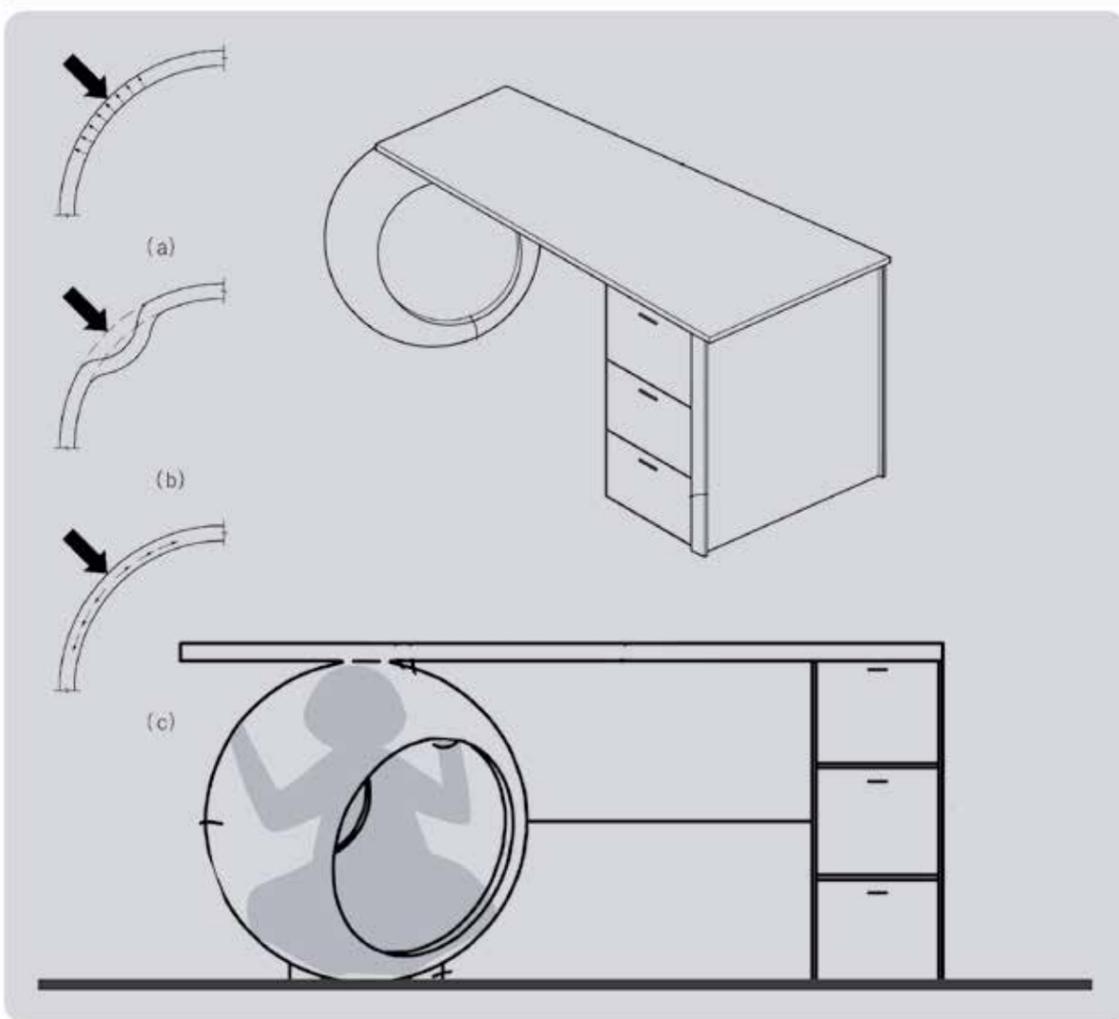
ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
patents.google.com

Fibra di vetro
Legno

copertura
totale
x
1 persona

La scrivania è costituita da un piano di lavoro montato sopra una sfera realizzata in materiale composito in grado di supportare elevati carichi e distribuirli in maniera omogenea sulla superficie senza raggiungere la rottura, ma comportandosi in maniera elastica. La sfera rappresenta lo spazio salva-vita temporaneo in caso di sisma ed è munita al suo interno di un piccolo kit per la sopravvivenza.



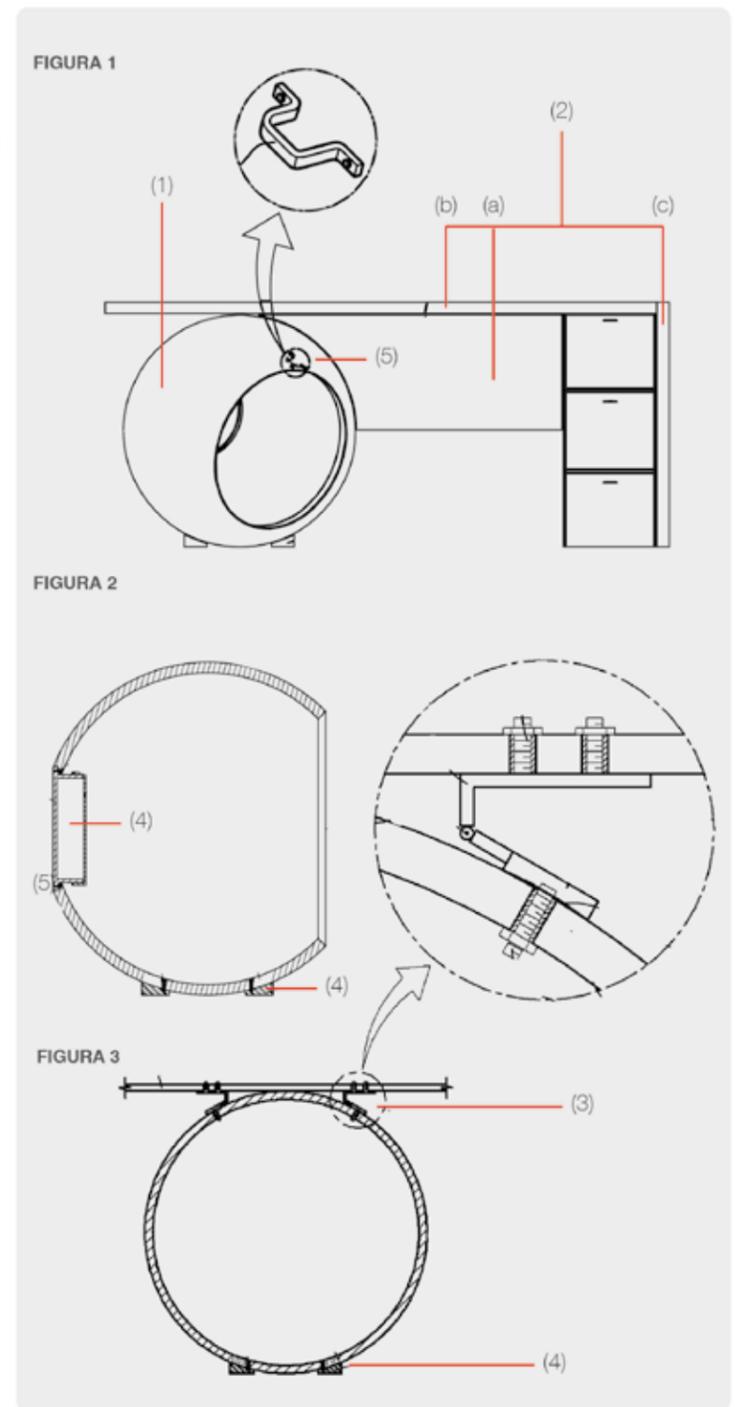
SCRIVANIA | Safety ball functioning as earthquake shelter

scheda di dettaglio

La scrivania è composta fondamentalmente da due parti: una sfera aperta (1) che funziona come spazio salva-vita in caso di sisma e un telaio (2) composto da tre piastre (a,b,c).

La sfera salva-vita mostrata in figura 1 e 2 è ha la funzione di proteggere la persona dai possibili urti durante il sisma e garantire la sopravvivenza in attesa dei soccorsi. La forma allettica è in grado di distribuire uniformemente i carichi sulla superficie rendendola rigida e resistente agli urti (effetto arco). La sfera è stata sviluppata in un materiale stampato, tipo polipropilene rinforzato con fibre di carbonio o fibre aramidiche, l'andamento delle fibre di rinforzo è definito per contrastare le sollecitazioni ed i possibili carichi che si generano in caso di collasso delle strutture. Come mostrato nella figura 2 e 3 la sfera è vincolata a terra tramite elementi di sostegno (4) e alla piastra (a) mediante un sistema di giunzione (3) composto da una staffa di metallo, una cerniera e tre prigionieri con bullone. L'interno del modulo salva-vita è provvisto di una maniglia (5) per tenersi in caso di forte attività sismica e di un piccolo box (4) che contiene alcuni generi per la sopravvivenza e l'attesa dei soccorsi: cibo a lunga scadenza, acqua potabile, luce di emergenza.

Riferimenti:
dal brevetto:
"Safety ball functioning as earthquake shelter and furniture using same" PCT/KR2009/006348 del 2009



SCRIVANIA | Shock-resistant desk

inventori:
Yu Qing, Zhang Tong, Shen Wei,
Wang Yi, Jin Rong Zhi,
Jin Weidong

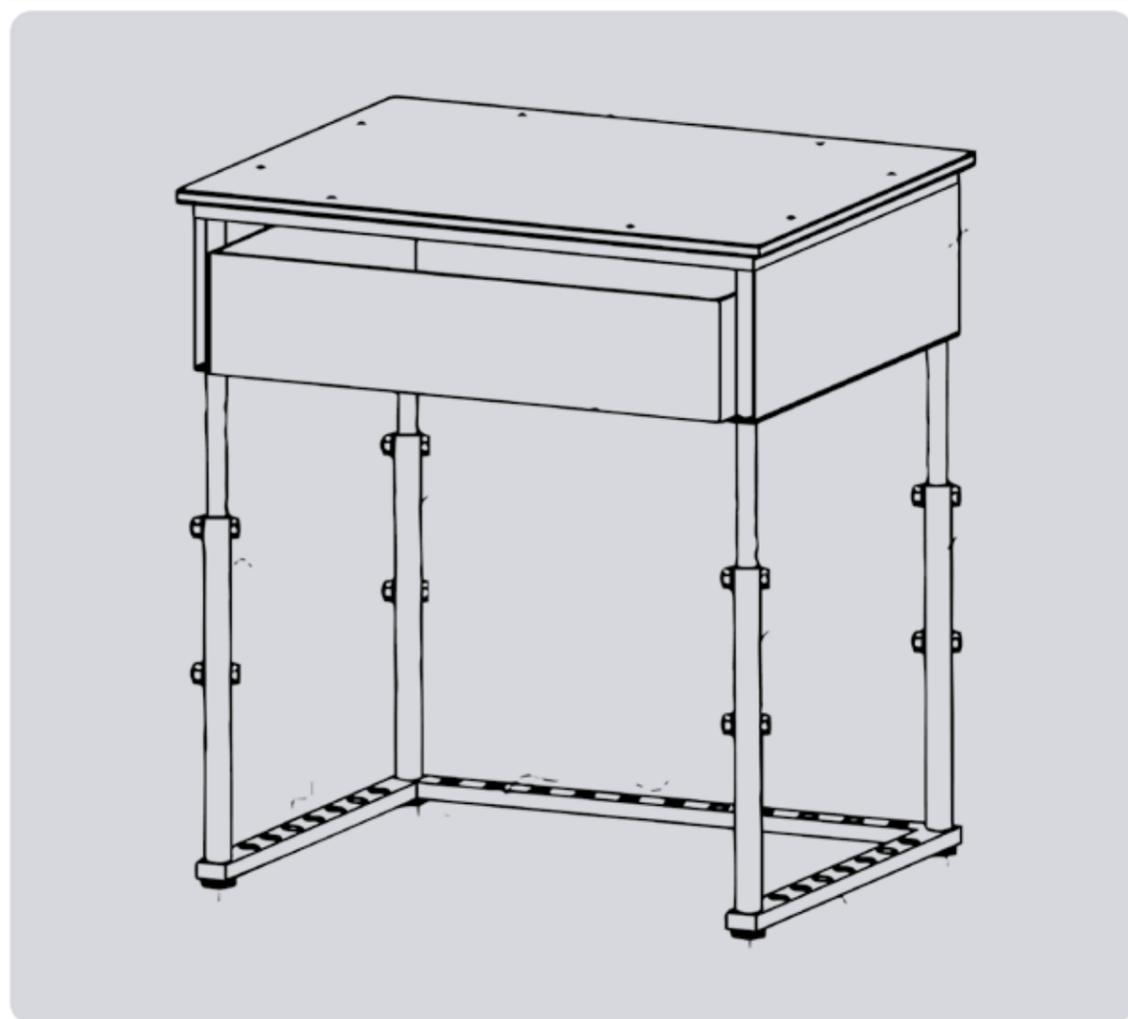
paese/anno:
Cina/2011

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
patents.google.com



Il brevetto presenta una scrivania resistente agli urti che comprende un desktop, un corpo scrivania, un telaio e quattro gambe telescopiche che consentono di regolare l'altezza del piano di lavoro. All'interno dei tubolari che costituiscono le gambe della scrivania è inserita una molla di compressione che ha la funzione di ammortizzare ed assorbimento gli urti che possono generarsi durante il sisma.



SCRIVANIA | Shock-resistant desk

scheda di dettaglio

La figura 1 mostra l'esploso della scrivania con i principali componenti: un piano di lavoro multistrato (1), uno scatolare metallico (2), quattro gambe telescopiche (3), una base di acciaio (4). Il piano di lavoro è composto da tre strati, uno a base di legno (a) e due strati a nido d'ape (b), il sandwich è montato su un telaio (c) che viene a sua volta saldato sullo scatolare (2).

Lo scatolare viene saldato a quattro tubolari preforati (5) sviluppati per regolare l'altezza del piano di lavoro.

All'interno di ciascun tubolare di acciaio (3) è stata montata una molla (Figura 2) precompressa e vincolata tra due bulloni: in caso di sollecitazioni improvvise, se il corpo del bullone superiore cede fino a rompersi, la molla precompressa interviene esercitando una pressione che mitiga la deformazione della struttura e il conseguente collasso.

I quattro tubolari di acciaio (3) sono saldati sopra una base (4) costituita da tre profilati forati e collegano la base alla parte superiore della struttura della scrivania.

FIGURA 1

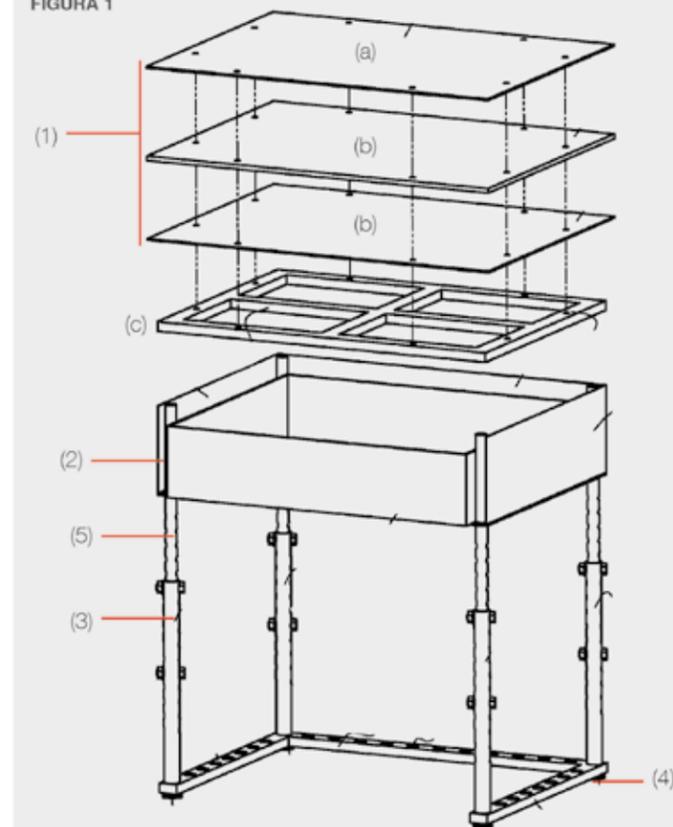
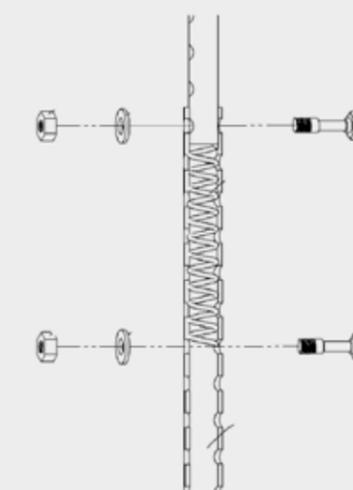


FIGURA 2



Riferimenti:
dal brevetto:
"Shock-resistant desk" CN 201120080985

TAVOLO/SCRIVANIA | anti-earthquake holding rod

inventore:
Toshiaki Uono

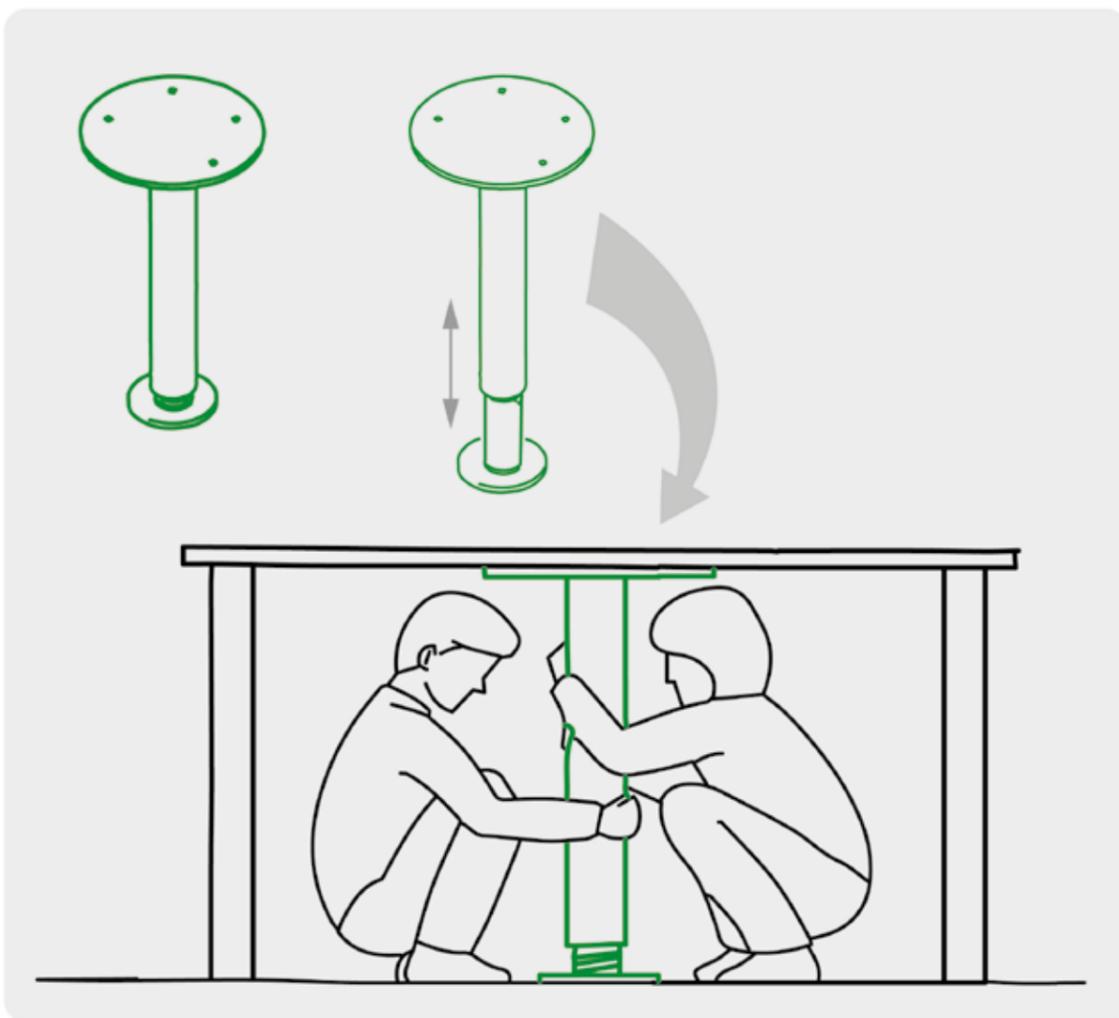
paese/anno:
Giappone/1998

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
patents.google.com

----- Acciaio copertura parziale x 2 persone ----- -----

Il brevetto prevede lo sviluppo di un'asta di sostegno per un tavolo/scrivania che si comporti come una sorta di pilastro anti-sisma. Il pilastro è stato progettato per essere dispositivo di rinforzo e a prova di sisma per un tavolo o scrivania ed elemento di ancoraggio per le persone che si rifugiano sotto il piano top evitando di essere sbalzati fuori dall'area di sicurezza. L'asta è costituita da una base regolabile, un estruso in acciaio e un piatto di raccordo dove avvitare il piano del tavolo o della scrivania per vincolare il dispositivo.



BANCO SCUOLA | La table parasismique

MS MAGNE SOUVIGNET
by MOBIDECOR

azienda:
Souvignet

paese/anno di produzione:
Francia/2011 (oggi fuori prod.)

ambito d'utilizzo del prodotto:
scuola

riferimenti:
www.batiproduits.com

1760x760x860 Acciaio copertura parziale x 2 studenti resistenza urto 0,7 Ton x 3m -----

51 Kg

Il banco scuola prodotto nel 2011 da Souvignet è un tavolo a doppia postazione ed è costituito da due piani di lavoro trapezoidali realizzati in multistrato di legno e laminato, montati sopra un telaio di acciaio in grado di resistere all'impatto di una massa di 700kg che cade da un'altezza di circa 3 metri. La struttura del telaio è composta da un traliccio di tubi d'acciaio saldati su una base composta da cinque profilati di acciaio. Una lamiera piegata e montata alla base, costituisce una forma di barriera e di zona di sicurezza da raggiungere in caso di sisma.



BANCO SCUOLA | Student desk

LifeGuard Structures

azienda:
LifeGuard™ Structures

paese/anno di produzione:
Stati Uniti / 2016

ambito d'utilizzo del prodotto:
scuola

riferimenti:
www.lifeguardstructures.com



varie misure
da 56 a 112Kg



Acciaio



copertura
totale
x
2 studenti



carico verticale
16 Ton



Il banco LifeGuard è costituito da un telaio interamente in acciaio in grado di sopportare carichi di 16 tonnellate e personalizzabile nelle finiture esterne. L'interno è allestito con imbottiture e maniglie e offre spazio sufficiente per sdraiarsi e distendersi. Il pavimento è in acciaio ed impedisce il collasso del telaio dal basso. All'interno del telaio è previsto un vano munito di kit di emergenza, con le necessità di base (cibo, acqua, luce di emergenza), una maschera respiratoria HEPA per filtrare le polveri, un dispositivo di segnalazione per le operazioni di soccorso.



BANCO SCUOLA | Student desk

scheda di dettaglio

Il banco scuola "Student Desk" (Figura 2) è composto da una struttura di acciaio formata da sei pilastri verticali collegati tra loro da due profilati, uno sulla base e uno sulla parte alta. Una lamiera di acciaio è saldata sulla parte alta e rivestita con laminato, costituendo il top del banco, questo è in grado di sopportare carichi verticali di 15 tonnellate. Una lastra di lamiera piegata è saldata sui pilastri verticali e sui profilati orizzontali rivestendo sui tre lati l'intera struttura e garantendo una protezione ai carichi orizzontali fino a 10 tonnellate.

Il banco è provvisto anche di una base, sempre in lamiera di acciaio, che protegge da possibili carichi verticali provenienti dal basso fino a 15 tonnellate.

Al centro del banco, sotto il top, sono montate delle maniglie per tenersi in caso di forti sollecitazioni e vibrazioni per effetto del sisma (Figura 1).

Il banco è dimensionato per garantire uno spazio salvavita per due studenti.

Riferimenti:
"Life-Saving Structures multi-hazard protection in a familiar form"
Catalogo 2016

FIGURA 1



FIGURA 2

Product #	Base Dimensions: W x D x H	Entry Points	Weight Pounds	Occupancy
SDLV - 1	36 x 24 x 22	2	125	2
SDLV - 3	40 x 24 x 24	2	150	2
SDLV - 5	46 x 24 x 26	2	200	2
SDLV - 7	50 x 26 x 30	2	250	2
SDLV - 12	54 x 26 x 30	2	275	2
SDLV - Custom	Varies	Varies	Varies	2-8



pag.

SCRIVANIA | Executive Desk

LifeGuard Structures

azienda:
LifeGuard™ Structures

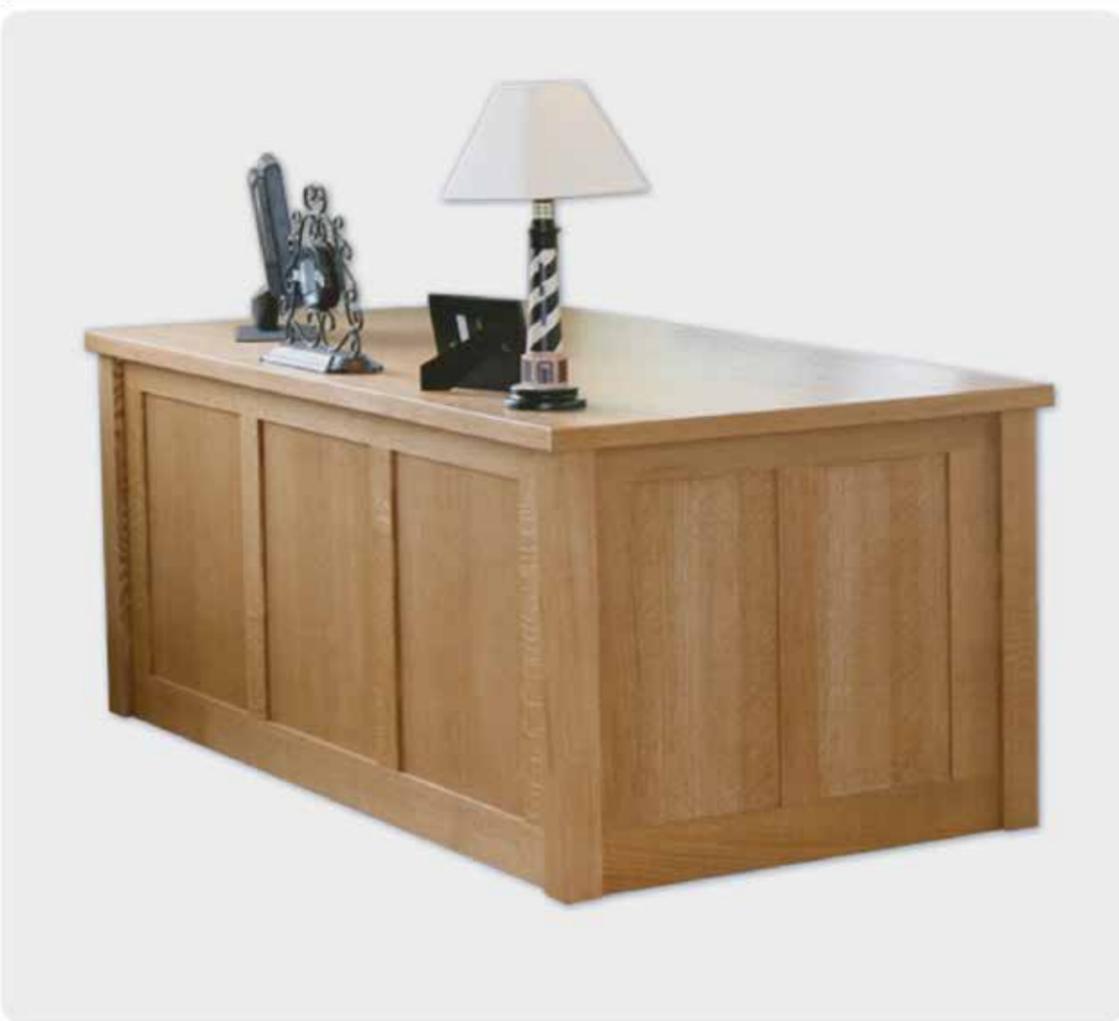
paese/anno di produzione:
Stati Uniti / 2016

ambito d'utilizzo del prodotto:
ufficio

riferimenti:
www.lifeguardstructures.com



La scrivania Executive di LifeGuard è costituita da un telaio interamente in acciaio in grado di sopportare carichi di quasi 100 ton ed è personalizzabile nelle finiture esterne. L'interno è allestito con imbottiture e maniglie e offre spazio sufficiente per sdraiarsi e distendersi. Il pavimento è in acciaio ed impedisce il collasso del telaio dal basso. All'interno del telaio è previsto un vano munito di kit di emergenza, con le necessità di base (cibo, acqua, luce di emergenza), una maschera respiratoria per filtrare le polveri, un dispositivo di segnalazione per le operazioni di soccorso.



SCRIVANIA | Executive Desk

scheda di dettaglio

La scrivania "Executive Desk" (Figura 1) è composta da una struttura di acciaio formata da otto pilastri verticali (in grado di sopportare un carico verticale di 100 tonnellate) collegati tra loro da una serie di profilati. Una lamiera di acciaio riveste completamente il telaio, sia sulla parte alta che alla base delle scrivania conferendo rigidità all'intera struttura e schermando da possibili schegge e polveri. Il piano top della scrivania è dimensionato in modo da resistere a carichi di penetrazione fino a 30 tonnellate; in caso di impatti con la struttura architettonica è in grado di assorbire l'energia come il paraurti di un'auto.

La base protegge da carichi di penetrazione fino a 15 tonnellate.

La scrivania è dimensionata per garantire uno spazio salvavita per due persone ed è provvista di un kit per 21 giorni di sopravvivenza.

L'intera struttura può essere rivestita esternamente con vari laminati o essenze naturali.

Product #	Base Dimensions: W x D x H	Entry Points	Weight Pounds	Occupancy
ED-60	60 x 34 x 29.25	1	575	1(Max 2)
ED-66	66 x 34 x 29.25	1	625	1(Max 2)
ED-72	72 x 34 x 29.25	1	675	1(Max 2)
ED-76	76 x 34 x 29.25	1	725	1(Max 2)

Finished dimensions may be larger depending on style selected. See style sheet for more information.

FIGURA 1



Riferimenti:
"Life-Saving Structures multi-hazard protection in a familiar form"
Catalogo 2016

SCRIVANIA | Earthquake-proof shelter type table



azienda:
R MENSHIN CORP

paese/anno di produzione:
Giappone / 2005

ambito d'utilizzo del prodotto:
ufficio

riferimenti:
www.r-menshin.co.jp

1700x900x750 da 238 a 328 Kg	Acciaio	copertura totale x 2 persone	-----	-----

La scrivania è costituita da una struttura in acciaio e un piano di lavoro incollato sopra il telaio. La struttura di acciaio è stata progettata in modo da resistere al collasso delle strutture architettoniche.
Per una maggiore protezione è stato inserito sotto il piano di lavoro, una sorta di sistema a saracinesca per trasformare il tavolo in un piccolo bunker e proteggersi da polveri e detriti che si possono generare a seguito del sisma.



LETTO A BALDACCHINO | Safe Canopy Bed

azienda:
Guardian Canopy Beds

paese/anno di produzione:
Stati Uniti / 2017

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
guardianbeds.com

su misura 590-725 Kg	Acciaio	copertura parziale x 2 persone	carico verticale 100 Ton	-----

L'azienda Guardian Canopy Beds propone al mercato una linea di sistemi letto customizzabili che si comportano da dispositivi salvavita e resilienti in caso di sisma. Il letto a baldacchino è formato da un telaio interamente in acciaio costituito da una base, quattro pilastri ed un telaio superiore che funziona da "rete paramassi" grado di resistere a carichi verticali di 100 tonnellate. Il letto è customizzabile per finiture e accessori ed è dimensionato su richiesta della committenza.



7.2.2 Cellule e capsule di sopravvivenza

In questo paragrafo vengono riportati i principali risultati in merito all'analisi dei casi studio caratterizzati dallo sviluppo di Cellule e capsule di sopravvivenza. Si tratta di nove schede in tutto, che restituiscono in maniera sintetica caratteristiche tecniche e disegni, riferiti a questa particolare categoria, ossia, le tipologie di prodotto caratterizzate dallo sviluppo di involucri ermetici ed altamente resistenti alle sollecitazioni sismiche ed installati specialmente negli spazi abitativi. In caso di sisma, le persone per mettersi in salvo devono raggiungere questa sorta di piccolo rifugio o bunker che, una volta chiuso, oltre a dare riparo contro i crolli strutturali è in grado di schermare e proteggere l'occupante dalle polveri, i gas, ed altri agenti nocivi, che si possono generare a seguito di un forte terremoto.

ARMADIO | Earthquake Safety Closet

design:
Università di XIAMEN

paese/anno:
Cina/2014

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
cz.home.feng.com



Acciaio
copertura totale
x
3 persone

Il concept propone lo sviluppo di un armadio per la protezione delle persone in caso di sisma: oltre allo spazio interno di rifugio e protezione il concept prevede anche una serie di dispositivi per la sopravvivenza. All'interno dell'armadio infatti, sono presenti tre sedie dotate di cinture di sicurezza o airbag ed un kit di emergenza dove è conservata acqua e cibo. Nel rifugio è presente un serbatoio di accumulo di aria per fornire ossigeno alle persone durante un terremoto. L'armadio prevede il fissaggio sulla parete o al pavimento per prevenire fenomeni di ribaltamento.



LETTO | Earthquake emergency self-rescue bedside table

designer:
Ming CHEN, Li JIANG,
Da-Zhi LIU, Jian-hua LYU

paese/anno:
Cina/2015

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
dal paper "Furniture innovative design with earthquake self-rescue function: from furniture form and structure perspective"



Acciaio
copertura totale
x
2 persone

Il concept propone una sorta di comodino-bunker da affiancare ad un comune letto. In caso di attività sismica l'utente preme un interruttore che apre la capsula del comodino permettendone l'ingresso. Il modulo del comodino è stato concepito come una capsula antipanico: all'interno sono presenti una luce di emergenza, un kit di sopravvivenza ed un rivestimento a prova di urto e in grado di smorzare i rumori esterni.



CELLULA SALVAVITA | Shellife

inventore:
Matteo Gatto

paese/anno:
Italia/2016

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.portalecompositi.it







fibra di carbonio
copertura totale
x
4 persone

Il modulo viene realizzato in materiale composito, ed in particolare integralmente in fibra di carbonio o una combinazione tipo "sandwich" di fibra di carbonio e altri materiali con elevata resistenza meccanica. All'interno della capsula è prevista l'allocatione di un sistema di rilevamento della posizione e un impianto di pressurizzazione e ricambio aria. Sono previsti anche una serie di sistemi di protezione individuale "passivi" della persona ed in particolare: cinture di sicurezza e airbag oltre alla totale imbottitura della superficie interna.



CELLULA SALVAVITA | smalltype of seismic shelter case

inventori:
Chien-Ping Ju, Jiin-Huey Chern Lin, Tuan-Sheng Lui

paese/anno:
Stati Uniti/2002

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
patents.google.com

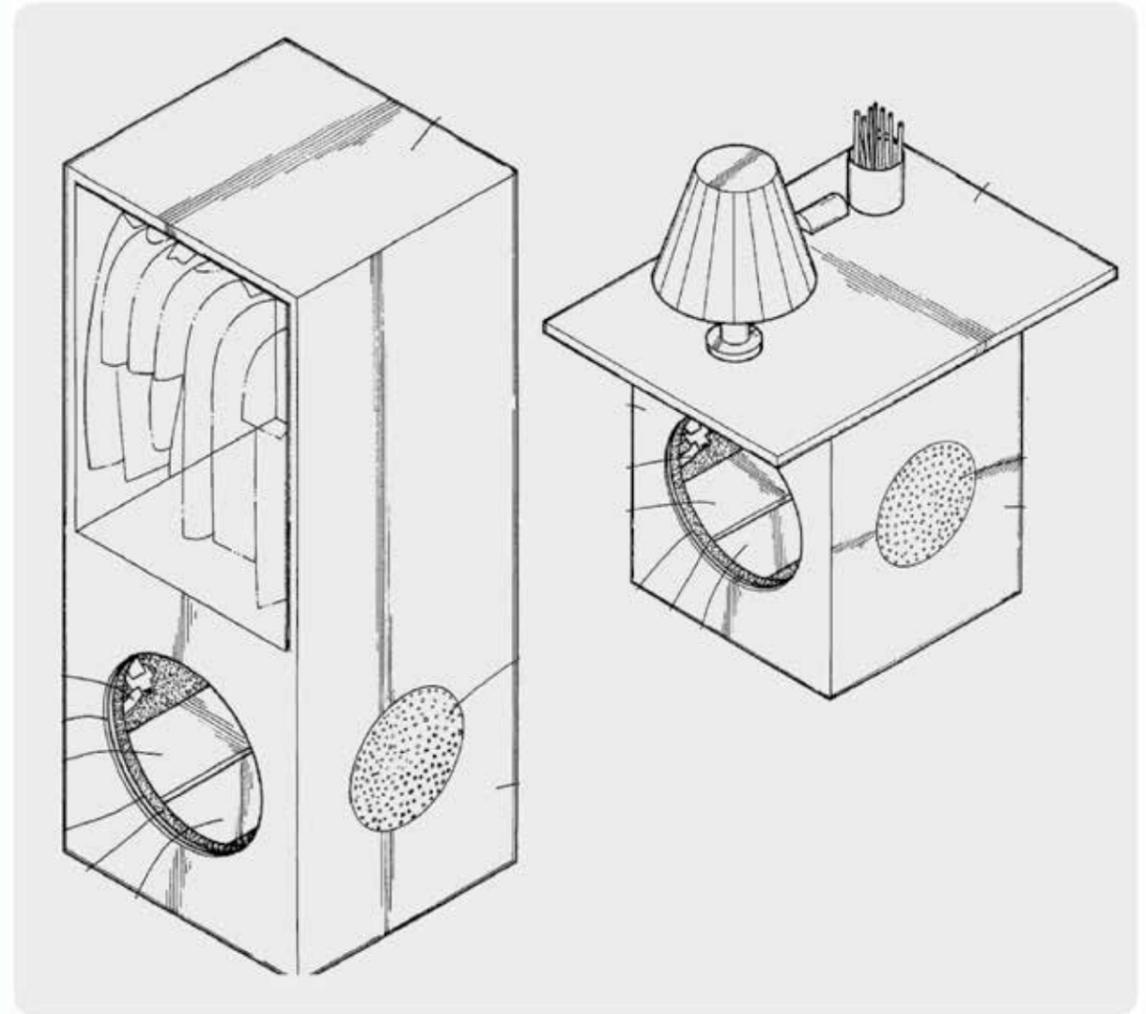






lega di titanio
compositi
copertura totale
x
2 persone

Sistema di protezione antisismica che ibrida la duplice funzione di bunker (in tempo di guerra) e di arredo tradizionale (in tempo di pace). La struttura è formata da uno strato esterno ad alta resistenza con un'apertura di ingresso per il bunker ed uno spazio interno rivestito con un materiale adatto all'assorbimento sismico e resistente alle alte temperature. L'interno è stato ideato con una panca che contiene una serie di articoli di emergenza e un kit di sopravvivenza in attesa dei soccorsi.



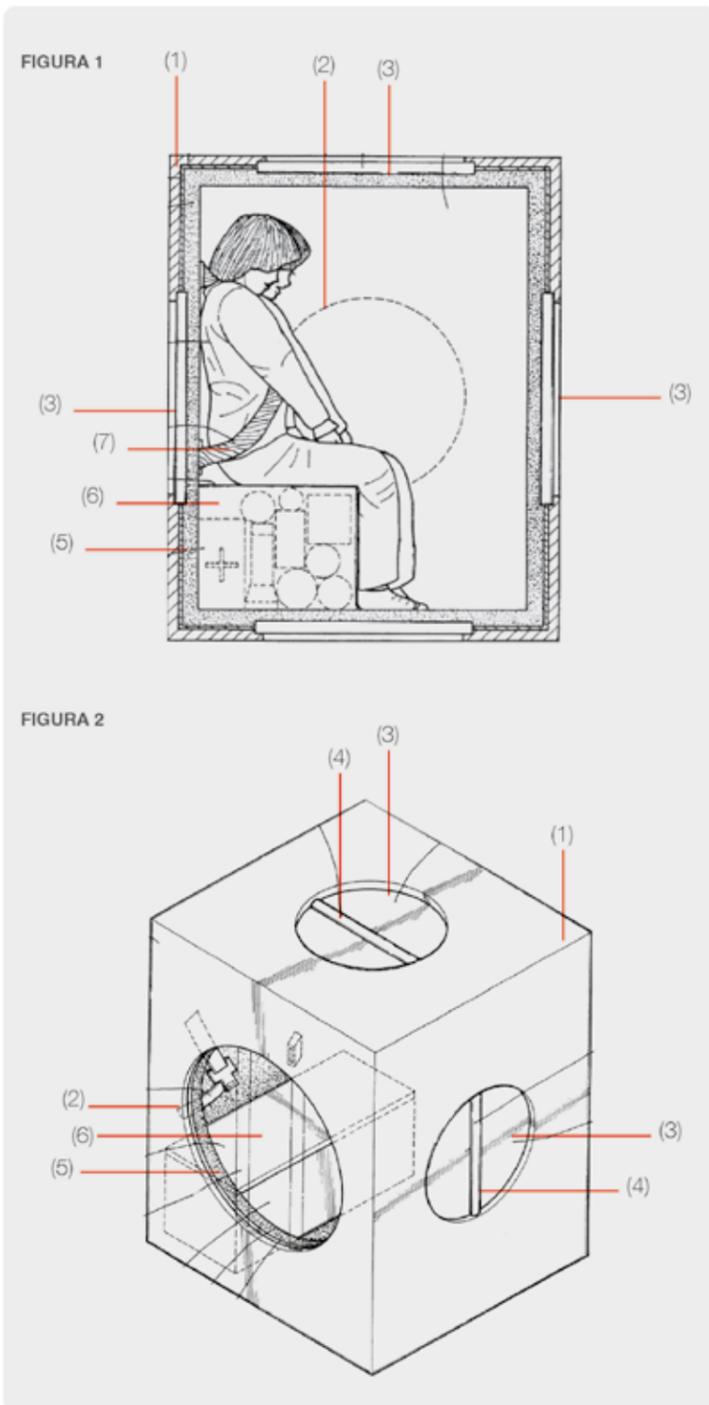
CELLULA SALVAVITA | smalltype of seismic shelter case

scheda di dettaglio

Riferendosi alla figura 1 e alla figura 2, il sistema di protezione antisismico è composto da una grande scocca (1) in lega di titanio o altri materiali come acciaio e compositi; la scocca presenta un'apertura principale (2) e due uscite secondarie in caso di emergenza (3) dotate ciascuna di una maniglia removibile (4). L'interno del bunker è rivestito di un materiale morbido e resistente agli urti (5) a base di cotone e di quarzo che lo rendono resistente anche alle alte temperature. Nel vano interno è stata sviluppata una panca (6) in polimero espanso che funziona anche da scatola di stoccaggio per articoli di primo soccorso e sopravvivenza come l'acqua potabile, una torcia, un kit di medicinali, una radio per la localizzazione. Per garantire una maggiore stabilità delle persone in caso di forte attività sismica, sono state inserite delle cinture di sicurezza (7).

Il bunker è dimensionato per ospitare al massimo due persone e prevede il fissaggio alla parete per evitare possibili ribalamenti in caso di sisma. Inoltre è previsto una possibile ibridazione con due tipologie di arredo tradizionale come il tavolo o l'armadio.

Riferimenti:
dal brevetto: SMALLTYPE OF SEISMIC SHELTER
CASE US 6,349,508 B1 del 2002



CELLULA SALVAVITA | Earthquake shelter

inventore:
Sidney. S.Chen

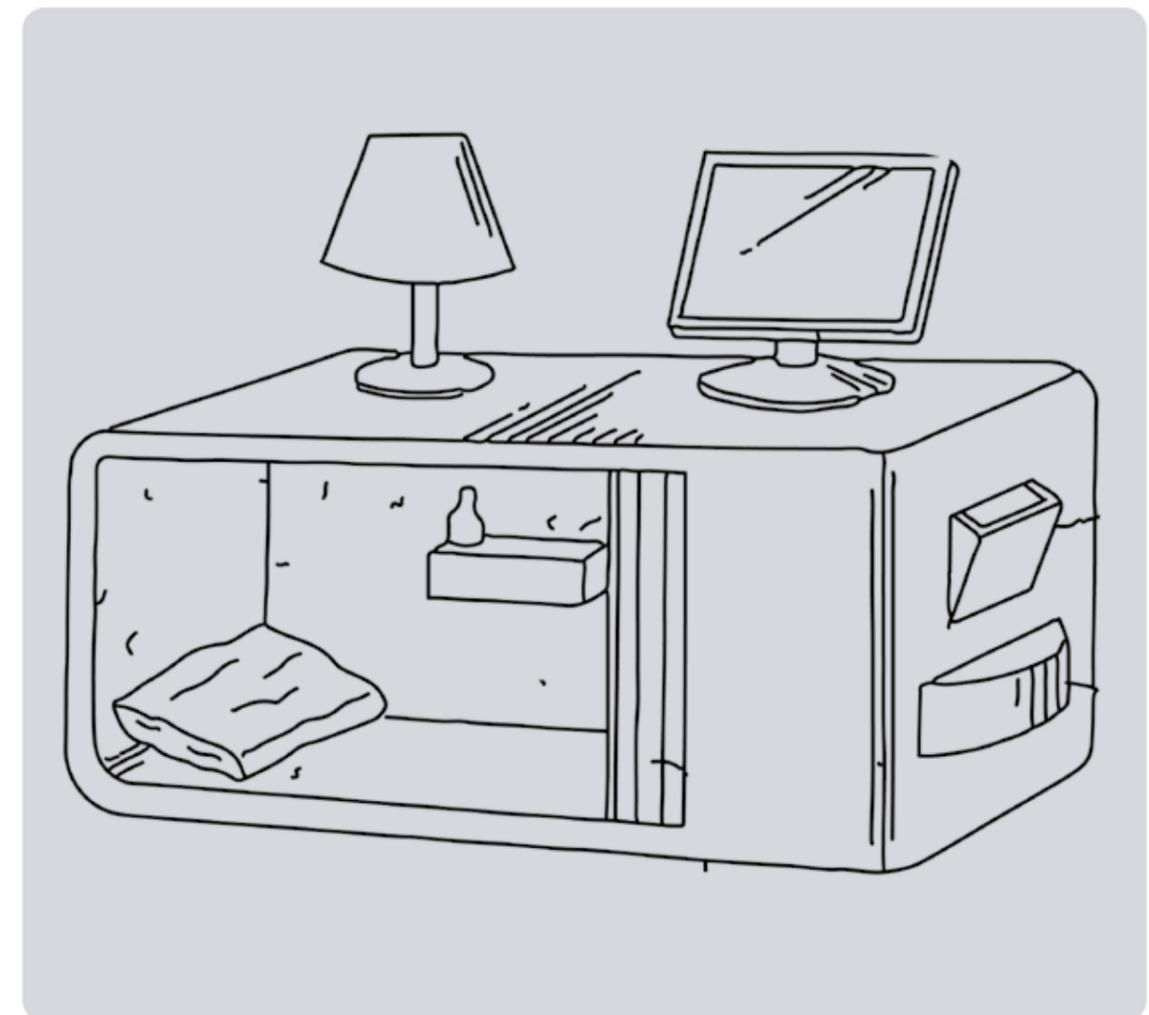
paese/anno:
Cina/2011

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
patents.google.com

142x71x83cm 27kg	Kevlar HDPE	copertura totale x 1 persona	10.000psi	smorzatore con molla

Il brevetto presenta una cellula salva-vita in caso di sisma comprendente una scrivania che integra uno spazio dove rifugiarsi. La cellula presenta un'apertura di accesso apribile e chiudibile rapidamente; è costituita da un materiale resiliente; è dotata di un dispositivo di scorrimento montato alla base che compensa il movimento indotto dal terremoto così da ridurre fenomeni di ribaltamento.



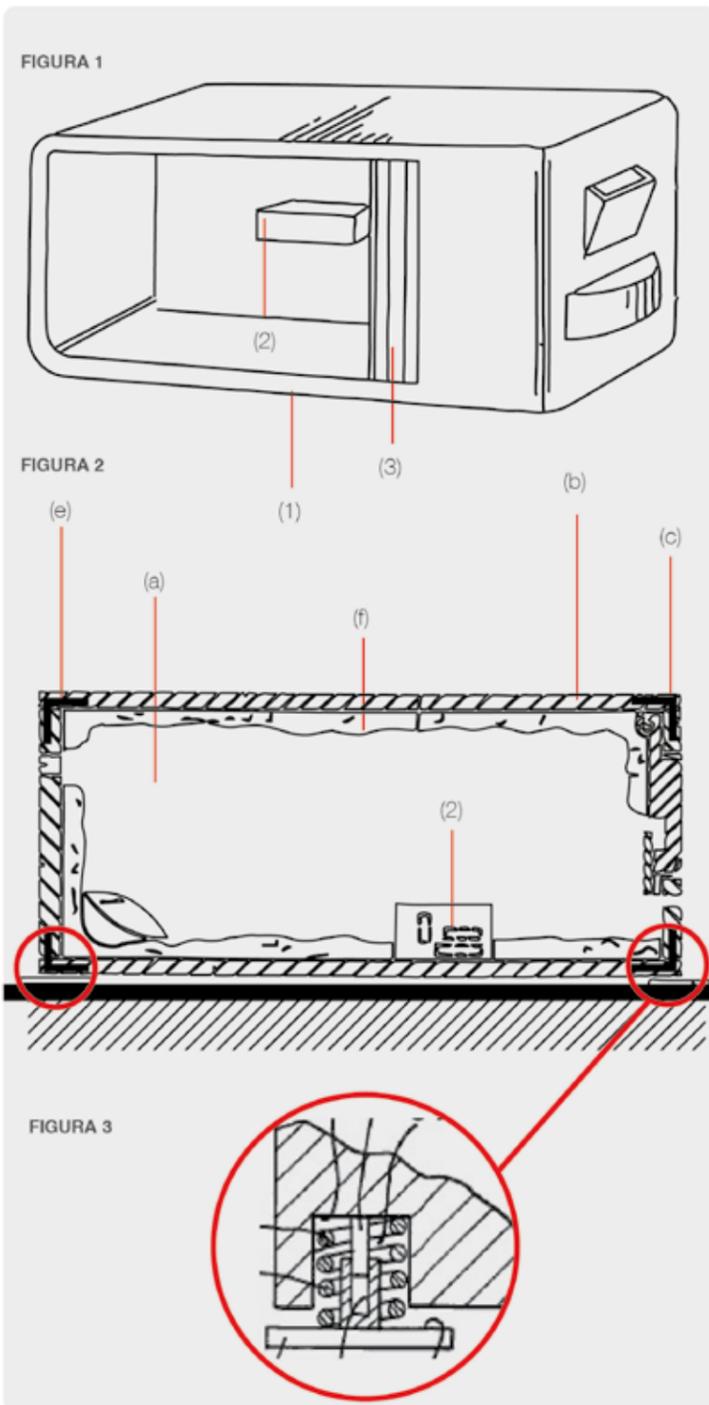
CELLULA SALVAVITA | Earthquake shelter

scheda di dettaglio

La figura 1 mostra il riparo sismico (1) dimensionato per ospitare al massimo una persona in caso di sisma e comprende (Figura 2) una serie di pannelli verticali e orizzontali (a,b,c) di spessore di circa 50mm realizzati con un materiale ad altissima resistenza (ad esempio, KEVLAR o DELRIN) in grado di sopportare una pressione fino a 10.000 psi. I pannelli possono essere giuntati da un elemento di raccordo (e) come mostrato in figura 2 o in alternativa, pannelli possono essere uniti integralmente mediante stampaggio rotazionale del polietilene ad alta densità (Figura 1). La persona accede al modulo salva-vita attraverso una porta scorrevole (3) in Kevlar. L'interno del rifugio è rivestito da un materiale morbido (f) che funziona da paracolpi e che integra un box per la sopravvivenza (2) contenente generi alimentari, una radio, una torcia, una piccola riserva di ossigeno.

La figura 3 mostra un elemento smorzatore che opera per compensare il movimento della cellula in caso di forte attività sismica. Il dispositivo di compensazione è composto da una molla di acciaio e da un piccolo basamento formato da una piastra e da un cilindro di metallo.

Riferimenti:
dal brevetto:
"Earthquake shelter" CN 201110114931 del 2011



CELLULA DI SICUREZZA | SafetyCell®



azienda:
DemTech Srl

paese/anno di produzione:
Italia / 2012

ambito d'utilizzo del prodotto:
casa/ufficio

riferimenti:
www.demtech.it

150x120/125/130 x230cm	acciaio (125Kg x mod.) alluminio (76Kg x mod.)	copertura totale	carico verticale di 10 Ton x 2m ²	-----

SafetyCell è un sistema modulare sviluppato per la mitigazione dei danni per effetti da terremoto per edifici residenziali, industriali e commerciali. Il sistema si propone come elemento di arredo di facile installazione e in grado di comportarsi come cellula di protezione dal sisma nei disimpegni domestici. SafetyCell è composto da una serie di elementi standard studiati per essere: versatili in fase di installazione nei diversi ambienti indoor; facilitare la fase di trasporto; essere fruibili anche per le persone con diverse disabilità.



CELLULA DI SICUREZZA | SafetyCell®

scheda di dettaglio

La base della Safety Cell è il modulo (Figura 1) formato da quattro elementi, due pareti verticali e due pareti orizzontali (tetto e pavimento) assemblabili mediante bulloni.

La Safety Cell in configurazione standard è costituita da tre moduli uniti tra loro mediante bulloni: il montaggio dei moduli e quello dell'intera Safety Cell può essere eseguito con o senza l'ausilio di manodopera specializzata, in modo domestico e fai da te: numero sufficiente per montaggio e assemblaggio è di 2 individui.

Le pareti verticali ed il tetto, sul lato esterno ed interno, sono rivestite da pannelli metallici che hanno sia funzione antidebriti sia di supporto per eventuali rifiniture architettoniche.

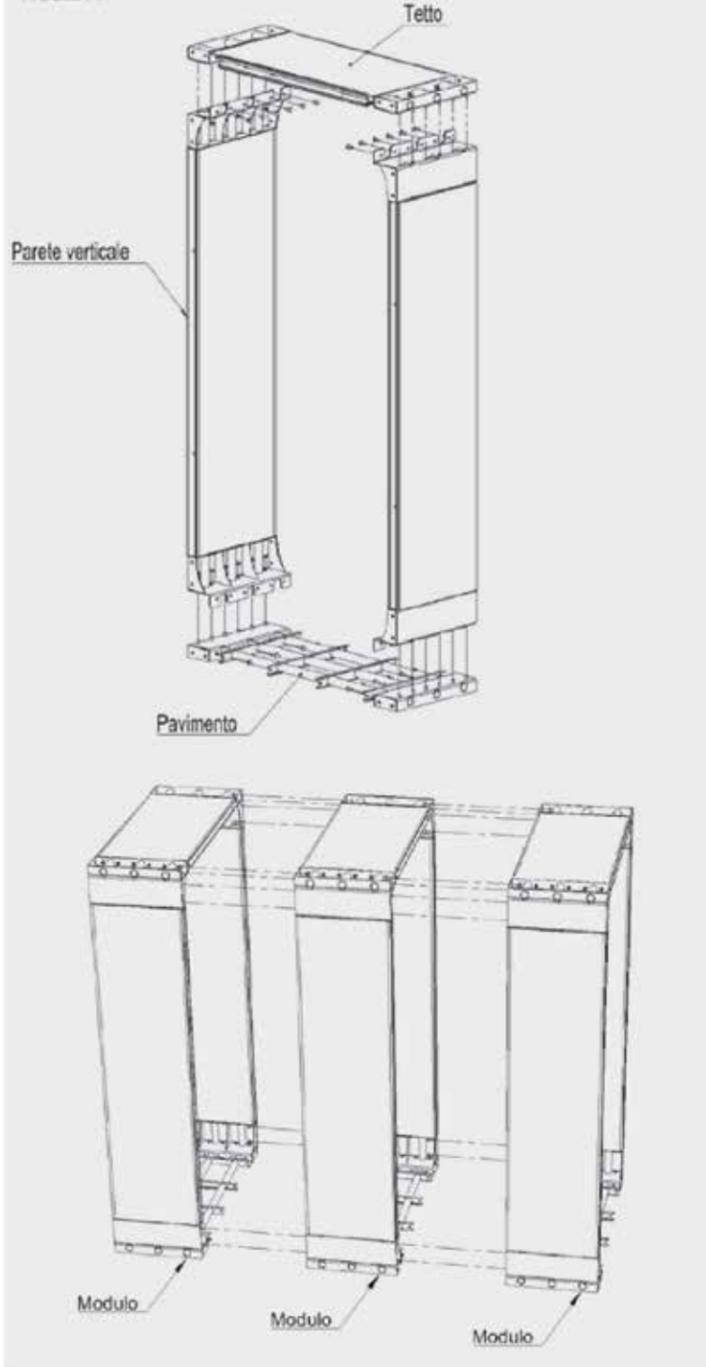
In aggiunta a quanto illustrato, la Safety Cell può essere integrata di alcuni funzionali accessori (figura 2), come:

- maniglie di sostegno;
- tetto smorzamento urti;
- porta rapida antidebriti con cassonetto coprente.

Il tetto smorzante ha la funzione di ridurre ulteriormente i rischi anche legati ad un impatto (caduta) di un determinato peso concentrato su una parte del tetto della cellula. Questo sistema di smorzamento ha la funzione di assorbire l'urto, scaricarlo sui pannelli laterali e successivamente sul tetto della cellula. Questo sistema ha anche un'ulteriore funzione di blocco di detriti legato all'ulteriore pannello di alluminio, posto sul tetto.

La porta rapida antidebriti (Figura 3) ha la funzione di bloccare l'ingresso di detriti all'interno della cellula, anche di fronte a un crollo importante dell'edificio. Questo

FIGURA 1



CELLULA DI SICUREZZA | SafetyCell®

scheda di dettaglio

sistema di protezione tiene conto, anche dell'effetto claustrofobico legato a una chiusura totale della Safety Cell; infatti, è realizzata con un sistema reticolare a maglie larghe di fascioni (cinture di sicurezza automobilistiche) con notevole resistenza, cucite tra di loro e sul quale è a sua volta cucita una rete sintetica a maglie strette. La porta rapida è fissata al tetto della cellula, si svolge manualmente e si aggancia (come una cintura di sicurezza) alla base della cellula.

FIGURA 2

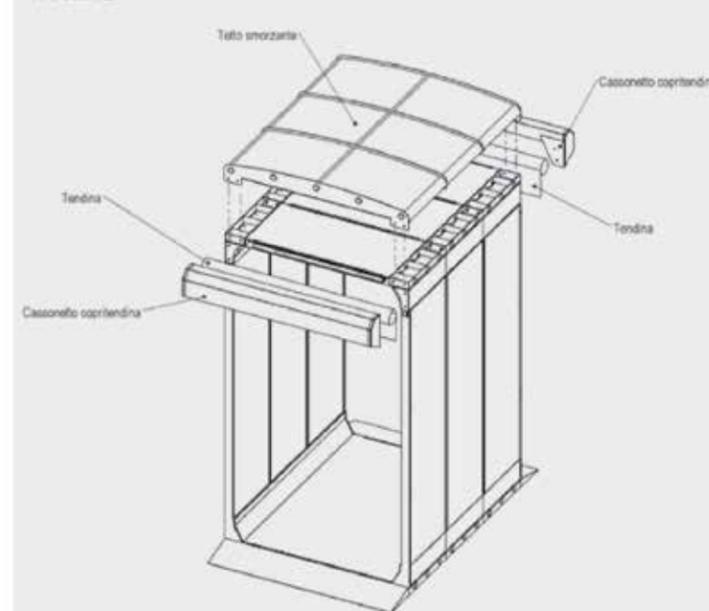


FIGURA 3



Riferimenti:

Scheda tecnica Safety Cell Alluminio

In LEGA DI ALLUMINIO VERSIONE STANDARD

Brevetto Internazionale PCT/IB2013/054936,

brevetto italiano n°1417992, domanda

brevetto n°102016000130469

CELLULA ANTISISMA | ADA Accessible

LifeGuard Structures

azienda:
LifeGuard™ Structures

paese/anno di produzione:
Stati Uniti / 2016

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.lifeguardstructures.com

1050x1200x1500 318 Kg	Acciaio	copertura totale x 1 persona	carico verticale 100 Ton	-----

Il prodotto ADA di LifeGuard è una cellula bunker sviluppata per le persone con difficoltà motorie ed è costituita da un telaio interamente in acciaio in grado di sopportare carichi di quasi 100 tonnellate. Il pavimento è in acciaio ed impedisce il collasso del telaio dal basso. All'interno del telaio è previsto un vano munito di kit di emergenza, con le necessità di base (cibo, acqua, luce di emergenza), una maschera respiratoria per filtrare le polveri, un dispositivo di segnalazione per le operazioni di soccorso. Le finiture esterne della cellula sono personalizzabili.



CAPSULA | k-107

azienda:
K107

paese/anno di produzione:
Messico/2018

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.capsulak107.com

> video
www.youtube.com/watch?v=2a8o_i3zEIs

2100x800	sandwich (resina+ kavlar+ lega di titanio+ acciaio)	copertura totale x 2 persone	600 Ton	-----

La capsula K107, progettata dall'ingegnere Reynaldo Vela Coreno, è in grado di sopportare il crollo di un edificio di 600 tonnellate, grazie al materiale sviluppato insieme all'industria aerospaziale. La struttura è alta 2,10 metri e fornisce ossigeno, acqua e cibo per 30 giorni, in attesa che venga effettuato il salvataggio. La cellula è dotata di un sistema di luci led, batterie al litio e un GPS collegato a 18 satelliti per essere localizzata.



CAPSULA | Survival Capsule SC2001



azienda:
Survival Capsule LLC

paese/anno di produzione:
Stati Uniti/2013

ambito d'utilizzo del prodotto:
domestico/commerciale

riferimenti:
survival-capsule.com

diametro 1370	Alluminio	copertura parziale x 2 persone	-----	-----

Survival Capsule LLC è una società americana che sviluppa soluzioni di sopravvivenza per disastri naturali. La capsula di sopravvivenza SC2001, disegnata come una sfera, è stata brevettata come un sistema di sicurezza personale (PSS) contro lo tsunami ed altre calamità naturali: trombe d'aria, uragani, terremoti e mareggiate.



7.2.3 Arredi trasformabili

In questo paragrafo vengono riportati i principali risultati in merito all'analisi dei casi studio caratterizzati dal concetto di trasformabilità. Si tratta di tredici schede in tutto, che restituiscono in maniera sintetica caratteristiche tecniche e disegni, riferiti agli arredi trasformabili in sistemi salva-vita in caso di sisma. A questa categoria appartengono le tipologie di arredo caratterizzate dall'implementazione di una serie di device e meccanismi, attivabili manualmente o attraverso specifici sensori, in grado di trasformare la geometria tradizionale dell'oggetto, in una nuova geometria resiliente e funzionale alla protezione delle persone, come un piccolo bunker o una cellula salva-vita altamente resistente ai carichi e alle sollecitazioni del terremoto.

In caso di sisma, le persone per mettersi in salvo, devono provvedere a cambiare l'assetto dell'arredo in dispositivo salva-vita o attendere che questo, in maniera autonoma, generi uno spazio protettivo.

DISPOSITIVO ANTISISMA | AirSafe Wall

designer:
Balsamo Mariangela Francesca,
Liso Nunzio, Scottichini Manuel

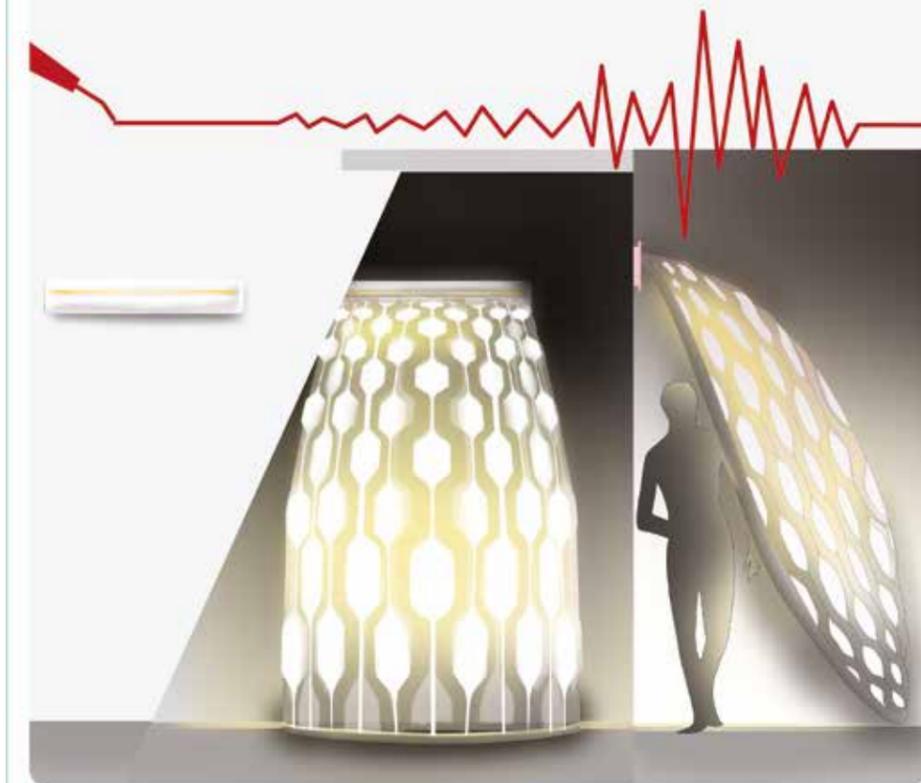
paese/anno:
Italia/2018

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.dexp.it

---	4D material	copertura totale x 3 persone	---	sistema tipo airbag

AirSafe Wall è un dispositivo a parete per ambienti domestici, ideato in funzione dei nuovi sviluppi nel Earthquake Early Warning. In "tempo di pace" il dispositivo funziona come luce ambientale e Home Assistant, in caso di sisma, una volta ricevuto l'input di pre-allerta, il dispositivo attiva il segnale acustico e luminoso per indicare all'utente la zona sicura da raggiungere e contemporaneamente aziona il sistema airbag di protezione. La copertura consiste in una combinazione di smart materiali in grado di offrire resistenza, luce e isolamento dai cedimenti strutturali.



SCRIVANIA | Safety table

designer:
Haishan Deng

paese/anno:
Cina/2008

ambito d'utilizzo del prodotto:
scuola

riferimenti:
idesignawards.com







Acciaio
Nylon

copertura
totale
x
1 persona

Lo sviluppo di questo concept parte da una ricerca della American Rescue Team International (A.R.T.I) che dimostra come la maggior parte dei sopravvissuti durante il sisma avviene in uno spazio triangolare creato dalla caduta di oggetti. L'idea è quella di una scrivania capace di trasformarsi quindi in un riparo di emergenza durante il terremoto. La struttura è costituita da un telaio di acciaio ad alta resistenza e dai pannelli triangolari di nylon disegnati in modo da dissipare la pressione causata dallo schiacciamento delle strutture che cedono durante il sisma.



SET TAVOLO-SEDUTA | Earthquake cabinet module

designer:
Javier Matarubia Nieto

paese/anno:
Spagna/2011

ambito d'utilizzo del prodotto:
domestico e contract

riferimenti:
www.mnjarchitect.com







Acciaio

copertura
totale
x
2 persone

1 Tonn
di carico

Il modulo a prova di terremoto è composto da due sedie e un tavolo ed è stato sviluppato per il contract e per le abitazioni. In caso di sisma la persona si rifugia sotto il tavolo tirandosi la sedia dietro e chiudendo il sistema in un compartimento stagno tipo bunker resistente a carichi di circa 1200 kg / m2. La modalità bunker prevede uno spazio per due persone in posizione fetale e la presenza di uno scomparto interno il tavolo con un kit di sopravvivenza.



PORTA | Foldable door

designer:
Younghwa Lee

paese/anno:
Cina/2012

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
inhabitat.com

Acciaio
Legno

copertura
parziale
x
1 persona

Questo progetto reinterpreta la classica porta di casa per trasformarla in un dispositivo salva-vita temporaneo e veloce da raggiungere. La parte centrale della porta presenta una cerniera che permette di piegare la struttura con la semplice spinta delle mani; in questo modo la porta si trasforma in una sorta di tetto spiovente dove ripararsi dagli elementi strutturali che cedono durante il terremoto.



TAVOLO | Dining Table + Earthquake Shelter

design:
Arias Architecture

paese/anno:
Stati Uniti/2017

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
architizer.com

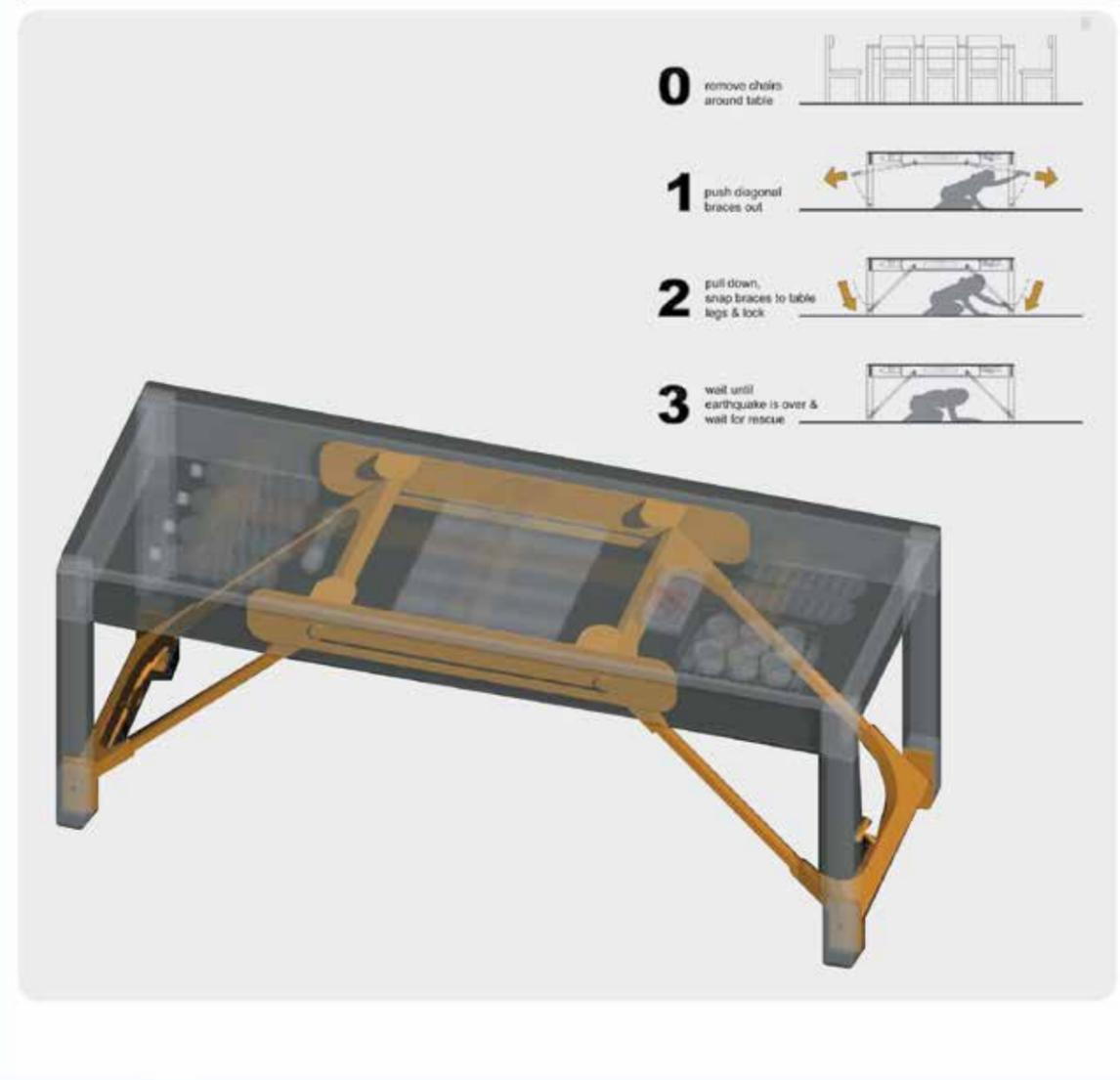
760x1520x760

Acciaio

copertura
parziale
x
2 persone

controventature
ribaltabili

Il progetto presenta la rivisitazione in chiave antisismica di un comune tavolo da pranzo; attraverso un dispositivo mobile, il piano top del tavolo è in grado di trasformarsi in una copertura resistente e a prova d'urto. Il sistema è attivabile manualmente senza ausilio di elettronica ed integra una serie di accessori e di beni alimentari per la sopravvivenza in caso di attesa di soccorsi a seguito del sisma.



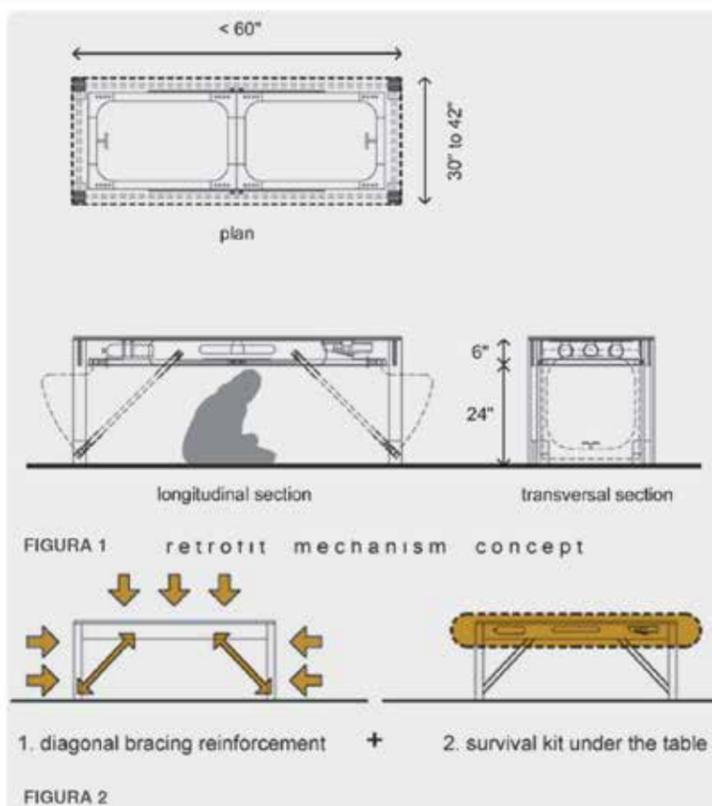
TAVOLO | Dining Table + Earthquake Shelter

scheda di dettaglio

Il progetto del tavolo da pranzo ragiona sul tema del "pilastro e architrave": resistente ai carichi verticali, ma debole rispetto le sollecitazioni laterali, quindi per natura poco adatta in caso di sisma.

L'idea è quella di applicare un meccanismo di controventatura diagonale regolabile e attivato manualmente. Una volta in posizione (Figura 1) il telaio si trasforma in una gabbia resistente sia ai carichi verticali che a quelli laterali.

Al di sotto del tavolo (Figura 2) è presente un kit di sopravvivenza con elementi strategici per le conseguenze di un terremoto come la mancanza di luce o l'esposizione al freddo e alle polveri. Oltre al kit di sopravvivenza, sono stati inseriti dei generi alimentari di prima necessità nell'attesa dei soccorsi.



Riferimenti:
<https://architizer.com/projects/dining-table-earthquake-shelter>

RIFUGIO SALVAVITA | Rubble Bubble

designer:
 Wang Ding, Zhou Songzi,
 Chen Shiyun

paese/anno:
 Cina/2017

ambito d'utilizzo del prodotto:
 residenziale

riferimenti:
www.eleven-magazine.com

Il sistema Rubble Bubble si ispira ai sistemi airbag per la sicurezza passiva adottati nel settore automotive. In caso di sisma, dei sensori attivano gli airbag opportunamente installati e nascosti nel sottospazio dell'edificio. Le "sacche" si gonfiano rapidamente occupando lo spazio intorno alle persone e generando un ambiente di sicurezza in grado di sopportare il carico delle strutture che cedono fino all'arrivo dei soccorsi.



RIFUGIO SALVAVITA | Rubble Bubble

scheda di dettaglio

Come mostrato nella Figura 1 i moduli sfruttano la pressione esercitata dall'aria all'interno delle "sacche" per sopportare il carico esterno delle strutture che cedono.

Il concept prevede dei sistemi di airbag divisi per moduli funzionali: un modulo che fa leva sull'aspetto emozionale delle persone durante il sisma, integrando delle casse acustiche per mandare della musica e alleviare il senso di paura delle persone di fronte alla calamità naturale; un modulo che integra dei generi alimentari per la sopravvivenza e l'attesa dei soccorsi; un modulo per la segnalazione e l'individuazione da parte dei soccorritori. Le sacche o bolle sono compattate all'interno di apposite scocche dotate di un sensore che in caso di sisma innesca il sistema airbag: una grande quantità di gas gonfia le sacche e in pochissimo tempo queste occupano lo spazio intorno alle persone.

Il materiale dell'airbag è un tessuto multistrato (figura 2) composto da un elastomero + un tessuto organico resistente + pigmenti fluorescenti. La vernice fluorescente ha la duplice funzione di illuminare l'ambiente esterno e di segnalare il rifugio ai soccorritori.

Riferimenti:
dalle tavole di presentazione del concorso SHELTER 48Emergency Life-Support Design - www.eleven-magazine.com



TAVOLO | Undercover Table

designer:
Thom Faulders, Anna Rainer

paese/anno:
Stati Uniti/1999

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
SAFE: Design Takes on Risk di Paola Antonelli



Questo progetto propone una soluzione di tavolo ideato per le comuni prassi di sopravvivenza in caso di sisma "drop, cover, hold on". Il tavolo è compatto durante l'uso quotidiano, ma è progettato per trasformarsi in una sorta di rifugio dotato di moduli che contengono articoli di emergenza, di comfort e di sicurezza. Il tavolo può essere avvolto da una serie fasce protettive e riflettenti per essere facilmente individuati dai soccorritori; inoltre il piano top del tavolo si stacca per diventare una barella.



CULLA | Quake-proof cradle for infants

inventori:
Liu Xiaoyan Liu Aina

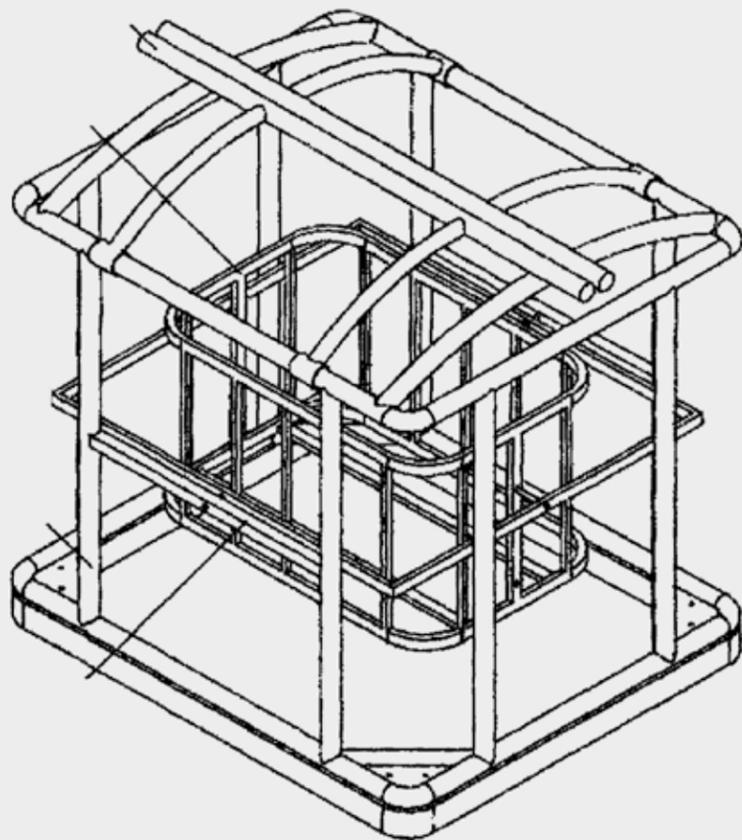
paese/anno:
Cina/2010

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
<https://patents.google.com>



La culla presenta come elemento di innovazione l'integrazione di un sistema elettromeccanico che si attiva con le vibrazioni che si generano durante l'attività sismica: un sensore di oscillazione comunica con un dispositivo mecatronico che avvia la rotazione di una copertura resistente agli urti sopra la culla.



CULLA | Quake-proof cradle for infants

scheda di dettaglio

Come mostrato in figura 1, il letto per culla per bambini sismico, comprendente un telaio (1), il lettino interno (2), una protezione ad arco (3), il blocco rotante 4 con il dispositivo di innesco della trasmissione (4). Il telaio principale è costituito da tubi di acciaio inossidabile ad alta resistenza saldati su una base rettangolare. Sulla parte alta della culla è prevista anche una copertura manuale (6) generalemente da tenere aperta per coricare il bambino nel letto.

Come mostrato nelle figura 2 il dispositivo per per la chiusura della culla è formata da un sensore di vibrazione, un elettromagnete (7), una leva (8), un perno di bloccaggio (9); un mezzi di trasmissione a molla (10), una cremagliera (11), l'albero dell'ingranaggio (12), la ruota dentata di azionamento (13), un meccanismo di collegamento (14).

Il sensore di vibrazioni trasmette il segnale al sistema di trasmissione che lo converte in movimento rotativo della copertura della culla (3).

Riferimenti:
dal brevetto: Earthquake-resistant baby cradle bed CN 201020531482 del 2010

FIGURA 1

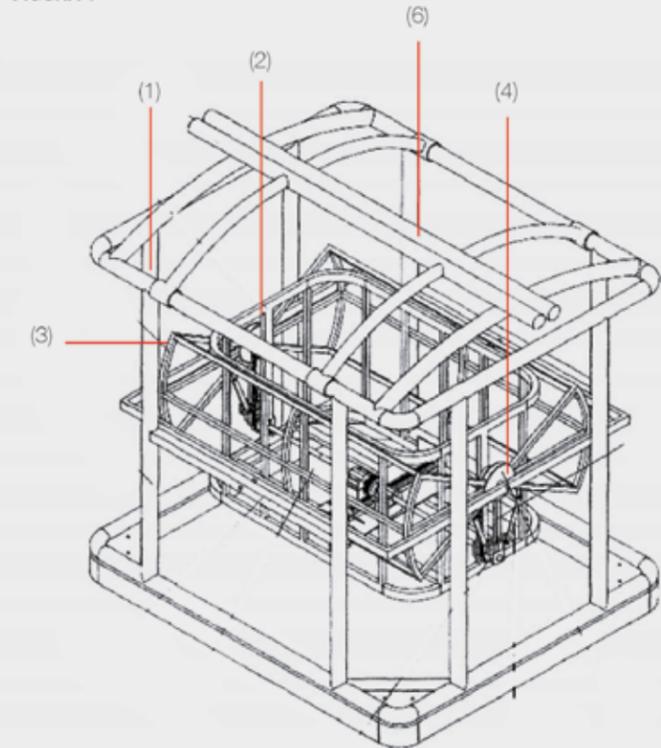
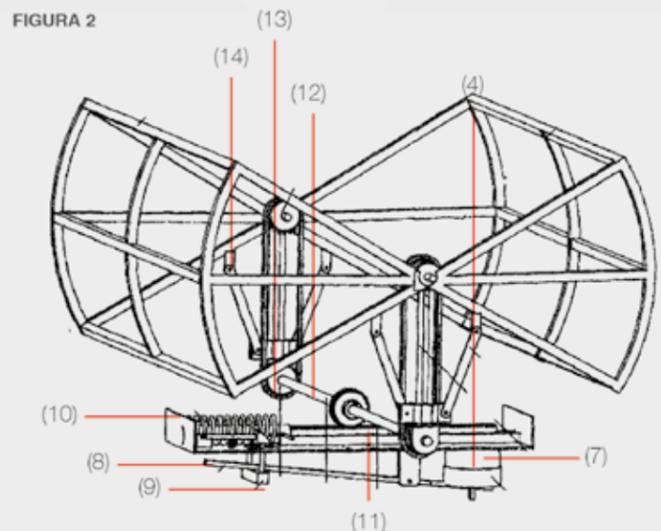


FIGURA 2



BANCO SCUOLA | Protection cell

inventore:
Nicola D'Ancona

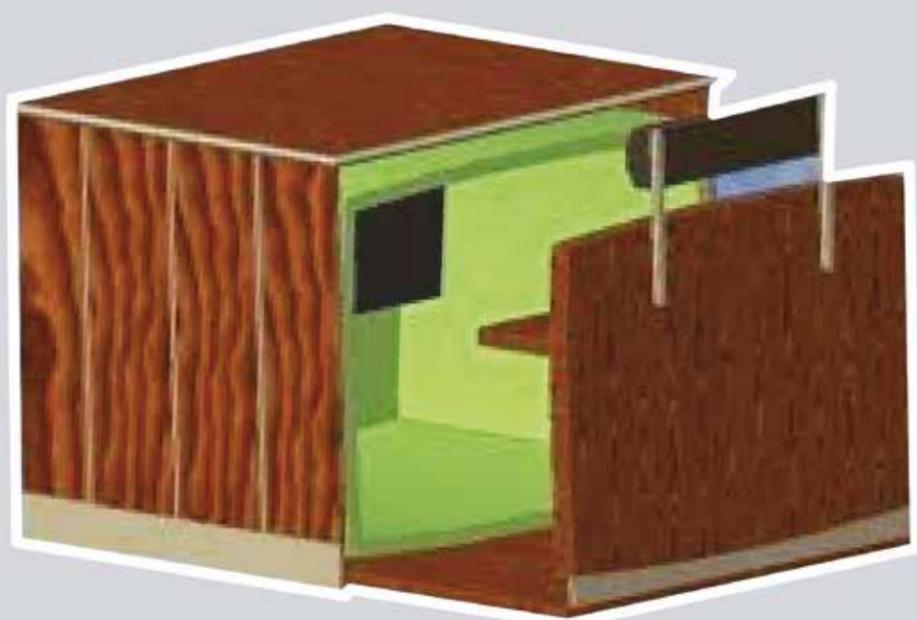
paese/anno:
Stati Uniti/2010

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.primonumero.it



Banco scolastico che, all'occorrenza, può chiudersi e diventare un bunker ospitando al suo interno un ragazzo rannicchiato. Il prototipo, in materiale composto con fibra di vetro, ha dimostrato di poter resistere a carichi di sei tonnellate e mezzo, (equivalenti al peso dell'intero solaio di un'aula scolastica). Al suo interno è stato sviluppato un sistema di aerazione che non fa passare polveri, gas e liquidi, e un kit con una riserva di ossigeno, l'acqua o una luce di emergenza.



BANCO SCUOLA | Protection cell

scheda di dettaglio

Riferendosi alla figura 1 e alla figura 2, il banco scuola antisismico è composto da un box (1) in materiale polimerico stampato ad iniezione o rotazionale che definisce lo spazio salva-vita in caso di sisma. Il box è rivestito da una serie di pannelli (2) in materiale a base di fibre di vetro o carbonio che collaborano alla resistenza della struttura fino carichi verticali di 6,5 Ton.

Una pedana (3) è stata sviluppata per aprire e chiudere ermeticamente (Figura3) il sistema banco: lo scorrimento avviene attraverso cinque guide telescopiche (4) e definisce una struttura sostanzialmente a "cassetto". La parete (2) monta una seduta (7) a ribalta per compattarsi in caso di emergenza (figura 3). L'aerazione del bunker è garantita dalla presenza di una presa d'aria (5) che consente all'utente di respirare e lasciare che l'aria passi dall'esterno. Un kit di sopravvivenza (6) contiene una riserva di ossigeno in caso di mancanza di aria dall'esterno. Nella Figura 2 è mostrato lo scatolare (6) disposto all'interno dello spazio di rifugio contenente una scorta di ossigeno una luce di emergenza, un rilevatore GPS, un trasmettitore / ricevitore, un kit di pronto soccorso e alimenti a lungo termine. Le parti presenti nel kit di sopravvivenza consentono di respirare in caso di mancanza di ossigeno nella cella di protezione e di ottenere una permanenza relativamente confortevole all'interno della stessa.

Riferimenti:
dal brevetto: US20130000225A1 del 2013

FIGURA 1

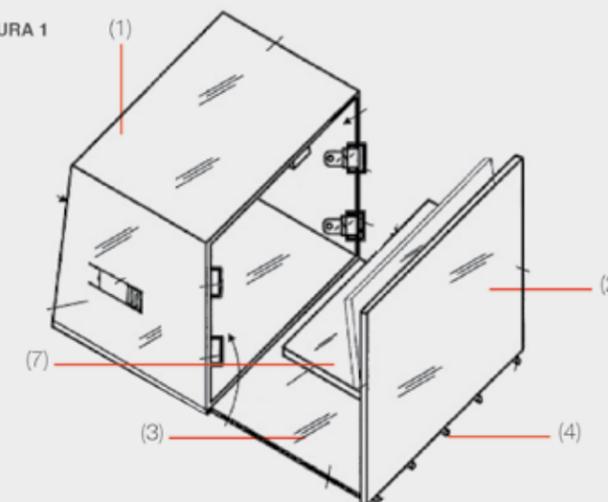


FIGURA 2

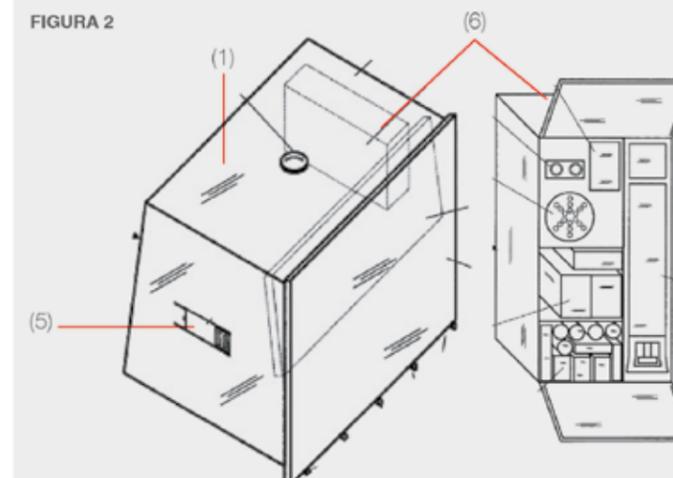


FIGURA 3



LETTO | Letto provvisto di un dispositivo di protezione

inventore:
Eros Prataviera

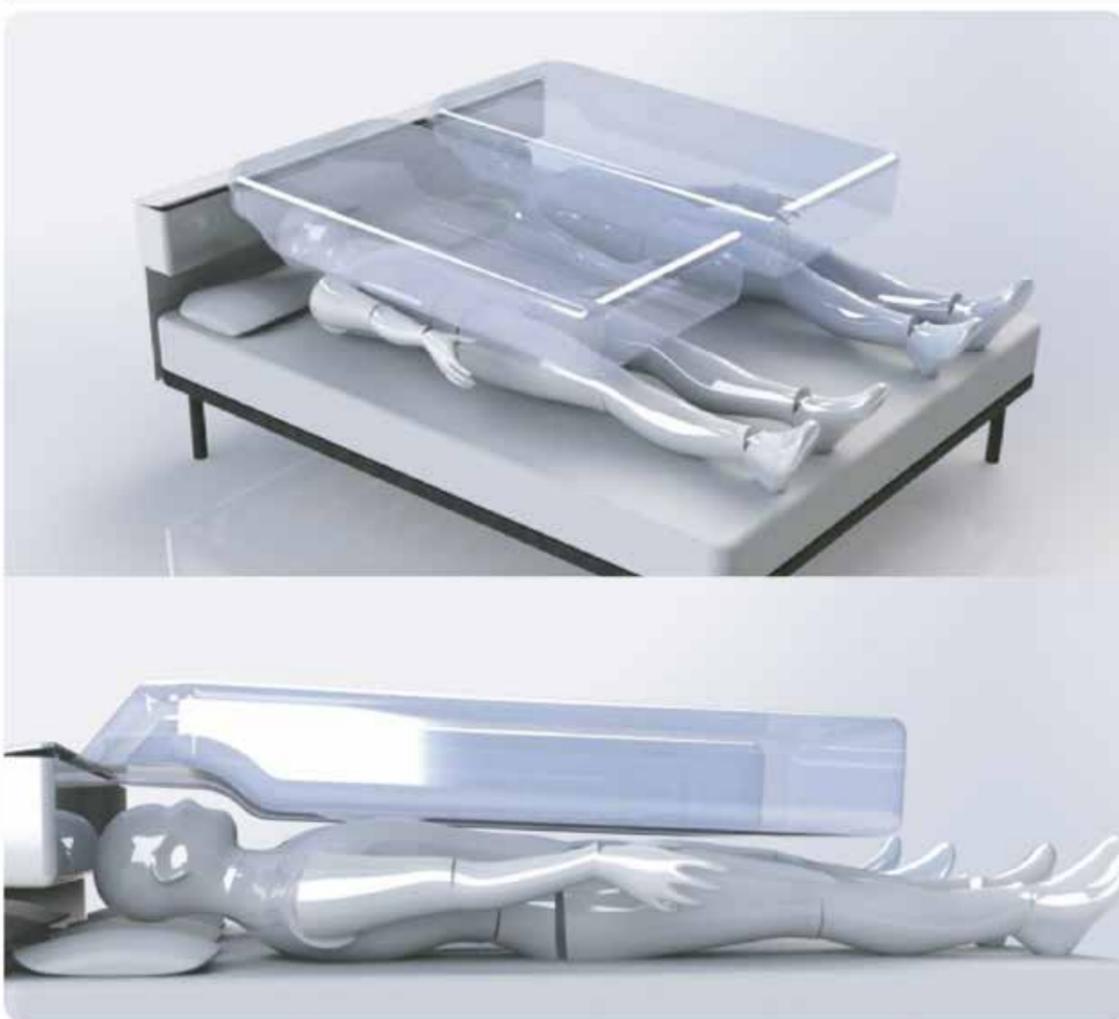
paese/anno:
Italia/2016

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
<http://brevettidb.uibm.gov.it/>

				
800x1000	Nylon	copertura parziale x 1 persona	-----	sistema airbag

Questo progetto propone un letto provvisto di un dispositivo di protezione contro la caduta di oggetti. In modo particolare, la presente invenzione si riferisce ad un letto provvisto di un dispositivo di protezione gonfiabile all'occorrenza e in grado di proteggere l'occupante o gli occupanti del letto dalla caduta di detriti o oggetti causata ad esempio da un cedimento strutturale a seguito di un evento sismico naturale o artificiale.



LETTO MATRIMONIALE | Safe Canopy Bed



azienda:
Liyangshi Zhengxiang Precision Machinery Co.,Ltd

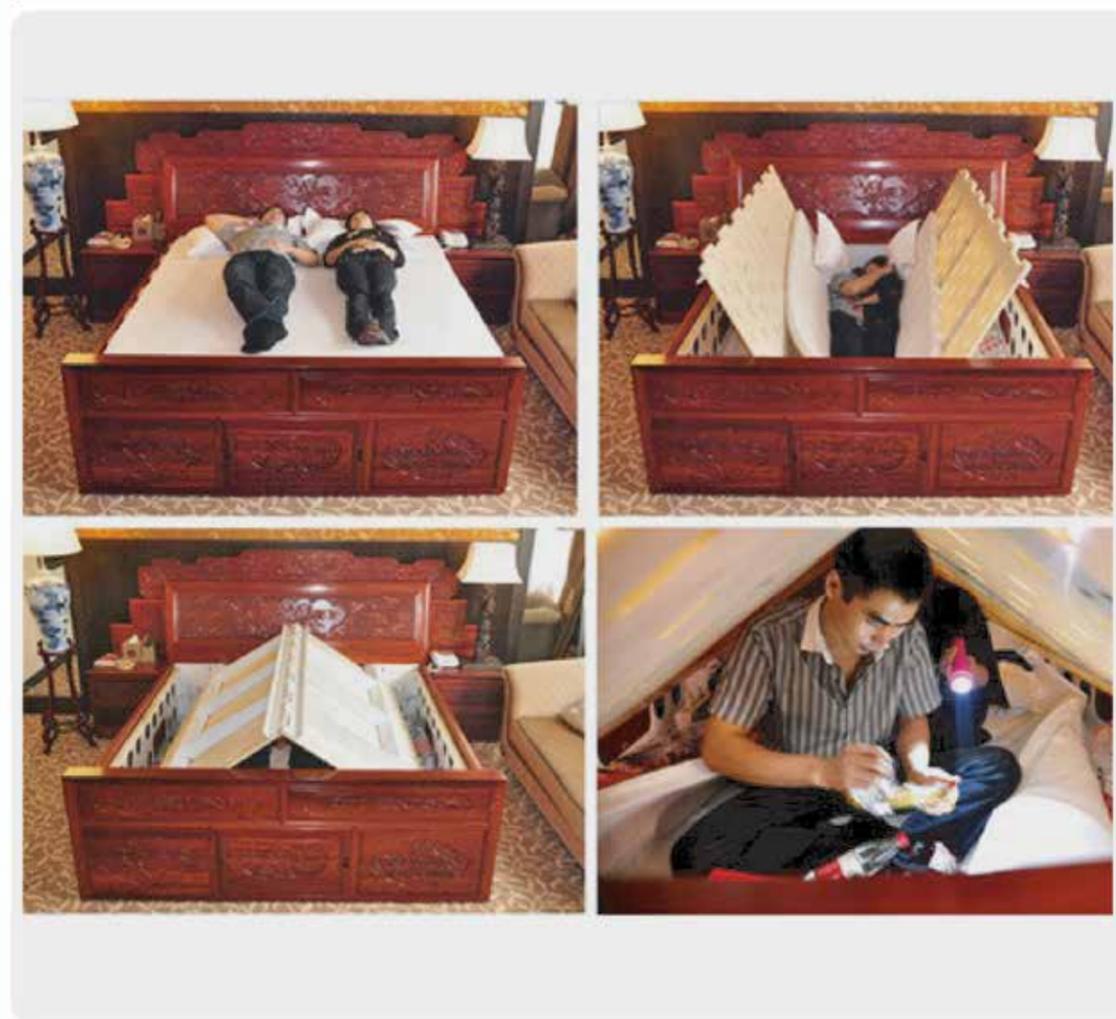
paese/anno di produzione:
Cina/2015

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.ec21.com

				
-----	Acciaio	copertura totale x 2 persone	resistenza urto 2.8 Tonx5m	alstemi meccatronici

Il letto è costituito da un telaio resistente al sisma e un sistema meccatronico: quando il terremoto raggiunge una certa intensità, avvierà automaticamente il sistema di apertura del materasso e la trasformazione delle reti in una copertura spiovente e resistente agli urti. Lo spazio ricavato all'interno del letto trasformato in rifugio provvisorio, è dotato di un kit di emergenza e di un piccolo sportello dove poter uscire o essere raggiunti dai soccorsi.



BANCO SCUOLA | Banco scuola antisismico

Prisma srl



azienda:
Prisma srl

paese/anno di produzione:
Italia/2011 (oggi fuori prod.)

ambito d'utilizzo del prodotto:
scuola

riferimenti:
youmadeinitaly.lineaweb.dylog.it



700x1200x730
154 Kg



Acciaio
Multistrato



copertura
totale
x
1 studente



carico verticale
0.3 Ton



Il banco scuola antisismico è progettato per trasformarsi in una cellula salvavita in caso di sisma. Il banco presenta sul piano di lavoro una maniglia che in caso di terremoto lo studente tira ribaltando il piano così da aumentare la superficie di copertura. In attesa che passi l'emergenza, lo studente avrà a disposizione un porta oggetti contenente un kit di sopravvivenza. L'insieme dei banchi presenti in aula compongono un sistema resistente capace di sostenere l'intero peso di un solaio.



BANCO SCUOLA | Banco scuola antisismico

scheda di dettaglio

La struttura banco scuola antisismico (Figura 1 e Figura 2) è composta da una base in acciaio (1) di spessore 8mm e di una larghezza di cm. 70 e lunghezza cm. 120/140. Sulla presente piastra viene saldata l'intera struttura del banco, che funziona da gabbia resistente.

La gabbia (2) del banco è una struttura composta da una serie di profilati di ferri di spessore 8mm, ancorati con tramezzi in acciaio alla piastra.

Sulla parte alta della struttura del banco è saldata una lastra in acciaio (3) di spessore 80/100 che si apre e chiude comodamente a libro, il gioco della chiusura viene data dalle sue cerniere che sono saldate su ambedue le lastre. Sul piano del banco è saldata una piccola maniglia (4) per poter aprire la struttura in modo tale da coprirsi e nascondersi sotto il banco nel caso di un evento sismico. Sotto il banco è stata ricavato un piccolo contenitore (5) dove inserire un kit di emergenza in attesa dei soccorsi.

FIGURA 1

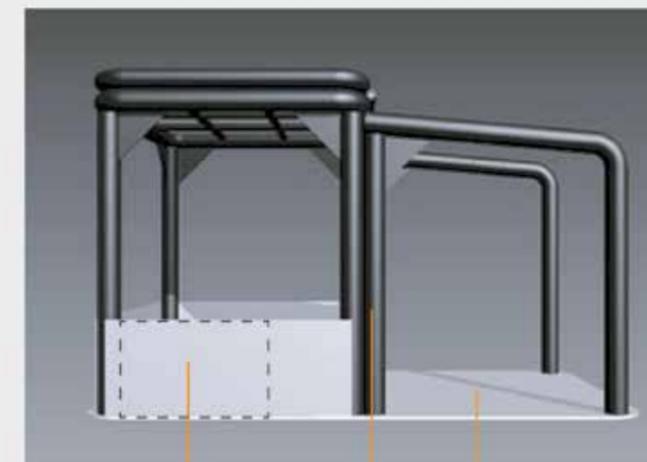
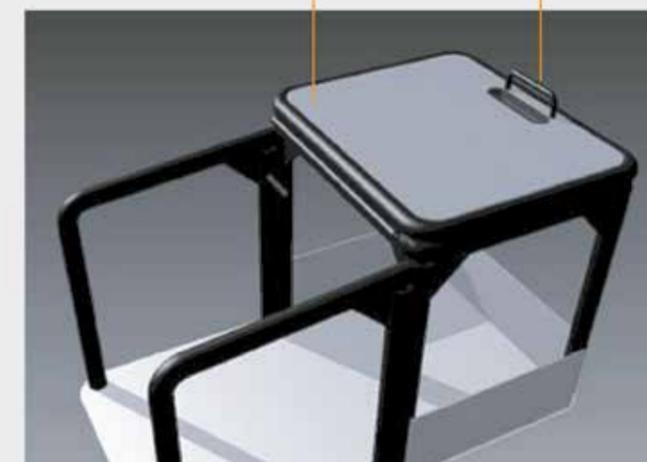


FIGURA 2



Riferimenti:

dal brevetto ITCH20100010 del 2011-09-25
<https://worldwide.espacenet.com/searchResults?compact=false&ST=singleline&query=IT1400477>

SEDUTA | Helmet Chair

mamoris

azienda:
mamoris Company Limited

paese/anno di produzione:
Giappone/2015

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.mamoris.me



46x52x74cm
1.15 Kg



ABS
acciaio



copertura
parziale
x
1 persona



La seduta è stata progettata pensando alle situazioni di emergenza durante il sisma, in particolare per garantire una maggiore protezione del capo e della schiena nella fase di evacuazione da un edificio.

Una torsione di 90 gradi consente di staccare lo schienale della sedia in modo rapido così da poterlo indossare come casco protettivo ed essere riparati quando si deve raggiungere il punto di raccolta in caso di sisma.



SEDUTA | Helmet Chair

scheda di dettaglio

Il vantaggio di questo prodotto è il modo con il quale è risolto il problema dello spazio di stoccaggio di un casco per emergenza e il tempo necessario per indossarlo.

La seduta è composta da tre parti: un telaio in acciaio (1), una seduta in ABS stampato ad iniezione (2), uno schienale in Abs stampato ad iniezione e con un elmetto incernierato (3). La parte schienale ed elmetto sono disegnati in modo da tutelare non solo la testa ma anche l'area del collo e della schiena.

La resistenza del casco ha superato l'esame di tipo di elmetto di sicurezza per "oggetti volanti e cadenti" dal ministero della salute, del lavoro e del welfare del Giappone (Japanese Industrial Standards JIS S 1203: 1998).

L'interno del casco è dotato di una serie di cinghie per allacciare l'elmetto bene alla testa (Figura 2) e garantire flessibilità dimensionale ed ergonomica.

Attraverso la rotazione dello schienale su due cerniere aperte (4) è possibile separare l'elmetto dal telaio della seduta. Per semplificare questa operazione è stata disegnata una piccola asola sullo schienale (5) che funziona come maniglia per la rotazione del pezzo.

Riferimenti:

http://www.mamoris.me/home_en.html



FIGURA 2



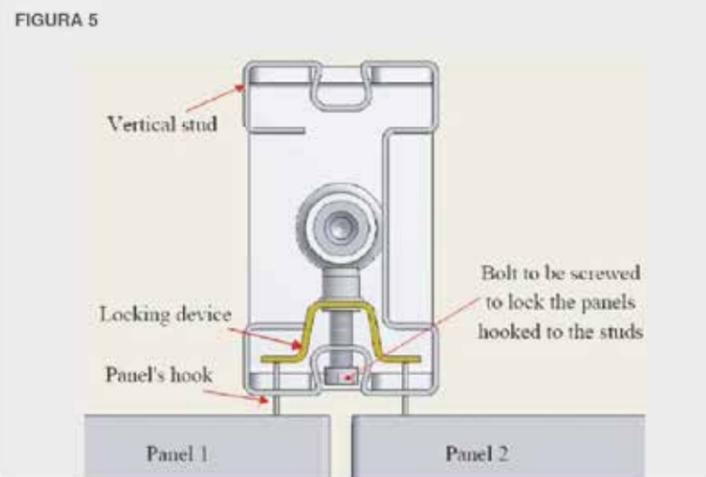
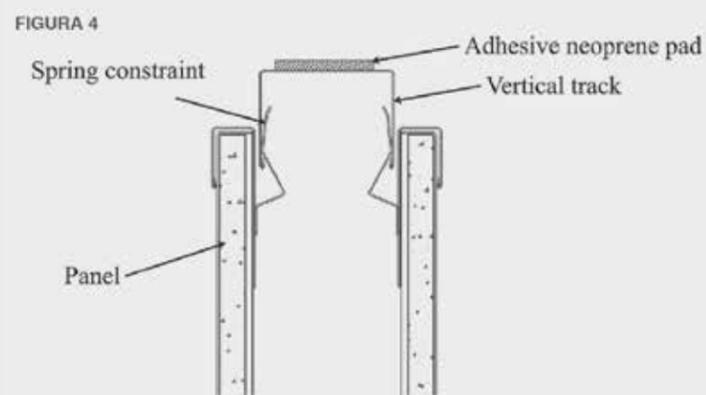
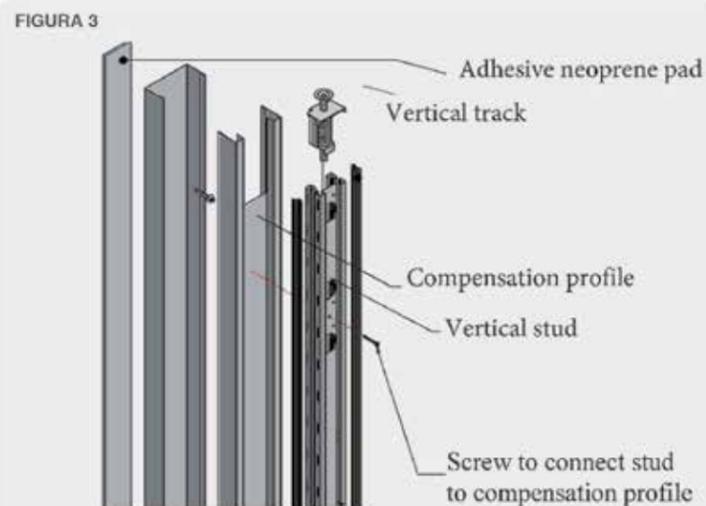
PARETE MOBILE | sistemi Planika®

scheda di dettaglio

utilizzate staffe in acciaio opportunamente sagomate (6). I pannelli sono generalmente agganciati ai profilati ad eccezione dei pannelli laterali, che non sono collegati al profilo di compensazione. Questi pannelli sono collegati con vincoli a molla alla guida laterale (Figura 4)

- Le guarnizioni in PVC (8) sono posizionate sui perni e sugli elementi orizzontali per migliorare le prestazioni acustiche della parete;

Un dispositivo innovativo è stato sviluppato per evitare lo sganciamento dei pannelli dai perni (Figura 5). Il dispositivo è composto da una piastra di acciaio con due alette laterali e un bullone. Il dispositivo è inserito nel profilato verticale e si attiva attraverso il serraggio del bullone che forza le alette laterali al profilato verticale, riducendo lo spazio tra le fessure, dove alloggiavano i ganci del pannello, e prevenendo così il ribaltamento dei pannelli se sottoposti a forze dinamiche verticali.



Riferimenti:
Crescenzo Petrone, Gennaro Magliulo, Gaetano Manfredi
"Shake table tests on standard and innovative temporary partition walls"
Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com), 2016.

LIBRERIA | House in Shinyoshida

Shinsuke Fujii ARCHITECTS

architetto:
Shinsuke Fujii

paese/anno:
Giappone/ 2017

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.spoon-tamago.com

 su misura
 legno

La "Casa in Shinyoshida", così chiamata, per il quartiere di Yokohama dove si trova, è stata concepita poco dopo il terremoto di Tohoku del 2011. Il progetto di interni prevede la realizzazione di una grande parete in grado di comportarsi sia da arredo tradizionale (una libreria) che elemento non strutturale in grado di resistere alle possibili attività sismiche: l'inclinazione ne evita il ribaltamento e la caduta dei libri, mentre la struttura a spina diventa una sorta di nervatura per l'intera parete dell'edificio.



CELLULA DI SICUREZZA | Madis Room

MADIS
COSTRUZIONI SRL

azienda:
MADIS COSTRUZIONI SRL

paese/anno di produzione:
Italia / 2013

ambito d'utilizzo del prodotto:
residenziale

riferimenti:
www.stanza-antisismica.it



----- acciaio fibre sintetiche OSB copertura totale carico verticale 10 Ton -----

La Madis Room è un sistema per la protezione passiva delle persone all'interno di un ambiente durante un evento sismico. Si comporta come una stanza di sicurezza antincendio e antisismica ed è stata pensata per il mercato delle ristrutturazioni. La struttura modulare in acciaio è rivestita con un tessuto di fibre sintetiche ad alta tenacità e antisfondamento per mitigare i danni causati da crolli, calcinacci, macerie e smottamenti che possono avvenire durante violenti fenomeni sismici.



CELLULA DI SICUREZZA | Madis Room

scheda di dettaglio

La MADIS ROOM (Figura1) è costituita da elementi metallici in acciaio con specifiche caratteristiche.

La gabbia metallica è rivestita da un tessuto costituito da filati ad alta tenacità che avvolgono completamente la gabbia metallica.

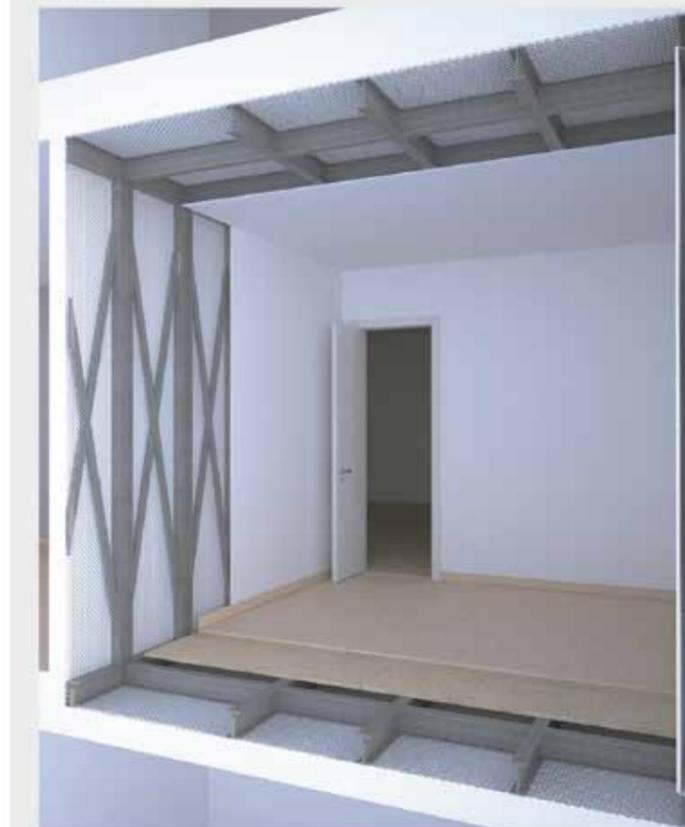
Nella configurazione che prevede la resistenza al fuoco della cellula, insieme al tessuto ad alta tenacità viene installato il feltro antifiama.

Le strisce di tessuto sono incollate tra loro, sovrappoendole in maniera particolare, mediante adesivi ad alta resistenza; l'adesivo va posizionato sui lembi da incollare mediante il beccuccio erogatore e spatolato con particolare cura.

Le finiture esterne sono costituite alla base da un rivestimento in pannelli OSB e la pavimentazione, sulle pareti da pannelli in cartongesso con la serie di attacchi di impianti elettrici o idraulici.

In relazione alla dimensione della stanza la Madis Room ha una resistenza certificata non inferiore ad un carico di 10 tonnellate in verticale.

FIGURA 1



Riferimenti:
Brochure "MADIS ROOM CELLULA ANTISISMICA"

Capitolo 8

Definizione delle principali strategie progettuali per lo sviluppo di arredi con funzione salva-vita

- 8.1 Sviluppo di una scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma
- 8.2 Analisi di cinque casi studio attraverso i parametri della scheda di sintesi
- 8.3 Tre tipologie d'intervento individuate per la messa in sicurezza degli spazi abitativi

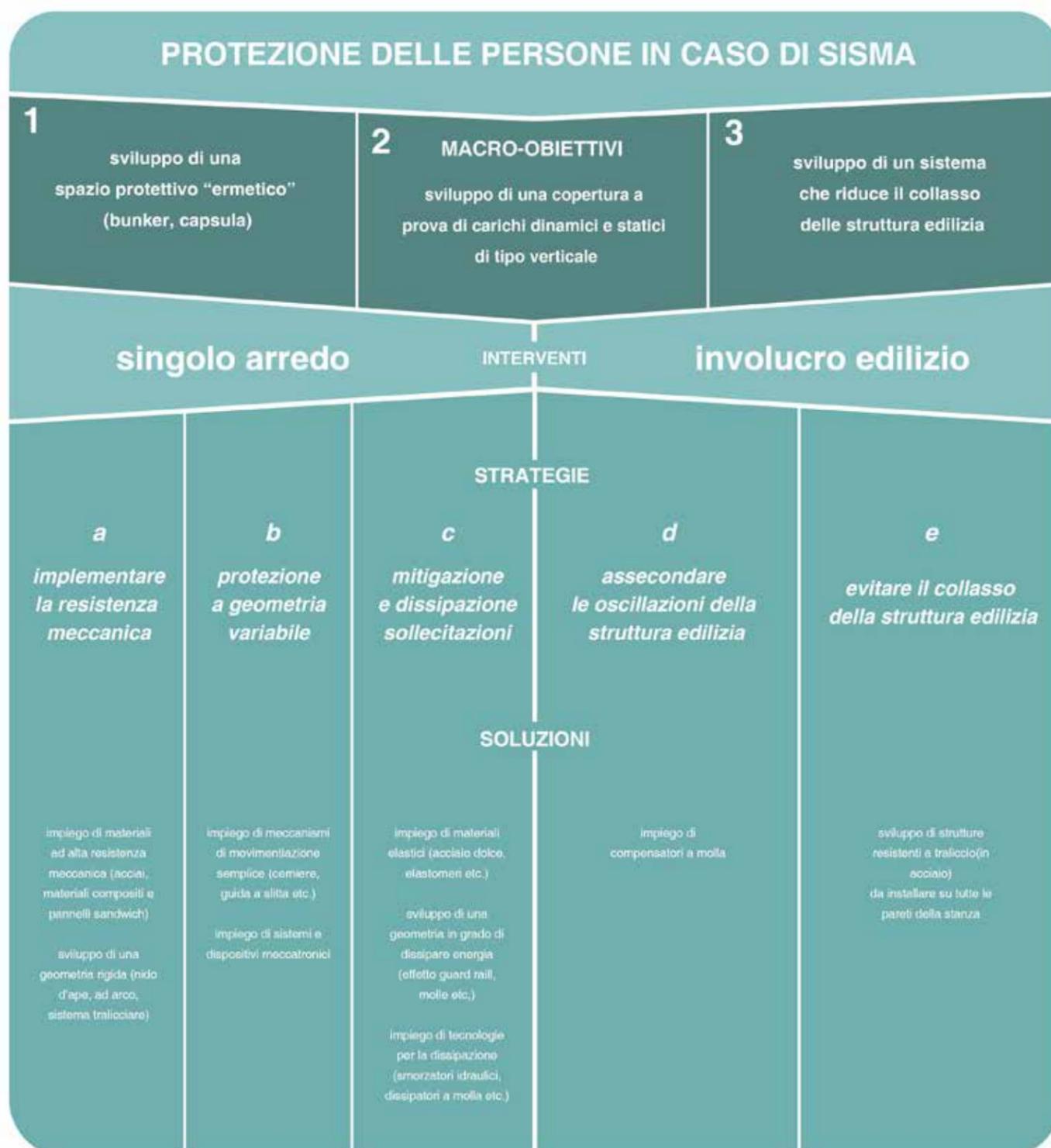


Fig. 31. Scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma.

8 Definizione delle principali strategie progettuali per lo sviluppo di arredi con funzione salva-vita

8.1 Sviluppo di una scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma

Attraverso l'analisi e lo studio delle schede di prodotto è stato possibile inquadrare almeno tre livelli di intervento progettuale, che per semplicità definiremo "leggero", "intermedio" e "pesante", sviluppati per operare sia nei contesti edilizi antisismici, ma specialmente in quelli vulnerabili al sisma.

I primi due interventi, riguardano soprattutto lo sviluppo di arredi e dispositivi salva-vita, mentre il terzo riguarda la generazione di sistemi specializzati nella messa in sicurezza di una parte della struttura dell'involucro edilizio.

Più precisamente, con il termine "leggero", si vuole fare riferimento all'impiego di dispositivi anti-ribaltamento e di messa in sicurezza di alcuni arredi e apparecchiature elettroniche, ad esempio: squadrette in metallo, cinghie, pad anti-ribaltamento, sistemi di bloccaggio delle ante, etc.

Con il termine "intermedio" si vuole indicare l'installazione di arredi e dispositivi caratterizzati sia da materiali ad alta resistenza meccanica e capacità dissipative, che strutture in grado di trasformarsi in spazi "resilienti" e a prova di sisma (tavoli ad alta resistenza meccanica, letti "bunker" e cellule "salva-vita").

Infine, con il termine "pesante", si fa riferimento allo sviluppo di sistemi in grado di collaborare e migliorare la capacità antisismiche dell'involucro edilizio attraverso la realizzazione di armature e strutture parzialmente modulari, generalmente tralici in acciaio, da installare sulle superfici della stanza che si vuole mettere in sicurezza e generare ambienti tipo bunker.

Rispetto al grande tema della protezione delle persone in caso di sisma, questa prima articolazione dei casi studio in base ai gradi d'intervento, è stata utile per definire tre importanti macro-obiettivi progettuali, ossia:

1. Lo sviluppo di uno spazio protettivo ermetico;
2. Lo sviluppo di un sistema protettivo aperto a prova di carichi dinamici statici di tipo verticale;
3. Lo sviluppo di un sistema che riduce le probabilità di collasso della struttura edilizia.

I primi due obiettivi si focalizzano sulla progettazione, in chiave antisismica, del singolo arredo, mentre il terzo si rivolge allo sviluppo di sistemi, pseudo architetture, in grado di mettere in sicurezza una parte dell'edificio.

Ogni macro-obiettivo prevede una serie di strategie e di azioni di intervento che caratterizzano la specifica prestazione salva-vita del prodotto, in particolare sono state individuate cinque principali strategie:

1. incrementare la resistenza meccanica per resistere a carichi eccezionali;
2. generare configurazioni strutturali variabili in grado di resistere ad eventuali carichi eccezionali;
3. mitigare e dissipare le sollecitazioni generate dal sisma e da eventuali carichi eccezionali;
4. assecondare le oscillazioni dell'involucro edilizio;
5. evitare il collasso della struttura edilizia.

Sulla base dei casi studio mappati, ad ogni strategia è stato possibile associare le soluzioni progettuali di dettaglio, come: le tipologie di materiali ad alta resistenza meccanica (acciai, pannelli compositi, etc.), le tipologie di materiali e i dispositivi in grado di dissipare energia cinetica (elastomeri ed espansi, dissipatori viscoelastici, molle, etc.), le tipologie di strutture ad alta rigidità (archi, tralicci, alveolari etc.), le tipologie di strutture in grado di deformarsi in maniera programmata (crumple zone, alveolari, auxetici etc.), dispositivi meccatronici, meccanismi di movimentazione e cerniere. La messa sistema e la gerarchizzazione di tutte le considerazioni emerse nell'analisi dei casi studio, è stata fondamentale per la costruzione di una scheda di sintesi finale (Fig. 31), caratterizzata da una struttura ad albero, in modo da semplificare la lettura di tutti gli aspetti progettuali e restituire in maniera schematica le principali strategie salva-vita attuate dai sistemi di arredi individuati dalla ricerca.

Questo modello rappresenta inoltre, uno strumento ottimale per una nuova analisi critica, a ritroso, dei singoli prodotti mappati, permettendo per ognuno di questi, di evidenziarne l'obiettivo principale, il contesto d'intervento progettuale, la strategia che caratterizza la prestazione anti sismica e le soluzioni di dettaglio elaborate ed implementate all'interno del progetto.

Pertanto, nel prossimo paragrafo saranno analizzati in dettaglio cinque casi studio attraverso i parametri contenuti nella griglia della scheda sviluppata.

8.2 Analisi di cinque casi studio attraverso i parametri della scheda di sintesi

In questo paragrafo saranno analizzati attraverso il modello proposto nella scheda di sintesi, alcuni dei casi studio più interessanti e in linea con il contesto di riferimento individuato dalla ricerca, ossia l'emergenza terremoto e il tema della sicurezza negli spazi destinati alla didattica. La griglia sviluppata nella scheda di sintesi delle strategie salva-vita in caso di sisma (Fig. 31) servirà da filtro per rilevare in maniera gerarchica i parametri progettuali e i dettagli che caratterizzano il singolo prodotto esaminato.

Il banco scuola antisismico

Il banco scuola mostrato nella Figura 32 è specializzato nel trasformarsi in una sorta di cellula salva-vita durante le prime fasi del terremoto. In caso di sisma, lo studente dovrà azionare una maniglia posta sul piano di lavoro, tirarla verso di sé, e ribaltare il piano scivolando poi sotto il banco. Secondo le descrizioni riportate, l'insieme dei banchi presenti in aula, generano una struttura altamente resistente e in grado di sostenere l'intero peso del solaio.

Come possiamo leggere nella scheda, l'obiettivo di protezione adottato per il banco è di sviluppare una copertura a prova di carichi statici e dinamici, attraverso una duplice strategia che prevede, l'implementazione della resistenza meccanica e la realizzazione di sistema a geometria variabile. Sebbene le soluzioni adottate, siano efficaci in termini

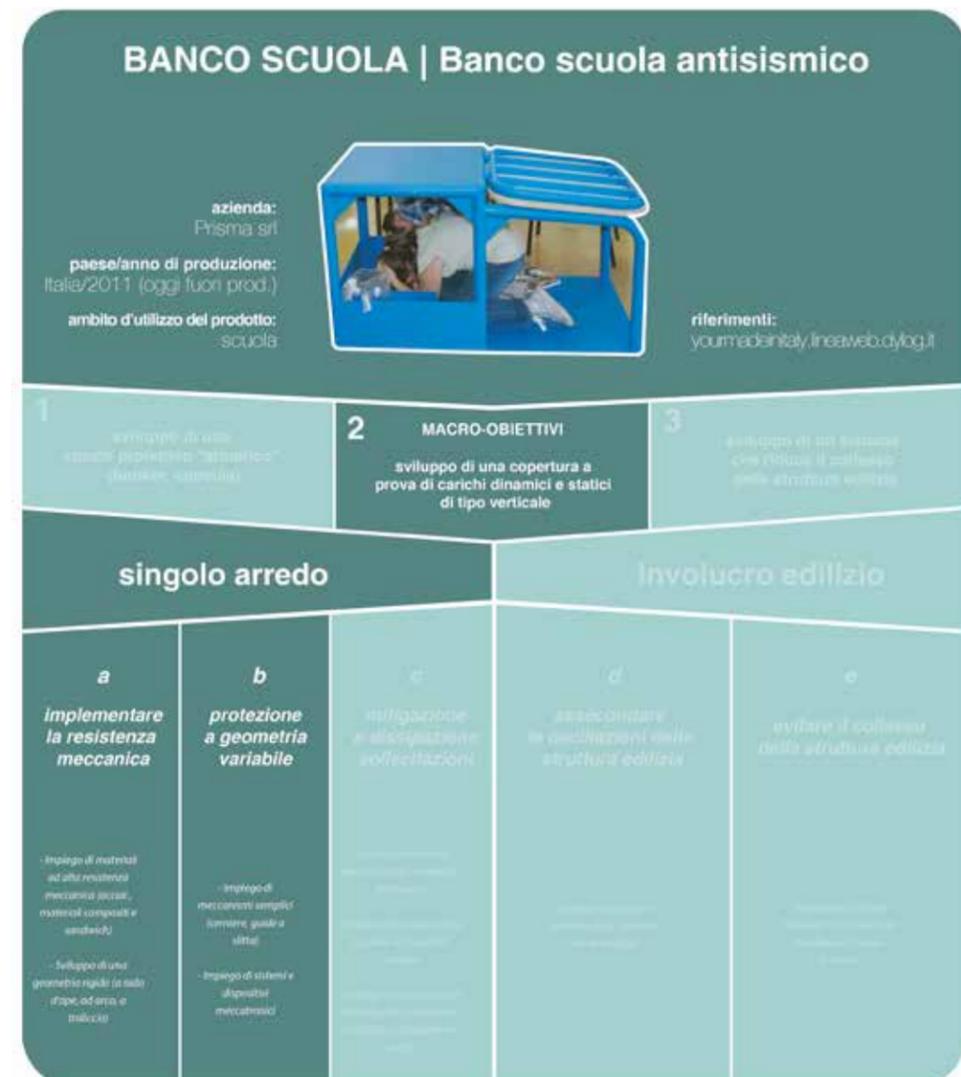


Fig. 32. Scheda delle strategie antisismiche del banco scuola.

di prestazioni meccaniche e di capacità di protezione per lo studente e gli studenti dalle minacce delle strutture che crollano, occorre fare alcune osservazioni rispetto la debolezza di alcuni requisiti, molto importanti nella progettazione di un banco scuola. La morfologia del telaio, da un punto di vista dell'inclusività, risulta essere inaccessibile a studenti con particolari disabilità, ma soprattutto la struttura ipotizzata prevede l'utilizzo massivo dell'acciaio, con gravi conseguenze in termini di peso del prodotto e dei costi di produzione.

Infatti, il singolo banco arriva ad un peso complessivo di circa 154kg e, se consideriamo in un'aula tradizionale la presenza di almeno 20 banchi, si arriva ad un peso totale di circa 3 tonnellate. Pertanto, un valore eccessivo per qualsiasi struttura edilizia, anche per quelle a prova di sisma. Questo modello di banco scuola è stato distribuito, nel 2010, dall'azienda prisma srl, con un prezzo per le pubbliche amministrazioni di circa 400euro cadauno, dieci volte di più rispetto un banco tradizionale.

Probabilmente questa è stata la principale motivazione per cui questo prodotto già nel 2011 è uscito dal mercato. Un'altra importante criticità da evidenziare, è la funzionalità limitata del banco nei confronti dei requisiti richiesti per l'allestimento di arredi

dinamici e flessibili destinati alle nuove metodologie di apprendimento e di cooperative learning della Scuola digitale e della Classi 3.0 (vedi paragrafo 3.5)^[22]. In sintesi, sebbene le strategie adottate siano efficaci a proteggere la vita dello studente dai possibili crolli delle strutture e di altri oggetti pesanti, si rilevano di contro, gravi criticità funzionali e di tipo economico/commerciale, legate specialmente all'uso massivo dei materiali strutturali.

La scrivania Executive Desk

Il prodotto Executive Desk di lifeguard è una scrivania costituita da un telaio interamente in acciaio, completo anche di una base in lamiera, in grado di sopportare carichi di quasi 100 tonnellate e personalizzabile nelle finiture esterne (Fig. 33). L'interno offre uno spazio sufficiente per ospitare una persona ed è allestito con delle imbottiture e delle maniglie per tenersi saldi alla struttura in caso di sisma.

La scrivania prevede la chiusura ermetica dello spazio vitale (ricavato sotto il piano di lavoro), e la possibilità di usufruire di un kit di sopravvivenza con le necessità di base come: cibo, acqua, una luce di emergenza e una maschera respiratoria per filtrare le polveri. Come mostrato nella scheda, l'obiettivo di protezione adottato per la scrivania è di sviluppare uno spazio protettivo ermetico, in particolare attraverso la strategia dell'implementazione della resistenza meccanica.

Sebbene il prodotto sia affidabile, in termini di prestazioni antisismiche e di protezione personale dai possibili danni inferti dal terremoto, occorre d'altra parte evidenziare le criticità del telaio di acciaio in termini di carico esercitato sul pavimento, nel caso specifico ogni modello di scrivania arriva ad un peso complessivo di circa 328kg. Ne consegue che anche i costi di produzione siano elevati.

Occorre precisare però, che questo modello in particolare è stato sviluppato per arredi uffici di alta gamma, il suo costo infatti si aggira intorno ai 4.700 dollari (circa 4.300 euro), piuttosto oneroso, ma coerente con i prezzi delle altre tipologie di arredo del catalogo lifeguard. Una considerazione diversa potrebbe essere fatta per la versione banco scuola (vedi scheda student desk pag, 48) che prevede un prezzo di 495 dollari (circa 453 euro), sicuramente poco allineati con i requisiti dei bandi e le logiche di acquisto delle pubbliche amministrazioni^[23].

In sintesi, sebbene le strategie adottate siano efficaci a proteggere la vita delle persone che operano negli uffici dal crollo totale delle strutture, si rilevano di contro, gravi criticità allestitive legate specialmente alle dimensioni del prodotto e l'uso massivo dei materiali strutturali. Ad esempio è improbabile, per una tipologia di prodotto come questa, la sua collocazione nei piani di un edificio storico, caratterizzato da spazi piccoli e strutture precarie.

[22] Palmi, F. (2019). Focus "Principali dati della scuola – Avvio Anno Scolastico 2018/2019". (p. 19).

[23] Cook, J. (2011). Earthquake-proof desk designed to withstand one million pounds of debris. (consultato il 03 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo: <https://www.geekwire.com/>.

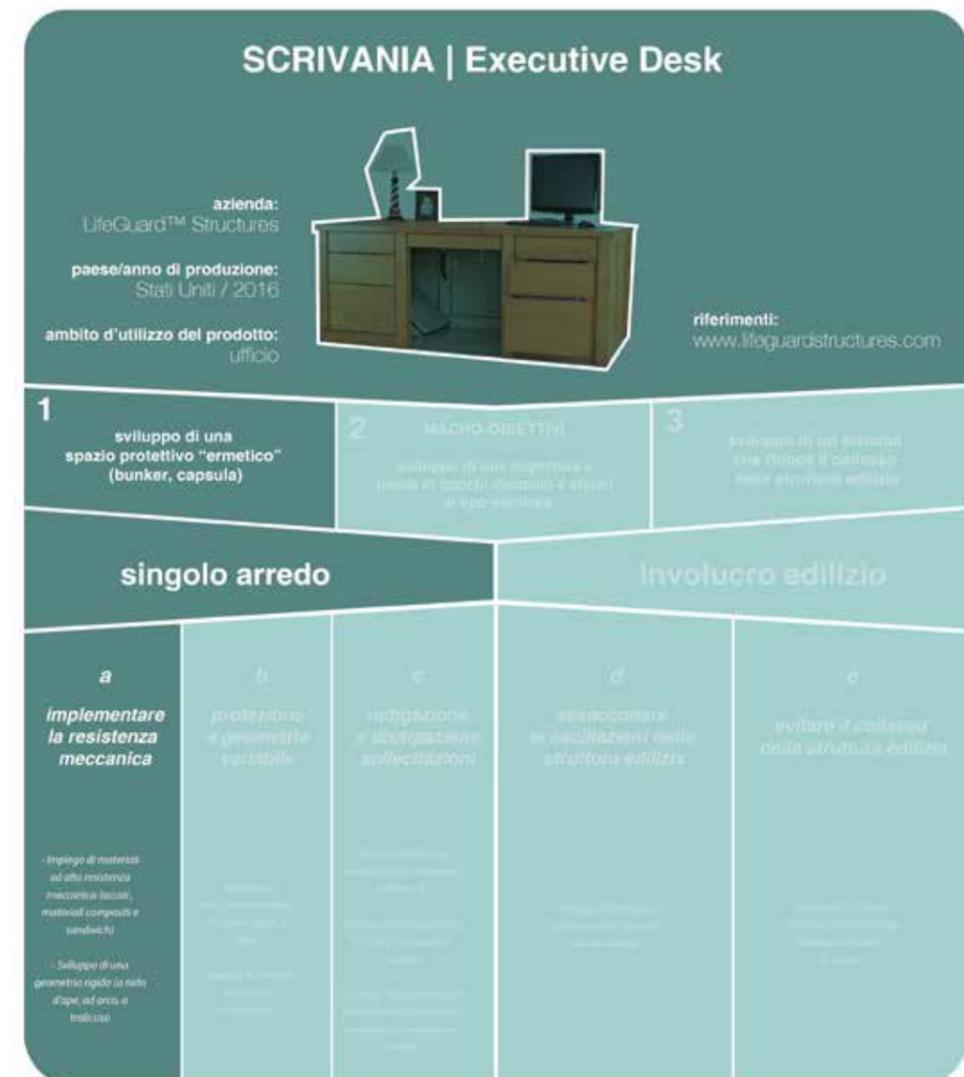


Fig. 33. Scheda delle strategie antisismiche della scrivania prodotta dall'azienda americana lifeguardstructures.

Cellula antisismica per disabili ADA

Il prodotto Ada di lifeguard (Fig. 34) è una cellula salva-vita ideata per le persone con difficoltà motorie. Questo modello è l'unico ad oggi disponibile in commercio, specializzato nell'offrire un riparo in caso di sisma, per un target sensibile come le persone sulla carrozzina.

La struttura resistente è costituita da un telaio interamente in acciaio, coverizzabile e customizzabile, in grado di sopportare carichi di quasi 100 tonnellate ed è integrata di una base di appoggio che tutela la persona anche in caso di collasso del pavimento. All'interno della cellula è presente un vano munito di kit di sopravvivenza, una maschera respiratoria per filtrare le polveri e un dispositivo di segnalazione per le operazioni soccorso.

Come evidenziato nella scheda, l'obiettivo di protezione adottato è quello di sviluppare uno spazio protettivo ermetico, attraverso la strategia di implementazione della resistenza meccanica. Tuttavia, nonostante il prodotto sia eccellente, in termini di

resistenza alle sollecitazioni sismiche e di capacità di protezione per questo particolare target, si riportano le importanti criticità già individuate negli altri modelli della stessa azienda. In conclusione, l'eccessivo peso e le dimensioni di ingombro della struttura non sono compatibili con gli interventi per la messa in sicurezza degli spazi abitativi degli edifici di tipo storico.

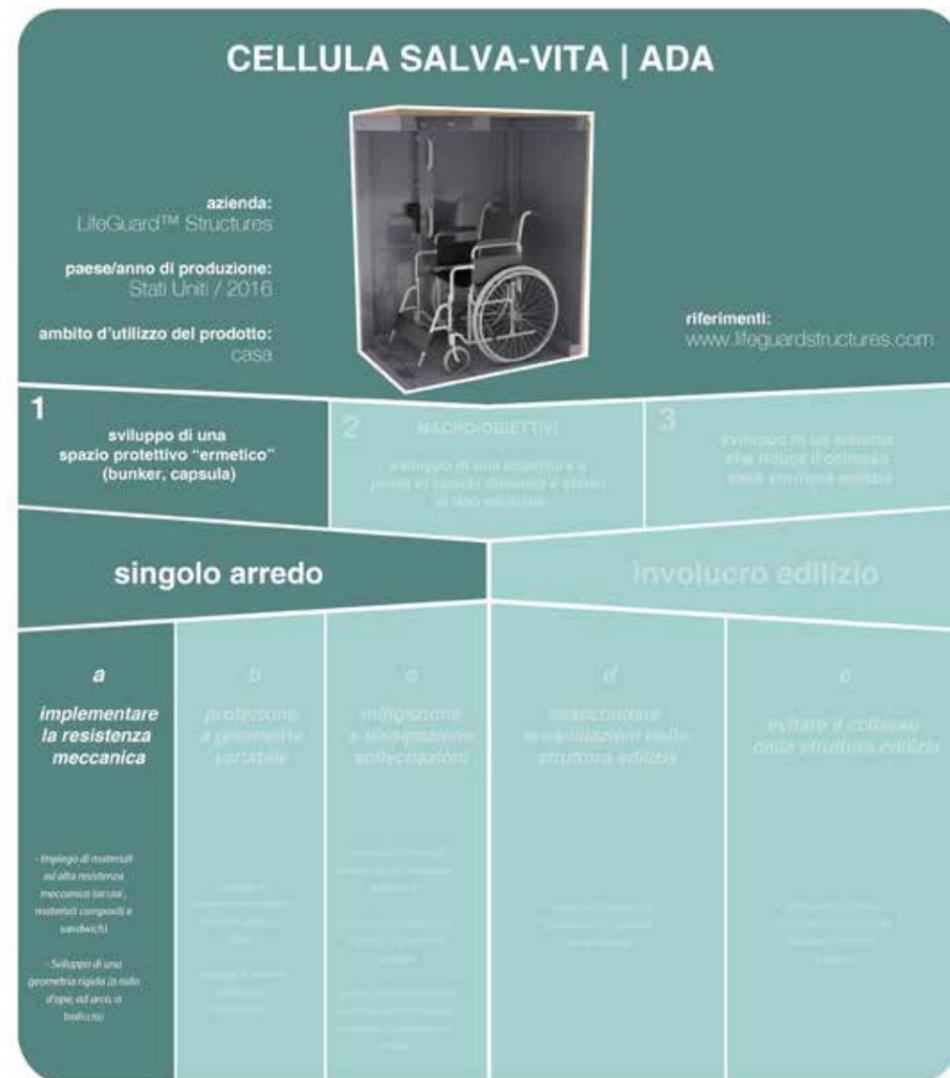


Fig. 34. Scheda delle strategie antisismiche della cellula salva-vita per disabili prodotta dall'azienda americana lifeguardstructures.

La parete divisoria InWall

La parete divisoria InWall (Fig. 35) rientra tra i casi studio dei prodotti antisismici definiti "collaboranti". Si tratta di una tradizionale parete divisoria per uffici, realizzata dall'assemblaggio di profilati di alluminio e pannelli di vetro, ma caratterizzata da un sistema di dissipazione delle sollecitazioni e vibrazioni sismiche chiamato compensatore. Nella scheda di sintesi è evidenziato come obiettivo principale perseguito lo sviluppo di un sistema in grado di ridurre il collasso della struttura attraverso una strategia che

prevede di assecondare le oscillazioni della struttura edilizia al fine di ridurre possibili fenomeni di ribaltamento della parete durante il terremoto. Tale strategia è stata ottenuta attraverso lo sviluppo di un compensatore, costituito da un perno e un sistema di molle integrati nel telaio di alluminio, e in grado di isolare il movimento della parete in vetro rispetto il resto della struttura.

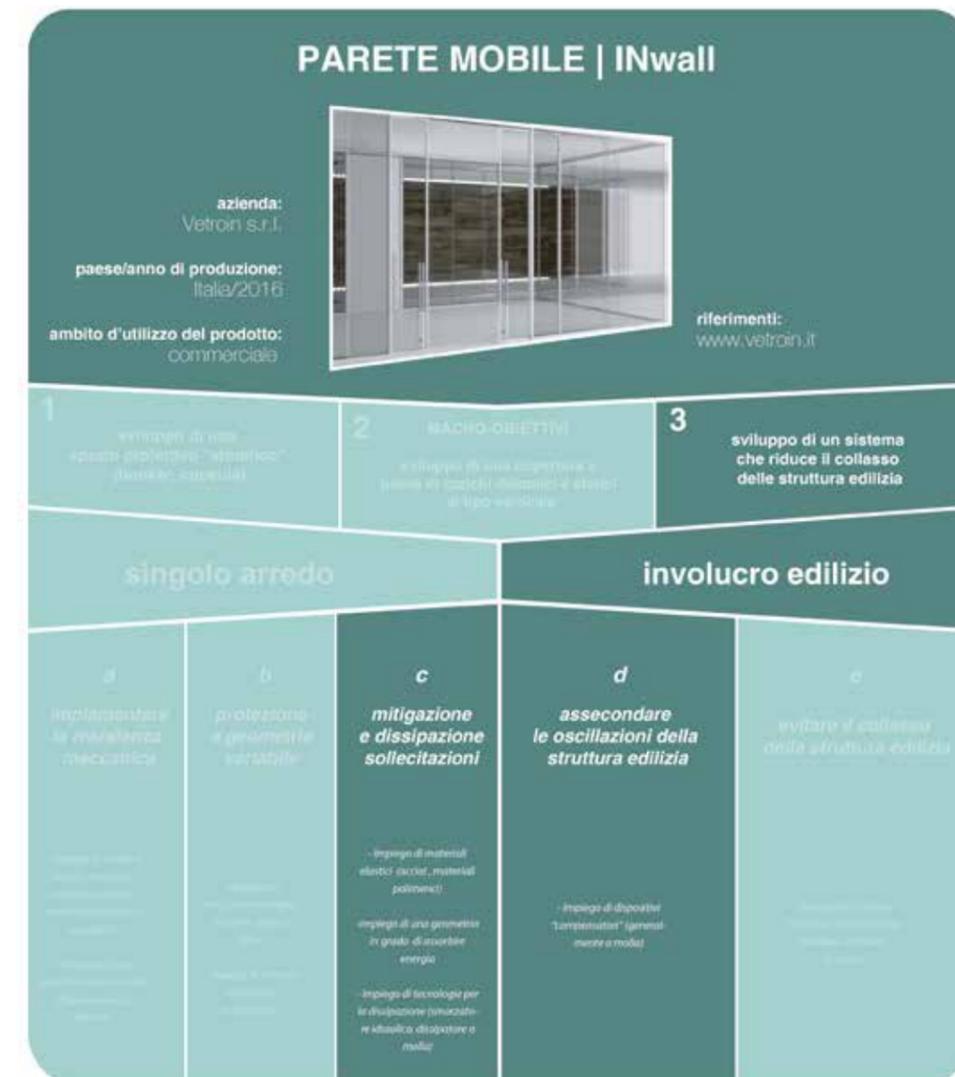


Fig. 35. Scheda delle strategie antisismiche della parete divisoria prodotta dall'azienda italiana Vetron.

Insieme al prodotto commerciale dell'azienda italiana Mangini (paragrafo 7.2.4 Sistemi collaboranti), questa tipologia di parete rappresenta certamente un'ottima soluzione per ridurre gli effetti dannosi alle cose e alle persone e limitare la generazione di ostacoli e di barriere, che spesso si formano a seguito del sisma, con il ribaltamento sul piano e il danneggiamento di porzioni di queste tipologie di elementi non strutturali. Infatti una delle maggiori criticità per le pareti divisorie, specialmente sotto le sollecitazioni del sisma, è il pericolo generato dalla frantumazione dei vetri e il loro ribaltamento sul piano.

Cellula di sicurezza madis room

La cellula di sicurezza distribuita sul mercato con il nome commerciale madis room (Fig. 36) è una struttura a prova di sisma da collocare negli spazi interni di un edificio vulnerabile al terremoto. Il progetto è stato ideato per il mercato delle ristrutturazioni ed è caratterizzato dallo sviluppo di un traliccio di acciaio da installare sulle pareti, sul pavimento e sul soffitto, per contribuire alla resistenza strutturale dell'edificio e sopportare fino a 10 tonnellate di carico verticale.



Fig. 36. Scheda delle strategie antisismiche della cellula di sicurezza prodotta dall'azienda italiana Madis.

Durante la messa in opera, il sistema a traliccio che riveste la stanza, viene poi rivestito con una serie di pannelli in fibra. Rispetto gli altri casi studio, la madis room interviene direttamente sull'edificio e come mostrato nella scheda, il principale obiettivo di protezione adottato è sviluppare un sistema in grado di ridurre il collasso della struttura edilizia, attraverso soluzioni di strutture "resistenti", in acciaio, da installare sull'intera struttura. È evidente che si tratta di una soluzione di tipo "pesante", che genera uno

spazio salva-vita attraverso la realizzazione di armature e strutture parzialmente modulari e pertanto lontane dalle logiche produttive e commerciali del settore arredo, ma piuttosto vicine alle metodologie tradizionali per la messa in sicurezza delle strutture edilizie. Tuttavia, nonostante questo sistema sia stato ideato specialmente per i contesti ritenuti più sensibili al sisma, come gli edifici di tipo storico, occorre sottolineare alcune criticità rispetto gli aspetti tecnici, economici e burocratici. Infatti, in un paese come il nostro, dove le attività di ristrutturazione e di adeguamento sismico delle strutture edilizie, sono caratterizzate da una burocrazia lenta e con lunghi tempi di attesa per il completamento dei lavori, sarà difficile immaginare una serie di interventi su larga scala, che prevedono soluzioni progettuali di questa natura.

8.3 Tre tipologie d'intervento individuate per la messa in sicurezza degli spazi abitativi

Considerate le applicazioni e l'affidabilità dei tradizionali dispositivi per la messa in sicurezza degli arredi (vedi paragrafo 5.2), e tenuto conto delle osservazioni emerse dai casi studio esaminati, e più in generale dell'analisi dello stato dell'arte dei prodotti salva-vita in caso di sisma, è possibile individuare un primo quadro di sintesi qualitativo delle strategie e modalità di intervento rispetto: il campo di utilizzo, le dinamiche commerciali e le tempistiche generali per la messa in sicurezza degli spazi abitativi o degli spazi funzionali come quelli per l'apprendimento (Tabella qualitativa). Sebbene un intervento di tipo "leggero", che prevede l'impiego di dispositivi antiribaltamento degli arredi, rappresenti una soluzione ottimale per la messa in sicurezza negli edifici antisismici, sia per ragioni economiche che per tempi di installazione, risulta però incompatibile nei contesti edilizi vulnerabili al sisma.

Infatti, come dimostrato nel paragrafo 4.2, spesso accade che in strutture vulnerabili, questi sistemi non sono efficaci perché il mobilio cede insieme alla struttura stessa. Diversamente, un intervento di tipo "intermedio" attraverso l'installazione di

modalità intervento messa in sicurezza spazi indoor	edificio antisismico	edificio vulnerabile al sisma (centri storici)	costi e investimenti	tempistiche messa in opera
leggero	★ ★ ★	—	★ ★ ★	★ ★ ★
intermedio	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
pesante	n.v.	★ ★ ★	★ ★ ★	—

n.v. non valutabile — insufficiente ★ sufficiente ★ ★ buono ★ ★ ★ ottimo

Tabella. Modalità di messa in sicurezza rispetto le tipologie di edificio e valutazione qualitativa dell'efficacia in relazione agli aspetti di carattere economico-allestitivo.

arredi salva-vita, è sicuramente una soluzione ottimale rispetto le caratteristiche di un edificio che presenta una struttura fragile e vulnerabile al sisma. Tuttavia sono ancora presenti gravi criticità nei prodotti commercializzati, specialmente in termini di costi e di pesi eccessivi, legati soprattutto alle configurazioni strutturali e l'utilizzo massivo dei materiali, decisamente troppo sovrabbondanti. Infine, un intervento di tipo "pesante", che prevede l'adeguamento sismico di una parte della struttura edilizia, nonostante risulti in termini di sicurezza, la soluzione più efficace per qualsiasi tipo di edificio (anche per quelli storici), a causa delle dinamiche economiche e normative, difficilmente è attuabile in larga scala e con delle tempistiche operative brevi ed efficaci. Pertanto si ritiene la soluzione di un intervento "intermedio", la più interessante per lo sviluppo futuro di nuovi concept di arredo a prova di sisma in grado di soddisfare in tempi ragionevoli, le esigenze di messa in sicurezza di un contesto edilizio vulnerabile al terremoto, specialmente quello scolastico destinato all'apprendimento e alla formazione degli studenti.

Considerazioni finali

In conclusione, l'attività di analisi e studio dello stato dell'arte dei prodotti salva-vita in caso di sisma, ha confermato l'importanza e l'attualità del tema della sicurezza e della protezione passiva delle persone in caso di terremoto e di altre calamità naturali, portando all'individuazione di trentacinque casi studio di arredo salva-vita tra prodotti commerciali, prototipi, brevetti e concept.

Dall'attività di analisi e sintesi dello stato dell'arte dei prodotti, emergono una serie di importanti considerazioni:

1. Nel settore della progettazione edilizia e industriale, è in forte crescita l'interesse per la messa in sicurezza degli arredi (elementi non strutturali) all'interno dell'involucro edilizio;
2. Dal 1995 si assiste ad un incremento esponenziale delle domande di brevetto di prodotti e dispositivi salva-vita in caso di sisma con delle ricadute interessanti nello sviluppo e nella commercializzazione di tipologie di arredo a prova di terremoto, in particolare per i letti e i tavoli da lavoro;
3. Ad oggi è possibile esplicitare almeno tre livelli d'intervento per la messa in sicurezza: leggero, che prevede l'utilizzo di dispositivi antiribaltamento sui comuni sistemi contenitivi da parete; intermedio, che prevede lo sviluppo di arredi e dispositivi di protezione a prova di carichi dinamici e statici; pesante, che prevede l'intervento sull'involucro edilizio per lo sviluppo di bunker e cellule salva-vita;
4. Gli interventi di tipo pesante, sebbene rappresentino una soluzione efficace per la messa in sicurezza di una stanza di un appartamento sono da considerarsi sconvenienti per ambienti ufficio e scuola, in particolare quelli pubblici, a causa delle tempistiche di installazione, dei costi e soprattutto degli aspetti burocratici, specialmente quelli delle nostre regioni.
5. Le caratteristiche fisiche e dimensionali dei prodotti schedati risultano sostanzialmente incompatibili con gli spazi e la precarietà delle strutture del tessuto urbano del centro storico medio italiano: specialmente quelle tipologie di arredo che adottano telai e strutture "iperstatiche" o sistemi tipo "capsule", rappresentano una massa ed un volume critico per un edificio caratterizzato da scarse prestazioni anti-sismiche e da spazi ridotti e spesso poco accessibili;
6. Rispetto il panorama commerciale dei prodotti salva-vita per la scuola mancano soluzioni progettuali per altre tipologie di prodotto come cattedre, librerie ed altri sistemi contenitivi;
7. Nonostante il numero considerevole di alunni con disabilità, solo in Italia sono 245.723 secondo il report del MIUR^[24], non sono ancora state sviluppate tipologie di arredo salva-vita inclusive;

[24] Palmieri, F. (2019). Focus "Principali dati della scuola – Avvio Anno Scolastico 2018/2019". (p. 7).

8. Il tema del ritrovamento delle persone e del monitoraggio dello stato di salute è poco indagato e in attesa di sviluppo tecnologico e di piattaforme in grado di coordinare e guidare i soccorsi;
9. Ad oggi non esiste allo stato di concept, di brevetto o di prodotto commerciale, un concept di sistema di prodotti che in maniera diffusa e collaborante all'interno di un ambiente è in grado di migliorare le possibilità di sopravvivenza in caso di sisma.

In conclusione, la fotografia dello stato dell'arte dei prodotti e dei dispositivi salva-vita in caso di sisma, in particolare quelli specializzati per il comparto scuola e ufficio, mostra ancora delle aree progettuali poco indagate e in attesa di ulteriori sviluppi. Pertanto, in futuro le diverse tipologie di arredo specializzate nella protezione delle persone, oltre ad assolvere alle loro tradizionali funzioni in tempo di pace, dovranno implementare delle soluzioni e delle strategie salva-vita, in tempo di guerra, che siano verificabili e attuabili anche per quei contesti di emergenza caratterizzati da un edificio eterogeneo e vulnerabile al sisma, come quello del nostro Paese. Considerata questa nuova sfida progettuale, l'ultima parte delle ricerche preliminari intende approfondire, sia i criteri per la definizione dei requisiti antisismici per lo sviluppo di nuove tipologie di arredo scuola, che individuare la selezione di una serie di materiali ad alta resistenza per incrementarne le prestazioni salva-vita.

Capitolo 9

Selezione di materiali ad elevata resistenza meccanica per incrementare le prestazioni salva-vita di un arredo in caso di sisma

- 9.1 Requisiti antisismici generali di alcune tipologie di arredo scuola e proprietà prestazionali dei materiali
- 9.2 Metodologia e strumenti per la ricerca dei materiali ad elevata resistenza meccanica
- 9.3 Schedatura materiali: pannelli sandwich, pultrusi e materiali auxetici
 - 9.3.1 Pannelli sandwich a prova di sisma
 - 9.3.2 Profilati pultrusi strutturali a prova di sisma
 - 9.3.3 Materiali Auxetici a prova di sisma
 - 9.3.4 Riflessioni e considerazioni finali

9 Selezione di materiali ad elevata resistenza meccanica per incrementare le prestazioni salva-vita di un arredo in caso di sisma

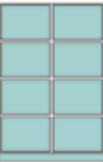
Elemento arredo	Requisiti prestazionali	Strategia	Sistema
Banco 	Protezione da crolli (impatti e carico accumulato)	Resistenza e robustezza Dissipazione impatti	Banchi interconnessi (lineare, ottagonò)
Cattedra Scrivania ufficio 	Protezione da crolli (impatti e carico accumulato)	Resistenza e robustezza Dissipazione impatti	Elemento isolato
Armadio Parete attrezzata 	Impedire ribaltamento Ausilio tamponature e divisori Protezione da crolli	Conformazione geometrica Resistenza	Parteti attrezzate interconnesse e connessione armadi
Parete divisoria 	Impedire ribaltamento Impedire danneggiamento	Resistenza ribaltamento Dissipazione moto sismico	Connessione con struttura

Tabella di sintesi degli obiettivi prestazionali generali attesi e le strategie di messa a sistema degli arredi.

Premessa

In uno scenario di sviluppo di nuove soluzioni per la protezione dal sisma nelle scuole e, in particolare nelle aule, gli arredi dovranno essere concepiti per offrire prestazioni antisismiche, tali da incrementare il livello di sicurezza nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita negli edifici in cui essi sono collocati. In questa prospettiva, la concezione strutturale dei prodotti deve, da un lato, incrementare le prestazioni di resistenza meccanica e di capacità di deformazione e di resistenza agli urti, senza scadere in soluzioni eccessive in termini di peso e pertanto inadeguate alla collazione negli edifici storici e vulnerabili e, dall'altro, deve rispettare le dinamiche commerciali e di produzione tipiche del comparto arredo scuola. Nei prossimi paragrafi viene riportato, come caso studio virtuoso, il lavoro di analisi per la selezione dei materiali, sviluppato a seguito delle attività condotte all'interno del progetto di ricerca industriale S.A.F.E. e in collaborazione con il team di ingegneria strutturale di Unicam^[25].

9.1 Requisiti antisismici generali di alcune tipologie di arredo scuola e proprietà prestazionali dei materiali

A seguito dell'analisi dello stato dell'arte e dell'esame delle criticità rilevate nei contesti scuola, sono state individuate per le principali tipologie di arredo destinate alle aule agli uffici (vedi Fig. 44), un set di requisiti prestazionali preliminari in chiave antisismica per lo sviluppo delle parti strutturali degli arredi salva-vita. La tabella sviluppata rappresenta una prefigurazione generale della macro prestazioni attese da ciascun arredo con le strategie e le tipologie di sistema da adottare.

[25] "S.A.F.E. - Design sostenibile di sistemi di arredo intelligenti con funzione salva-vita durante eventi sismici" è un progetto di Ricerca Industriale, co-finanziato dal MIUR nell'ambito del Programma Operativo Nazionale - Ricerca e Innovazione 2014/2020, coordinato dall'Università di Camerino che coinvolge undici partner tra università, aziende del settore legno-arredo e del settore ICT e IoT (Coordinatore scientifico: Lucia Pietroni, Professore di Disegno Industriale della Scuola di Architettura e Design di Unicam) www.safeproject.it.



Proprietà fisiche e meccaniche ricercate per la selezione dei materiali.

I requisiti individuati saranno ulteriormente approfonditi e definiti nel capitolo 11, dove saranno descritte in dettaglio tutte le tipologie d'arredo individuate dalla ricerca. Pertanto, lo scopo principale di questo capitolo è restituire i risultati dell'attività di ricerca dedicata alla ricognizione, selezione e analisi critica dei materiali che rispondono ai requisiti prestazionali individuati e che sono in grado di incrementare le prestazioni tradizionali degli arredi scuola.

In particolare, è stata riportata l'offerta commerciale di materiali e semilavorati caratterizzati da un elevato contributo in termini di resistenza meccanica, resilienza e resistenza al fuoco abbinata a dei valori della densità che, siano il più possibile contenuto e in linea con le caratteristiche tecniche e produttive delle tipologie di prodotto individuate. Infatti, come spiega l'ingegnere britannico Micheal F. Ashby:

“la scelta del materiale non può essere fatta senza tener conto dei processi manifatturieri necessari [...] che ne influenzano le proprietà”^[26].

Prima di procedere con la mappatura dei risultati, sono state definite le principali proprietà fisiche e meccaniche ricercate, opportunamente riportate nel paragrafo 9.3 nelle schede dei materiali sviluppate.

- Con il termine resistenza meccanica si vuole descrivere l'attitudine di un materiale a resistere a determinate sollecitazioni causate da carichi di tipo statico;

[26] Ashby, M. (2007). La scelta dei materiali nella progettazione industriale. (Cap. 22).

- Con il termine resilienza si vuole descrivere la tenacità di un materiale e la sua capacità di sopportare carichi di tipo dinamico e dissipare l'energia dell'urto;
- Con il termine resistenza al fuoco si vuole descrivere la capacità di un materiale a ridurre o ritardare la sua combustione;
- Con il termine densità si vuole definire una qualità fisica del materiale ossia la sua massa rispetto il volume occupato. Questo parametro condiziona il peso finale del prodotto, pertanto è fondamentale che il suo valore sia il più contenuto possibile;
- Con il termine lavorabilità si vuole definire l'attitudine del materiale ad essere lavorato e processato mediante i tradizionali processi produttivi del comparto Legno-Arredo.

Pertanto la ricerca per la selezione dei materiali, come mostrato nello schema, sarà condizionata sia dalle capacità prestazionali espresse dalle quattro proprietà fisiche individuate, che dalle possibilità di lavorazione e di processabilità rispetto le tecnologie di trasformazione del comparto tecnico-produttivo inquadrato dalla ricerca e già esplicitate nello schema del paragrafo 3.5 (vedi Fig. 13).

9.2 Metodologia e strumenti per la ricerca dei materiali ad elevata resistenza meccanica

La raccolta e la ricognizione dei dati è stata programmata sulla base di due macro attività: la prima caratterizzata dalla ricerca on desk, attraverso una sitografia e piattaforme specializzate, come Material Connexion®, per la lettura e l'analisi dei datasheet; la seconda, sul campo, nelle materIoTeca e negli stabilimenti produttivi delle aziende del partenariato del progetto S.A.F.E., attraverso la consultazione e lo studio di campionature di materiali e di manuali tecnici. Come già esplicitato nel precedente paragrafo, per la definizione dei criteri di selezione dei materiali è stata avviata, con il supporto del team di ingegneria strutturale di Unicam, un'analisi preliminare dei principali requisiti prestazionali richiesti per lo sviluppo di nuovi arredi salva-vita in caso di sisma, ossia: capacità di resistenza ai carichi statici e dinamici; capacità di mitigare e dissipare le sollecitazioni generate dal terremoto; capacità di resistere al fuoco. I requisiti individuati sono stati quantificati in specifici valori, compresi tra un minimo e massimo, da rispettare e ricercare tra le proprietà dei materiali mappati. Ogni materiale è stato ulteriormente confrontato con le possibilità di lavorazione e soprattutto con le normative di riferimento per lo sviluppo dei prodotti per il comparto scuola e ufficio, come la regolazione dei pesi, le classi ignifughe da osservare, le finiture da rispettare etc. (vedi paragrafo 3.5 e 11.4). Per l'individuazione e la selezione dei materiali è stato fondamentale l'utilizzo del software *Ces Granta Selector*^[27], che permette di analizzare e confrontare le proprietà fisiche, chimiche, meccaniche, ambientali e di natura economica, in maniera veloce e schematica. I dati raccolti sono stati infine, restituiti attraverso la metodologia di una schedatura divisa per tipologie (pannelli compositi, profilati, pannelli alveolari etc.) e articolata con le principali informazioni tecniche-prestazionali e commerciali.

In sintesi, la metodologia proposta in attuazione dell'indagine ha visto cinque importanti step:

1. La definizione dei requisiti prestazionali degli arredi scuola in caso di sisma (vedi tabella);
2. L'indagine on-desk attraverso la consultazione di una sitografia specializzata nella catalogazione e archiviazione dei datasheet dei materiali;
3. La consultazione in materIoTeca e presso le aziende del comparto arredo scuola, di una campionatura di materiali e semilavorati;
4. Il settaggio dei parametri di selezione dei materiali con il software *Ces Granta Selector*;
5. La schedatura dei materiali individuati.

[27] <https://www.grantadesign.com/it/industry/products/ces-selector/>.

I risultati di questa ricerca saranno utili in fase di sviluppo progettuale per selezionare con maggiore consapevolezza le tipologie di materiali e di semilavorati che potenzieranno le prestazioni tradizionali e quelle antisismiche delle tipologie d'arredo destinati alla messa in sicurezza degli spazi ufficio e quelli dell'apprendimento, ad esempio per un'aula 3.0.

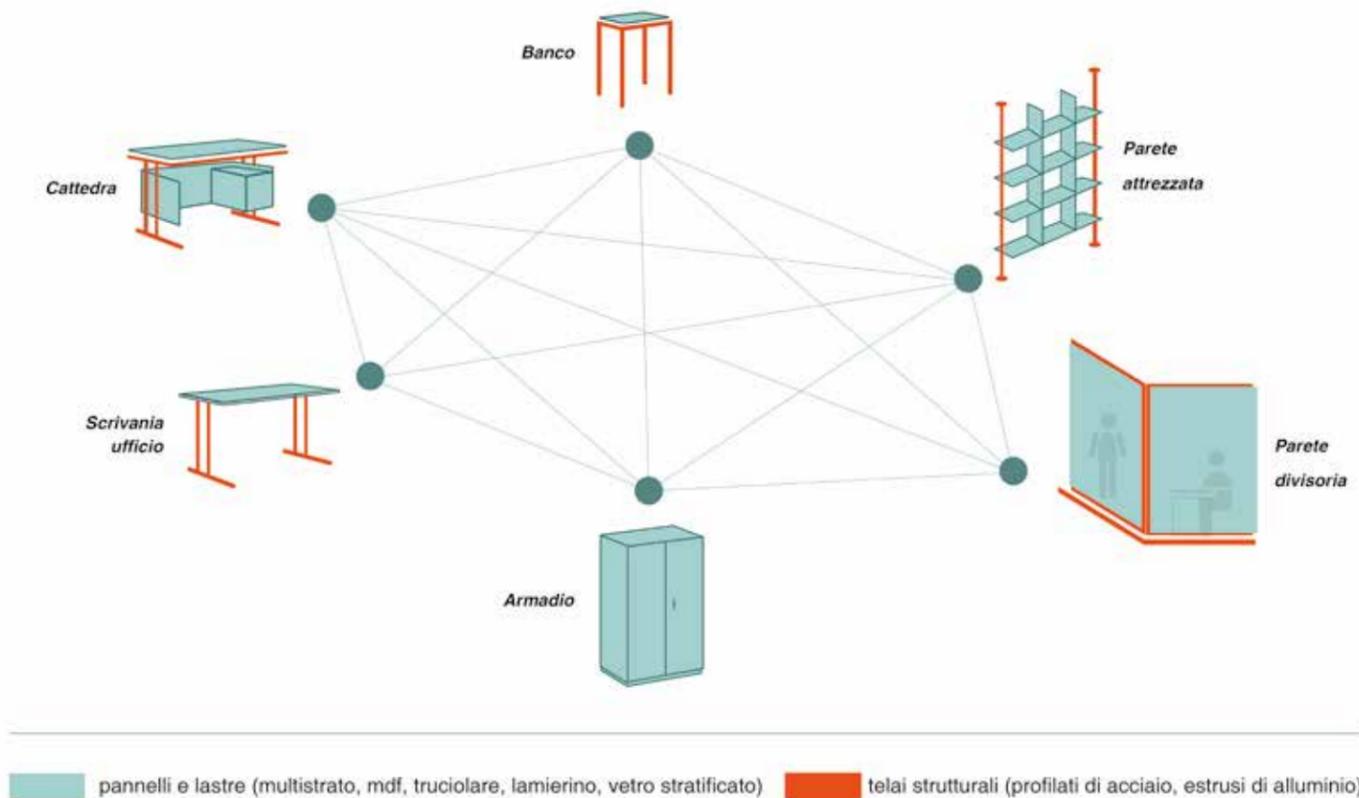


Fig. 37. Mappatura materiali tradizionali impiegati nel settore arredo scuola e dal partenariato del progetto di ricerca industriale S.A.F.E.

Parametri di selezione dei materiali attraverso il software *Ces Granta Selector*

Per inserire i dati nel software *Ces Granta Selector*, è stato opportuno avviare un processo preliminare di screening dei materiali e dei semilavorati ad oggi utilizzati nella filiera produttiva del settore arredo-scuola (Fig. 37), focalizzato principalmente sull'individuazione delle loro caratteristiche fisiche e prestazionali. Una volta individuati i principali materiali e semilavorati, sono stati definiti due requisiti prioritari per una prima selezione con il software: il primo parametro è la densità, che definisce il grado di leggerezza del materiale, individuato sull'asse Y della mappa con il termine "density" (Fig. 38); il secondo, riguarda le prestazioni meccaniche, nello specifico la resilienza, posta sull'asse X della mappa con il termine "fracture toughness". Dopo aver inserito i valori minimi e massimi dei parametri, il software restituisce sottoforma di macchie di colori, un'ampia gamma di tutte le tipologie e le famiglie dei materiali

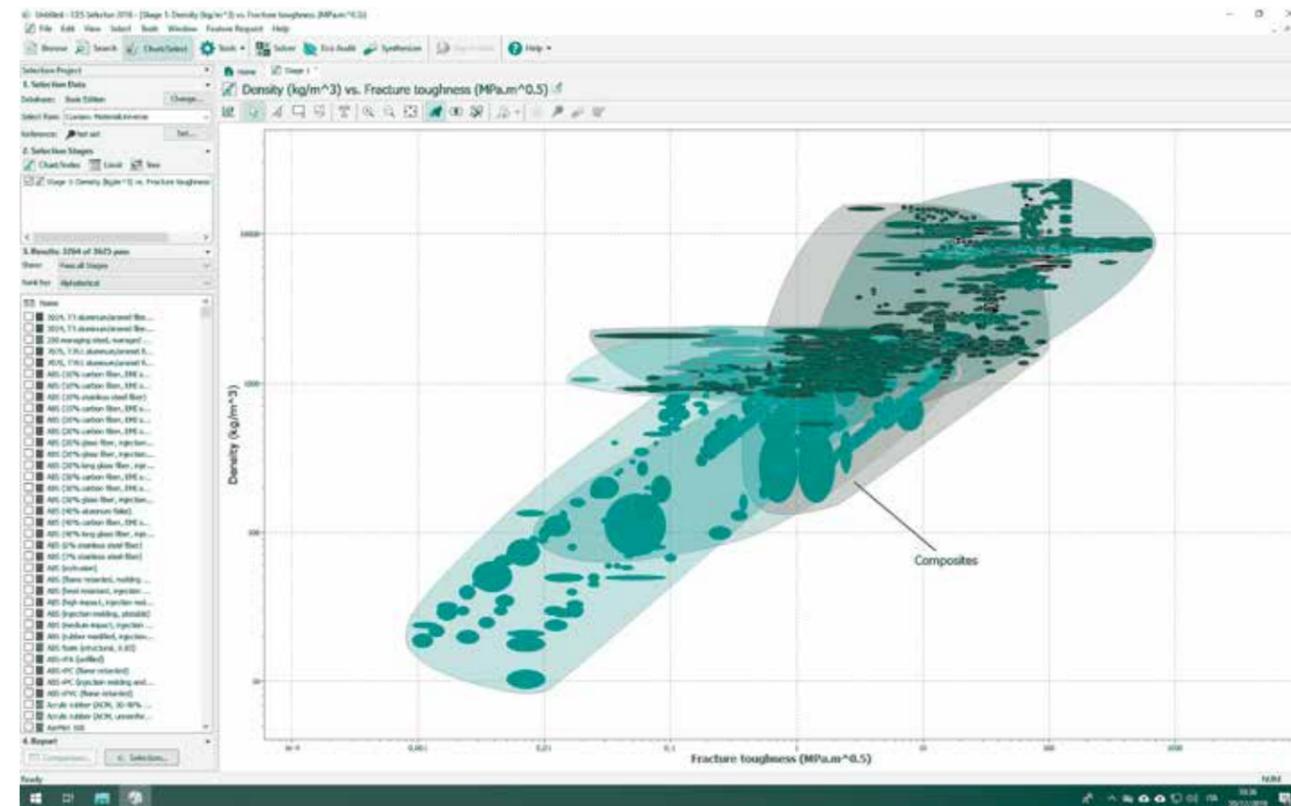


Fig. 38. Primo screening con le tipologie di materiali e l'identificazione della famiglia dei compositi.

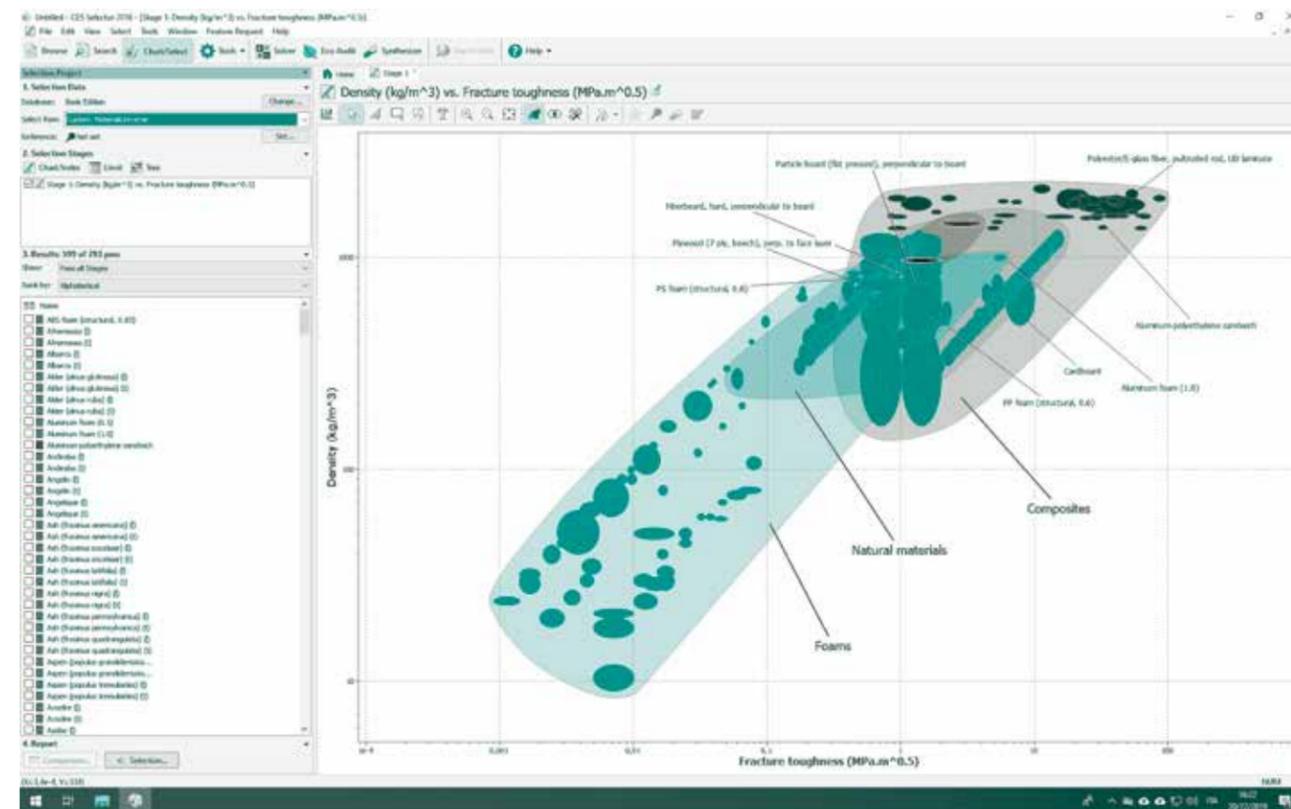


Fig. 39. Seconda fase di selezione delle singole tipologie all'interno della famiglia dei compositi.

che rispondono ai requisiti individuati e che possono essere facilmente processati ed implementati dalla filiera produttiva. Rispetto ai primi risultati del software, sono stati selezionati alcuni gruppi di materiali appartenenti alla famiglia dei compositi, degli espansi, dei pannelli sandwich e dei pultrusi, perché ritenuti maggiormente promettenti rispetto agli altri parametri individuati, ossia, la processabilità, la resistenza al fuoco etc. Come mostrato nelle mappe elaborate dal software (Fig. 38 e Fig. 39), una volta individuata la famiglia dei compositi come potenziale gruppo di riferimento per l'implementazione materica, è stata avviata una seconda fase di approfondimento con la selezione di quelle tipologie di materiali in linea con i requisiti individuati e facilmente processabili dalle tecnologie di trasformazione della filiera produttiva tipica del settore arredo-scuola e arredo ufficio. Nel caso specifico di questa selezione, sono state considerate le tecnologie adottate dalle aziende del partenariato del progetto di ricerca industriale S.A.F.E.^[28].

9.3 Schedatura materiali: pannelli sandwich, pultrusi e materiali auxetici

La scheda materiale è stata sviluppata in modo da semplificare le operazioni di archiviazione e di lettura dei principali dati. In particolare il layout grafico si articola con una serie di importanti aree informative, di seguito descritte:

1. Una barra colorata in alto della scheda, dove è specificata la tipologia di materiale, il nome commerciale, l'azienda e il sito di riferimento;
2. Un diagramma di Kiviat (o grafico radar) al centro della scheda, dove sono state esplicitate le caratteristiche fisiche, il comportamento meccanico e le possibilità di lavorazione, ciascuna caratterizzata da un range di valori che tiene conto dei livelli minimi che caratterizzano le prestazioni dei materiali tradizionali. Di seguito sono descritti nel dettaglio i valori delle prestazioni del materiale:
 - La densità, espressa in Kg/mc, compresa tra 50 e 500 kg/mc, definita sulla base dei pesi dei materiali attualmente impiegati nel settore legno-arredo;
 - La lavorabilità, parametro espresso dal numero di processi che il materiale può subire;
 - La resistenza meccanica, parametro espresso in GPa, riferito al valore del modulo elastico del materiale e compreso tra 15 e 190 GPa;
 - La reazione al fuoco, parametro espresso dalla classe ignifuga di appartenenza e indicato con un valore adimensionale compreso tra 0 e 5, secondo le disposizioni del D.M. Interno 26 giugno 1984;
 - La resilienza, parametro espresso in $\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$, riferito al valore della resistenza agli urti del materiale e compreso tra 1 e 80 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$;
3. Una tabella di sintesi (posta al centro della scheda) che riporta i formati commerciali e alcuni dati tecnici come la densità, la classe di reazione al fuoco e di resistenza al calore, il valore della formaldeide;
4. Nella parte bassa della scheda è presente una breve descrizione che riporta i principali campi di utilizzo, e un'area con le immagini, utile a comprendere le qualità estetico-percettive e il grado di finitura delle superfici.

L'ultimo paragrafo di questo capitolo intende riportare i principali risultati della ricerca rispetto i nuovi materiali implementabili nel processo di sviluppo degli arredi salvavita per i contesti individuati. Le schede elaborate (Fig. 40) sono state raggruppate per famiglia e tipologia commerciale, nello specifico:

1. Pannelli sandwich;
2. Profilati pultrusi strutturali;
3. Materiali auxetici;
4. Pad antisismici.

[28] Vastarredo. (2019). Deliverable 2.12 "Rilievo e definizione delle tecnologie di produzione disponibili all'interno del partenariato e implementabili commercialmente". progetto S.A.F.E.

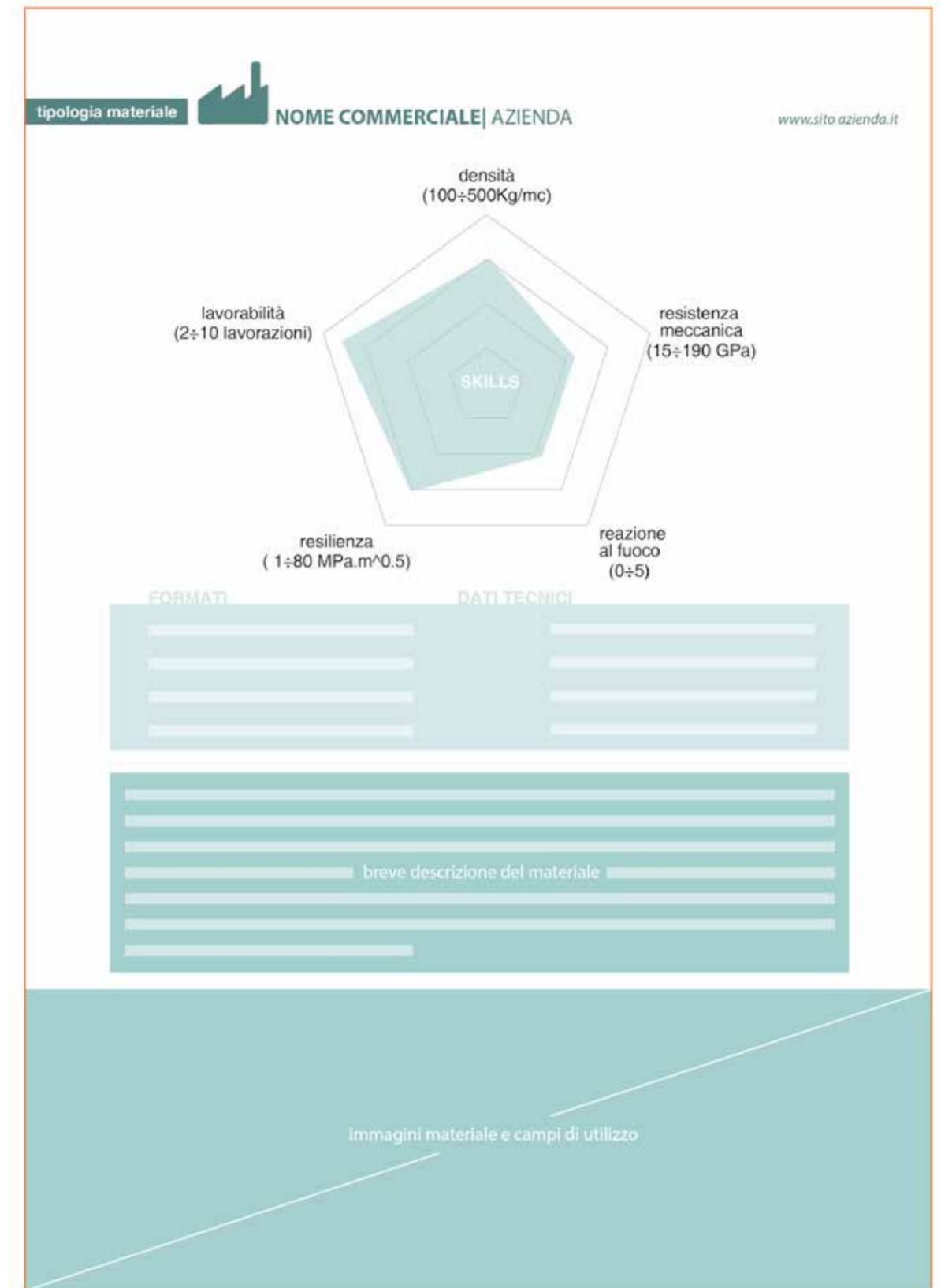


Fig. 40. Layout scheda materiali.

9.3.1 Pannelli sandwich (pannelli alveolari, pannelli con struttura interna espansa etc.)

Le schede che seguono individuano dodici possibili pannelli sandwich da implementare nella fase di sviluppo progettuale. Per pannello sandwich, o struttura a sandwich, si intende un elemento costituito da due strati resistenti, detti pelli o facce, distanziati tra loro e collegati rigidamente ad un elemento connettivo che prende il nome di core: la struttura così composta ha un comportamento statico notevolmente migliore delle singole parti da cui è costituita (Fig. 41).

Il core è in genere un materiale leggero e poco resistente, che permette di distanziare le pelli, composte di materiale nobile e di spessore ridotto. Le pelli sono preposte alla distribuzione dei carichi nel piano, la presenza del core è invece utile ad aumentare il valore della rigidità flessionale del pannello, che dipende dalla distanza delle lamine dal piano medio. L'impiego di tale struttura è quindi paragonabile al concetto della trave con sezione ad L, dove l'anima serve ad aumentare la rigidità flessionale nella direzione della stessa. Distanziando le pelli si ottiene un incremento notevolissimo della rigidità rispetto a un pannello costituito soltanto da uno spessore di materiale pari a quello delle due facce, con un incremento di peso ridottissimo^[29].

[29] Wikipedia l'enciclopedia libera. Pannelli Sandwich. Disponibile all'indirizzo: https://it.wikipedia.org/wiki/Pannello_a_sandwich

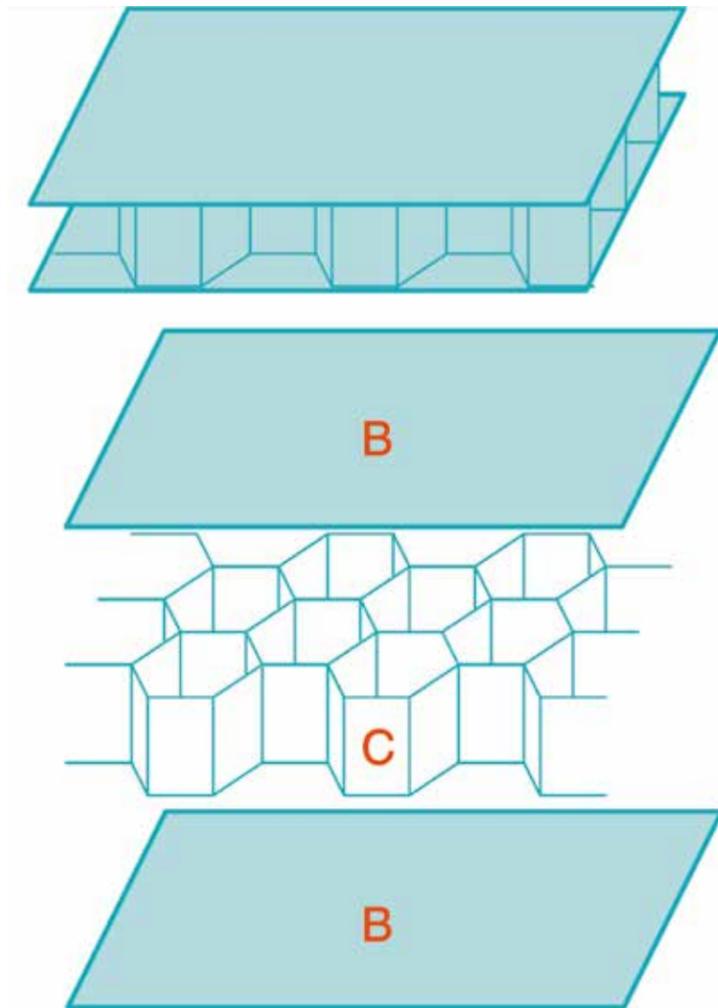


Fig. 41 Strati di un pannello sandwich assemblato (A), e dei suoi componenti, le pelli (B) e il core a nido d'ape (C) o in alternativa in schiuma.

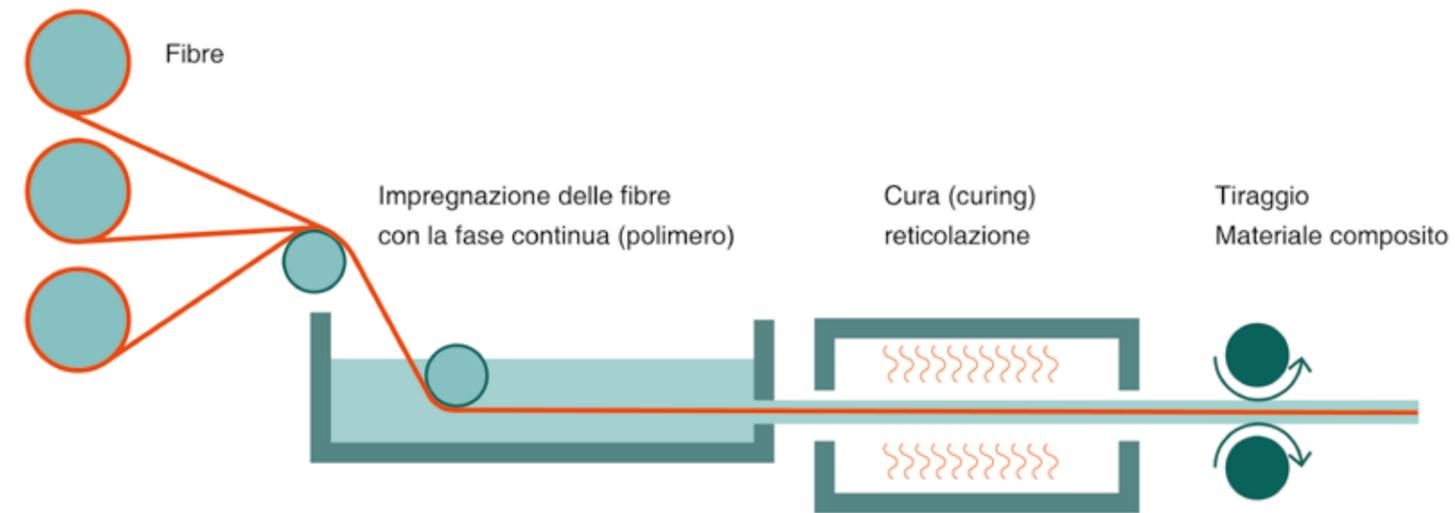


Fig. 42. Schema esemplificativo di un processo di pultrusione.

9.3.2 Profilati pultrusi strutturali

Le schede che seguono individuano tre possibili soluzioni per l'implementazione delle prestazioni meccaniche dei telai strutturali attraverso l'utilizzo dei profilati pultrusi. La pultrusione è un procedimento che viene utilizzato per la produzione in continuo di ogni tipo di profilato. Tra i prodotti per pultrusione figurano le mazze da golf, bastoni da sci, le canne da pesca, le antenne radio, e varie tipologie di profilati per l'edilizia^[30]. In questi tipi di profili, le fibre di rinforzo, quali possono essere ad esempio la fibra di vetro e la fibra di carbonio, vengono prelevate dalla cantra e fatte passare attraverso un cosiddetto bagno di impregnazione dove vengono legati alla matrice della resina. Successivamente la trazione tira le fibre già impregnate della resina facendole passare attraverso un pettine con funzione di guida e imboccandole in una stazione di preformatura, che è una filiera non riscaldata che conferisce al profilato le dimensioni desiderate, schiacciando e compattando le fibre. Successivamente queste vengono fatte entrare in uno stampo riscaldato (heated die) avente la forma della sezione del prodotto finale desiderato (Fig. 42). I pultrusi strutturali hanno un elevato rapporto resistenza-peso e chilo per chilo sono più forti dell'acciaio nella direzione longitudinale, non si deformano in modo permanente in caso di urto ed evitano così danni alla superficie anche in caso di sbalzi termici^[31].

9.3.3 Materiali Auxetici

Le schede che seguono individuano due soluzioni di materiale auxetico altamente specializzati nella resistenza agli urti. Occorre precisare che questi particolari materiali, ad oggi, sono ancora in fase di sviluppo e pertanto, limitati nell'offerta dei formati e difficilmente reperibili. Tuttavia rappresentano certamente una nuova opportunità progettuale, specialmente per la definizione di nuovi scenari applicativi e di sviluppo per la sicurezza e la protezione dal sisma attraverso il sistema degli arredi. La parola "auxetico" deriva dalla parola greca "auxetikòs", il cui significato è "tende ad aumentare". Generalmente, i materiali caricati nella direzione ortogonale riducono la loro sezione, mostrando una sorta di "collo".

[30] Turco, A. (1997). Resine poliesteri. (p. 145).

[31] La pultrusione. <https://www.nikron-pultrusion.com/materiale/>.

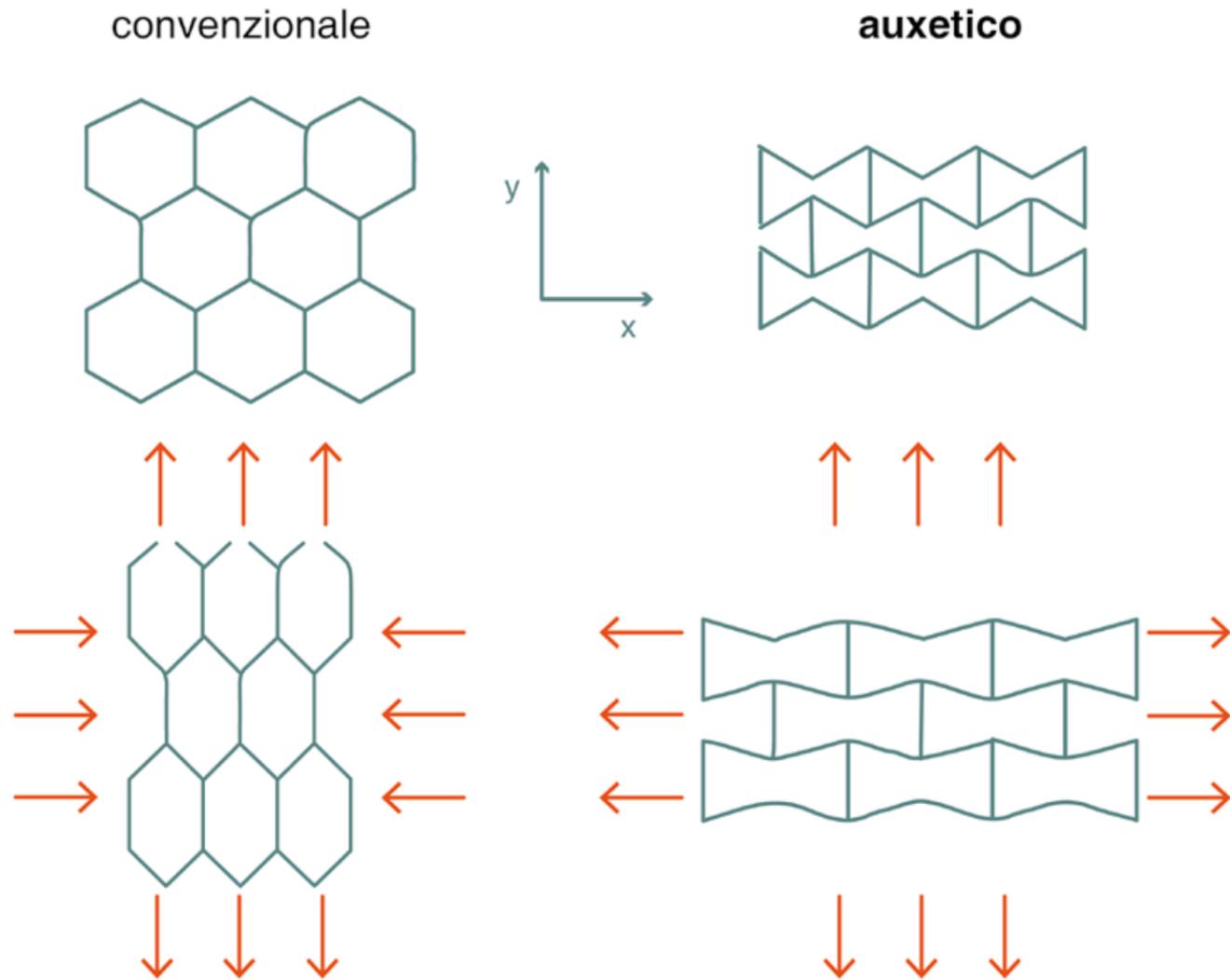


Fig. 43. Confronto tra il comportamento schematico bidimensionale di un materiale convenzionale e un materiale auxetico.

Diversamente, i materiali caratterizzati da strutture auxetiche mostrano un comportamento opposto. Infatti mentre i materiali comuni, definiti anche “Newtoniani”, hanno un rapporto di Poisson positivo, quelli auxetici sono caratterizzati dal coefficiente di Poisson negativo^[32]: valore che influisce sul comportamento elastico della struttura. Pertanto le fibre, in un materiale auxetico, se sottoposte ad uno sforzo di trazione si aprono “ad ombrello”, determinando una dilatazione in direzione trasversale a quella di sollecitazione, diversamente, se sollecitate a compressione si chiudono, determinando un restringimento del campione. Questa prestazione è dovuta alla struttura delle molecole, che determina proprietà meccaniche come l’alto assorbimento di energia e la tenacità. Pertanto ideale per lo sviluppo di sistemi e dispositivi per la protezione personale da possibili urti ed altri generi di traumi. Il comportamento dei materiali auxetici può essere schematizzato con quello degli esagoni riportato in figura 43. Quando le estremità della struttura vengono tirate, gli spigoli dell’esagono convergono verso la direzione opposta alla sollecitazione aumentando l’area della struttura.

[32] Santulli, C., Langella, C. (2016). Study and development of concepts of auxetic structures in bio-inspired design. International Journal of Sustainable Design. n. 3.1.(p. 20-37).

I materiali auxetici possono essere utili in applicazioni come giubbotti antiproiettile, materiale da imballaggio, ginocchiere, protezioni per i gomiti, e più in generale, prodotti per resistere e proteggere dagli impatti.

9.3.4 Riflessioni e considerazioni finali

I risultati descritti in questo paragrafo, saranno utili nella fase di progettazione e ingegnerizzazione, a selezionare con maggiore consapevolezza quelle tipologie di materiali in grado di apportare un duplice contributo nello sviluppo di nuovi arredi salva-vita, ossia: da un lato incrementare le prestazioni antisismiche richieste in “tempo di guerra”, dall’altro migliorare le prestazioni tradizionali per il “tempo di pace”. In particolare, l’attività di ricerca e di ricognizione dei materiali ha individuato tre importanti tipologie implementabili nel processo di sviluppo: i pannelli sandwich; i profilati pultrusi; i materiali auxetici, sebbene quest’ultimi ancora in attesa di ulteriori sperimentazioni e applicazioni commerciali. Attraverso una tabella qualitativa sono state confrontate le principali prestazioni dei materiali schedati rispetto un possibile investimento economico, e come evidenziato nella tabella, sebbene alcune di queste tipologie sono le più performanti, potrebbero influire sul costo finale del prodotto. In particolare questa criticità si evidenzia soprattutto in caso di utilizzo dei semilavorati a base di fibre di rinforzo e gli auxetici. Tuttavia, si potrebbe valutare il contributo di questi materiali altamente prestazionali solo per la progettazione di alcune parti specifiche dell’architettura del telaio, così da contenere ulteriori costi d’investimento. Diversamente, i pannelli sandwich a struttura interna espansa e gli alveolari offrono ottimi margini per l’implementazione e un interessante scenario di sviluppo progettuale. In sintesi possiamo affermare che:

1. I materiali compositi, in particolare la tipologia alveolare con l’anima in alluminio e la tipologia con il core interno in espanso di polietilene, rappresentano le soluzioni più promettenti, per la realizzazione dei piani di lavoro dei banchi, delle cattedre e delle scrivanie. Ovviamente saranno necessari opportuni test statici e dinamici che ne accertino la validità e la fattibilità;

tipologie materiali	densità	resistenza meccanica	resilienza (capacità dissipativa)	lavorabilità	costi e investimenti
<i>poltrusi strutturali</i>	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
<i>pannelli alveolari</i>	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
<i>pannelli struttura interna espansa</i>	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★
<i>materiali auxetici</i>	★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★ ★	—	n.v

n.v non valutabile — insufficiente ★ sufficiente ★ ★ buono ★ ★ ★ ottimo

Tabella qualitativa di sintesi delle principali prestazioni dei materiali mappati dalla ricerca in relazione ai possibili costi e investimenti da sostenere per un’azienda specializzata nella produzione di arredi scuola.

2. I profilati pultrusi, rappresentano una valida soluzione per la realizzazione del telaio delle tipologie di arredo individuate, in particolare per i banchi e le scrivanie, ma considerati i costi del materiale, si potrebbero considerare delle soluzioni di ibridazione nei punti dove è richiesta maggiore resistenza meccanica;
3. I materiali auxetici, sebbene siano altamente performanti, specialmente per la loro attitudine a resistere agli impatti, risultano poco reperibili e molti ancora in fase di industrializzazione, pertanto ancora difficili da processare con le tradizionali tecnologie del settore arredo scuola. Tuttavia si potrebbero considerare per lo sviluppo in futuro, di nuovi concept ideati per altri contesti dove gli aspetti economici sono meno rilevanti.

Sulla base di queste considerazioni, è possibile, in via preliminare, fare una prefigurazione delle possibili implementazioni materiche rispetto ai principali elementi che compongono l'architettura dei prodotti da sviluppare per gli spazi ufficio e gli spazi per l'apprendimento. Soluzioni che andranno successivamente validate e verificate, prima attraverso le analisi agli elementi finiti FEM, e poi in laboratorio attraverso i test sui prototipi fisici. Lo schema che segue mostra questa prima ipotesi di implementazione dei materiali schedati e selezionati dalla ricerca (Fig. 44).

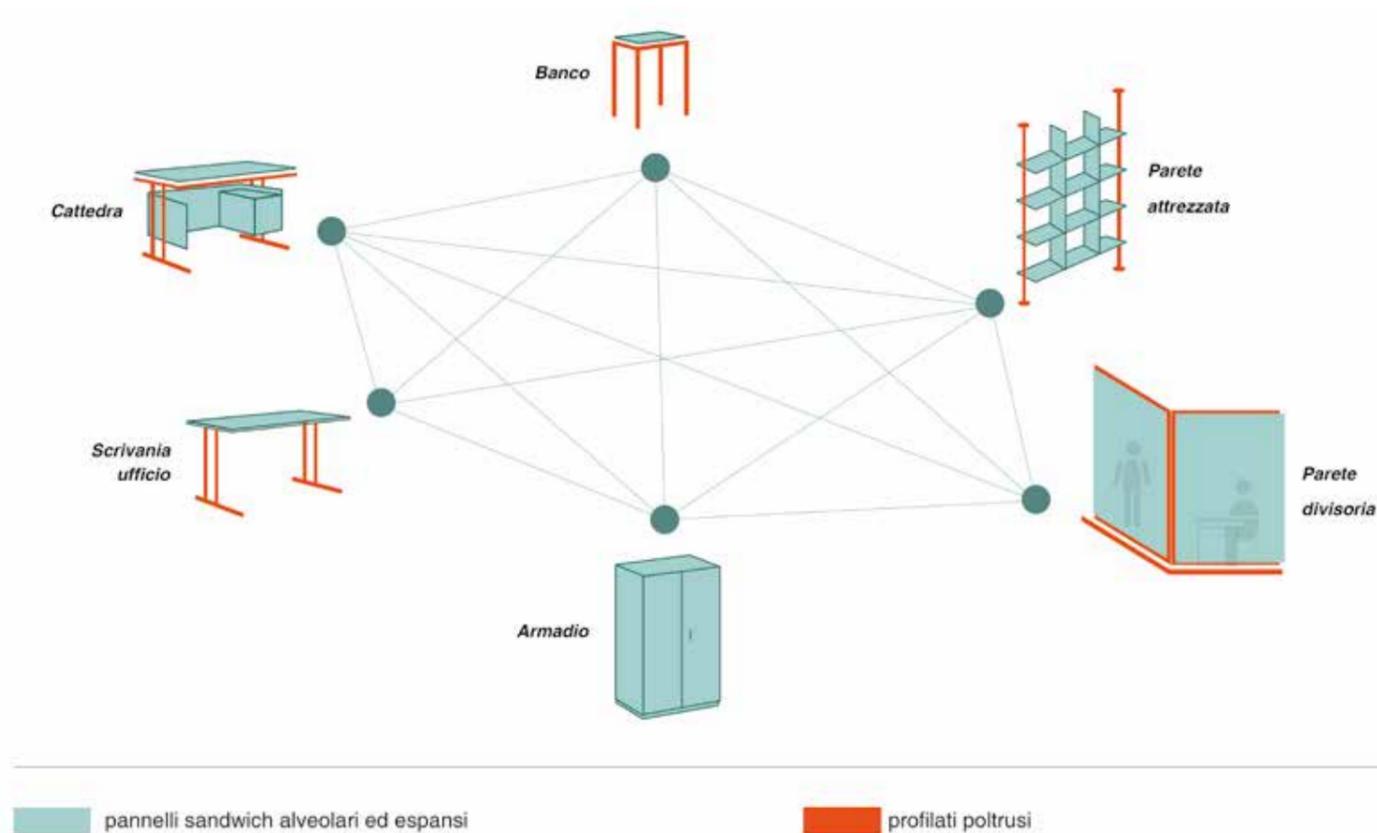


Fig. 44. Schema implementazione dei materiali a prova di sisma per le tipologie di arredo scuola individuate dalla ricerca.

Capitolo 10

Tecnologie ict e iot per il preallertamento ed il rilevamento delle persone: strumenti e dispositivi per le operazioni di monitoraggio e di soccorso

- 10.1 Sistemi di preallerta sisma Earthquake Early Warning
- 10.2 Dispositivi per il rilevamento e il soccorso delle vittime



10 Tecnologie ICT e IoT per il preallertamento ed il rilevamento delle persone: strumenti e dispositivi per le operazioni di monitoraggio e di soccorso

Premessa

In questo capitolo la ricerca intende inquadrare e approfondire i sistemi ICT (Information and Communication Technology) e IoT (Internet of Things), in grado di migliorare le prestazioni di sicurezza antisismica per il contesto scuola individuato, e che siano facilmente implementabili nello sviluppo di nuovi concept di arredo da destinare agli spazi per l'apprendimento. In particolare, saranno evidenziate rispetto lo stato dell'arte di queste tecnologie, le opportunità e le prestazioni offerte per migliorare le fasi di emergenza terremoto nel pre-evento e nel post-evento.

Certamente i sistemi ICT svolgono un ruolo importante nelle operazioni di gestione dei disastri. Alcuni esempi sono stati già descritti nel paragrafo 3.2 per il monitoraggio dello stato di salute degli edifici scolastici attraverso l'uso dei sistemi di posizionamento satellitare GPS, ma negli ultimi anni si parla di sistemi di allarme precoce EWS (Earthquake Early Warning) e di sistemi di informazione geografica GIS che possono fornire ai soccorritori, come le squadre USAR (Urban Search and Rescue Operations), un valido supporto per la riuscita delle operazioni di soccorso^[33].

Pertanto, nei prossimi paragrafi saranno esplicitati i principali risultati emersi dall'analisi della produzione tecnica scientifica rispetto lo sviluppo di tecnologie in grado di incrementare le prestazioni dei sistemi deputati al pre allertamento e al soccorso delle persone.

Gli esiti restituiti in questo capitolo, sono stati sviluppati a seguito delle attività e dell'analisi condotte all'interno del progetto di ricerca industriale S.A.F.E. e in collaborazione con il team di informatica di Unicam.

[33] Ali, B. et al. (2017). A middleware platform for decision support in disaster management. In: 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM).

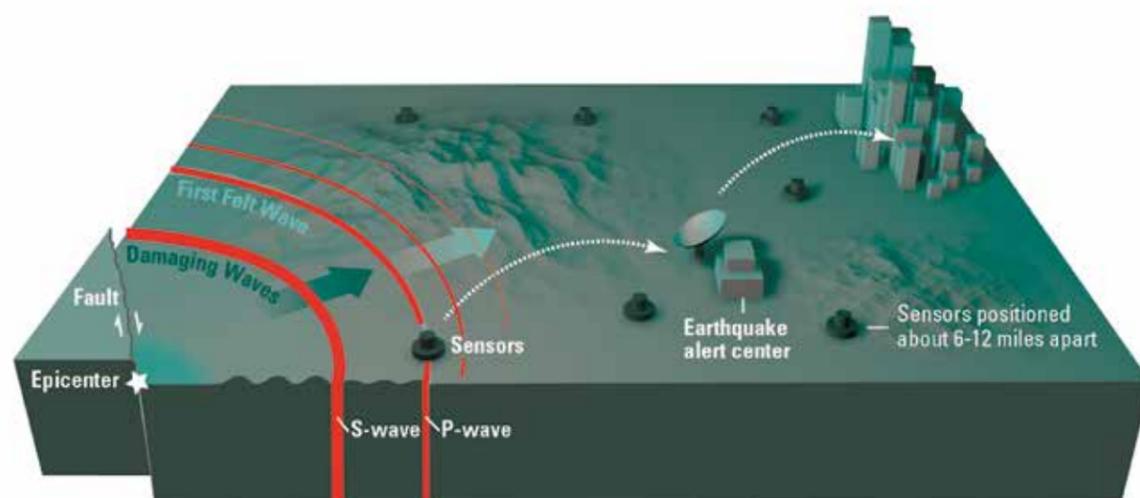


Fig. 45. Earthquake Early Warning Basics.

10.1 Sistemi di preallerta sisma Earthquake Early Warning

Prima di entrare nel dettaglio di un sistema di preallerta EEW (Earthquake Early Warning), è opportuno chiarire alcuni aspetti di geodinamica e dare delle definizioni riguardo la natura dei movimenti tellurici. Infatti, quando si parla di terremoti, è possibile distinguere diversi tipi di onde sismiche^[34]: le body wave e le surface wave. Le prime possono viaggiare attraverso gli strati interni della terra, mentre le seconde possono muoversi solo sulla superficie del pianeta. Le body wave sono caratterizzate da una frequenza maggiore rispetto alle onde superficiali e viaggiano attraverso gli strati interni della terra raggiungendo ogni sorta di edificazione prima delle surface wave. Infatti, la body wave è anche chiamata “onda P” o onda primaria (P-Wave), questo perché è la tipologia di onda più veloce ed è la prima che può essere rilevata da una stazione sismica. Un altro tipo di body wave è chiamata “onda S” o onda secondaria (S-Wave), ed è l’onda più forte, ossia, quella che scuote la terra e viene percepita da tutti. La porzione iniziale dell’onda P è però in grado di fornire i dati sulla dimensione del terremoto, e tali informazioni possono essere utilizzate per stimare la forza distruttiva dell’onda S che sta per propagarsi sulla zona colpita dal sisma. Pertanto, durante le prime scosse, sarà fondamentale monitorare e analizzare la lunghezza del moto iniziale delle onde primarie P-Wave. Il metodo di rilevazione automatica dell’onda P di solito impiega un approccio semplice basato sull’analisi della polarizzazione del movimento del suolo, che è un metodo tipico per rilevare le fasi sismiche, ed è il principale concetto alla base della metodologia dell’Earthquake Early Warning. In sintesi, in un sistema di Early Warning si prevedono tre importanti fasi:

1. Vengono individuate le onde sismiche primarie P-Waves attraverso i tradizionali sismografi;
2. Viene inviata tempestivamente la lettura dei sismografi alla stazione EAC di gestione dell’allarme sismico (Earthquake Alarm Center);

[34] Michigan Tech. What Are Seismic Waves? (consultato il 03 febbraio 2021). Disponibile all’indirizzo: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>.

3. Il centro EAC allerta le persone attraverso tutti i dispositivi di comunicazione disponibili sul territorio: TV, app, radio, etc.

Ad oggi, l’EEW è utilizzato nei paesi tecnologicamente avanzati, come ad esempio il Giappone, la California ma anche il Cile, ed è un sistema in grado di fornire da alcuni secondi fino, in casi eccezionali, a pochi minuti per avvertire la popolazione dell’arrivo della scossa in una determinata area. Nella figura 45 è illustrato il funzionamento di base di una piattaforma di preallerta sisma EEW. Come rappresentato nella figura, l’EEW utilizza i sismometri per rilevare la prima ondata sismica delle P-Wave e reperire il maggior numero di dati rispetto la tipologia d’onda, e infine, nel centro EAC, attraverso specifici algoritmi, viene elaborata una previsione sull’intensità delle onde secondarie S-Wave^[35]. Per le installazioni EEW locali, l’onda P viene rilevata sul posto, e la differenza tra i tempi di arrivo delle onde P e le onde S definisce il tempo massimo di pre avviso (in gergo tecnico: lead-time). Per le reti regionali invece, le onde P sono rilevate dai sensori più vicini all’epicentro e le stime sulle S-Wave sono immediatamente comunicate attraverso i tradizionali canali informativi così da fornire un preavviso utile alle persone per mettersi al riparo dal sisma.

L’E.E.W. per le scuole: il sistema di preallerta a parete POSEIDON

Dal 2017, alcuni comuni della provincia di Arezzo e di Siena, hanno installato nei loro istituti dei sensori da parete che sfruttano la tecnologia EEW per aumentare la sicurezza attiva durante l’evento sismico. Il nome di questo nuovo progetto per la sicurezza antisismica negli spazi per l’apprendimento è “Poseidon” (Fig. 46).

Si tratta di un dispositivo di preallarme sismico dotato di un particolare accelerometro per la segnalazione anticipata dei fenomeni sismici, finalizzato a proteggere le persone all’interno di edifici aumentando il tempo di reattività per mettersi in sicurezza. È dotato di un apposito accelerometro 3D con tecnologia supportata da un’elettronica e da un software in grado di rilevare le minime vibrazioni prodotte da un sisma e, normalmente non percettibili dall’essere umano.

La tecnologia integrata nel sensore Poseidon è stata sviluppata per avvertire anticipatamente le scosse e, proporzionalmente alla distanza del plesso dall’ipocentro del sisma, dare un preavviso prima dell’arrivo delle scosse distruttive. Il dispositivo sfrutta infatti il principio di sfasamento tra le onde primarie e le successive onde superficiali, più intense e maggiormente impattanti. L’allarme, dato da varie sirene distribuite all’interno del plesso, si attiva subito dopo la percezione delle prime vibrazioni, preannunciando il possibile arrivo di importanti scosse e consentendo a studenti e docenti, di reagire in anticipo e ridurre il rischio di incolumità alla propria salute^[36].

“Con l’installazione di questo dispositivo antisismico abbiamo fatto un investimento (circa 5.000 euro) – spiega il sindaco Sergio Chienni – per incrementare la sicurezza degli edifici frequentati dai nostri giovani cittadini ed abbiamo voluto che i bambini e le loro famiglie ricevessero la giusta formazione riguardo a questo sistema e in generale al progetto in cui è inserito. Ciò perché siamo convinti che la formazione sia indispensabile di fronte a una calamità incalcolabile e pericolosa come un terremoto”^[37].

Pertanto, tale sistema di preallerta non si sostituisce ad un corretto piano di

[35] Richard, M. et.al. (2016). Benefits and Costs of Earthquake Early Warning. Seismological Research Letters. In: Seismological Research Letters 87.3. (pp. 765-772).

[36] Comune di Volterra. Ufficio Stampa. Poseidon, nelle scuole di Volterra una nuova tecnologia di pre-allarme sismico. (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all’indirizzo: <https://www.gonews.it/2020/01/09/poseidon-nelle-scuole-di-volterra-una-nuova-tecnologia-di-pre-allarme-sismico/>.

[37] Arezzo Tv. (2016). Intervista al sindaco Sergio Chienni del comune di Terranuova B. video intervista (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all’indirizzo: https://www.youtube.com/watch?v=deoS2kiZVtw&feature=emb_title.



Fig. 46. Sensore sismico da parete "Poseidon".

adeguamento sismico delle strutture ed una corretta informazione, ma certamente può essere utilizzato per incrementare le possibilità di salvarsi in caso di sisma. Infatti, l'efficacia del sensore "Poseidon" è strettamente correlata ad una buona fase di formazione e di preparazione degli alunni e degli insegnanti, secondo le tradizionali norme comportamentali da osservare rispetto la sicurezza e la protezione dal sisma.

Quanto spiegato e appreso negli incontri dovrà costituire un modello automatico, che richiederà quindi un'abitudine alla procedura per evitare che il panico, peraltro comprensibile in certi momenti, faccia svolgere le cose in maniera confusa e disordinata. Per questo, con cadenza pressoché mensile, ci saranno delle esercitazioni che le insegnanti potranno ai bambini come un gioco, ma che consentirà loro di "abituarsi" all'allarme in modo da creare quelle reazioni automatiche che potranno, in caso di sisma, portarli in salvo fuori dalla scuola^[38].

Smartphone come device per il rilevamento sisma: il caso studio MyShake

La piattaforma di preallerta sisma MyShake è un'applicazione sviluppata dagli studiosi dell'Università di Berkeley, in grado di trasformare uno smartphone in un sismografo intelligente e capace di analizzare i vari terremoti.

La tecnologia è compatibile con gli attuali sistemi operativi Android, e sfrutta i sensori piezoelettrici integrati nel cellulare per registrare le oscillazioni provocate dal terremoto. Attraverso questa applicazione è possibile generare una rete costituita da milioni di smartphone capaci di comunicare con le principali stazioni sismiche.

"Qualsiasi sistema di allarme rapido di terremoto richiede una rete di rilevamento,

[38] Redazione Radiosienatv. (2018). Installati nell'Asilo Nido e nelle Scuole Primarie di Torrita di Siena un sistema di allarme per i terremoti. (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo: <https://www.radiosienatv.it/>.

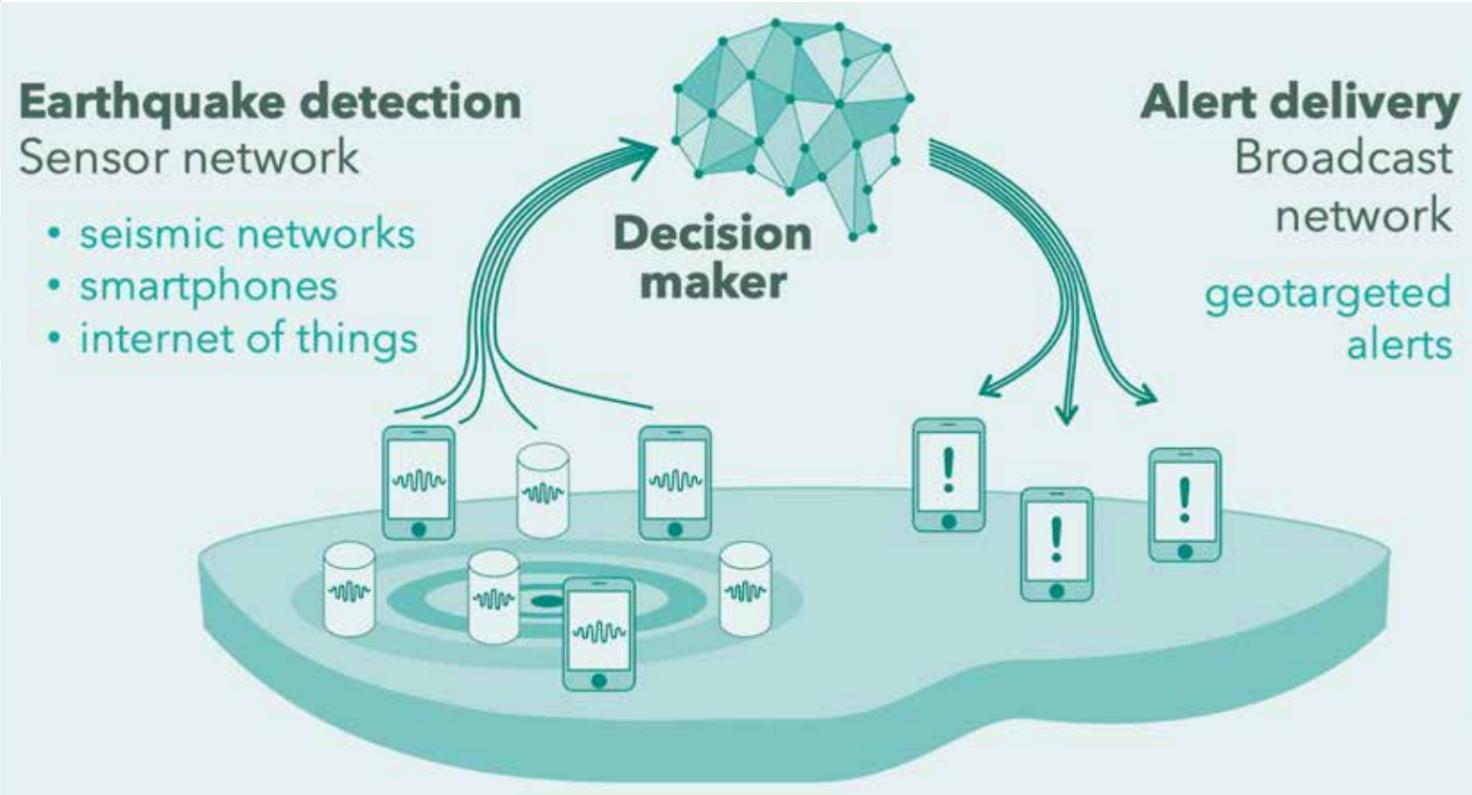


Fig. 47. Tutti i sistemi di allarme rapido di terremoto devono avere una rete di sensori per rilevare i terremoti, un decisore che analizza i dati e decide quando avvisare una specifica regione e un avviso di consegna rete. MyShake utilizza gli smartphone per tutte queste attività.

un modulo di decisione di analisi dei dati e una rete di allerta (Fig. 47). Sin dall'inizio dei primi sistemi EEW, gli avvisi inviati ai dispositivi cellulari, il che significa che gli smartphone sono un meccanismo naturale per inviare avvisi [...]. La "piattaforma MyShake" fornisce un framework operativo per fornire avvisi EEW agli smartphone che possono essere generati dal rilevamento basato sul telefono o utilizzando le reti sismiche regionali tradizionali."^[39]

Infatti una delle potenzialità di questa piattaforma è quella di comunicare con altri sistemi di Earthquake Early Warning, come la stazione di rete sismica americana ShakeAlert^[40].

Alcune considerazioni sui sistemi EEW

Come ampiamente descritto all'inizio di questo paragrafo, i sistemi di preallarme sismico sembrano essere uno degli scenari maggiormente promettenti in un'ottica di prevenzione sismica. Tuttavia nonostante la presenza in alcune regioni del nostro paese, di centri di monitoraggio e di preallerta sisma, ci sono alcune perplessità nella comunità scientifica sui reali benefici di questi sistemi rispetto la natura geofisica della nostra penisola e l'edificato presente su essa. Come è stato descritto, i meccanismi di early warnings (ew) si basano sullo scarto temporale che intercorre tra l'arrivo delle prime onde, quelle "P", e quelle più energetiche, quelle "S", che si sprigionano dalla rottura della crosta terrestre durante un terremoto.

[39] Richard, M. Qingkai, K., & Martin, R. (2019). The MyShake Platform: A Global Vision for Earthquake Early Warning. in Pure and Applied Geophysics. (p. 1703). Doi: <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02337-7>.

[40] ShakeAlert® è un sistema di allerta precoce di terremoti (EEW) che rileva terremoti significativi. <https://www.shakealert.org/>.

Tuttavia, spiega Alessandro Amato, geologo dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, c'è però una differenza sostanziale tra lo scenario sismico italiano e quello di altri paesi, dove si adottano anche questi sistemi di preallerta:

“In California si registrano terremoti di magnitudo 7.5 o 8, eventi che rompono faglie lunghe 300-400 km. In Giappone o Cile i sismi più potenti hanno epicentro in mare e arrivano a magnitudo 9-9.5 provocando faglie di 500 o mille chilometri”. In Italia, invece, le scosse più recenti che hanno provocato danni seri hanno avuto magnitudo inferiori [...] Scosse che spaccano faglie più ridotte, cioè che coinvolgono un'area geografica circoscritta. Una faglia non si rompe all'istante, la frattura si propaga alla velocità di alcuni km al secondo. Per rompere faglie come quelle in California, per esempio, trascorrono decine di secondi. Per questo motivo allarmi precoci, cioè in tempo reale, possono effettivamente salvare la vita delle persone: non nelle zone più vicine all'epicentro, le cosiddette blind zones ovvero zone cieche dove la scossa non lascia il tempo per diramare avvertimenti, ma nei centri abitati più distanti.”^[41]

Infatti, la principale obiezione che viene mossa all' Early Warning è che:

“considerata la distribuzione della sismicità rispetto a quella dei centri abitati, durante un terremoto il tempo a disposizione per mettersi in sicurezza dopo l'allarme sarebbe estremamente breve (qualche secondo o decina di secondi), quindi praticamente inutile per compiere qualsiasi azione di protezione personale. Inoltre, la sua sperimentazione e implementazione in Italia aprirebbe una questione di responsabilità legale in caso di falso o mancato allarme, responsabilità che in Italia non è disciplinata dalla legge.”^[42]

Pertanto in Italia, gli interventi di ampliamento della rete di monitoraggio e di preallerta sisma sono una tematica di discussione ancora aperta e in attesa di ulteriori verifiche e sviluppi, specialmente dei modelli previsionali ancora inefficaci rispetto le incertezze dello scenario sismico e urbanistico che caratterizza il nostro Paese.

10.2 Dispositivi per il rilevamento e il soccorso delle vittime in caso di sisma

In questo paragrafo viene trattato lo stato dell'arte relativo alle tecnologie sviluppate per localizzare e monitorare le persone intrappolate sotto le macerie. In particolare saranno approfondite, le caratteristiche tecniche, le opportunità e le criticità di ogni singolo dispositivo, infine come la loro combinazione e implementazione possa incrementare le capacità salva-vita di nuovi concept di arredo. Questi dispositivi altamente specializzati, generalmente fanno parte dell'equipaggiamento delle squadre di soccorso Urban Search and Rescue USAR. Le squadre di ricerca urbana e salvataggio USAR, sono un team di soccorso altamente specializzato e addestrato alla rimozione delle macerie per facilitare le operazioni di salvataggio delle vittime del terremoto intrappolato all'interno degli edifici. Secondo uno studio condotto dalla Waseda University di Tokyo, i dispositivi tecnologici utilizzati dalle squadre di soccorso di tutto il mondo sono principalmente microfoni, telecamere ottiche e termiche o radar Doppler^[43]. Ma oggi possiamo parlare anche di altri device che utilizzano alcuni tipi di gas o determinate microonde e che si affiancano alle tecnologie più tradizionali. Di seguito vengono brevemente descritti questi particolari dispositivi deputati alle ricerche delle persone sotto le macerie.

[41] Gritti, M. (2019). I sistemi di allerta precoce dei terremoti in Italia funzionerebbero? intervista ad Alessandro Amato. (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <https://www.agi.it/>.

[42] Zollo, A. (2015). Ma l'Early Warning dei terremoti è una cosa seria! (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. www.scienzainrete.it/articolo/ma-l%E2%80%99early-warning-dei-terremoti-%C3%A8-cosa-seria/aldo-zollo/2015-01-26.

[43] Zhang, D. (2018). Evaluation of a Sensor System for Detecting Humans Trapped under Rubble: A Pilot Study. In: Sensore 18.3 doi: 10.3390/s18030852.

ricerca vision attraverso le camere ottiche e ad infrarossi

Nell'ambito dei soccorsi un apporto molto utile è dato dall'uso di camere montate su dispositivi mobili come ad esempio robot da destinare all'esplorazione di aree pericolose e inaccessibili. Ovviamente l'efficacia del sistema dipende dalla presenza di ostacoli e dalla visibilità sotto le macerie, generalmente limitata a causa della mancanza di luce e dalla generazione di alcune sostanze volatili. Per il riconoscimento della presenza di superstiti, da alcuni anni è stato introdotto l'utilizzo dell'intelligenza artificiale, in grado di analizzare il contesto e il luogo d'intervento, e soprattutto capace di distinguere gli oggetti dalle persone presenti sotto le macerie. Un'altra soluzione, tecnologicamente più semplice, ma sempre efficace per incrementare la visibilità degli operatori, prevede invece l'utilizzo di telecamere termiche^[44].

Un esempio commerciale è il FLIR K50 (Fig. 48), una termocamera a infrarossi molto leggera e compatta e in dotazione ai vigili del fuoco. La leggerezza e la compatibilità sono dei requisiti molto importanti per un vigile, specialmente quando manovra sul campo e trasporta più di 50 chili di attrezzatura. Queste particolari telecamere sono in grado di riprodurre immagini termiche da 320 x 240 pixel su un display da 4", ma grazie ai recenti sviluppi della telefonia, è possibile tramite apposite App, sfruttare i display e le videocamere integrate sugli smartphone per effettuare la lettura ad infrarossi. Oltre ai sistemi integrati sugli smartphone, dal 2015, i dispositivi per la ricerca termografica possono essere eseguiti anche con l'ausilio di Aeromobili a Pilotaggio Remoto APR, meglio conosciuti con il nome di droni. Questi mezzi altamente specializzati hanno già compiuto oltre duemila missioni e sono stati impiegati a supporto di importanti operazioni di ricerca e di monitoraggio di edifici. Infatti, come riportato dal Direttore Centrale delle Emergenze dei Vigili del fuoco, l'ing. Giuseppe Romano, all'interno del seminario dedicato alle operazioni con i droni:

“In occasione del terremoto in Centro Italia, grazie al loro intervento (dei droni) sono state messe in salvo 291 persone”^[45]

Tra gli esempi commerciali di drone per il soccorso si riporta il modello Horus Dynamics che, grazie alle sue prestazioni può effettuare, oltre alla ricerca e alla localizzazione dei superstiti, il trasporto di attrezzature mediche e la mappatura dello spazio di volo, per generare modelli 3d estremamente precisi, così da restituire una fotografia dello scenario e facilitare gli interventi di salvataggio degli operatori.

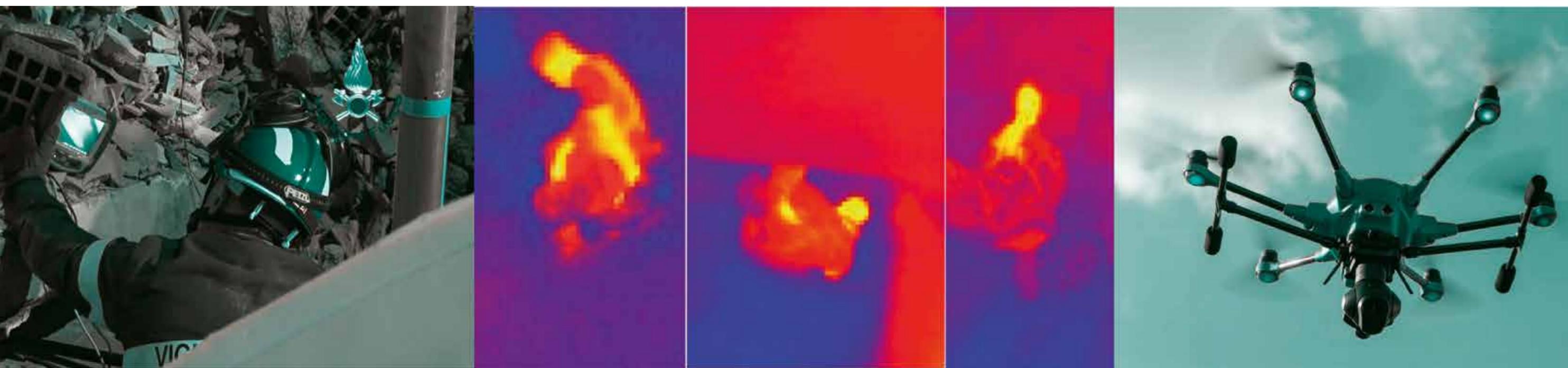
Sicuramente in futuro le attività di ricerca e di primo soccorso in caso di calamità, saranno sempre di più caratterizzate dall'utilizzo dei dispositivi aeromobili APR, infatti, rispetto altre tecnologie, rappresentano la migliore soluzione per rilevare lo stato di pericolosità dell'edificio, localizzare in totale sicurezza le vittime, e più in generale garantire la riuscita delle attività per il salvataggio.

Ricerca delle persone con i sensori sonori

Il rilievo del suono è un'attività strategica, specialmente durante le fasi di soccorso di persone rimaste intrappolate all'interno delle macerie.

[44] Per termocamera s'intende una particolare tecnologia, sensibile alla radiazione infrarossa, capace di ottenere immagini o riprese termografiche, in grado pertanto di leggere e trasmettere anche la temperatura generata dal corpo umano. Infatti, l'energia termica del nostro corpo, è invisibile all'occhio umano, perché la sua lunghezza d'onda è troppo lunga perché possa essere rilevata, ma gli infrarossi ci consentono di percepire ciò che i nostri occhi non possono vedere. Le termocamere traducono in immagini la radiazione invisibile dell'infrarosso, ossia, il calore. Sfruttando le differenze di temperatura tra gli oggetti, la termografia genera immagini nitide, anche nella più completa oscurità, attraverso la nebbia e il fumo, e pertanto risulta uno strumento eccellente anche per la manutenzione e le ispezioni edili, meccaniche, e moltissime altre applicazioni.

[45] Dipartimento dei Vigili del Fuoco. (2027). ISA: Seminario: UAV & SAR: i droni nelle operazioni di salvataggio. (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <http://www.vigilfuoco.it/>.



. Dispositivo termico per la lettura termica dei superstiti all'interno degli edifici.

Attraverso il suono, opportunamente captato dai geofoni (Fig. 49), è infatti possibile capire se ci sono vittime nelle vicinanze che richiedono soccorso, e direzionando il microfono, ipotizzare il numero di persone e alcune caratteristiche come l'età ed il sesso. Tuttavia, l'utilizzo di un device hardware dotato di microfono non è sufficiente, ma serve altresì una logica locale di riconoscimento e classificazione del suono affinché possano essere discriminati rumori di sottofondo da quelli che provengono effettivamente dalle vittime. Oggi, attraverso l'intelligenza artificiale è possibile definire modelli intelligenti, programmati per riconoscere voci e suoni differenti così da ridurre il margine di errore durante la localizzazione delle persone.

Un esempio commerciale è il modello Savox Delsar Life Detector LD3 sviluppato appositamente per rivelare e localizzare persone intrappolate in strutture crollate a causa di terremoti, esplosioni, frane, crolli in miniere o cantieri edili. Si tratta di uno dei principali device utilizzati dagli operatori specializzati della Protezione Civile e dalle squadre USAR.

Rilevazioni dati ambientali e sostanze pericolose con i sensori di gas

Un aspetto importante da tener presente nelle fasi di soccorso, come descritto anche nel paragrafo 4.1, è la sicurezza dei soccorritori durante le attività d'ispezione dell'edificio e di localizzazione delle persone. Molto spesso infatti i pericoli non solo riguardano l'instabilità strutturale dell'edificio, probabilmente compromesso dopo l'evento sismico, ma possono dipendere da altrettanti fattori ambientali^[46].

[46] World Health Organization. (2018). Chemical releases caused by natural hazard events and disasters. ISBN 978-92-4-151339-5 (consultato il 04 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo: <https://www.who.int/ipcs/publications/natech/en/>.

I più comuni dopo un terremoto sono riconducibili alle perdite di gas naturale, con conseguente presenza di ambienti esplosivi, alle rotture del sistema idrico e infine, all'esposizione a polveri aerodisperse. In queste situazioni è vitale monitorare l'ambiente per continuare le operazioni di soccorso in sicurezza.

I sensori deputati alla misurazione ambientale sono generalmente gli stessi utilizzati per studiare il comfort dell'aria negli spazi indoor e possono rilevare sia le variazioni di queste grandezze, che la presenza e la concentrazione della CO2 senza essere influenzati da altre tipologie di gas presenti nell'ambiente. Pertanto è possibile studiare le informazioni ambientali acquisite da questi sensori, per monitorare lo stato di pericolo, l'eventuale presenza di sacche esplosive ed altre sostanze che potrebbero provocare danni alla salute dei soccorritori e ritardare le operazioni di recupero e soccorso. Ma sarebbe possibile rilevare anche la presenza dell'uomo attraverso il cambiamento di anidride carbonica e ossigeno nell'ambiente generati dal respiro umano.

Ricerca superstiti attraverso le Ultra-Wide-Band

Un altro interessante scenario di sviluppo per i dispositivi deputati al monitoraggio e la localizzazione dei superstiti sarà caratterizzato dall'integrazione di sistemi Ultra-Wide-Band. La tecnologia UWB sfrutta le onde elettromagnetiche per l'individuazione di micromovimenti, come ad esempio, quelli impercettibili del respiro di una persona. Ci sono già esempi applicativi di questa tecnologia radar UWB, specialmente in ambito sanitario, per monitorare i segni vitali delle persone, attraverso i micromovimenti prodotti dal corpo umano^[47]. Pertanto, in futuro, si auspica la declinazione della

[47] Guillén, A., Villarino, R. (2010). Analysis of vital signs monitoring using an IR-UWB radar. Progress In Electromagnetics Research. 100. 265-284. 10.2528/PIER09120302.

tecnologia UWB anche per la progettazione di nuovi dispositivi per monitorare lo stato di salute delle persone, intrappolate sotto le macerie, attraverso la captazione dei loro micromovimenti generati dal Densar battito cardiaco ed il respiro.

Monitoraggio della sicurezza dell'edificio attraverso accelerometri e inclinometri

Una delle grandi criticità durante le operazioni di soccorso, è l'incapacità di osservare e monitorare la pericolosità di un edificio colpito dal sisma e il suo possibile peggioramento generato dai piccoli sciami sismici che generalmente seguono il terremoto di elevata magnitudo. Questa criticità si ripercuote, non solo sulla sicurezza e l'incolumità degli operatori, ma di conseguenza, anche sulla riuscita delle attività di soccorso, e la tempestività con la quale vengono localizzati e raggiunti i superstiti. Pertanto, nelle fasi di soccorso sarebbe utile adottare anche una strumentazione per il monitoraggio delle strutture e lo stato di agibilità dell'edificio interessato. Questo processo potrebbe sfruttare un sistema di accelerometri e inclinometri, in grado di comunicare tempestivamente al team di soccorso eventuali peggioramenti dell'edificio. Il principio di funzionamento alla base di questi accelerometri è relativo alla rilevazione dell'inerzia di una massa quando viene sottoposta ad un'accelerazione, che è il tasso di variazione della velocità di un oggetto.

In commercio sono disponibile diverse tipologie di sensore, da quelli ad uso civile a quelli super compatti utilizzati negli smartphone. Non a caso quest'ultimi sono stati utilizzati anche come strumenti di rilevazione all'interno di sistemi di pre allerta sisma, come dimostrato nel caso studio MyShake (vedi paragrafo 10.1). Diversamente, l'inclinometro è un sensore per la misurazione degli angoli di pendenza, l'elevazione o la depressione di un oggetto rispetto alla direzione della gravità.

L'applicazione tipica di questi strumenti è per il monitoraggio dei movimenti e delle deformazioni del sottosuolo, al fine di controllare che le deformazioni siano entro i limiti di progettazione e di verifica della stabilità di una struttura edilizia. Tuttavia si potrebbe immaginare di implementare questi sensori in alcune tipologie di arredo per misurare degli stati di deformazione di una porzione di edificio al fine di ottenere il maggior numero di dati per interpretare e verificare la solidità e la stabilità dell'edificio, sia in tempo di pace, che dopo un evento critico come un terremoto.

Scenaristica e considerazioni finali

La fotografia sullo stato dell'arte delle tecnologie e dei sistemi ICT (Information and Communication Technology) e IoT (Internet of Things), ad oggi sviluppate per migliorare la sicurezza antisismica, specialmente rispetto le fasi di emergenza del pre-evento e del post-evento, appare eterogenea e con qualche contraddizione. Da una parte i sistemi di preallerta sisma sembrano rappresentare uno scenario di sviluppo promettente, dall'altra, a causa della natura geofisica e urbanistica del nostro Paese, mostrano ancora molte debolezze sulla reale efficacia e attendibilità rispetto le piattaforme già collaudate in altri paesi ad alto rischio sismico. Molto più sviluppata e consolidata è invece l'offerta dei dispositivi e di tecnologie per il monitoraggio ed il soccorso adottate sia dai vigili del fuoco che, dalle squadre USAR di tutto il mondo. Pertanto è auspicabile l'utilizzo di questa sensoristica altamente specializzata e già collaudata, per la generazione di un sistema "intelligente" da implementare nello sviluppo di nuovi arredi salva-vita in caso di sisma per la sicurezza nelle aule e negli uffici delle scuole. I nuovi arredi, resistenti agli urti e intelligenti, possono generare una rete di sensori capaci di acquisire dati per localizzare in breve tempo la presenza di vita sotto le macerie e, al contempo, monitorare le condizioni

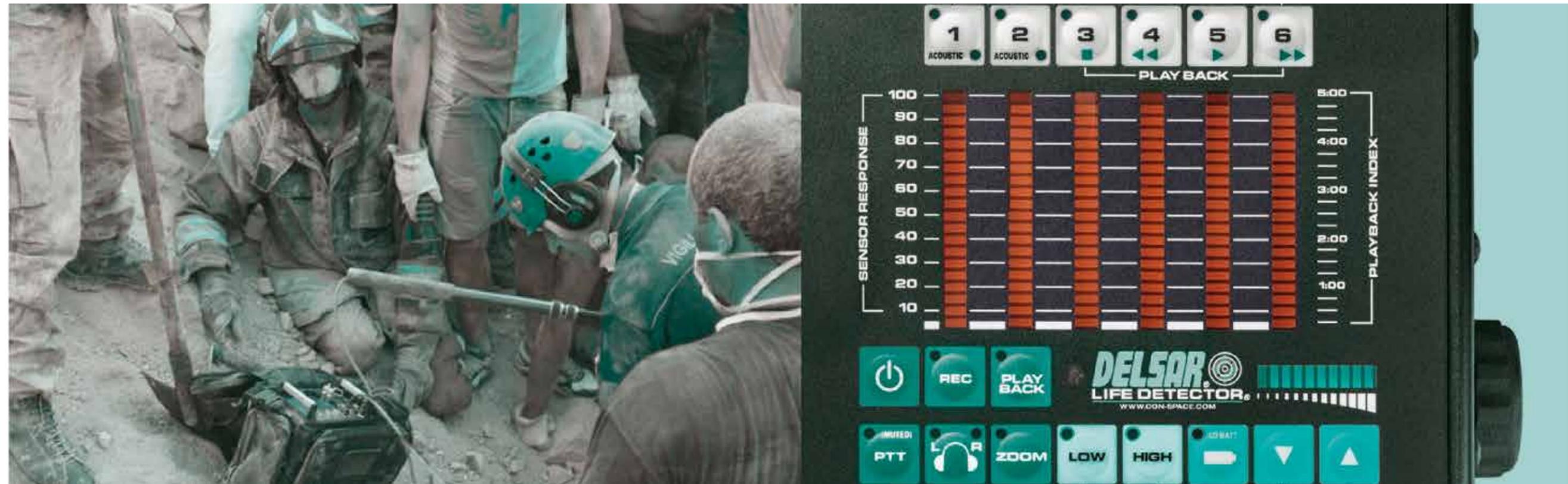


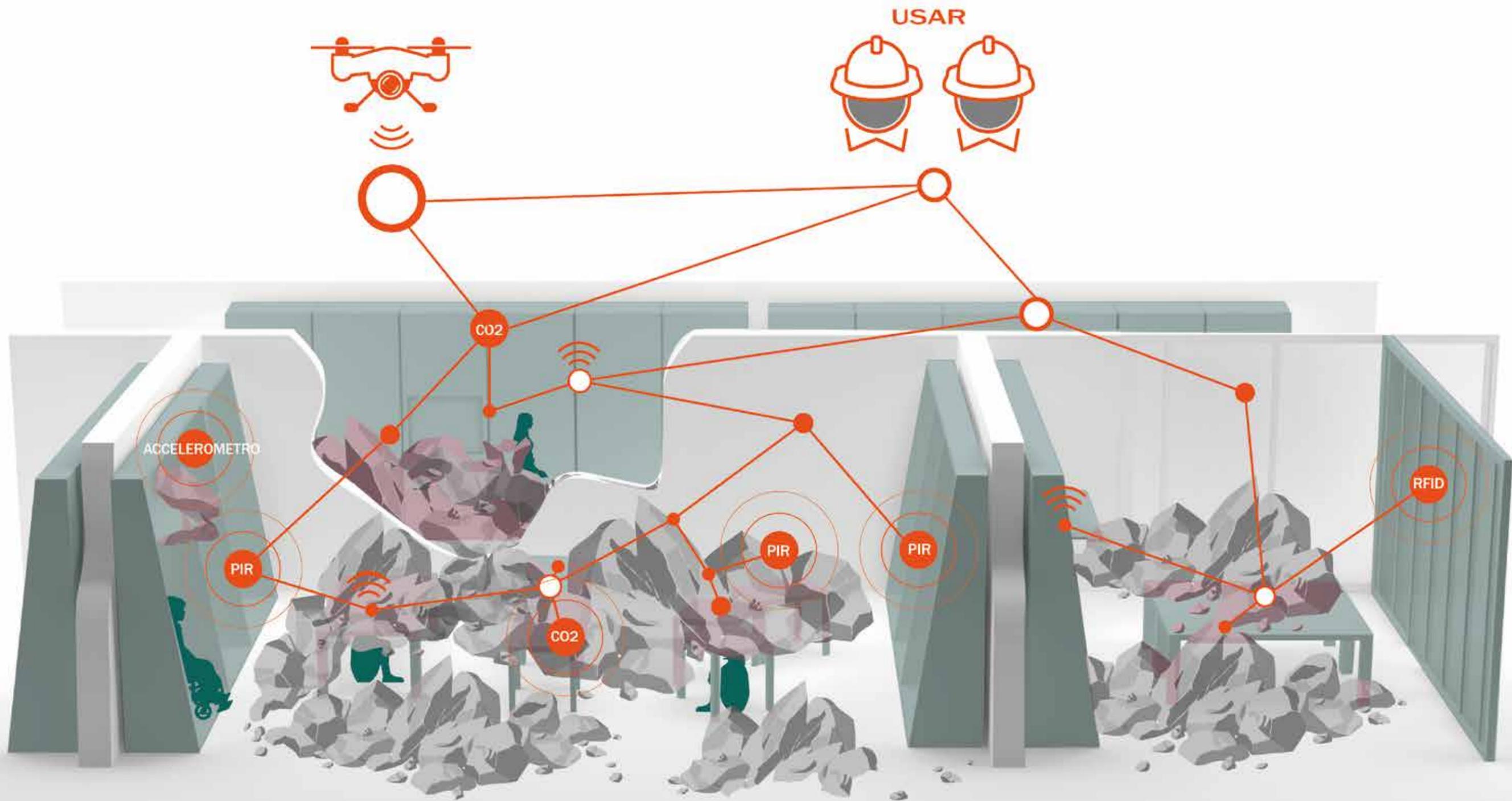
Fig. 49. Dispositivo Savox Delsar Life Detector LD3 per la localizzazione delle persone attraverso il riconoscimento delle voci e dei suoni.

strutturali e ambientali del sito in seguito al crollo, ad esempio la presenza di ostacoli e barriere e possibili fughe di gas. Le informazioni e i dati ottenuti possono poi essere trasmessi alle squadre di soccorso (U.S.A.R. e Protezione Civile) ed elaborati nelle fasi prodromiche il triage^[48]. Durante i periodi di pace, infine, la sensoristica integrata negli arredi permette di trasformarli in un sistema-servizio in grado di monitorare lo stato di salute di edifici particolarmente sensibili, come le scuole o altre strutture collettive pubbliche e private, e di dare il proprio contributo ad una futura rete di early warning nazionale e internazionale. In particolare si potrebbero installare, per alcune delle tipologie d'arredo scuola, dei sensori che sfruttano sia le tecnologie a infrarossi (PIR) che la lettura dei cambiamenti della CO2 per rilevare la presenza di vita, attraverso

l'utilizzo di RFID, valutare il numero effettivo di persone presenti in un ambiente, infine, implementando una serie di accelerometri e inclinometri, sarebbe possibile monitorare sia lo stato di precarietà dell'edificio dopo eventuali crolli, che lo stato di salute e di agibilità durante l'anno (Fig. 50). Sulla base di quanto analizzato è possibile affermare che lo sviluppo di una piattaforma smart per gli arredi scuola, in grado di monitorare e di fornire dati in tempo reale sia sulla presenza di vita sotto le macerie che sulle condizioni strutturali dell'edificio, rappresenta in ottica di prevenzione dal sisma, un'opportunità di sviluppo progettuale innovativa ed evolutiva rispetto lo stato dell'arte della ricerca e delle tipologie d'arredo salva-vita ad oggi commercializzate.

[48] Il triage è funzionale all'efficientamento delle attività di soccorso per salvare il maggior numero di persone, dovendo scegliere di dirigere gli sforzi dei soccorritori verso chi ha più probabilità di sopravvivere. Secondo il metodo standardizzato di INSARAG la procedura prevede: la valutazione delle informazioni disponibili sulle vittime, la valutazione degli spazi di sopravvivenza e la valutazione di quali risorse e tempi sono richiesti per il salvataggio.

Fig. 50. Integrazione di soluzioni ict e iot per trasformare gli arredi in "smart objects", capaci di rilevare ed elaborare dati e tradurli in informazioni e segnali utili, prima, durante e dopo il sisma.



PARTE TERZA

**Verso la definizione di un modello procedurale
per la progettazione di un sistema di arredi
salva-vita in caso di sisma**

Capitolo 11

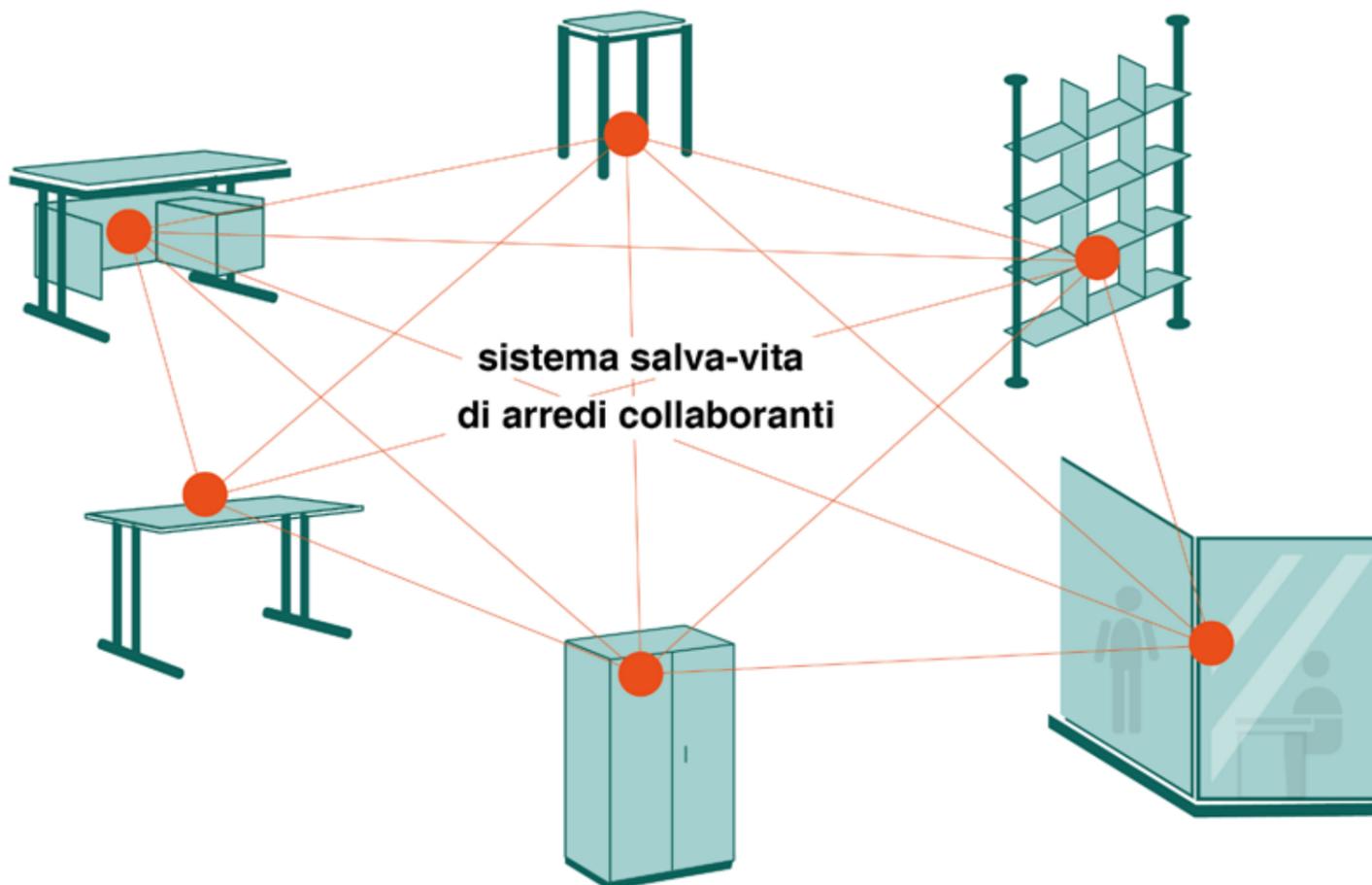
Concetto di sistema: dal singolo arredo ad un sistema di arredi collaboranti

- 11.1 Nuovo concetto di sistema di arredo a prova di sisma
- 11.2 Sviluppo di un sistema diffuso e salva-vita in caso di sisma: dal singolo arredo al sistema di arredi collaboranti per la messa in sicurezza di aule e uffici
- 11.3 Requisiti generali del sistema salva-vita di arredi
 - 11.3.1 Requisiti per il “tempo di pace” e requisiti per il “tempo di guerra” del sistema
 - 11.3.2 Analisi prestazionali e considerazioni finali
- 11.4 Requisiti prestazionali dei singoli arredi
 - 11.4.1 Banco scuola
 - 11.4.2 Cattedra/Scrivania
 - 11.4.3 Parete attrezzata/Armadio
 - 11.4.4 Parete divisoria
- 11.5 Sistema smart per il monitoraggio ed il soccorso delle vittime
 - 11.5.1 Requisiti generali dei dispositivi ICT e IoT
- 11.6 Caso studio del banco scuola S.A.F.E.



singolo arredo
salva-vita

VS



11 Concetto di sistema: dal singolo arredo ad un sistema di arredi collaboranti

Questa parte della tesi intende approfondire e ampliare il concetto di sistema salva-vita in caso di sisma. Questo approccio teorico iniziale è fondamentale per la definizione di un metaprogetto che, in chiave evolutiva, intende superare lo stato dell'arte del singolo arredo salva-vita, attraverso una nuova visione progettuale sistemica, in grado di estendere la capacità di protezione dalla singola unità a un sistema di arredi diffuso e interconnesso (Fig. 51).

Questo capitolo in particolare, riporta sia una breve introduzione teorica, che i risultati e la metodologia attuata all'interno del progetto di ricerca S.A.F.E.^[1] per lo sviluppo di quattro tipologie d'arredo in grado di mettere in sicurezza gli ambienti ufficio e gli spazi per l'apprendimento all'interno degli istituti scolastici. Il lavoro descritto in questa sezione è stato fondamentale per elaborare un modello procedurale con le linee guida progettuali per la generazione di nuovi concept di sistema salva-vita d'arredo. Questo metaprogetto è il principale risultato della tesi, e rappresenta uno strumento utile ai progettisti e i designer che intendono sviluppare, attraverso un approccio multidisciplinare e multisettoriale, nuovi prodotti deputati alla protezione personale in caso di sisma.

11.1 Nuovo concetto di sistema d'arredo a prova di sisma

Da un punto di vista terminologico la parola sistema deriva dal latino tardo *systema* e dal greco *σύστημα*, che vuol dire "riunione, complesso" oppure, "porre insieme, riunire"^[2]. Nell'ambito scientifico si riferisce a qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra

[1] "S.A.F.E. - Design sostenibile di sistemi di arredo intelligenti con funzione salva-vita durante eventi sismici" è un progetto di Ricerca Industriale, co-finanziato dal MIUR nell'ambito del Programma Operativo Nazionale - Ricerca e Innovazione 2014/2020, coordinato dall'Università di Camerino che coinvolge undici partner tra università, aziende del settore legno-arredo e del settore ICT e IoT (Coordinatore scientifico: Lucia Pietroni, Professore di Disegno Industriale della Scuola di Architettura e Design di Unicam) www.safeproject.it.

[2] Vocabolario Treccani, def. di Sistema. Disponibile all'indirizzo: <http://www.treccani.it/vocabolario/sistema/>.

Fig. 51. Sviluppo di una nuova logica progettuale in chiave di protezione dal sisma: dalla progettazione del singolo arredo (approccio tradizionale individuato dalla ricerca) alla generazione di un Sistema di arredi collaboranti e diffusi per la messa in sicurezza degli spazi destinati alla didattica e all'amministrazione.

loro o con l'ambiente esterno, reagisce o evolve come un tutt'uno e con proprie leggi generali. Nel linguaggio tecnologico s'intende l'insieme di elementi che siano tra loro interdipendenti per ottenere un determinato scopo funzionale.

In particolare, nella disciplina della meccanica applicata, quando si parla di sistema, si fa riferimento all'insieme di corpi rigidi connessi e vincolati tra loro mediante specifiche cerniere. I corpi costituenti questi specifici sistemi sono generalmente sbarre, rettilinee o curvilinee e sono per lo più destinati a particolari impieghi tecnici come nella realizzazione di molti meccanismi, e nelle costruzioni, dove i sistemi articolati (detti anche reticolari) vengono usati per coperture (a capriata, a volta, a cupola), per mensole, pensiline, piloni, travature varie, dette in tal caso travature reticolari^[3].

Diversamente, da una prospettiva matematica definita dalla Teoria Generale dei Sistemi e fondata dal biologo austriaco Ludwig von Bertalanffy^[4] è possibile inquadrare la scienza delle strutture e le proprietà di un sistema.

Essa ricorre al concetto matematico di funzione (relazione di interdipendenza tra variabili diverse) sulla base del quale esamina i rapporti che vengono a stabilirsi, di fatto, tra gli elementi diversi del sistema considerato. Questa teoria, in particolare, risulta uno strumento utile alla comprensione di cosa caratterizza un sistema e quali fattori ne determinano la sua evoluzione, cosa determina il raggiungimento di determinati obiettivi e cosa lo fa fallire, quali dinamiche mantengano un sistema in equilibrio, rendendolo stabile, e quali lo portino al collasso. Proprio per la sua estrema concretezza, efficacia e trasversalità, sfruttabili indistintamente in qualsiasi ambito applicativo, l'approccio sistemico è divenuto comune a gran parte delle scienze e delle discipline che trattano di interazioni. Ragionare in un'ottica sistemica significa quindi spostare il pensiero dal singolo elemento ad un modello complesso ed eterogeneo caratterizzato da regole strutturali che ne determinano l'esistenza, i comportamenti e le relazioni^[5]. Nella disciplina del industrial design, un prodotto può essere definito come un "elemento" di un sistema o, "un individuo tecnico" come lo definisce con un linguaggio metaforico Gilbert Simondon, caratterizzato da una dimensione familiare e sociale^[6]. Si deduce pertanto, una forma di responsabilità progettuale, dove, il designer è invitato ad allargare il campo d'osservazione, dal singolo elemento al suo insieme, per dare risposte concrete attraverso la progettazione e la pianificazione delle relazioni e dei comportamenti tra i singoli elementi e prodotti (o individui tecnici) del sistema. Queste relazioni sono quelle che caratterizzeranno il sistema e che possono essere: fisiche, funzionali, prestazionali, costruttive, formali etc.

Alla finalità, agli obiettivi puntuali e ai vincoli che regolano la progettazione di ciascun prodotto si aggiungono dunque quelli derivanti dall'appartenenza a un sistema che, nella sua totalità, ha obiettivi, svolge funzioni e intrattiene relazioni al proprio interno e al proprio esterno [...]. Naturalmente la pianificazione dei prodotti non è soltanto un'attività formale e procedurale, oltremodo indifferente al sistema da pianificare. È anzi ipotizzabile una sorta di "tassonomia delle pianificazioni" a partire dal fatto che esistono diversi sistemi di prodotti, caratterizzati da specifiche finalità e da una o più caratteristiche peculiari^[7].

[3] Enciclopedia Treccani, def. di Sistema in tecnica. Disponibile all'indirizzo. <http://www.treccani.it/enciclopedia/sistema/#articolato-1>.

[4] Bertalanffy, L. (1968). General system theory. Foundations, development, applications. London: Penguin.

[5] A. D'Agnolo Vallan, A. (2013). Manuale di progettazione sistemica per interventi di sviluppo e rafforzamento dei diritti umani. (consultato il 18 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <http://www.anitadagnolovallan.eu/downloads/MANUALEPROGETTAZIONESISTEMICA.pdf>.

[6] Chiapponi, M. (1999). Cultura sociale del prodotto: nuove frontiere per il disegno industriale. (p.38).

[7] Ivi, p. 39.

È possibile infatti identificare molteplici sistemi di prodotti: dai sistemi caratterizzati dall'erogazione di uno specifico servizio a quelli che fanno parte della stessa catena di distribuzione; dai sistemi sottoposti allo stesso regime normativo ai sistemi contraddistinti dall'utilizzo di specifiche risorse etc. Ovviamente ognuno di questi si caratterizza a sua volta per un determinato ambito tecnologico-produttivo e si relaziona con una specifica utenza, che riconfigura l'assetto del sistema sulla base delle esigenze, degli obiettivi e delle modalità operative. Pensiamo ad esempio al sistema degli arredi in kit, sempre più dinamico e soggetto a cambiamenti continui.

Questo implica, da una prospettiva progettuale, una pianificazione distinta delle prestazioni e delle relazioni dei singoli elementi che definiscono il sistema. Ad esempio, in alcuni casi il progettista sceglierà di semplificare e razionalizzare il numero delle componenti per generare un sistema leggero e di facile utilizzo, incrementando però gli aspetti qualitativi delle relazioni tra i singoli elementi, o diversamente, pianificherà una maggiore articolazione delle parti, a favore di un sistema caratterizzato da un elevato grado di customizzazione.

In conclusione possiamo affermare che, un sistema di prodotti è costituito da elementi che interagiscono reciprocamente secondo un modello di circolarità, in base al quale ogni unità, o singolo prodotto, è caratterizzato da una specifica relazione che influisce sulle prestazioni degli altri e di conseguenza sulle prestazioni finali dell'intero sistema. Pertanto, la progettazione delle prestazioni generali non vanno sviluppate a partire dal singolo individuo, ma nel sistema di relazioni in cui è questo inserito.

Considerata questa premessa, è possibile definire lo sviluppo di un sistema di arredo per la protezione personale in caso di sisma, come la progettazione delle relazioni tra diverse tipologie d'arredo, caratterizzate da specifiche prestazioni salva-vita che dal singolo elemento sono in grado di incrementare le capacità di protezione generali dell'intero sistema.

Nel prossimo paragrafo saranno individuati i principali parametri per la selezione delle tipologie d'arredo ritenute maggiormente promettenti per la definizione di un sistema salva-vita di arredi scuola in caso di sisma e saranno definite le prestazioni generali del sistema e quelle dei singoli elementi, e infine, le relazioni che caratterizzano la collaborazione tra questi.

11.2 Sviluppo di un sistema diffuso e salva-vita in caso di sisma: dal singolo arredo al sistema di arredi collaboranti per la messa in sicurezza di aule e uffici

Come esplicitato nel paragrafo 3.5, l'ambiente aula si è evoluto in uno spazio flessibile e dinamico sulla base delle esigenze delle nuove metodologie di erogazione della didattica quotidiana. Dal concetto di aula tradizionale e si è passati al nuovo di Aula 3.0 dove gli arredi costituiscono un sistema polifunzionale sviluppato per favorire, oltre al generico ambiente di apprendimento, anche la generazione di laboratori e spazi collaborativi. Si può aggiungere che, in caso di emergenza sismica, e come indicato dalle norme di preparazione al terremoto, questi arredi possono offrire anche un importante riparo e trasformarsi in sistemi di protezione personale per la tutela degli studenti e dei docenti. Sulla base di queste premesse è opportuno individuare i principali parametri di selezione per l'individuazione di quelle tipologie di arredo, ritenute maggiormente promettenti per lo sviluppo di un nuovo sistema salva-vita in caso di sisma, deputato alla sicurezza e alla protezione dal terremoto in questi specifici contesti.

Pertanto, considerate le ricerche condotte e tenuto conto dei contributi delle aree altre disciplinari che hanno partecipato al progetto S.A.F.E., nello specifico, ingegneria strutturale, informatica e chimica, si è potuti procedere alla selezione degli arredi sulla base di cinque importanti parametri:

1. arredi che avessero le maggiori potenzialità di contribuire all'obiettivo di protezione passiva personale nel contesto analizzato, ossia: istituti scolastici caratterizzati strutture vulnerabili al sisma e frequentati da un target eterogeneo (studenti di varie fasce di età, studenti con disabilità, docenti, amministrativi etc.);

2. arredi che potessero implementare quante più strategie di protezione passiva precedentemente individuate, ossia: incrementare la resistenza meccanica per sopportare carichi eccezionali; generare configurazioni strutturali variabili in grado di resistere ad eventuali carichi eccezionali; mitigare e dissipare le sollecitazioni generate dal sisma e da eventuali carichi eccezionali; assecondare le oscillazioni dell'involucro edilizio; evitare il collasso della struttura edilizia. (vedi paragrafo 8.1);
3. arredi che potessero lavorare in modo sinergico (complementari) all'interno degli ambienti della didattica e degli spazi amministrativi dell'istituto;
4. arredi ibridi, utilizzabili nelle diverse aree funzionali della scuola, dagli spazi per l'apprendimento a quelli ad uso ufficio, che possano sfruttare pertanto soluzioni strutturali e strategie salva-vita similari;
5. arredi il più possibile coerenti con le specificità produttive del comparto arredo scuola (nel caso del progetto S.A.F.E. con quelle delle aziende Legno-Arredo del partenariato);

Sulla base dei parametri indicati si è pervenuti quindi alla selezione di cinque tipologie di prodotto che saranno oggetto di sviluppo progettuale per la generazione di un sistema di arredi salva-vita in caso di sisma.

Le tipologie individuate sono:

1. il banco;
2. la cattedra/scrivania;
3. la parete attrezzata/armadio;
4. la parete divisoria.

Le tipologie di arredo individuate (Fig. 44), dovranno essere concepite per offrire prestazioni in grado di incrementare il livello di sicurezza nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita negli edifici in cui essi saranno collocati.

A tal fine, la prospettiva progettuale strutturale non si deve limitare unicamente a incrementare le prestazioni di resistenza meccanica degli arredi attraverso l'utilizzo di materiali tenaci e resilienti.

Considerato lo stato dell'arte e le strategie salva-vita ad oggi individuate, è necessario spostare l'attenzione dal singolo arredo allo sviluppo di nuove soluzioni di sistema di arredi collaboranti. Pertanto, la concezione strutturale dei prodotti dovrà essere tale da permettere la cooperazione degli arredi con un comportamento a sistema capace di generare sinergie in termini di prestazioni antisismiche.

In una logica sistemica, le diverse tipologie di arredo sono riconducibili ad elementi verticali e orizzontali (tavoli, armadi, librerie, pareti divisorie, etc.) che possono offrire, ognuno per propria parte, un parziale contributo alla protezione degli occupanti in caso di sisma, ma progettati sinergicamente, gli arredi scuola possono generare un macro-sistema protettivo, in grado di offrire, per la prima volta, riparo anche ad utenti con bisogni speciali (disabili in carrozzina, etc.).

Questa affermazione è tanto più vera se si prendono in considerazione dei contesti allestitivi, come quelli della scuola e degli spazi ufficio, che tipicamente subiscono dei processi di aggiornamento "a blocco", con l'acquisto e la sostituzione di tutti gli arredi di un ambiente in un'unica soluzione.

In conclusione, si ritiene che, un approccio sistemico al tema della protezione personale in caso di sisma, rappresenti certamente la strategia migliore e un avanzamento evolutivo rispetto lo stato dell'arte di prodotti e arredi salva-vita individuati nella ricerca (vedi cap.7), specialmente come risposta puntuale per la messa in sicurezza degli spazi interni degli istituti scolastici.

In questo scenario, la visione di un nuovo sistema salva-vita dovrà pertanto prevedere:

1. lo sviluppo, attraverso le strategie già discusse nei precedenti paragrafi, di arredi che possano offrire migliori prestazioni in caso di sisma rispetto il tradizionale arredo;

2. la progettazione di specifiche relazioni in grado di generare un sistema articolato di arredi collaboranti, capace di aumentare le prestazioni di protezione dei singoli elementi d'arredo e al contempo fornire alle persone un sistema puntuale e distribuito di sicurezza in caso di sisma.

La lettura sistemica e collaborativa delle capacità di protezione degli arredi consente, infine, di poter individuare inedite e più efficaci strategie di protezione anche per le utenze speciali, ad esempio per studenti con difficoltà di deambulazione.

11.3 Requisiti generali del sistema salva-vita di arredi

Per ognuno degli arredi precedentemente individuati è possibile identificare una serie di requisiti progettuali necessari, da un lato, a rispondere alle normative vigenti per lo sviluppo delle funzioni tradizionali per il "tempo di pace", dall'altro, per consentire l'implementazione delle strategie passive di protezione delle persone in "tempo di guerra". Più in generale, è possibile affermare che ogni arredo deve soddisfare, per la buona riuscita del progetto, un doppio set di requisiti progettuali in relazione a due specifici contesti, all'interno del quale si potrebbe trovare ad operare: il primo che fa riferimento ad un "tempo di pace", ossia in condizioni normali e quotidiane di fruizione e funzionamento degli arredi ed uno in "tempo di guerra", ovvero nel momento eccezionale e imprevedibile del verificarsi di un terremoto. In questi due scenari di utilizzo gli arredi assumono priorità funzionali e di comportamento strutturale completamente diverse, pur occupando fisicamente lo stesso spazio del contesto in cui operano (scuola o ufficio). Di seguito vengono esplicitati i requisiti progettuali generali del sistema salva-vita in relazione ai due scenari, di "pace" e di "guerra", e quelli specifici per ogni tipologia di arredo individuato.

11.3.1 Requisiti "in tempo di pace" e requisiti in "in tempo di guerra" del sistema

Ogni unità del sistema salva-vita in caso di sisma, dovrà rispettare i requisiti minimi funzionali delle tradizionali tipologie di arredo scuola, e in modo particolare considerare le specifiche per le nuove modalità di apprendimento della scuola 3.0. Pertanto, in "tempo di pace", ciascuna tipologia di arredo dovrà essere realizzata con i materiali e le tecnologie produttive tipiche del comparto arredo scuola e rispettare le normative attualmente in vigore relativamente a:

- materiali da utilizzare;
- requisiti minimi di resistenza e di statica del prodotto;
- requisiti ambientali e di sicurezza;
- aspetti dimensionali ed ergonomici;
- aspetti funzionali per una scuola 3.0.

In "tempo di guerra" e di emergenza sismica il sistema dovrà attuare una strategia di "trasformazione" funzionale che gli consenta di modificare la propria priorità operativa da quella consueta, contenere, dividere, distribuire, etc., a quella innovativa di protezione individuale e collettiva. In questo scenario l'intero sistema dovrà prevedere:

- lo sviluppo di arredi salva-vita a diverse classi prestazionali, ossia concepiti per rispondere a diversi livelli di emergenza sismica. Pertanto, in ogni piano dell'edificio e in relazione alla sua particolare planimetria, dovrà essere possibile realizzare configurazioni e layout allestitivi diversificati ed efficaci;
- l'implementazione di strategie salva-vita che lavorano su nuovi concetti di layout strutturale, come: lo sviluppo di sistemi di dissipazione e sistemi di connessione in grado di incrementare le prestazioni di protezione dell'arredo e aumentare le possibilità di salvarsi da eventuali crolli;

- soluzioni ottimali in termini di modularità, trasportabilità e facilità di installazione. Pertanto, la scelta dei materiali e delle configurazioni strutturali non dovranno gravare sulla struttura edilizia (sismicamente non adeguata a presupposto del progetto), specialmente in termini di carico a terra;
- lo sviluppo di nuove forme di relazioni per collaborare in maniera sinergica ed incrementare le prestazioni salva-vita, ma allo stesso tempo in grado di garantire la sopravvivenza delle persone anche come semplici unità isolate;
- lo sviluppo di soluzioni di protezione ad hoc per utenti affetti da gravi disabilità motorie;
- l'integrazione di dispositivi e piattaforme ad alta versatilità per il monitoraggio ed il soccorso delle vittime. Pertanto, le diverse tipologie di arredo dovranno prevedere la possibilità di ospitare uno o più sensori specializzati nella localizzazione delle persone sotto le macerie e contemporaneamente in grado di informare le squadre di soccorso sulle "condizioni di salute" dell'edificio interessato all'intervento.

A valle di queste considerazioni progettuali, lo sviluppo del sistema di arredi e delle singole unità dovrà inoltre assecondare le logiche commerciali del settore scuola, prevedere perciò lo sviluppo di una family line con caratteristiche estetiche e un'immagine complessiva identitaria. Tale immagine dovrà integrarsi con gli spazi dedicati all'apprendimento, ed evitare pertanto il più possibile, di rimandare ad archetipi e strutture tipicamente utilizzate per la messa in sicurezza edilizia, che potrebbero generare nella mente dell'utente uno stato emotivo di precarietà e di ansia.

11.3.2 Classi prestazionali del sistema salva-vita di arredi

Come accennato nel precedente paragrafo, si prevede di sviluppare, per ciascuna tipologia di prodotto, soluzioni differenziate e declinate su due classi prestazionali, una classe "A" ed una classe "B", tarate sulla base dello stato di salute dell'edificio e sul livello di pericolosità sismica del territorio. Sulla base di tale premessa, viene di seguito sintetizzato il lavoro di analisi condotto dal team di ingegneria strutturale all'interno del progetto di ricerca industriale S.A.F.E. rispetto lo sviluppo di queste specifiche classi prestazionali.

La prima classe prestazionale "A" deve garantire un livello di performance più elevato e si applica ai prodotti destinati ad arredare edifici con maggiore vulnerabilità sismica, suscettibili quindi di danneggiamenti severi che possono interessare sia elementi strutturali, come i solai, che elementi non strutturali, quali tramezzi, intonaci, controsoffitti, etc. La seconda classe "B" garantisce prestazioni meno elevate e si applica ai prodotti destinati ad arredare edifici con minore vulnerabilità sismica, nei quali non sono attesi danni importanti agli elementi strutturali, ma solo danneggiamenti locali di elementi non portanti, come controsoffitti, lampadari, sfondellamento dei solai, ribaltamento delle pareti divisorie e di qualche armadio.

È importante notare come il livello di sicurezza garantito dalla classe "B" sarà, complessivamente, confrontabile con quello garantito dalla classe "A", in quanto la minor prestazione della classe "B" è compensata dalla minor vulnerabilità della struttura, per cui, in termini probabilistici, l'entità delle conseguenze attese in caso di sisma è simile nei due casi. Questa declinazione dei prodotti su due livelli prestazionali differenti determina molteplici vantaggi, specialmente di natura economica: infatti, laddove le strutture edilizie presentino un comportamento sismico discreto, sarà possibile risparmiare del materiale per la generazione dei telai e di altri componenti.

Nella seguente Tabella si riportano i principali risultati delle analisi condotte dal team di ingegneria strutturale di Unicam (all'interno del progetto S.A.F.E.), con le ipotesi dei carichi statici e dinamici prevedibili negli elementi orizzontali, come i banchi, le cattedre, e le scrivanie, al fine di testare i requisiti prestazionali attesi dagli arredi in condizioni sismiche.



Tabella: Prima ipotesi sui requisiti prestazionali per azioni statiche e da impatto negli elementi orizzontali.

11.4 Requisiti prestazionali dei singoli arredi

Alla luce di quanto sopra descritto, il sistema salva-vita per aule ed uffici sarà composto da quattro tipologie di arredo, ed offrirà, attraverso una formula innovativa di collaborazione tra le singole unità, protezione e riparo in caso di terremoto. Ogni unità individuata dovrà, inoltre, funzionare come singola struttura salva-vita, pertanto, in questo paragrafo vengono definiti i requisiti prestazionali che ogni elemento del sistema dovrà rispettare per garantire la sua funzionalità "in tempo di pace" e la sua capacità di trasformarsi in dispositivo salva-vita "in tempo di guerra". Per ciascuna tipologia di arredo sono state individuate le normative di riferimento che regolamentano, sia gli aspetti funzionali con le dimensioni minime e massime da rispettare in base al target di utilizzo, che gli aspetti di carattere costruttivo con i materiali e le finiture da impiegare per la loro riproducibilità. Le prestazioni salva-vita delle singole unità con le linee guida per lo sviluppo delle parti strutturali, sono state individuate e dedotte, in collaborazione con il team di ingegneria strutturale di Camerino, sulla base di una duplice attività: la prima focalizzata sulla valutazione delle principali criticità rilevate nei contesti scuola, la seconda, mirata ad identificare una serie di input progettuali dedotti dalle analisi sullo stato dell'arte (vedi capitolo 7).

Nei prossimi paragrafi saranno descritti in maniera puntuale, e per ciascuna tipologia d'arredo, i requisiti prestazionali, ergonomici e funzionali, richiesti dalle normative e dal capitolato tecnico^[8] per lo sviluppo degli arredi scuola e coerenti con le logiche produttive del partenariato S.A.F.E, seguiti dai requisiti a prova di sisma (per il "tempo di guerra") individuati durante le ricerche preliminari dal team di ingegneria strutturale di Unicam, con i valori di resistenza dei telai ipotizzati e descritti nella precedente tabella.

[8] CONSIP. (2019). Capitolato tecnico relativo alla procedura aperta per l'istituzione del sistema dinamico di acquisizione della pubblica amministrazione ai sensi dell'art. 55 del d. lgs. n. 50/2016 per la fornitura di arredi. Allegato 1.

11.4.1 Banco scuola

requisiti “in tempo di pace”

- Il banco dovrà essere di forma trapezoidale delle dimensioni di circa 1000x330/660 mm e taglie 4-5-6-7 secondo i dati antropometrici delle varie fasce di età e pari a 640mm, 710mm, 760mm, 820mm. Secondo la norma UNI EN 1729-1:2016 lo spazio delle gambe deve rientrare nelle dimensioni h2 (325-725mm), h4 (275-620mm), t2 (300-400mm), t3 (400-500mm) rapportate alle altezze 4-5-6-7^[9];
- Il banco dovrà essere usufruibile su entrambi i lati paralleli del piano di lavoro;
- La forma a trapezio del piano di lavoro, identificata in via preliminare per assecondare i nuovi stili didattici, dovrà avere un angolo di circa 22° per garantire un layout lineare e un layout di forma pseudo-circolare di almeno 8 banchi secondo la norma UNI EN 1729-1 (accostabili ed aggregabili tra loro in base alla tipologia della didattica). L'accostamento dei banchi dovrà garantire molteplici possibilità di configurazione dell'aula: layout con i banchi allineati e paralleli e layout ad isola;
- Le gambe del tavolo dovranno prevedere l'inserimento sul lato corto del trapezio di almeno due ruote frenanti per facilitare lo spostamento del banco e la presenza di puntali non estraibili anti-rumore per aumentare il grip con il pavimento. Il banco dovrà essere accessibile su entrambi i lati paralleli del trapezio;
- Tutti i bordi e spigoli con cui l'utilizzatore può entrare in contatto durante l'utilizzo normale dovranno essere lisci, arrotondati o smussati e non devono presentare bave. Non dovranno essere presenti spazi accessibili maggiori di 8 mm e minori di 25 mm creati durante movimenti e azioni normali;
- Tutte le parti in legno devono presentare la certificazione UNI EN 717-1: 2004 recante «Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide con il metodo di camera» e la norma UNI EN 717-2: 1996 recante «Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide con il metodo dell'analisi dei gas» ovvero certificazione UNI EN ISO 12460- 3:2015 (che ha sostituito la prova UNI EN 717-2), riferita ai pannelli a base di legno o ai manufatti o ai semilavorati con essi realizzati^[10].

requisiti “in tempo di guerra”

- Il telaio del banco dovrà essere realizzato in tubolari di acciaio, saldati tra loro, del diametro compreso tra 20÷25 mm e uno spessore standard compreso tra 1,5÷3 mm. Tali dimensioni saranno definite sulla base della classe prestazionale (classe A, classe B). Il disegno del telaio dovrà prevedere uno schema strutturale a traliccio in grado di superare i test di resistenza stabiliti dall'attuale normativa e sopportare i carichi statici e dinamici ancora in corso di definizione ma comunque compatibili con i valori di stress che si possono generare a seguito del sisma;
- Lo spazio sotto il banco dovrà rispettare le dimensioni minime stabilite dalla normativa e garantire allo stesso tempo la totale copertura di uno studente, accucciato sotto il piano di lavoro al momento del sisma;

[9] UNI EN 1729-1:2016, Mobili - Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 1: Dimensioni funzionali.

[10] UNI EN 717-1:2004, Pannelli a base di legno - Determinazione del rilascio di formaldeide - Parte 1: Emissione di formaldeide con il metodo della camera, Art.3.

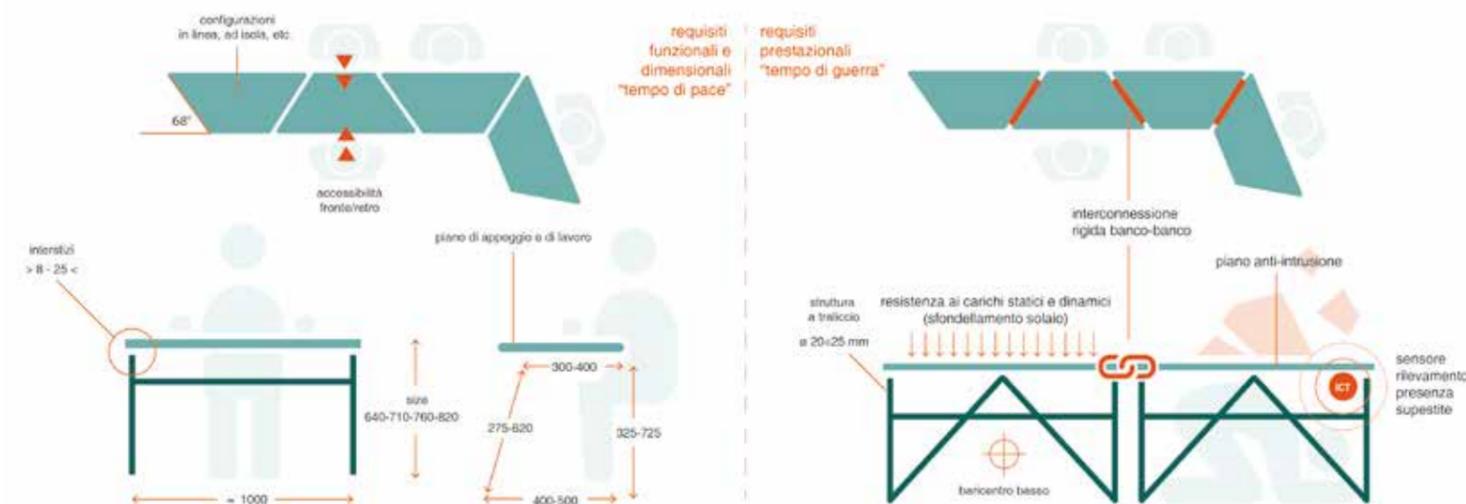


Fig. 52. Schema requisiti di base del banco in “tempo di pace” e requisiti prestazionali per la protezione dal sisma.

- La geometria della struttura dovrà garantire l'accessibilità dello studente su entrambi i lati paralleli del trapezio ed avere il baricentro il più basso possibile per evitare fenomeni di ribaltamento, specialmente in situazione di emergenza;
- Il piano dovrà essere realizzato in materiale ligneo multistrato. A questo si potrebbe aggiungere un pannello metallico con funzione anti-intrusione in caso di carichi impulsivi e concentrati;
- Il piano di lavoro dovrà prevedere nella parte sottostante un'area dedicata per l'alloggiamento della sensoristica ICT e IoT e che sia al riparo da possibili urti e deformazioni;
- Ogni banco dovrà prevedere un sistema di interconnessione con altri banchi. Tale sistema dovrà garantire una connessione rigida tra i due telai strutturali e dovrà essere realizzato con una geometria e un materiale tali da sopportare forze di trazione superiori al limite di snervamento del tubolare della struttura in acciaio;
- Il sistema di connessione dovrebbe prevedere un incastro bilaterale (destra-sinistra) e bifacciale (avanti-dietro) per ottimizzare il più possibile i processi industriali e contenere i conseguenti costi di realizzazione. Le connessioni non dovranno generare interstizi e bordi taglienti che possono arrecare possibili lesioni agli utilizzatori^[11].

Nella figura 52 sono stati schematizzati i requisiti prestazionali attesi per questa tipologia di arredo.

[11] CONSIP. (2019). Capitolato tecnico relativo alla procedura aperta per l'istituzione del sistema dinamico di acquisizione della pubblica amministrazione ai sensi dell'art. 55 del d. lgs. n. 50/2016 per la fornitura di arredi. Allegato 1.

11.4.2 Cattedra/Scrivanina

requisiti “in tempo di pace”

- In riferimento alla norma UNI ENI 15372:2017^[12], la cattedra dovrà essere di dimensioni minime cm 140x70x76h;
- I bordi delle superfici del tavolo che sono a diretto contatto con l'utilizzatore devono essere arrotondati o smussati. Tutti gli altri bordi accessibili durante l'uso previsto dovranno essere privi di bavature e/o spigoli vivi, pertanto, tutte le parti con le quali l'utilizzatore entra in contatto durante l'utilizzo previsto devono essere progettate in modo da evitare lesioni fisiche e danni;
- Non devono essere presenti punti di cesoiamento e schiacciamento creati da parti del tavolo azionate mediante meccanismi, per esempio molle meccaniche, sollevatori a gas o sistemi motorizzati. La cattedra dovrà prevedere dei pannelli laterali e frontali per fare da schermo e da paragambe. Le gambe dovranno essere dotate di puntali in plastica non estraibili anti-rumore;
- Se necessario nel piano dovrà essere incassato un porta-pc/notebook in lamiera di acciaio verniciata a polveri epossidiche, con meccanismo di chiusura a ribalta o scomparsa dotato di chiave e blocco di sicurezza. L'anta a scomparsa del vano in metallo, dovrà essere rivestita nella parte superiore con lo stesso materiale del piano al fine di renderlo utilizzabile in posizione “chiuso”;
- Sotto al piano sarà prevista una cassettera in legno nobilitato con bordi in ABS e struttura interna in metallo, di cui uno con serratura con doppia chiave.

I requisiti sopra esposti possono essere derogati in caso di progettazione della scrivania operativa, non prevedendo questa specifica funzionalità didattica ma pur sempre rispettando i requisiti ergonomici basilari stabiliti dalla normativa vigente.

requisiti “in tempo di guerra”

- Il telaio della cattedra o scrivania dovrà essere realizzato in tubolari di acciaio, saldati tra loro, del diametro compreso tra 20÷25 mm e uno spessore standard compreso tra 1,5÷3 mm. Tali dimensioni saranno definite sulla base della classe prestazionale (classe A, classe B);
- Il disegno del telaio dovrà prevedere uno schema strutturale in grado di superare i test di resistenza stabiliti dall'attuale normativa e sopportare i carichi statici e dinamici ancora in corso di definizione ma comunque compatibili con i valori di stress che si possono generare a seguito del sisma;
- Lo spazio sotto il piano di lavoro dovrà rispettare le dimensioni minime stabilite dalla normativa e garantire la totale copertura del docente o dell'impiegato amministrativo al momento del sisma;
- La geometria della struttura dovrà garantire l'accessibilità su entrambi i lati paralleli ed evitare fenomeni di ribaltamento dell'intera cattedra/scrivanina, specialmente in situazione di emergenza;
- Il piano dovrà essere realizzato in materiale ligneo multistrato. A questo si potrebbe aggiungere un pannello metallico con funzione anti-intrusione in caso di carichi impulsivi e concentrati;

[12] UNI EN 15372:2017, Mobili - Resistenza, durata e sicurezza - Requisiti per tavoli non domestici.

- Il piano di lavoro dovrà prevedere nella parte sottostante un'area dedicata per l'alloggiamento della sensoristica che sia al riparo da possibili urti e deformazioni;
- Ogni cattedra/scrivanina operativa dovrà prevedere un sistema di collegamento analogo a quello del banco, per garantire una configurazione ottimale specialmente negli spazi ufficio. L'attacco scrivania-scrivania dovrà garantire una connessione rigida tra i due telai strutturali e dovrà essere realizzato con una geometria e un materiale tali da sopportare forze di trazione superiori al limite di snervamento del tubolare della struttura in acciaio. Il sistema di connessione dovrebbe prevedere un incastro bilaterale (destra-sinistra) e bifacciale (avanti-dietro) per ottimizzare il più possibile i processi industriali e contenere i conseguenti costi di realizzazione;
- Le connessioni non dovranno generare interstizi e bordi taglienti che possono arrecare possibili lesioni agli utilizzatori.

Nella figura 53 sono stati schematizzati i requisiti prestazionali attesi per questa tipologia di arredo.

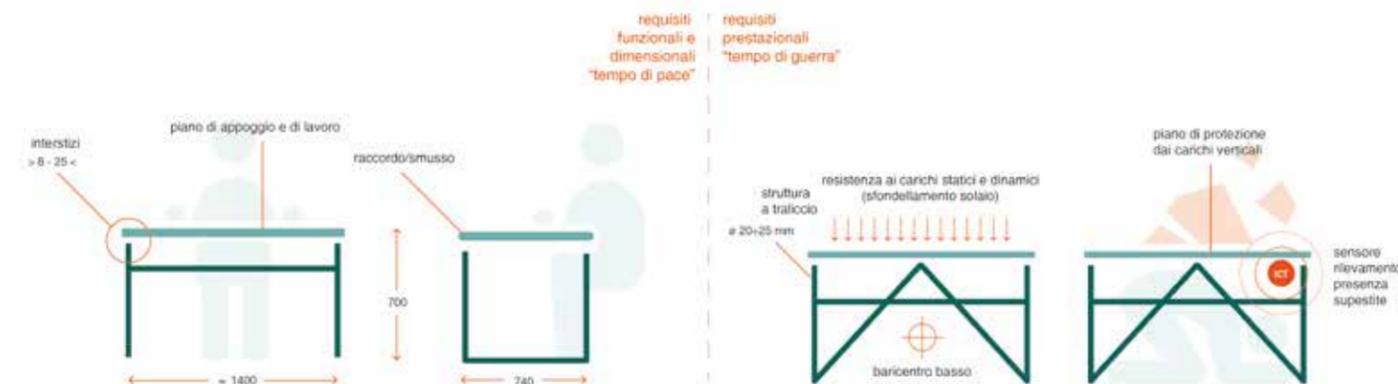


Fig. 53. Schema requisiti di base della cattedra/scrivanina in “tempo di pace” e requisiti prestazionali per la protezione dal sisma.

11.4.3 Parete attrezzata/Armadio

requisiti “in tempo di pace”

- In accordo con la normativa UNI ENI 15372:2017 e la UNI EN 16121:2017^[13], la parete attrezzata dovrà prevedere delle soluzioni di componibilità e di flessibilità modulare per rispondere ai requisiti dimensionali delle varie tipologie di ambienti. Dovrà, inoltre, prevedere delle soluzioni per facilitare ed ottimizzare il trasporto delle componenti e la messa in opera della struttura portante; andranno pertanto considerati anche i limiti dimensionali consentiti dalle lavorazioni dei profili metallici e dei pannelli in multistrato (max 2520x1870 mm);
- La parete deve prevedere la possibilità di ospitare e integrare in sicurezza un set di accessori funzionali alla didattica e la possibilità di integrare e mascherare il sistema di connessione alla parete e il cablaggio per l'allaccio alla rete;

[13] Ibid.

- La parete attrezzata dovrà prevedere la possibilità di allestire una serie di moduli contenitivi come armadi chiusi, armadi a giorno, scaffalature etc. delle dimensioni minime di 500mm di larghezza e 430mm di profondità. Eventualmente l'armadio dovrà prevedere anche dei ripiani interni attrezzati per alloggio di almeno 30 tablet o notebook;
- L'armadio integrato nella parete, deve avere dimensioni minime pari a 500x430x1000, prevedere l'utilizzo di cerniere di acciaio con apertura fino a 110° ed essere fissato alla struttura per evitare fenomeni di ribaltamento;
- Tutti gli altri bordi accessibili durante l'uso previsto dovranno essere privi di bavature e/o spigoli vivi, pertanto, tutte le parti con le quali l'utilizzatore entra in contatto durante l'utilizzo previsto devono essere progettate in modo da evitare lesioni fisiche e danni;
- Le finiture dovranno rispettare gli standard della normativa citata ed essere in family line con tutti gli accessori previsti e le altre tipologie di arredo;
- La parete deve presentare la predisposizione per l'inserimento delle varie tipologie di lavagne tradizionali e interattive, pertanto l'area destinata all'alloggiamento della lavagna dovrà avere delle dimensioni minime pari a quelle dei prodotti presenti in commercio (min 1200x900 mm) e prevedere l'allaccio alla rete per l'inserimento della lavagna LIM e del corrispondente dispositivo di proiezione;
- La parete dovrà garantire la possibilità di allestire, attraverso specifici moduli, altri accessori funzionali alla didattica e alle attività degli studenti, come: allacci per tablet, cartine geografiche, appendiabiti, etc.

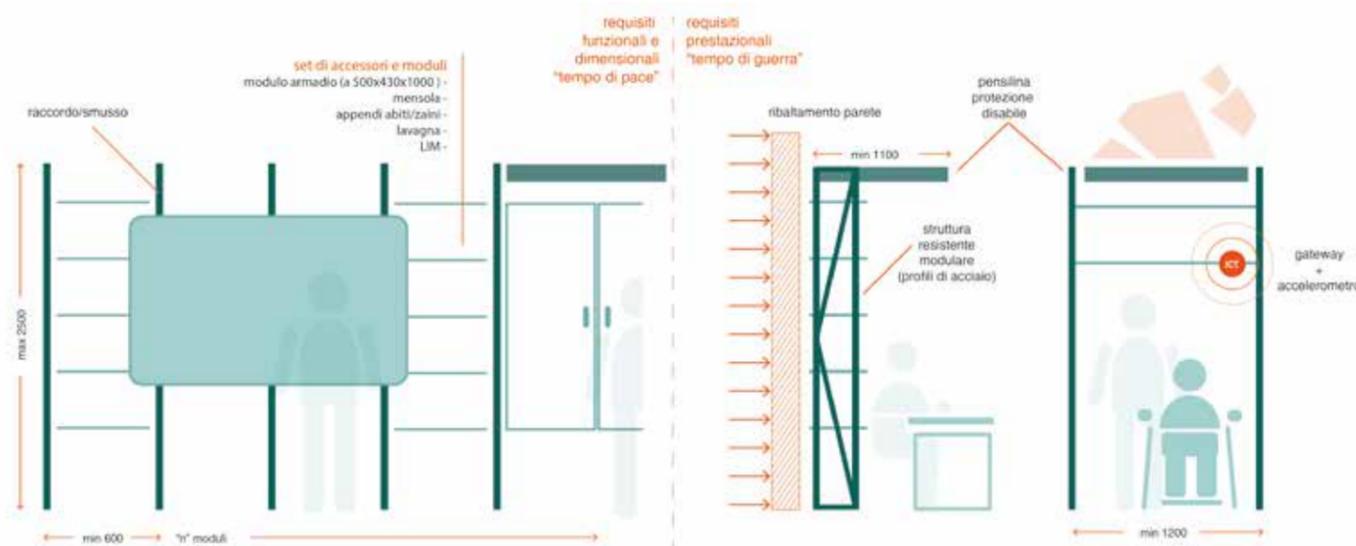


Fig. 54. Schema di sintesi dei requisiti prestazionali per il "tempo di pace" e dei requisiti prestazionali per la protezione dal sisma della tipologia d'arredo parete attrezzata/armadio.

Requisiti "in tempo di guerra"

- Il telaio della parete dovrà avere una struttura portante in acciaio con sezioni saldate tra loro o imbullonate per assicurare tutte le "risorse" necessarie in caso di ribaltamento della parete o cedimento di parte dell'intonaco e/o pignatte dal soffitto. La struttura dovrà essere modulare e replicabile in maniera lineare, con un passo minimo pari a circa 600mm;
- Il telaio dovrà essere saldamente ancorato alla parete e al pavimento. Il suo disegno dovrà prevedere uno schema strutturale in grado di contenere e mantenere integra, il più possibile, la porzione di parete dell'ambiente nel quale è collocata e pertanto abbastanza resistente da supportare carichi statici e dinamici pari ai valori di stress che si possono generare a seguito del sisma (stimati dal team di Ingegneria Strutturale di Unicam intorno ai 71kN/mq);
- La struttura del telaio deve integrare una sorta di pensilina, deputata alla protezione della copertura dai cedimenti strutturali di utenti in carrozzina. Tale copertura dovrà avere delle dimensioni minime di circa 1200mm di larghezza e 1100mm di profondità per garantire la totale copertura e protezione del disabile e di un eventuale docente di sostegno;
- Il sistema resistente non dovrà presentare un linguaggio architettonico che comunica ansia e senso di pericolo, pertanto dovrà allontanarsi dalle soluzioni e dai dispositivi tipici della messa in sicurezza delle strutture edilizie;
- La parete dovrà avere un vano dedicato esclusivamente al contenimento e alla protezione del sistema ICT (un gateway + un accelerometro) per la comunicazione dei dati e la connessione con i sensori implementati negli altri arredi presenti sul piano dell'edificio. Il vano dovrà essere collocato ad un'altezza ispezionabile e avere la predisposizione per facilitare l'allaccio del sensore.

Nella figura 54 sono stati schematizzati i requisiti prestazionali attesi per questa tipologia di arredo.

11.4.4 Parete divisoria

Requisiti "in tempo di pace"

Il sistema parete divisoria dovrà rispettare i requisiti di allestimento e di configurazione tradizionalmente in uso dall'azienda produttrice, nel caso del progetto di ricerca S.A.F.E., sono stati considerati i processi produttivi ed i materiali impiegati dall'azienda *Styloffice*^[14]. In particolare:

- L'intera struttura dovrà essere realizzata a partire dalle matrici e dai profilati in alluminio impiegati dall'azienda nelle versioni di pareti divisorie tutto vetro;
- La struttura, attraverso i moduli, deve garantire la sua messa in opera su misura e sulla base delle dimensioni l x h rilevate in cantiere;
- Le connessioni dei profili devono garantirle le principali configurazioni: in linea (ad una via), ad "L" (a due vie), a "T" (a tre vie), a "X" (a quattro vie);

[14] *Styloffice*. (2018). catalogo-officewall-styloffice.pdf. (consultato il 18 febbraio 2021). Disponibile all'indirizzo. <http://www.styloffice.it/file/catalogo-officewall-styloffice.pdf>.

- L'opera deve essere concepita e costruita in modo da sopportare i carichi prevedibili senza dar luogo a crollo totale o parziale, deformazioni inammissibili, deterioramenti di sue parti o degli impianti fissi, danneggiamenti anche conseguenti ad eventi accidentali ma comunque prevedibili;
- I moduli dovranno prevedere la possibilità di implementare vari accessori come porte, contenitori etc;
- L'ambiente circoscritto dalle pareti deve garantire il confort acustico interno ed isolare il più possibile dai rumori provenienti dagli ambienti esterni;

Requisiti prestazionali "in tempo di guerra"

- Il sistema parete divisoria dovrà essere in grado di supportare le forze sismiche mantenendo integra la propria struttura;
- Si dovrà prevedere un sistema anti bloccaggio delle porte per garantire una via di fuga in caso di cedimenti verticali durante il sisma;
- La struttura dovrà collaborare alla resistenza generale dell'edificio attraverso un sistema di disaccoppiamento, in grado di dissipare le vibrazioni durante il terremoto, dei vetri dalla struttura in alluminio. I dispositivi, o sistemi dissipativi, dovranno essere montati sul profilato a terra e sulle battute dei pannelli in prossimità delle pareti. Dovranno inoltre essere dimensionati in modo da rispondere alle forze dinamiche ancora in corso di definizione e producibili industrialmente per essere facilmente integrati nei disegni dei profilati di alluminio che compongono la struttura;
- La parete potrebbe integrare dei sensori conta persone in grado di monitorare gli ingressi e le uscite dall'ambiente che delimita, in modo da comunicare il numero di persone presenti ai soccorritori in caso di emergenza.

Nella figura 55 sono stati schematizzati i requisiti prestazionali attesi per questa tipologia di arredo.

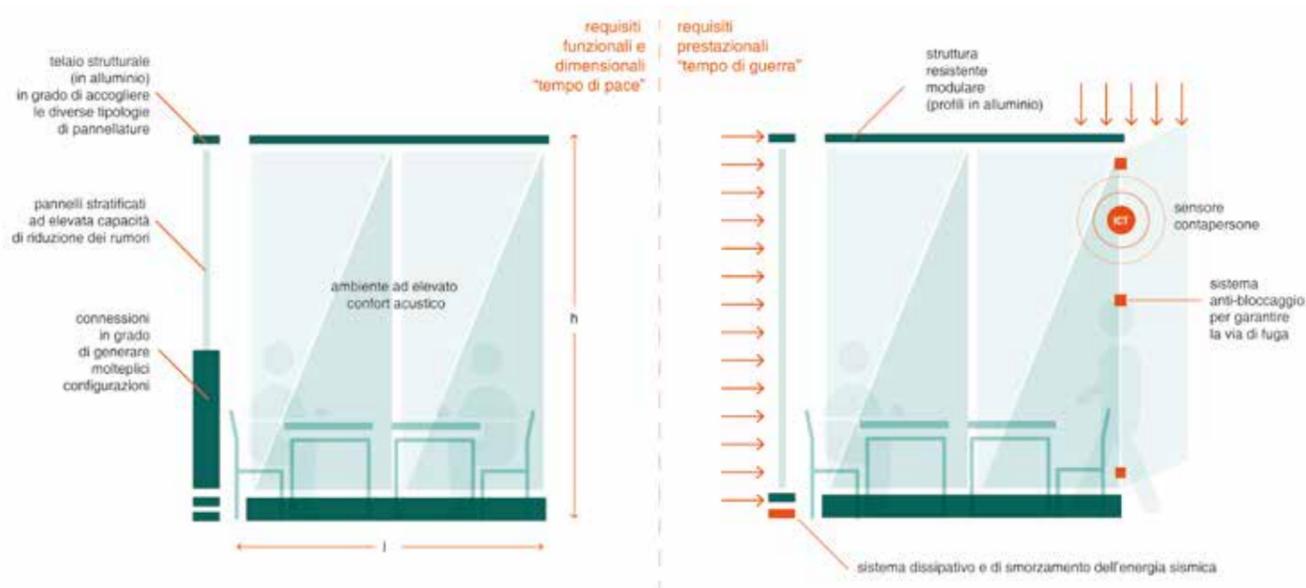


Fig. 55. Schema dei requisiti funzionali generali di una parete divisoria e definizione dei suoi requisiti prestazionali per il "tempo di guerra".

11.5 Sistema smart per il monitoraggio ed il soccorso delle vittime

Il sistema di arredi salva-vita può essere descritto come una piattaforma di prodotti caratterizzata da elevata resistenza meccanica ed elevata capacità di protezione in caso di crolli. Ciascuna singola tipologia di arredo presenta un'architettura in grado di offrire riparo in caso di emergenza ma, integrata all'interno del sistema, amplifica la propria prestazione antisismica.

Come piattaforma e come singole unità è possibile estendere le prestazioni generali integrando anche dispositivi ICT e IoT in grado di incrementare il concetto di collaborazione tra i vari elementi e conferire "intelligenza" all'intero sistema. Pertanto, oltre alle prestazioni di natura strutturale, ampiamente descritte nei precedenti paragrafi, si potrebbe amplificare l'offerta prestazionale integrando funzioni specializzate per il monitoraggio e la localizzazione delle vittime. Come già individuato nello stato dell'arte sui dispositivi e strumenti tradizionalmente adottati dalle squadre USAR (vedi capitolo 10), è possibile immaginare una sensoristica altamente specializzata, da integrare nello sviluppo di nuovi arredi salva-vita in caso di sisma. Dopo una serie di analisi preliminari, condotte all'interno del progetto S.A.F.E., e principalmente dal team di informatica di Unicam, sono state individuate le tipologie di sensori ritenute più idonee per lo sviluppo smart del sistema di arredi (Fig. 49), ossia: device hardware PIR utile al rilevamento delle persone sotto le macerie; device hardware CO2 utile a rilevare le condizioni vitali all'interno dello spazio del banco durante le fasi di soccorso; accelerometri e inclinometro (tiltometri) per il monitoraggio dei cambiamenti di stato degli arredi e di condizione dell'edificio; dispositivo RFID per contare le persone presenti in uno specifico ambiente.

Nella figura 56, viene riportata una sintesi dei risultati del team degli informatici di Unicam, in merito alla definizione degli aspetti prestazionali funzionali dei sensori da integrare negli arredi. Nella definizione dei requisiti un aspetto importante riguarda il comportamento auspicabile rispetto agli scenari di esercizio, ossia in Tempo di pace e nel Post-evento. Nel primo caso, in cui non ci sono eventi di pericolo imminente, è fondamentale sapere se il dispositivo è ancora funzionante; nel secondo, i dispositivi devono essere in grado di comunicare e trasmettere la possibilità di presenza di vittime o sopravvissuti. Pertanto sarà fondamentale monitorare costantemente lo stato di funzionamento dei sensori e i livelli di carica delle batterie che ne garantiscono la loro trasmissione anche in caso di caduta delle rete.

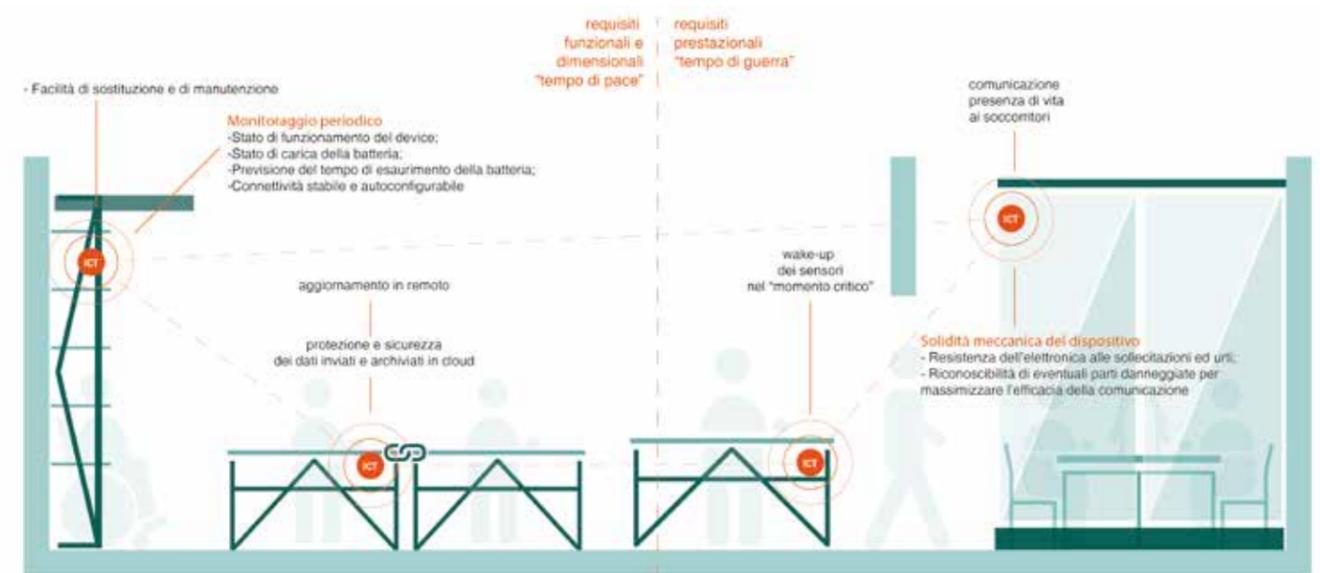


Fig. 56. Schema di sintesi dei principali requisiti funzionali generali del sistema ICT e IoT individuati dal team di ingegneria informatica di Unicam all'interno del progetto di ricerca S.A.F.E., e da implementare negli arredi salva-vita sviluppati.

Allo stesso tempo deve essere garantita il più possibile la solidità meccanica del dispositivo e la sua resistenza al verificarsi dell'evento: l'elettronica stessa dovrebbe tollerare sollecitazioni ed urti per funzionare anche nelle fasi post-eventi a supporto del soccorso. Inoltre la loro implementazione negli arredi deve prevedere sia una facile accessibilità per la manutenzione e la sostituzione delle parti elettroniche che, la possibilità di applicare aggiornamenti da remoto direttamente dalle piattaforme di gestione locale e in Cloud.

11.6 Caso studio del banco scuola S.A.F.E.

In questo paragrafo viene approfondita una delle tipologie d'arredo individuate nelle analisi preliminari e sviluppate all'interno del progetto di ricerca industriale S.A.F.E.^[15]: il banco scuola. In particolare, verranno mostrate in maniera sintetica le fasi progettuali con le strategie e le metodologie perseguite all'interno dei gruppi di lavoro del Design e dell'Ingegneria Strutturale di Unicam, per la progettazione di un banco deputato alla protezione personale negli spazi destinati all'apprendimento. Tutte le attività sono state condotte secondo un modello circolare di sviluppo, verifica e di riprogettazione e con un approccio multidisciplinare e in continua interazione tra il gruppo di progettazione e i partner aziendali, pertanto, ogni fase di avanzamento è stata validata da una serie di processi di verifica e di ottimizzazione del prodotto (Fig. 57).

[15] <http://projects.cs.unicam.it/safeproject/index.html>.



Fig. 57. Modello circolare per lo sviluppo in chiave salva-vita delle tipologie di arredo individuate dalla ricerca: caso studio del banco.

Come già ampiamente descritto nell'introduzione del capitolo 9 e nel paragrafo 11.4.1, l'obiettivo prestazionale previsto per banchi consiste soprattutto nella protezione degli studenti da eventuali crolli dall'alto, sia per impatto con la caduta dei gravi, che per carico accumulato. Tale obiettivo è perseguito attraverso tre importanti strategie che prevedono:

1. L'utilizzo di nuovi materiali ad alta prestazione meccanica opportunamente selezionati nelle ricerche preliminari (vedi cap.9);
2. Lo sviluppo di un sistema a traliccio per la generazione di un telaio ad elevata capacità antisismica;
3. L'utilizzo di moduli dissipativi in grado di assorbire l'energia derivante dall'impatto dei gravi che cadono attraverso deformazione plastica.

Le prestazioni generali del singolo banco possono essere ulteriormente incrementate attraverso lo sviluppo di una serie di dispositivi di giunzione, in grado di interconnettere i banchi e generare un sistema salva-vita che garantisce livelli di sicurezza superiori.

Sviluppo di un traliccio per la generazione di un telaio ad alta resistenza meccanica

Partendo dai risultati delle analisi preliminari, si è proceduto insieme al team di ingegneria strutturale a una serie di approfondimenti e di riflessioni progettuali che hanno portato alla generazione di alcuni concept di telaio, sia per il banco scuola che, le sue declinazioni per lo sviluppo del modello cattedra e la scrivania. Il primo step è stato quello di generare uno schema strutturale del telaio (Fig. 58) caratterizzato da:

- una configurazione geometrica a tralicci multipli, studiata per offrire resistenza e robustezza strutturale sotto azioni eccezionali di cedimenti e crolli di porzioni del solaio, e allo stesso tempo in grado di evitare il suo ribaltamento in caso di urti decentrati sul piano;
- capacità di dissipazione dell'energia del carico da impatto tramite deformazioni plastiche del traliccio.

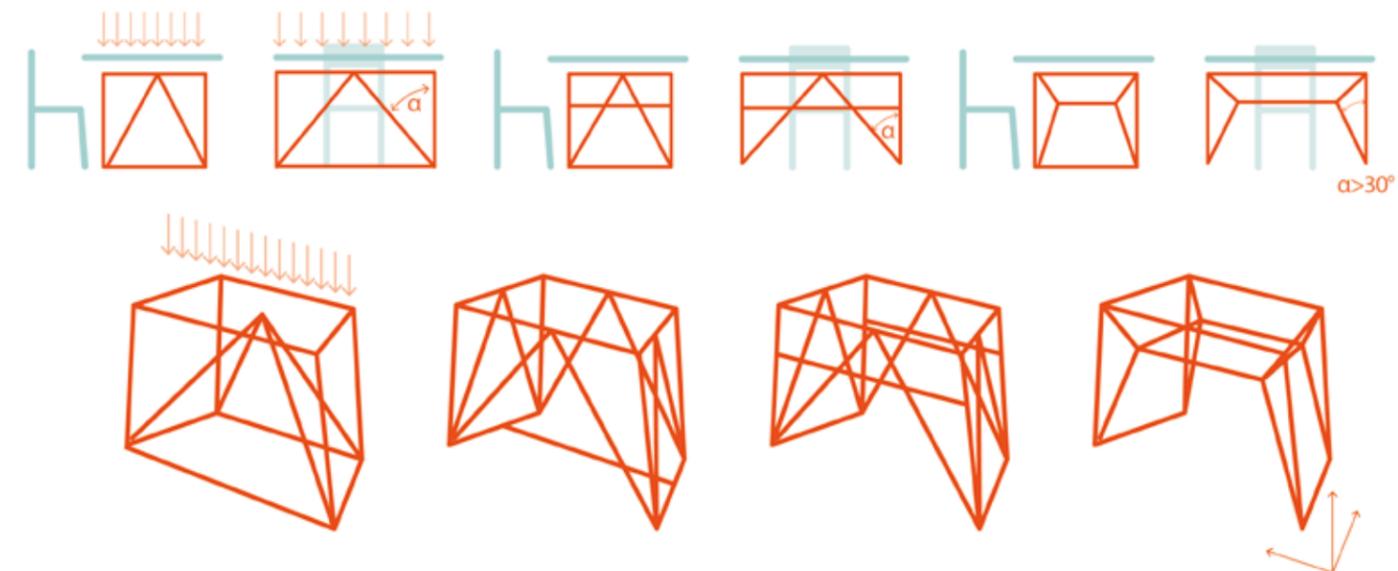


Fig. 58. Sviluppo e ottimizzazione del sistema a traliccio per la generazione del telaio del banco scuola S.A.F.E.

La struttura prevede l'utilizzo di sezioni comunemente impiegate nel settore arredo scuola, ossia tubolari in acciaio con diametri compresi tra 22 mm e 30 mm e spessore 1.5 mm, evitando pertanto sovradimensionamenti, ma soprattutto pesi e costi di produzione eccessivi. Nella figura vengono riportati i principali passaggi di sviluppo del sistema a traliccio del telaio del banco e gli angoli minimi di riferimento individuati per una configurazione dei tubolari efficace alle forze statiche e dinamiche. Come si può vedere si è partiti da una struttura resistente triangolare che è stata ottimizzata sulla base dei parametri ergonomici e funzionali di riferimento di un banco tradizionale.

Sviluppo di un dispositivo per la generazione di una connessione rigida banco-banco

Ogni telaio del banco monta due dispositivi per il collegamento rigido con gli altri banchi. Tale sistema è stato ideato per generare, attraverso l'unione di più banchi, una configurazione a traliccio in grado di incrementare la prestazione di resistenza meccanica rispetto quella fornita dal singolo arredo.

Come mostrato nello schema (Fig. 59), il vantaggio di interconnettere i telai è quello di sviluppare delle strutture di sopravvivenza capaci di sopportare dei carichi maggiori (F') rispetto quelli che gravano sul singolo modulo (F).

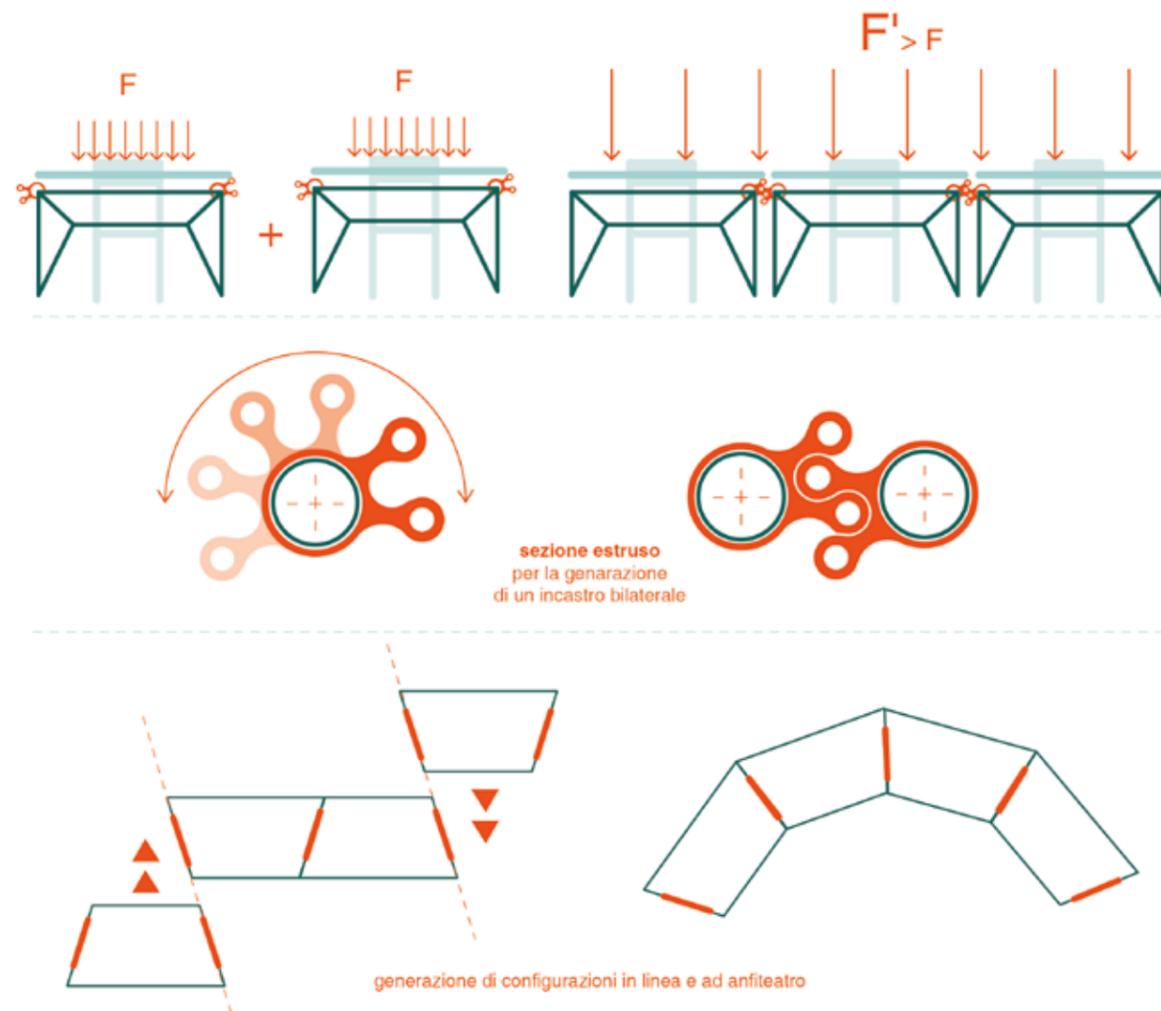


Fig. 59. Sviluppo delle sezioni del sistema di connessione tra i banchi.

Il sistema di connessione è caratterizzato da un incastro bilaterale (destra-sinistra) e bifacciale (avanti-dietro) per facilitare l'attacco tra i banchi su tutti i lati del piano di lavoro, così da generare i layout tradizionali in linea e ad anfiteatro o quelli per l'attività laboratoriale ad isola, e infine, ottimizzare il più possibile i processi industriali e di conseguenza i costi per la sua realizzazione.

Pertanto è stato sviluppato una sezione di partenza, mostrata in figura, in grado di rispettare i requisiti prestazionali attesi e allo stesso tempo soddisfare i processi di industrializzazione del partenariato.

Il disegno della sezione del dispositivo di attacco sviluppato è stato successivamente ottimizzato da un tecnico specializzato nella progettazione di matrici per essere realizzato con la tecnologia dell'estrusione dell'alluminio, così da adattare la lunghezza del pezzo per la connessione sulla base delle diverse taglie dei banchi secondo la tabella dimensionale stabilita dalla normativa UNI 1729-1.

Sviluppo di un piano di lavoro resiliente e di un set di piedini di appoggio ad alta capacità dissipativa

Il banco presenta un piano di lavoro che oltre ad assolvere la sua tradizionale funzione per la didattica, farà da copertura di protezione e da contenimento rispetto i potenziali danni inferti dalle strutture che cedono e che urtano contro il tavolo (Fig. 60).

Tale prestazione è raggiunta mediante la generazione di un pannello multilayer caratterizzato da un piano d'appoggio rigido realizzato in laminato e multistrato, un foglio in materiale fonoassorbente per la riduzione del noise in classe, e infine, un lamierino forato di rinforzo aggrappato alla superficie inferiore del pannello di legno. Questo lamierino oltre ad implementare la resistenza generale del piano del banco, si comporta come una sorta di rete elastica di contenimento in grado di dissipare, attraverso deformazione plastica, le forze di carico e d'impatto che si generano in caso di crolli, riducendo drasticamente eventuali fenomeni di penetrazione e rottura del multistrato e di conseguenza salvaguardando la vita dello studente che si ripara sotto il piano di lavoro nel momento dell'emergenza.

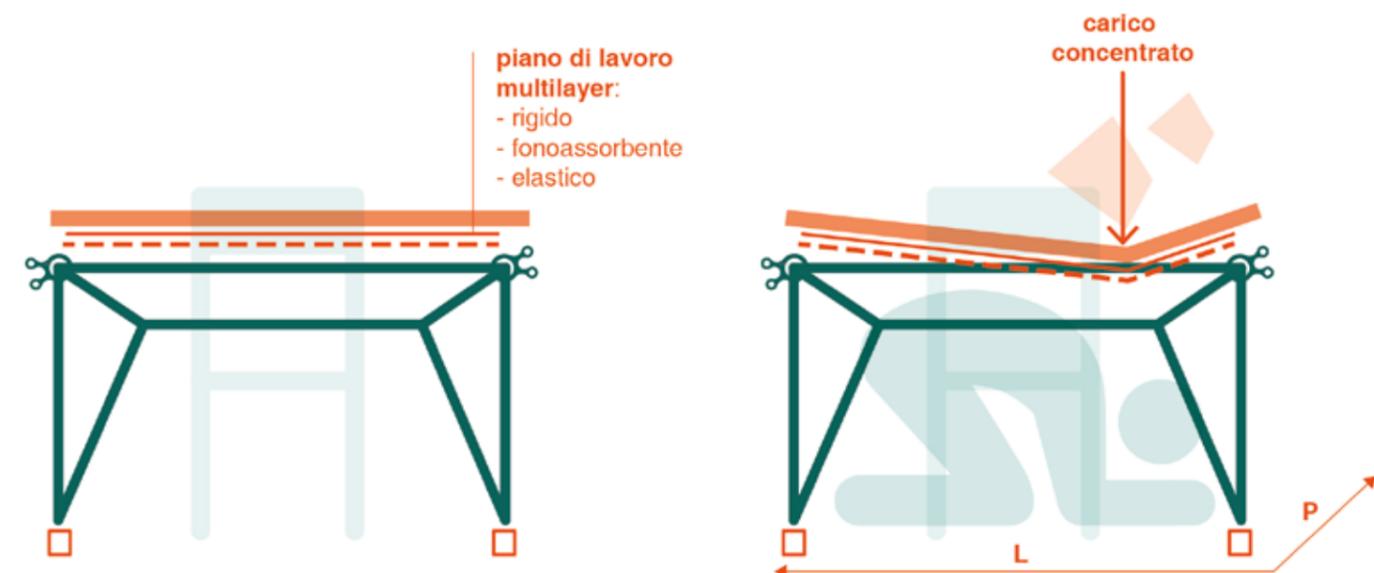


Fig. 60. Ideazione di un piano di lavoro caratterizzato dallo sviluppo di un pannello sandwich ad elevata capacità dissipativa in caso di urti e di carichi concentrati.

Infine, le dimensioni del piano LxP (1150x600mm) sono state ridefinite rispetto le misure standard commerciali, poiché non garantivano una copertura totale del corpo dello studente in caso di emergenza, secondo la metodologia del “drop cover hold on” (per approfondimenti vedi paragrafo 4.4).

Per incrementare la capacità di dissipare l'energia generata dagli impatti con i gravi che cedono dall'alto, alla base del telaio del banco sono stati montati quattro piedini antiscivolo in grado di crollare in maniera programmata, e pertanto dissipare eventuali sollecitazioni straordinarie e violente (Fig. 61). Gli appoggi del banco sono stati sviluppati a partire dalla sagomatura di una lamiera di acciaio sp.3,5mm e infine accoppiati con un gommino antiscivolo nella parte a contatto con il pavimento. Le curvature della lamiera sono disegnate in modo da deformarsi plasticamente verso l'esterno del telaio, in modo da raggiungere un duplice risultato: assorbire l'energia generata dall'urto, e allo stesso tempo, ampliare la base di appoggio del telaio riducendo drasticamente eventuali fenomeni di ribaltamento del banco.

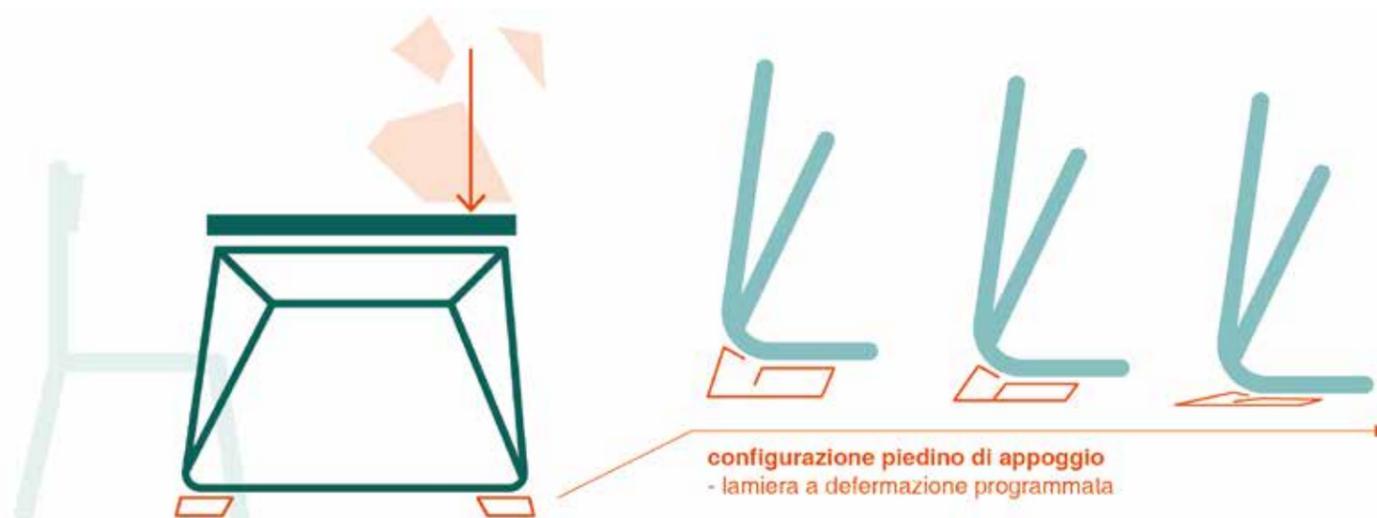


Fig. 61. Ideazione di un set di piedini antiscivolo ad alta capacità dissipativa.

Analisi strutturali preliminari al FEM

Una prima analisi agli elementi finiti FEM è stata condotta per verificare la resistenza del telaio sviluppato a partire da una geometria innovativa tralicciata come mostrata nella figura (Fig. 58). Nelle impostazioni dei parametri principali del software di calcolo si è ipotizzata una struttura portante in tubolari di acciaio di diametro esterno 25 mm e spessore 1.5 mm, come quelli tradizionalmente impiegate per la realizzazione dei banchi scuola. La massa complessiva del telaio risulta di circa 13 kg, pertanto in linea con i pesi dei banchi tradizionali.

In figura è possibile osservare i carichi ipotizzati per la verifica strutturale del singolo banco trapezoidale, soggetto ad una distribuzione uniforme di carico (stimato dal team di ingegneria strutturale ad un valore pari a 10 kN/mq, valore attribuito per raggiungere il limite della capacità portante per instabilità globale) sui due correnti del lato lungo e poi, nelle analisi successive, ad una serie di carichi concentrati.

Sono state pertanto condotte cinque importanti analisi, quattro sul singolo banco e una sul sistema di banchi connessi, nel dettaglio:

- la prima analisi ha l'obiettivo di valutare la risposta strutturale del traliccio sottoposto ad un carico distribuito;
- una seconda analisi che verifica la risposta della struttura quando sollecitata con quattro carichi concentrati agli angoli;
- una terza analisi che verifica la risposta della struttura quando sollecitata su un solo spigolo e ne descrive eventuali fenomeni di ribaltamento;
- una quarta analisi che verifica la risposta della struttura quando sollecitata con un carico concentrato;
- un'analisi che valuta l'efficacia del sistema di collegamento rigido banco-banco.

Quest'ultima verifica in particolare, dimostrerebbe come l'accostamento e la connessione reciproca dei banchi permetterebbe la creazione di un sistema strutturale reticolare capace di trasmettere più efficacemente i carichi derivanti da eventuali crolli e distacchi parziali del solaio soprastante, pertanto, migliora ed incrementa la capacità salva-vita dei singoli banchi.

Sviluppo di modelli tridimensionali per la realizzazione di prototipi fisici

Una volta validata l'architettura resistente del banco, è stata avviata una fase di sviluppo e di ottimizzazione, in termini di design del prodotto, attraverso la generazione di modelli tridimensionali parametrici dei nuovi concept di banco salva-vita (Fig. 62).

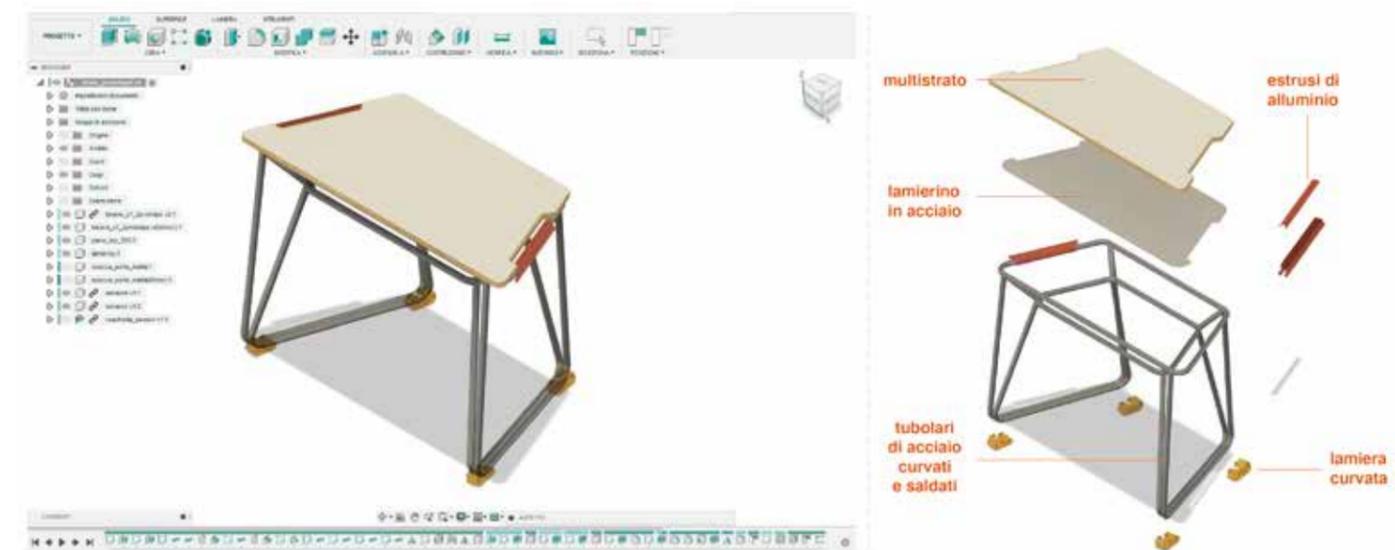


Fig. 62. Sviluppo di un modello tridimensionale del banco e della sua componentistica attraverso un software di modellazione parametrica.

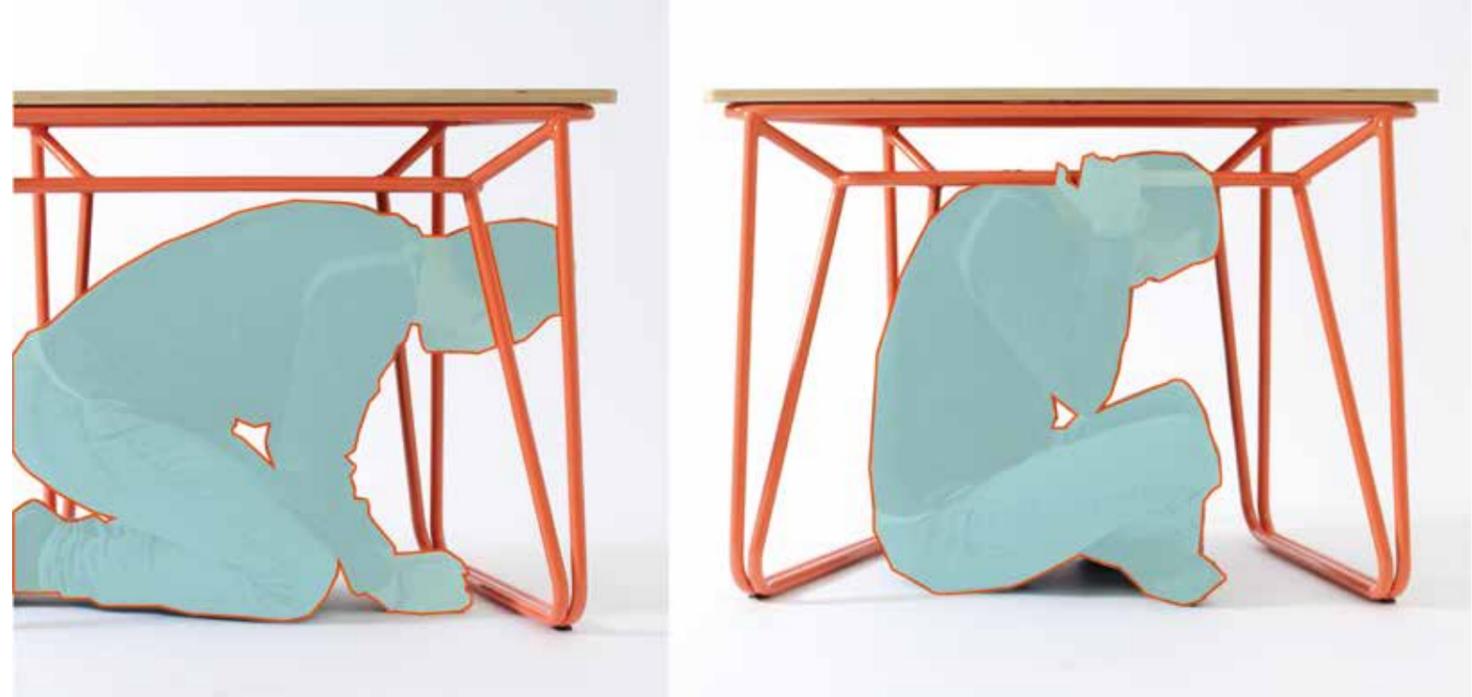


Fig. 63. Realizzazione di un primo prototipo di banco trapezoidale e verifiche dimensionali della nicchia di protezione rispetto la sua capacità di accogliere uno studente di taglia media.

Questa attività è stata fondamentale da un lato, per tradurre i layout strutturali in prodotti usufruibili e funzionali anche per il “tempo di pace”, dall’altro, per sviluppare i disegni tecnici per la realizzazione dei primi prototipi da testare in laboratorio. Pertanto nei modelli 3D sono stati approfonditi dettagli costruttivi e sviluppate nuove soluzioni progettuali per la fattibilità della componentistica, in particolare:

- per il layout a traliccio è stato modellato un telaio in grado di coniugare l’assetto salva-vita progettato dal team di ingegneria strutturale, con un linguaggio visivo leggero e idoneo al contesto d’utilizzo, e che preveda l’impiego dei materiali e delle tecnologie adottate dalla filiera del partenariato S.A.F.E;
- la geometria del piano di lavoro è stata sviluppata in modo da accogliere sia i dispositivi di collegamento banco-banco realizzati da una coppia di estrusi, che il box contenente la sensoristica per la localizzazione ed il monitoraggio delle persone in caso di emergenza;
- per la realizzazione dei prototipi fisici sono state sviluppate soluzioni ottimali per semplificare la realizzazione e l’assemblaggio di tutte le componenti attraverso le principali tecnologie messe a disposizione dalle aziende manifatturiere del comparto arredo scuola.

A seguito della fase di modellazione sono stati sviluppati i disegni tecnici con le dimensioni e i materiali di ciascun componente del banco. Questi sono stati condivisi con le aziende manifatturiere e portati a sviluppo attraverso la realizzazione dei primi prototipi fisici.

Questi sono stati utili per verificare in prima battuta la loro capacità di accogliere uno studente medio che si ripara sotto il banco (Fig. 63) e poi per validare la loro resistenza attraverso dei test in laboratorio (Fig. 64).

Il numero di prototipi da realizzare è stato stabilito in funzione delle caratteristiche strutturali e funzionali da verificare e dei cicli di ripetizione previsti dalle prove meccaniche di tipo dinamico, di resistenza agli impatti e di carico statico.



Fig. 64. Serie di test statici sul banco S.A.F.E. condotti presso il laboratorio dell’università di ingegneria dell’Aquila.

Definizione di un protocollo di prova l’esecuzione dei test di verifica sulle parti strutturali dei prototipi

Le previsioni numeriche ottenute al FEM devono necessariamente essere validate ed eventualmente calibrate sulla base dei risultati ottenuti nei test in laboratorio. Ciò ha richiesto delle prove di resistenza al carico statico, applicato dal momento dei crolli, e delle prove meccaniche di tipo dinamico, per validare la risposta del banco all’impatto per effetto dei possibili cedimenti strutturali dell’edificio.

Nello specifico sono state condotte una serie di importanti test di verifica strutturale presso il laboratorio di ingegneria strutturale dell’Aquila e di Potenza, insieme al team dei tecnici e sotto la supervisione degli ingegneri. In ordine sono state programmate le seguenti prove:

1. prova di carico verticale e distribuito sulla superficie del piano di lavoro.
2. prove di carico verticale concentrata (o di penetrazione).
3. test al carico dinamico.
4. test su tavola vibrante.

Ottimizzazione e ingegnerizzazione dei modelli testati

A seguito dei risultati dei test condotti sono state identificate le parti del banco da sottoporre a revisione progettuale. Queste sono state modificate ed ottimizzate in modo da rispondere ai criteri di industrializzazione del prodotto, ovvero ai processi di lavorazione della filiera produttiva del partenariato. Il risultato raggiunto in questa fase è stata la definizione di nuovi modelli 3D e disegni 2D necessari per la fase di realizzazione dei prototipi finali e implementati della sensoristica ICT e IoT per la localizzazione e il monitoraggio delle persone. Uno dei maggiori risultati conseguiti dal processo di sviluppo e progettazione del banco S.A.F.E. è stato infine il deposito, presso l’Ufficio Italiano Brevetti e Marchi del Ministero per lo Sviluppo Economico della Repubblica Italiana, del brevetto per invenzione industriale^[16]

[16] Il brevetto del banco antisismico è stato registrato con il seguente Brevetto Europeo n.21425010.2-Aref: SAFE12021 del 8 Febbraio 2021 dal titolo “Combined dual frame system for life-saving desks against seismic-induced collapses”.

Capitolo 12

Modello metaprogettuale per lo sviluppo di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita in caso di sisma

- 12.1 Introduzione al modello procedurale Life-saving Furniture System “L.F.S.”
- 12.2 Descrizione del modello “L.F.S.”: macrofasi, attività e linee guida progettuali
- 12.3 Riflessioni conclusive e prospettive di sviluppo

12 Modello metaprogettuale per lo sviluppo di nuovi concept di sistema di arredi salva-vita in caso di sisma



12.1 Introduzione al modello procedurale Life-saving Furniture System “L.F.S.”

A seguito delle ricerche preliminari e dell'esperienza progettuale maturata all'interno delle attività del progetto S.A.F.E., è stato possibile avviare una fase metaprogettuale dove, i risultati ottenuti dalle precedenti analisi sono stati rielaborati e finalizzati per la generazione di un modello procedurale destinato ad aziende, progettisti e designer coinvolti nello sviluppo di nuovi concept di arredo salva-vita in caso di sisma. Pertanto, il seguente capitolo si focalizza sulla descrizione e l'architettura del metaprogetto, caratterizzato da un processo multidisciplinare e multisettoriale, definito da una serie di macro fasi e di attività, funzionali alla progettazione di nuovi arredi deputati alla protezione dal sisma per altri contesti di utilizzo.

Come riportato nei primi capitoli, una parte importante del percorso di dottorato si è focalizzata su una serie di attività di analisi e di raccolta dati che hanno rappresentato un fondamentale contributo nella prima fase del progetto di ricerca industriale S.A.F.E. All'interno di questo progetto è stato poi possibile sperimentare e testare i primi risultati delle ricerche e avviare una fase progettuale per lo sviluppo di un sistema di arredi salva-vita da destinare alla sicurezza degli spazi per la didattica.

Il primo approccio di tipo teorico, maturato nelle prime analisi, si è poi concretizzato, in un processo multisettoriale e multidisciplinare, caratterizzato dallo sviluppo, la progettazione e la prototipazione di nuovi concept di arredo salva-vita per il comparto scuola e ufficio.

L'esperienza maturata nel progetto S.A.F.E., in particolare la metodologia adottata e l'approccio multi-stakeholder, sono stati fondamentali per il conseguimento dei risultati e pertanto, sono stati ripresi ed astratti per sviluppare un nuovo modello teorico metaprogettuale da applicare per la messa in sicurezza, attraverso il sistema di arredo, di altri contesti, quali: strutture ricettive, ospedali, luoghi di culto etc.

L'obiettivo principale del modello metaprogettuale è fornire ad imprese, progettisti e

Fig. 65. Modello metaprogettuale Life-saving Furniture System: principali fasi di sviluppo (primo livello).

designer, uno strumento che, attraverso un processo step by step e una serie di linee guida, governi la gestione di tutte le fasi necessarie per la progettazione e lo sviluppo di nuovi concept di arredi resistenti e interconnessi per la generazione di sistemi salva-vita in caso di sisma, in grado di fornire protezione e riparo anche in altri ambiti d'utilizzo. Il modello metaprogettuale per lo sviluppo di sistemi d'arredo salva-vita in caso di sisma e definito con l'acronimo "L.F.S." (Life-saving Furniture System)^[17], si articola principalmente in tre fasi, descritte e argomentate con diversi livelli di approfondimento, nello specifico: un primo livello di introduzione alle macrofasi; un secondo livello di descrizione delle macro attività; un terzo livello che identifica le diverse aree funzionali e i dettagli per ciascuna da esse.

Il primo livello, come mostrato in figura 65 è composto da una serie di cerchi ed archi circoscritti che individuano, in maniera gerarchica, attori e fasi di tutto il processo. Nel dettaglio:

- Il cerchio più esterno rappresenta l'azione del Design su l'intero processo: si tratta di un'attività continuativa e iterativa, che guida ogni fase e si relaziona con tutti gli stakeholders coinvolti nello sviluppo dei concept;
- Il cerchio successivo a quello del Design, identifica una delle leve strategiche del modello, ossia l'approccio multisettoriale e multidisciplinare al progetto.

Infatti un processo multistakeholders, caratterizzato dalla partecipazione di una serie di attori come, aziende manifatturiere, aziende di servizi, istituzioni, discipline universitarie, etc. è da considerarsi indispensabile per la riuscita e lo sviluppo innovativo di sistemi e nuove tipologie di arredo in grado di offrire protezione e riparo in caso di sisma.

Il Design e gli stakeholders sono in continua relazione con le tre macro-fasi del processo, ossia:

- una prima fase "A", rappresentata dall'area azzurra del modello grafico, di Organizzazione e analisi dei dati raccolti, che si interfaccia in maniera continua e parallela ad una fase di sintesi;
- una seconda fase "P", rappresentata dall'area arancione del modello, di Progettazione del sistema di arredi salva-vita, alla quale può essere aggiunta una fase "P+S", identificata dall'area gialla del modello, di Progettazione del sistema Smart per la localizzazione ed il monitoraggio delle persone "in tempo di guerra" (durante il sisma);
- una fase "V", rappresentata dall'area verde del modello, di Test di verifica e ottimizzazione dei modelli sviluppati, che in maniera iterativa segue tutte le fasi della progettazione).

Ad un primo livello segue un secondo (Fig. 66), che ne esplicita per ogni fase, le principali macro attività da svolgere e da quante sotto-attività sono costituite.

Ad esempio la fase "A" è formata da tre attività (A1, A2, A3) e da undici sotto-attività (A1.1, A1.2, A1.3 etc.), la fase "P" è formata da quattro attività (P1, P2, P3, P4) e da tredici sotto-attività (P1.1, P1.1, P1.3, etc.), la fase integrativa "P+S" si articola di sole tre attività (P+S1, P+S2, P+S3), infine la fase "V" è formata da quattro principali attività (V1, V2, V3, V4).

[17] Nell'ambito del progetto S.A.F.E. è stato ideato e registrato un marchio, "Life-saving Furniture System" che identifica il sistema di arredi intelligenti con funzione salva-vita in caso di sisma, che l'intero partenariato del progetto sta sviluppando. Il marchio "Life-saving Furniture System" rappresenta un risultato per dare visibilità e riconoscibilità a tutti gli arredi innovativi per scuole ed uffici in via di sviluppo nel progetto S.A.F.E.



Fig. 66. Modello metaprogettuale Life-saving Furniture System: macro attività (secondo livello).

Al secondo livello di lettura del modello L.F.S., segue il terzo che ha lo scopo di approfondire in maniera puntuale e dettagliata tutte le attività individuate per la riuscita ed il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Pertanto, nelle pagine successive saranno descritte le tre macro fasi, con le linee guida e tutte le attività e sotto-attività previste, identificando per ognuna di esse, le finalità, gli strumenti, e i principali risultati attesi.

12.2 Descrizione del modello “L.F.S.”: macrofasi, attività e linee guida progettuali

A | Organizzazione e analisi dei dati raccolti

La prima fase del modello L.F.S. prevede una serie di attività di ricerche preliminari volte ad inquadrare il contesto di riferimento, con particolare attenzione verso tre aree d’interesse progettuale: lo scenario edilizio e i fruitori, le tipologie di arredo che caratterizzano lo scenario individuato, infine, gli aspetti normativi e le tecnologie produttive relative agli arredi ritenuti maggiormente promettenti per la fase di sviluppo (Fig. 67). Questa macro fase ha l’obiettivo di raccogliere e di mettere a sistema il maggior numero di dati relativi ai tre ambiti di analisi (edilizio, tipologie arredo, tecnico-produttivo) che caratterizzano il contesto individuato, ed è fondamentale per l’impostazione delle fasi successive, in particolare per inquadrare le classi prestazionali degli arredi da sviluppare.

Ogni ambito di ricerca prevede pertanto, una serie di sotto attività, ciascuna delle quali caratterizzate da specifici strumenti operativi per lo studio e la raccolta dei dati, allo scopo di definire tutti i parametri più importanti e descrivere, in maniera esaustiva, le tre macro aree di analisi, di seguito specificate:

- A1) inquadramento scenario edilizio e dei contesti d’uso
- A2) individuazione delle tipologie di arredo
- A3) inquadramento tecnico-produttivo

A queste, segue sempre una fase di Sintesi dei principali risultati e dei dati raccolti, che ha la finalità di rendere i contenuti e le informazioni individuate dalla ricerca, usufruibili ed immediati per le fasi di sviluppo e di progettazione. Infatti, i principali risultati di questa macro fase “A”, saranno utili per definire nella prima attività della fase di “P” (progettazione), un set di requisiti prestazionali per l’ideazione e la generazione di un sistema di arredi salva-vita in caso di sisma.

A1 | Inquadramento scenario edilizio

L’inquadramento dello scenario edilizio costituisce il primo passo del modello L.F.S. e si articola in cinque sotto-attività:

- A1.1) raccolta dati e analisi della struttura edilizia
- A1.2) inquadramento normativo di riferimento
- A1.3) analisi dello stato di salubrità degli ambienti
- A1.4) rilievo degli spazi interni e dei layout di arredi
- A1.5) analisi del target di riferimento

L’insieme delle analisi condotte hanno lo scopo di:

- delineare i confini dell’area di intervento e di interesse progettuale;
- fornire una fotografia dello stato di salute della struttura edilizia interessata;
- descrivere in maniera puntuale gli aspetti normativi ritenuti importanti per il processo di sviluppo, tenendo conto delle figure responsabili come, amministratori, dirigenti, enti etc., principalmente coinvolte nel processo di sicurezza e gestione della struttura;

- analizzare il target di riferimento che vive e usufruisce degli spazi interni della struttura edilizia.

A 1.1 | Raccolta dati e analisi della struttura edilizia

La prima attività si riferisce al reperimento di informazioni utili per inquadrare lo stato di salute dell’edificato selezionato per ospitare il sistema di arredi salva-vita in caso di sisma. In questa fase si prevede il coinvolgimento di dipartimenti ed enti che svolgono attività di analisi e di verifica strutturale, come la protezione civile, e dirigenti responsabili della sicurezza dell’edificio. Tale attività ha il duplice scopo di:

- Verificare e valutare il livello di vulnerabilità sismica secondo le normative vigenti;
- Verificare eventuali criticità e situazioni di precarietà che coinvolgono sia gli elementi strutturali che quelli non-strutturali;
- Valutare gli spazi funzionali maggiormente a rischio.

Gli strumenti operativi utilizzati in tale fase sono rappresentati da:

- Un questionario di rischio sismico^[18] e schede di rilevamento articolate secondo due sezioni principali: una sezione tesa all’individuazione di dati quantitativi e qualitativi dello stato di salute dell’edificio; una seconda sezione che approfondisce la precarietà degli elementi non strutturali.

Tale attività sarà inoltre fondamentale per determinare e selezionare la classe prestazionale del sistema di arredi salva-vita in caso di sisma. Il principale risultato atteso è:

- una scheda di valutazione dello stato di vulnerabilità dello stabile e l’individuazione degli spazi interni da mettere in sicurezza (Allegato 3).

A 1.2 | Inquadramento normativo di riferimento

Questa attività si focalizza principalmente sull’analisi delle linee guida e delle normative che garantiscono la sicurezza degli ambienti funzionali dell’edificio interessato. La finalità di questa sotto-attività è:

- analizzare i contenuti delle normative che disciplinano le modalità di preparazione e gestione del rischio sismico, ossia: i protocolli da seguire per la messa in sicurezza dei vari ambienti e le prassi da seguire per ridurre i rischi per le persone presenti nell’edificio durante uno stato di emergenza.

Gli strumenti operativi utilizzati in tale fase sono rappresentati da:

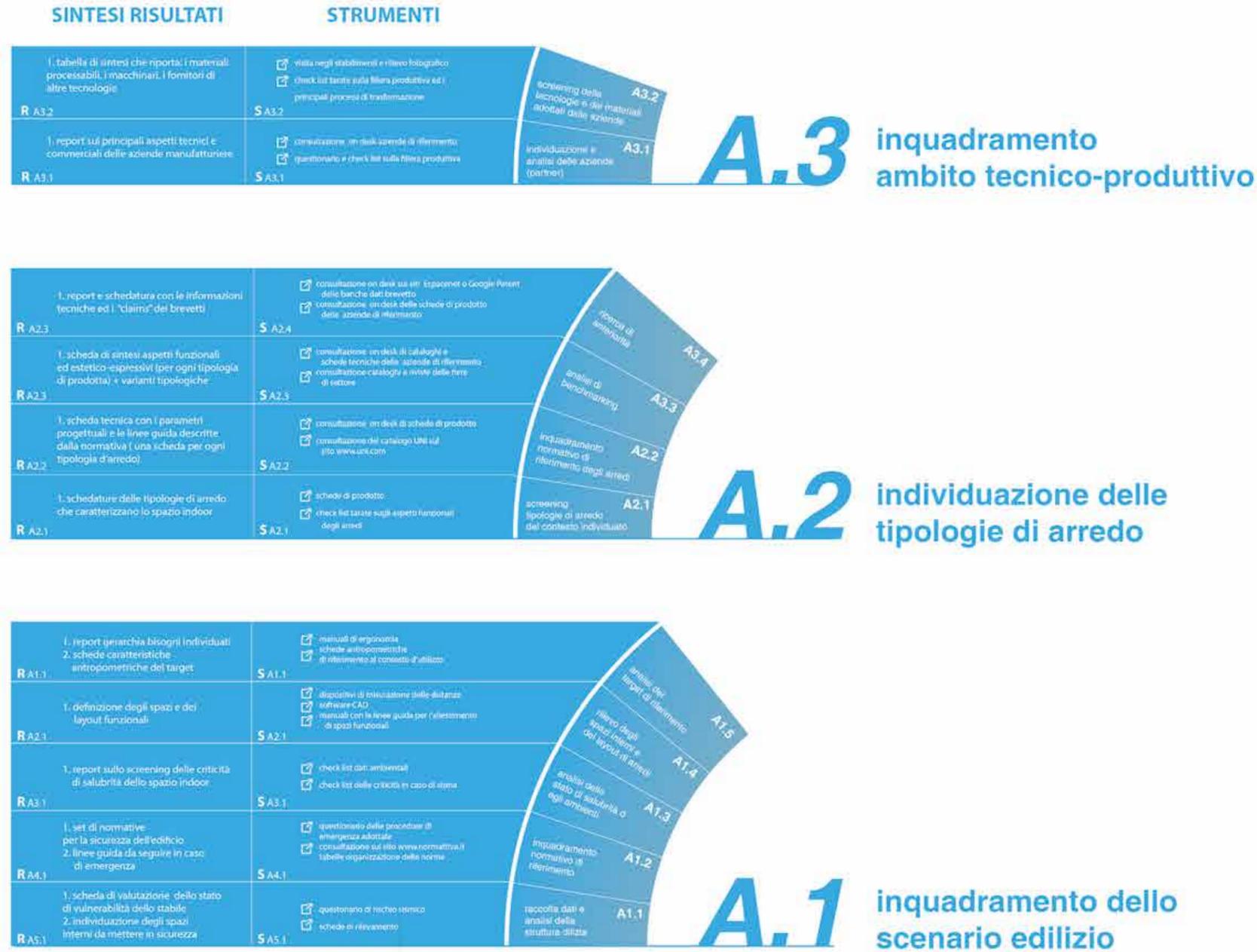
- questionario sulle procedure adottate dal responsabile dell’edificio;
- <https://www.normattiva.it/> per la consultazione di norme tecniche sulla prevenzione in caso di emergenza;
- tabelle o fogli Excel articolati in modo da leggere le principali indicazioni delle norme;

Il principale risultato atteso è:

- la definizione di un set di normative di riferimento per la sicurezza dell’edificio e le procedure da seguire in caso di emergenza.

[18] DPC. Scheda di sintesi della verifica sismica di edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico. Disponibile all’indirizzo: http://www.cias-italia.it/PDF/MELONI%20Articolo%20Vulnerab_Sismica_ALL.pdf.

Fig. 67. Attività della fase di Organizzazione e Analisi dei Dati Raccolti.



A 1.3 | Analisi dello stato di salubrità degli ambienti

Questa fase consente di rilevare lo stato di salubrità del microambiente confinato per garantire la massima sicurezza per la salute dell'uomo. Sarà importante in questa attività, il coinvolgimento del responsabile della struttura (dirigenti, amministratori etc.) e di figure professionali abilitate nel controllo della qualità dell'aria negli ambienti indoor. I principali obiettivi di questa attività sono:

- monitoraggio di composti organici volatili e check-up di sistemi di ventilazione, al fine di verificare la presenza di sostanze inquinanti presenti nell'ambiente;
- rilevare le caratteristiche architettoniche, la destinazione d'uso degli ambienti e il grado di ventilazione, evidenziando le possibili situazioni di criticità ambientali a seguito di un sisma, ad esempio possibili perdite di gas o il rilascio di determinate sostanze nocive dovute alla frantumazione di alcuni elementi non-strutturali;

Gli strumenti operativi utilizzati in tale fase sono rappresentati da:

- dispositivi specializzati nella rilevazione di sostanze volatili;
- check-list articolate in due sezioni: una parte che riporta i dati ambientali rilevati; una parte che evidenzia possibili situazioni di criticità in caso di terremoto.

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- un report che riporta i dati dello screening delle criticità di salubrità dello spazio indoor indagato. I risultati di questa analisi saranno utili nella fase progettuale per l'individuazione e la selezione di materiali prestazionali e idonei al contesto di utilizzo.

A 1.4 | Rilievo degli spazi interni e dei layout di arredi

L'attività di rilievo degli spazi indoor è fondamentale per il dimensionamento e la configurazione dei layout che il sistema di arredi salva-vita dovrà assumere in fase di allestimento. Oltre all'attività di rilievo e misurazione degli spazi, sarà importante acquisire anche una serie di dati rispetto le indicazioni per le tipologie di allestimento per i diversi ambienti funzionali come uffici, laboratori, aule, biblioteche, hall etc. Pertanto, i principali obiettivi di questa attività sono:

- rilevare il dimensionamento degli spazi da mettere in sicurezza attraverso il sistema di arredi;
- individuare le destinazioni d'uso degli ambienti che ospiteranno il sistema salva-vita in caso di sisma;
- rilevare i layout degli arredi all'interno di specifici spazi funzionali, ad esempio: la presenza di configurazioni ad isola negli uffici, la disposizione ad anfiteatro nelle aule etc.

Gli strumenti operativi utilizzati che caratterizzano questa fase sono:

- dispositivi di misurazione delle distanze;
- software CAD per lo sviluppo di piante e prospetti;
- consultazione dei manuali con le linee guida progettuali per l'allestimento di spazi funzionali (ad esempio le linee guida per lo sviluppo di un Aula 3.0)^[19];

Il principale risultato atteso è:

- la definizione degli spazi e dei layout funzionali della struttura che ospiterà il nuovo sistema salva-vita di arredi in caso di terremoto.

[19] Indire. (2015). Linee guida per l'implementazione dell'idea Spazio flessibile (Aula 3.0). Allegato 2.

A 1.5 | Analisi del target di riferimento

Questa sotto-attività si riferisce allo studio e all'analisi dei principali utenti che usufruiranno degli spazi e degli arredi ad essi connessi. Tale attività ha lo scopo di:

- analizzare i dati antropometrici del target;
- individuare la presenza di possibili bisogni latenti ancora inespressi dal mercato;
- individuare la presenza di target sensibili, come utenti con difficoltà di deambulazione etc.;
- verificare la disponibilità di linee guida progettuali per lo sviluppo di aspetti ergonomici in fase di progettazione.

Gli strumenti operativi utilizzati in tale fase sono rappresentati da:

- manuali di ergonomia;
- tabelle antropometriche di riferimento per la progettazione rispetto specifici ambiti e spazi funzionali;

I principali risultati attesi sono:

- una serie di schede di sintesi articolate in due sezioni: una sezione che esplicita in maniera gerarchica i bisogni individuati; una sezione che riporta le principali caratteristiche antropometriche del target di riferimento.

A2 | Individuazione delle tipologie di arredo

La seconda macro attività del modello L.F.S. si rivolge alle tipologie di arredo che caratterizzano gli spazi interni della struttura edilizia individuata. Questa fase si articola in quattro sotto-attività, di seguito elencate:

- A2.1) screening delle tipologie di arredo tipiche del contesto individuato;
- A2.2) inquadramento normativo di riferimento degli arredi;
- A2.3) analisi di benchmarking;
- A2.4) ricerca di brevetti e innovazioni già esistenti

Questa attività è importante per inquadrare lo stato dell'arte delle principali tipologie di arredo e le normative che disciplinano il dimensionamento, l'utilizzo di specifici materiali e altri aspetti per la loro commercializzazione e produzione industriale. L'obiettivo ultimo di queste attività è la definizione di un set di tipologie di arredo, ritenute maggiormente promettenti per un processo di redesign in chiave salva-vita e di protezione in caso di sisma.

A 2.1 | Screening delle tipologie di arredo tipiche del contesto individuato

La prima sotto-attività intende mappare le principali tipologie di arredo che caratterizzano lo spazio indoor dell'edificio individuato. In particolare, a seguito dell'attività di rilievo degli spazi funzionali della struttura edilizia, verrà analizzato il sistema degli arredi che configura questi ambienti. La finalità principale di questa sotto-attività è:

- individuare le tipologie di arredo che definiscono i vari ambienti funzionali (ufficio, aule, laboratori, sale, camere da notte etc.);
- analizzare le funzioni ed i rapporti ergonomici e di affordance^[20] degli arredi con il target di riferimento;

[20] Norman, D. (1988). La caffettiera del masochista. Psicopatologia degli oggetti quotidiani. (p.17)

Oltre a delle attività di rilievo e di raccolta dati sul campo, gli strumenti operativi utili per questa fase sono:

- consultazione di schede di prodotto;
- manuali di ergonomia;
- una check list articolata in tre sezioni: una sezione dedicata agli aspetti funzionali degli arredi, una seconda che esplicita gli aspetti dimensionali e di layout rispetto lo spazio indoor, una terza sezione dedicata all'usabilità ed il tempo di utilizzo rispetto le attività e le abitudini degli utenti.

Il principale risultato atteso è:

- una schedatura che riporta la mappatura delle principali tipologie di arredo e le loro funzionalità rispetto gli spazi e i bisogni del target di riferimento (Allegato 4).

A 2.2 | Inquadramento delle normative di riferimento

Questa fase si pone l'obiettivo di identificare e classificare le norme di riferimento e gli standard tecnici al fine di ottenere un quadro normativo completo rispetto i parametri prestazionali e i valori specifici da rispettare per lo sviluppo delle tipologie d'arredo individuate. L'analisi riguarderà anche quelle normative tecniche che descrivono i metodi di esecuzione dei test, al fine di comprendere i livelli di stress durante la fase di uso dei prodotti e ottenere pertanto le indicazioni precise e puntuali per impostare il processo di progettazione secondo i criteri di qualità stabiliti dagli standard tecnici. Per questo specifico lavoro di inquadramento normativo, può essere utile il coinvolgimento di enti di certificazione di prodotto, come Accredia (l'ente unico di accreditamento italiano) o il Cosmob (centro tecnologico accreditato per le certificazioni).

In sintesi, i principali obiettivi di questa attività sono:

- individuare le normative che esplicitano gli aspetti costruttivi e commerciali degli arredi;
- estrapolare le indicazioni progettuali per la definizione dei requisiti prestazionali;

Gli strumenti operativi utilizzati per questa attività sono:

- una raccolta di schede tecniche di prodotto che riportano le principali normative;
- la consultazione delle norme sul catalogo dell'Ente Italiano di Normazione-UNI, attraverso il servizio erogato dall'ente stesso sul sito ufficiale^[21].

Il principale risultato atteso è una scheda sintetica con le linee guida e le principali informazioni tecniche descritte dalle normative.

A 2.3 | Analisi di benchmarking

L'attività di benchmarking consiste in una raccolta delle schede di prodotto, organizzata per confrontare tra le stesse tipologie di arredo, caratteristiche dimensionali, tecniche e prestazionali. L'obiettivo di questa attività è:

- esplicitare gli aspetti tecnici e commerciali che caratterizzano il mercato di una determinata tipologia di arredo;
- individuare le sue varianti tipologiche;
- individuare i principali driver di innovazione del settore.

[21] http://store.uni.com/catalogo/home/?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com.

Gli strumenti operativi utilizzati per questa attività sono:

- la consultazione dei siti internet delle aziende produttrici e raccolta, presso di queste, di cataloghi e di schede tecniche di prodotto;
- la consultazione on line di riviste e delle maggiori fiere dedicate alle tipologie di arredo individuate.

I principali risultati per questa prevedono lo sviluppo di due schedature:

- una scheda sintetica con la descrizione dei principali aspetti prestazionali in termini di funzionalità e valori estetico-espressivi che caratterizzano le tipologie di arredo individuate;
- una scheda di sintesi con le principali varianti tipologiche.

A 2.4 | Ricerca di brevetti e innovazioni già presenti

Questa sotto-attività consiste nell'approfondire gli aspetti innovativi emersi nella ricerca di benchmarking attraverso un'analisi ragionata dei brevetti. Pertanto, la ricerca di anteriorità ha lo scopo di:

- individuare i recenti sviluppi brevettuali che caratterizzano le tipologie di arredo individuate;
- evidenziare le tipologie brevettuali più interessanti (modelli di disegno, modelli d'invenzione etc.).

Questo lavoro, insieme alla ricerca di benchmarking, è fondamentale per inquadrare lo stato dell'arte delle tipologie di arredo rispetto l'andamento dei processi di innovazione e di nuovi scenari di sviluppo. Gli strumenti operativi adottati per questa attività prevedono:

- la consultazione delle banche dati di brevetti attraverso motori di ricerca specializzati come Espacenet o Google Patent;
- consultazione on line delle aziende produttrici e delle schede tecniche di prodotto.

Il principale risultato per questa attività è:

- un breve report supportata da una schedatura che riporta le descrizioni tecniche e le principali rivendicazioni (claims) dei brevetti individuati.

A3 | Inquadramento tecnico-produttivo

La terza macro attività del modello L.F.S. intende approfondire gli aspetti tecnologici e produttivi che riguardano l'industrializzazione delle tipologie di arredo individuate nella precedente attività A.2. Questa fase si articola fondamentalmente in due sotto-attività, ossia:

- A3.1) individuazione e analisi delle aziende manifatturiere di riferimento;
- A3.2) screening delle tecnologie e dei materiali adottati dalle aziende.

Alla luce di un processo multisettoriale e multidisciplinare, questa parte conoscitiva è fondamentale per apprendere da un lato, il know-how e le possibilità realizzative offerte dalle aziende e dai loro fornitori, dall'altro per inquadrare la filosofia aziendale interna e verificare la presenza di specifiche politiche ambientali.

L'obiettivo ultimo è definire in maniera puntuale il parco delle tecnologie, dei materiali e dei processi produttivi messi a disposizione per le fasi di sviluppo e di progettazione dei primi prototipi e, infine, per la produzione dei nuovi concept di arredi salva-vita in caso di sisma.

A 3.1 | Individuazione e analisi delle aziende manifatturiere di riferimento

Una volta stabilite le principali tipologie di arredo da riprogettare in chiave salva-vita, è importante analizzare la filiera produttiva e le realtà imprenditoriali che faranno parte del processo di sviluppo.

Nel caso specifico di aziende, specialmente quelle del legno-arredo accreditate per gli acquisti per le pubbliche amministrazioni, sarà utile coinvolgere anche i rivenditori e altre realtà commerciali che operano nella fornitura degli arredi per strutture sensibili e strategiche come scuole, ospedali etc.

Infatti la loro esperienza di vendita può completare la parte conoscitiva delle informazioni, soprattutto rispetto i bisogni e le richieste del target finale. Pertanto, questa sotto-attività si focalizza principalmente sullo studio delle realtà manifatturiere di tutta la filiera produttiva, ed intende:

- analizzare le aziende manifatturiere specializzate nella produzione delle tipologie di arredo individuate attraverso i loro canali di vendita e visite negli stabilimenti produttivi;
- analizzare i mercati di riferimento e le strategie commerciali adottate, considerando tutti gli attori commerciali;
- inquadrare la filosofia aziendale e rilevare le politiche ambientali perseguite.

I principali strumenti operativi adottati per questa attività sono:

- la consultazione on line dei materiali forniti dalle aziende di riferimento;
- una serie di questionari e di check list da somministrare alle aziende articolati in modo da reperire il maggior numero di informazioni tecniche sulla filiera produttiva: fasi di lavorazione, fornitori, vendita.

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- la stesura di un report con la descrizione degli aspetti tecnici e commerciali delle aziende manifatturiere individuate (Allegato 5).

A 3.2 | Screening delle tecnologie e dei materiali adottati dalle aziende individuate

La seconda sotto-attività intende mappare le principali tecnologie, i materiali e i processi produttivi adottati dalle aziende manifatturiere individuate.

Questa fase è fondamentale per avere un quadro completo delle possibilità realizzative messe a disposizione dalle aziende per lo sviluppo e la riprogettazione delle nuove tipologie di arredo. L'obiettivo di questo lavoro è:

- individuare le tecnologie ed i processi produttivi degli stabilimenti delle aziende;
- determinare i materiali processabili attraverso il parco tecnologico messo a disposizione;
- individuare i fornitori di altri processi realizzativi, esterni alle aziende, e coinvolti nella filiera produttiva.

Pertanto, in questa fase saranno fondamentali delle visite in azienda, e rilevare il maggior numero di informazioni attraverso video, foto ed interviste.

Gli strumenti operativi utilizzati in tale fase sono rappresentati da:

- rilievi fotografici;
- una check list articolata in due sezioni: una sezione dedicata ai macchinari industriali disponibili nello stabilimento; una sezione che esplicita i materiali ed i semilavorati processabili.

Il principale risultato per questa attività è:

- la stesura di una macro scheda o di una tabella che esplicita le tecnologie, i macchinari per la lavorazione, i materiali ed i semilavorati processabili.

Sintesi dei principali risultati e dei dati raccolti

Come mostrato sul modello, la fase di analisi prevede sempre un lavoro continuo di sintesi e razionalizzazione dei dati elaborati nelle singole sotto-attività. Questo processo di aggiornamento del materiale raccolto è fondamentale per tradurre i risultati di ogni analisi, in strumenti di lettura immediati e facili da consultare: ad esempio, in formato tabelle, schede ragionate, linee guida etc. La sintesi sarà utile per impostare ed avviare con maggiore consapevolezza, le fasi successive di sviluppo e di progettazione.

P | Progettazione del sistema di arredi salva-vita

La seconda parte del modello L.F.S., insieme alla fase di verifica e ottimizzazione, rappresenta il cuore del metaprogetto e prevede una serie di attività mirate allo sviluppo e alla progettazione di un sistema di arredi che, in maniera sistemica e collaborativa, è in grado di proteggere le persone in caso di sisma (Fig. 68).

In questa macro fase è fondamentale l'impostazione iniziale dei requisiti prestazionali del sistema e delle singole unità, sia per il loro utilizzo tradizionale in "tempo di pace" che, per la generazione di un mezzo di protezione e riparo in "tempo di guerra". Pertanto, la progettazione dei layout strutturali e di tutte le componenti degli arredi, sarà condotta parallelamente e in continuità con i processi di verifica e ottimizzazione della Fase "V", al fine di aggiornare di volta in volta i modelli sviluppati.

La fase progettuale si articola principalmente in sette macro attività: quattro dedicate allo sviluppo degli arredi, e tre attività integrative dedicate esclusivamente allo sviluppo del sistema di localizzazione e monitoraggio delle persone disperse sotto le macerie.

Di seguito vengono elencate tutte le fasi:

- P1) Definizione dei requisiti prestazionali del sistema e dei singoli arredi;
- P2) Sviluppo dei layout strutturali ad alta resistenza meccanica;
- P3) Sviluppo dei modelli tridimensionali e dei prototipi;
- P4) Ingegnerizzazione e industrializzazione del sistema di arredi.

inoltre:

- P+S1) Identificazione dei requisiti funzionali e prestazionali della sensoristica e della piattaforma di gestione del sistema di localizzazione e monitoraggio;
- P+S2) Sviluppo e realizzazione di prototipi di studio per i test di verifica sperimentale del sistema ICT e IoT di pre-allertamento, localizzazione e monitoraggio;
- P+S3) Integrazione della sensoristica all'interno delle unità d'arredo del sistema salva-vita.

Le fasi P+S1, P+S2, P+S3, non sono obbligatorie, ma rappresentano una parte integrativa per la progettazione del sistema intelligente e smart per il potenziamento e la customizzazione dell'intero sistema salva-vita, e pertanto saranno implementabili quando ne verrà fatta specifica richiesta. Ogni singola fase si articola in altre sotto-attività, ciascuna delle quali caratterizzate da linee guida progettuali e da specifici strumenti operativi per lo sviluppo e la definizione dei layout strutturali a prova di sisma e le componenti che caratterizzano le tipologie di arredo individuate, e che costituiscono le unità protettive di tutto il sistema. Il principale risultato di questo lavoro è la realizzazione di un sistema di arredi salva-vita in caso di sisma, che in

maniera collaborativa e diffusa, è in grado di mettere in sicurezza gli spazi indoor individuati e analizzati nella macrofase “A”.

P1 | Definizione dei requisiti prestazionali del sistema e dei singoli arredi

La prima macro attività intende identificare i requisiti funzionali, ergonomici e prestazionali basilari dei singoli prodotti, tenendo presente il target di riferimento e le categorie sensibili, come anziani, portatori di handicap, neonati etc., infine, definire i requisiti prestazionali strutturali a prova di sisma, e i criteri progettuali per l'integrazione dei dispositivi ICT di monitoraggio e rilevamento delle persone sotto le macerie.

Questa fase si articola a sua volta in altre tre sotto-attività, ossia:

- P1.1) definizione delle classi prestazionali;
- P1.2) definizione dei requisiti prestazionali in “tempo di pace” e “in tempo di guerra” del sistema di arredi;
- P1.3) definizione dei requisiti prestazionali in “tempo di pace” e “in tempo di guerra” delle singole tipologie d'arredo.

L'obiettivo principale della fase P1 è definire un duplice set di requisiti prestazionali: il primo per rispondere agli standard tecnici, funzionali ed ergonomici delle singole unità di arredo; il secondo per definire gli aspetti prestazionali strutturali antisismici e le modalità collaborative in caso di sisma.

P 1.1 | Definizione delle classi prestazionali

La prima sotto-attività della fase di sviluppo e di progettazione ha lo scopo di inquadrare le specifiche classi prestazionali sulla base delle quali andranno progettati e dimensionati strutturalmente le singole unità del sistema di arredi. Per questa fase è fondamentale riprendere i dati raccolti nell'attività A1.1 e coinvolgere figure specializzate dell'ingegneria strutturale per validare e impostare le classi di resistenza/prestazionali delle tipologie d'arredo. Pertanto lo scopo principale di questa attività è:

- determinare il livello di pericolosità sismica dello stabile, e quindi valutare la tipologia d'intervento da programmare: “leggera”, oppure, “pesante”^[22];
- definire una delle due classi prestazionali che il sistema di arredi deve prevedere: classe “A”, per la progettazione di arredi salva-vita da impiegare in situazioni dove si prevedono danni alla struttura edilizia di tipo severo; classe “B”, per la progettazione di arredi salva-vita da impiegare in situazioni dove si prevedono danni alla struttura edilizia di tipo moderato.

Gli strumenti operativi per questa fase sono:

- una check list per la valutazione di pericolosità di tutti gli spazi indoor da mettere in sicurezza;
- una tabella con le classi prestazionali degli arredi e la descrizione dei carichi statici e dinamici ipotizzati.

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- una scheda tecnica che individua per ogni tipologia di arredo del sistema la classe prestazionale a cui deve rispondere. Tale scheda presenta inoltre la descrizione in dettaglio dei possibili danni strutturali dell'edificio in caso di sisma e i carichi statici e dinamici associati che la singola unità dovrà sopportare.

[22] Galloppo D., Mascitti J. e Pietroni L. (2019). Design strategies for the development of Life-saving Furniture Systems in the event of an earthquake, in “WIT Transactions on The Built Environment”. (pp. 67-77).

P 1.2 | Definizione dei requisiti prestazionali in “tempo di pace” e “in tempo di guerra” del sistema di arredi

Considerato lo scenario edilizio e l'ambito tecnico produttivo individuato, la seconda sotto-attività si focalizza sulla definizione degli aspetti generali, funzionali e di protezione in caso di sisma, di tutto il sistema di arredi. In questa fase è importante coinvolgere le principali figure interessate nel processo di sviluppo, come i responsabili delle strutture da mettere in sicurezza (dirigenti scolastici, direttori di strutture ricettive etc.), le aziende manifatturiere e i loro partner commerciali, gli ingegneri strutturisti e i professionisti dell'ICT e IoT. Gli obiettivi principali di questa attività sono:

- identificare una serie di requisiti progettuali per potenziare la capacità di protezione dal sisma dei tradizionali arredi, e che siano coerenti con le normative vigenti rispetto i parametri qualitativi per la produzione e la commercializzazione;
- definire un doppio set di requisiti progettuali in relazione a due specifici contesti all'interno del quale si potrebbe trovare ad operare il sistema: il primo che fa riferimento ad un “tempo di pace”, ossia in condizioni normali e quotidiane di fruizione e funzionamento degli arredi, il secondo, in “tempo di guerra”, ovvero nel momento eccezionale e imprevedibile del verificarsi di un terremoto.

Gli strumenti operativi previsti per il raggiungimento di tali obiettivi sono:

- le normative di riferimento che disciplinano i requisiti dimensionali, ergonomici, ambientali e di sicurezza relativi al contesto di utilizzo;
- una check list delle criticità rilevate rispetto lo scenario di emergenza sismico indagato;
- un foglio Excel per inserire e organizzare i requisiti prestazionali per il “tempo di pace” e per il “tempo di guerra”

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- una scheda di sintesi con la definizione di tutti i requisiti prestazionali attesi dal sistema di arredi salva-vita in caso di sisma.

P 1.3 | Sefinizione dei requisiti prestazionali in “tempo di pace” e “in tempo di guerra” delle singole tipologie d'arredo

Questa sotto-attività si rivolge alle singole unità funzionali del sistema, ossia le tipologie d'arredo individuate, ed intende, per ciascuna di queste, esplicitarne i requisiti funzionali, dimensionali, ergonomici e di protezione personale in caso di sisma.

Questo lavoro di messa a sistema dei requisiti è determinante per l'attività successive di progettazione e si ritiene fondamentale pertanto, il coinvolgimento di tutti gli attori del manifatturiero, le aree disciplinari che partecipano al processo di sviluppo (ingegneria strutturale, informatica), e in caso di integrazione del sistema intelligente (fasi P+S), le aziende specializzate nei sistemi ICT e IoT. La finalità di questa attività è, per ogni tipologia d'arredo individuata:

- identificare una serie di requisiti progettuali in grado di incrementare le capacità di protezione dal sisma e i parametri tecnici coerenti con le normative vigenti per la produzione e la commercializzazione da un lato;
- definire un doppio set di requisiti progettuali in relazione a due specifici scenari all'interno del quale si potrebbe trovare ad operare la singola unità di arredo: il primo che fa riferimento ad un “tempo di pace”, ossia in condizioni normali e quotidiane di fruizione e funzionamento, il secondo, in “tempo di guerra”, ovvero nel momento eccezionale e imprevedibile del verificarsi di un sisma.

Fig. 68. Attività della fase di Progettazione Sistema Salva-Vita di Arredi.



definizione dei requisiti prestazionali del sistema e dei singoli arredi *P.1*

STRUMENTI	SINTESI RISULTATI
<ul style="list-style-type: none"> check list per l'analisi di pericolosità tabella classi prestazionali 	1. scheda tecnica arredo+ classe prestazionale
<ul style="list-style-type: none"> tabella normative di riferimento check list circuiti rilevanti taglio excel 	1. scheda sintetica con i requisiti prestazionali attesi dal sistema salva-vita di arredi
<ul style="list-style-type: none"> tabella normative di riferimento taglio excel 	1. scheda sintetica con i requisiti prestazionali attesi dal singolo arredo

sviluppo dei layout strutturali ad alta resistenza meccanica *P.2*

<ul style="list-style-type: none"> schede tecniche materiali on desk consultazione schede materiali in maierioteca software material selector 	1. schedatura di nuovi materiali ad alta resistenza meccanica e capacità dissipativa
<ul style="list-style-type: none"> software CAD per la modellazione 2d e 3d software per le analisi FEM 	1. disegni tecnici dei layout strutturali per ciascuna tipologia d'arredo
<ul style="list-style-type: none"> software CAD per la modellazione 2d e 3d 	1. disegni tecnici delle configurazioni strutturali dei piani di lavoro e dei sistemi di copertura
<ul style="list-style-type: none"> software CAD per la modellazione 2d e 3d software per le analisi FEM 	1. disegni delle sezioni del sistema di connessione 2. layout ottenibili attraverso la connessione

sviluppo dei modelli tridimensionali e dei prototipi *P.3*

<ul style="list-style-type: none"> software parametrico per la modellazione 2d e 3d software per le analisi FEM motore di rendering 	1. modelli matematici di ciascuna tipologia d'arredo
<ul style="list-style-type: none"> software parametrico per la modellazione 2d e 3d software per le analisi FEM 	1. modello matematico del dispositivo di connessione
<ul style="list-style-type: none"> software CAD per la modellazione 2d e 3d macchinari/tecnologie per la lavorazione dei materiali 	1. disegni tecnici di ciascuna tipologia d'arredo 2. prototipi fisici di ciascuna tipologia d'arredo

ingegnerizzazione e industrializzazione del sistema di arredi *P.4*

<ul style="list-style-type: none"> software gestionali tagli di calcolo excel 	1. tabelle impatti economici 2. check list azioni correttive
<ul style="list-style-type: none"> software parametrico per la modellazione 2d e 3d database dei fornitori e della materia 	1. modelli 3D di assieme di ogni tipologia d'arredo
<ul style="list-style-type: none"> software parametrico per la modellazione 2d e 3d software per la generazione della dritta e del ciclo 	1. disegni esecutivi di ciascuna tipologia d'arredo 2. distinta base delle componenti

Gli strumenti operativi per il raggiungimento dei risultati sono:

- le principali normative di riferimento che disciplinano i requisiti dimensionali, ergonomici, ambientali e di sicurezza relativi al contesto di utilizzo delle singole tipologie d'arredo individuate^[23];
- un file Excel o altro software per inserire e organizzare per ogni singola unità d'arredo i requisiti prestazionali sia per il "tempo di pace" che per il "tempo di guerra"

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- una schedatura che riporta per ogni tipologia d'arredo, la definizione di tutti i requisiti prestazionali attesi, sia in condizioni di normalità che in caso di evento sismico.

P2 | Sviluppo dei layout strutturali ad alta resistenza meccanica

Questa macro attività è la prima dedicata alla formalizzazione tridimensionale dei nuovi concept di arredo, e prevede la definizione della parte strutturale di tutte le tipologie di prodotto salva-vita individuate. In questa fase è importante avvalersi del supporto tecnico dell'ingegneria strutturale e meccanica per avviare da subito una serie di verifiche preliminari di tipo strutturale, e validare le performance di resistenza delle singole unità protettive sviluppate.

Pertanto lo sviluppo dei layout strutturali sarà condotto parallelamente e in continuo aggiornamento con le attività di verifica e ottimizzazione della Fase "V". Per la generazione e la definizione dell'architettura dei telai salva-vita delle singole unità d'arredo, oltre ad osservare i requisiti progettuali individuati nella P.1, sono previste quattro importanti sotto-attività, di seguito descritte:

- P2.1) selezione di materiali ad alta resistenza meccanica e capacità dissipative;
- P2.2) sviluppo di una struttura a traliccio per la realizzazione di un telaio salva-vita in caso di sisma + attività di verifica (V.1);
- P2.3) sviluppo di sistemi di copertura resistenti e ad alta capacità dissipativa + attività di verifica (V.2);
- P2.4) sviluppo di sistemi rigidi di connessione arredo-arredo + attività di verifica (V.3).

L'obiettivo principale di questa attività è definire, per ciascuna unità d'arredo individuata, un telaio strutturale e un sistema di copertura in grado di generare, sia un'architettura salva-vita in "tempo di guerra", che un arredo tradizionale e funzionale per il "tempo di pace".

P 2.1 | Selezione di materiali ad alta resistenza meccanica e capacità dissipative

La prima sotto-attività della fase "P2" prevede una ricerca ad ampio raggio finalizzata all'individuazione di nuovi materiali ritenuti coerenti rispetto i processi di trasformazione e le tecnologie disponibili all'interno del partenariato e capaci di ampliare le prestazioni in termini di resistenza strutturale, qualità estetica e sostenibilità ambientale. Per questo processo di mappatura è importante riprendere i dati della sotto-attività 3.1 e coinvolgere figure disciplinari dell'ingegneria strutturale e meccanica. Lo scopo di questa attività è:

- fare uno screening di nuovi materiali processabili dalle aziende manifatturiere e in grado di incrementare le prestazioni dei materiali tradizionali in termini di resistenza meccanica, capacità dissipative e qualità estetica;
- selezionare un set di materiali ritenuti maggiormente promettenti per lo sviluppo dell'architettura strutturale del singolo arredo del sistema.

[23] Cosmob (2019). Analisi del quadro normativo e delle principali criticità tecnico-prestazionali riscontrate per l'individuazione di requisiti e vincoli progettuali.

Gli strumenti operativi di questa attività per il raggiungimento dei risultati sono:

- una ricerca on desk di schede tecniche di materiali;
- la consultazione di campionature di materiali presso materiotecche, come *Matrec* e *Material ConneXion*^[24];
- software specializzati per la selezione di materiali, come il *CES Selector* dell'azienda *Granta*^[25].

I risultati attesi per questa attività sono:

- una schedatura di nuovi materiali con i principali dati d'interesse progettuale;
- una scheda di sintesi dei materiali selezionati da implementare nel processo di sviluppo e progettazione delle singole unità d'arredo.

P 2.2 | Sviluppo di una struttura a traliccio per la realizzazione di un telaio salva-vita in caso di sisma

La seconda sotto-attività della fase "P2" si focalizza sulla progettazione di un telaio ad alta capacità di resistenza meccanica, in grado di sopportare i carichi statici e dinamici che possono generarsi a seguito di un terremoto, specialmente in caso di crolli delle strutture. In questa attività di sviluppo delle strutture resistenti sarà fondamentale avviare un processo iterativo con le figure disciplinari dell'ingegneria strutturale e meccanica. Gli obiettivi di questa attività sono:

- definire un layout strutturale del telaio per ciascuna tipologia d'arredo individuata. In particolare, si partirà da uno schema geometrico elementare, preferibilmente il "triangolo" perché, per sua natura, presenta caratteristiche di resistenza eccezionali, in modo da definire un sistema a traliccio ad elevate prestazioni meccaniche;
- definire le sezioni resistenti dei tubolari e dei semilavorati per la realizzazione del telaio e validarle attraverso delle analisi strutturali preliminari al FEM (attività V.1).

Lo strumento operativo per questo processo di sviluppo prevede l'utilizzo di:

- software CAD per la modellazione 2d e 3d;
- software per le analisi FEM (finite element method)^[26] dei modelli matematici sviluppati;

I risultati attesi per questa attività sono:

- La definizione dei modelli 2D e 3D preliminari;
- I disegni tecnici dei layout strutturali per ciascuna tipologia d'arredo indagata.

P 2.3 | Sviluppo di sistemi di copertura resistenti e ad alta capacità dissipativa

La terza sotto-attività si riferisce alla progettazione dei piani di lavoro, in particolare per determinate tipologie di arredo come scrivanie, banchi scuola etc., e di sistemi di copertura che caratterizzano alcuni arredi come, letti a baldacchino e moduli integrati nelle pareti attrezzate, specializzati nella protezione di persone diversamente abili. Le coperture ad alta resistenza meccanica, dovranno essere in grado di sopportare i carichi statici e dinamici che possono generarsi a seguito di un terremoto, specialmente in caso

[24] <https://materialconnexion.com/>.

[25] <https://www.grantadesign.com/it/industry/products/ces-selector/>.

[26] Il metodo degli elementi finiti (FEM, dall'inglese Finite Element Method) è una tecnica numerica atta a cercare soluzioni approssimate di problemi descritti da equazioni differenziali alle derivate parziali riducendo queste ultime a un sistema di equazioni algebriche. Def. dall'Enciclopedia multimediale Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Metodo_degli_elementi_finiti.

di crolli delle strutture. In questa attività di sviluppo delle strutture, come nella fase precedente, sarà importante il coinvolgimento di figure disciplinari dell'ingegneria strutturale e meccanica.

Le finalità di questa attività sono:

- definire la configurazione strutturale dei piani orizzontali dell'architettura del singolo arredo, che in caso di emergenza, fungeranno da superfici e coperture per la protezione personale;
- definire i materiali ed i semilavorati coerenti con quelli adottati dalle aziende manifatturiere, per il dimensionamento di strutture composite (tipo pannelli sandwich) in grado di resistere ai carichi statici e dissipare l'energia generata dai possibili urti con i gravi che cadono dall'alto;
- definire dei sistemi in grado di incrementare la capacità dissipativa generale della copertura (ad esempio dei dispositivi a deformazione programmata in caso di urto);
- definire i materiali in grado di resistere alle sollecitazioni statiche, e i semilavorati, come reti paramassi e lamierini forati, capaci di trattenere sfondellamenti del soffitto ed altri cedimenti strutturali.

Lo strumento operativo per questo processo di sviluppo prevede l'utilizzo di:

- software CAD per la modellazione 2d e 3d.

I risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione di modelli preliminari 2D e 3D;
- disegni tecnici delle configurazioni strutturali di ogni piano orizzontale di lavoro e del sistema di copertura dagli sfondellamenti del soffitto.

P 2.4 | Sviluppo di sistemi rigidi di connessione arredo-arredo

L'ultima attività della fase "P2" si riferisce alla progettazione di sistemi di connessione tra specifiche tipologie d'arredo. In particolare questa sotto-attività si rivolge a scrivanie, banchi scuola, cattedre, tavoli di lavoro, che attraverso delle connessioni rigide sono in grado di ampliare le prestazioni di base dei telai strutturali, ossia, sono in grado di trasformare le singole unità in piattaforme/isole "multi-protettive" in caso di sisma.

In questa fase sarà fondamentale il ruolo strategico dell'ingegneria strutturale e meccanica, e il contributo tecnico e disciplinare per la validazione delle performance del dispositivo di connessione e la generazione di un sistema "multi-protettivo" di arredi. Tale sistema non dovrà inficiare le prestazioni funzionali e tradizionali delle singole unità, ma dovrà essere coerente con le normative di riferimento. Lo scopo di questa attività è:

- definire una geometria ottimale del sistema di collegamento in grado di configurare le singole unità d'arredo in una piattaforma salva-vita;
- definire i materiali ed i semilavorati coerenti con quelli adottati dalle aziende manifatturiere per la realizzazione del dispositivo di collegamento.

Lo strumento operativo per questo processo di sviluppo prevede l'utilizzo di:

- software CAD per la modellazione 2d e 3d;
- software per le analisi non-lineari dei modelli sviluppati.

I risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione dei modelli preliminari della geometria che caratterizza il sistema di connessione;

- la definizione dei layout e delle configurazioni strutturali della piattaforma salva-vita: ad esempio configurazioni "ad isola" per una postazione di lavoro, o, "lineari", per i banchi scuola e tavoli da laboratorio.

P3 | Sviluppo dei modelli tridimensionali e dei prototipi

La terza macro attività è fondamentale per la realizzazione dei modelli matematici e dei primi prototipi fisici dei nuovi concept di prodotto del sistema salva-vita di arredi. A seguito della definizione della struttura resistente e delle principali componenti per ogni singola tipologia d'arredo, si procederà, per ogni unità del sistema, allo sviluppo del design di prodotto e alla sua modellazione tridimensionale, e fisica, attraverso la realizzazione di una serie di prototipi di studio. Pertanto la fase di progettazione dei nuovi concept sarà condotta parallelamente e in continuo aggiornamento con le attività di verifica e ottimizzazione previste nelle attività della Fase "V". La fase P3 si articola in quattro sotto-attività, ossia:

- P3.1) sviluppo e modellazione tridimensionale del singolo arredo;
- P3.2) sviluppo e modellazione del dispositivo di collegamento arredo-arredo;
- P3.3) sviluppo di prototipi fisici per la realizzazione dei test preliminari.

L'obiettivo finale di questa attività è quello arrivare alla definizione finale dei modelli matematici, in grado di rispondere a tutti i requisiti prestazionali richiesti dal sistema, sia in termini di design del prodotto, funzionali ed estetico-percettivi, ossia quelli tradizionali per il "tempo di pace", che quelli specializzati nella protezione e riparo in "tempo di guerra".

P 3.1 | Sviluppo e modellazione tridimensionale del singolo arredo

La prima sotto-attività della fase "P3" si focalizza sulla progettazione e lo sviluppo delle matematiche di ciascuna delle unità d'arredo che configura il sistema salva-vita in caso di sisma. Ogni concept e modello matematico, dovrà tener conto delle logiche produttive e del know-how delle aziende manifatturiere del comparto di riferimento, e prevedere, quando richiesto, lo sviluppo di soluzioni ottimali per l'implementazione dei sistemi ICT e IoT per il monitoraggio e la localizzazione delle persone sotto le macerie. Inoltre, dovrà garantire, attraverso la scelta delle finiture superficiali e le caratteristiche formali, la generazione di una family line identitaria e che non denoti l'impiego dei tradizionali sistemi edilizi per la messa in sicurezza, formalmente pesanti e che rischiano di creare stati di ansia e di precarietà nelle menti delle persone.

Gli obiettivi di questa attività sono:

- definire la geometria finale di ciascuna tipologia d'arredo individuata per lo sviluppo di prototipi fisici per la realizzazione dei test preliminari;
- definire in via preliminare i materiali e le finiture superficiali della componentistica di ciascuna tipologia d'arredo.

Lo strumento operativo per questo processo di sviluppo prevede l'utilizzo di:

- software CAD tipo parametrico per la modellazione 2d e 3d^[27];

[27] Una variazione della modellazione solida classica che ha dato grande impulso allo sviluppo di applicazioni CAD è stata l'introduzione del concetto di solido parametrico basato su features, che si differenzia dal concetto di modellazione solida tradizionale in quanto il solido viene creato sulla base di operazioni comparabili a quelle da effettuare per realizzare un pezzo reale. Nella modellazione parametrica, inoltre, i solidi sono governati e messi tra loro in relazione da parametri di tipo fisico, matematico o geometrico. Def. dall'Enciclopedia multimediale Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Modellazione_3D.

- software per le analisi FEM (finite element method) dei modelli sviluppati (attività V.1);
- motori di rendering per per la valutazione degli aspetti estetico-percettivi dei prodotti sviluppati.

I principali risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione dei modelli matematici e parametrici di ciascuna tipologia d'arredo, che possono essere aggiornati e ottimizzati sulla base dei test di verifica dei prototipi fisici.

P 3.2 | Sviluppo e modellazione del dispositivo di collegamento arredo-arredo

La seconda sotto-attività della fase "P3" intende sviluppare i modelli matematici definitivi del sistema di collegamento rigido per le specifiche tipologie d'arredo individuate. Il modello matematico dovrà tener conto delle logiche produttive del comparto di riferimento, specialmente del know-how delle aziende manifatturiere, e rispondere, per funzionalità e affordance, ai requisiti generali richiesti per l'utilizzo nel contesto individuato e al target di riferimento.

Gli obiettivi principali di questa attività sono:

- definire la geometria finale del dispositivo di collegamento arredo-arredo per lo sviluppo di una serie di prototipi fisici da testare in laboratorio.

Lo strumento operativo per questo processo di sviluppo prevede l'utilizzo di:

- software CAD tipo parametrico per la modellazione 2d e 3d;
- software per le analisi FEM (finite element method) dei modelli sviluppati (attività V.1).

I risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione dei modelli matematici e parametrici del dispositivo per il collegamento rigido arredo-arredo, che possono essere aggiornati e ottimizzati sulla base dei test di verifica dei prototipi fisici.

P 3.3 | Sviluppo di prototipi fisici per la realizzazione dei test preliminari

Questa fase prevede lo sviluppo di una serie di prototipi fisici da destinare ai laboratori per delle verifiche statiche e dinamiche (attività V.2).

In questo processo sarà fondamentale il coinvolgimento dei tecnici di produzione delle aziende manifatturiere.

Il numero di prototipi da realizzare sarà stabilito in funzione delle caratteristiche strutturali e funzionali da verificare e dei cicli di ripetizione previsti dalle prove meccaniche di tipo dinamico, di resistenza agli impatti e di carico statico. La finalità di questa attività è:

- lo sviluppo di una serie di prototipi funzionali e in scala 1:1 di ciascuna tipologia d'arredo;
- favorire il processo di ottimizzazione e di industrializzazione di ciascuna tipologia d'arredo che collabora alla generazione del sistema salva-vita (attività V.4).

Lo strumento operativo per la realizzazione dei prototipi prevede l'utilizzo di:

- software CAD tipo parametrico per la modellazione 2d e 3d;
- macchinari e tecnologie per la lavorazione dei materiali individuati.

I risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione dei disegni tecnici 2d per ciascuna tipologia d'arredo, con le dimensioni in dettaglio di ciascun componente e l'abaco dei materiali;
- lo sviluppo dei prototipi fisici di ciascuna tipologia d'arredo indagata.

P4 | Ingegnerizzazione e industrializzazione del sistema di arredi

L'ultima macro attività della fase "P" si focalizza sugli aspetti produttivi e commerciali dei prodotti salva-vita sviluppati e riprende i risultati sperimentali acquisiti nelle verifiche dei prototipi, per la progettazione in dettaglio dell'architettura e della componentistica di tutte le tipologie d'arredo del sistema.

Pertanto, questo processo si sviluppa parallelamente alla fase di verifica e ottimizzazione, ed ha lo scopo di affinare in termini di ingegnerizzazione e design del prodotto, il disegno per la produzione industriale delle parti, l'assemblaggio della componentistica, il trasporto e la manutenibilità dei nuovi concept di arredo del sistema salva-vita in caso di sisma.

In questa fase sarà importante un processo iterativo con le aziende coinvolte ed i responsabili della produzione di tutta la filiera, per verificare lo sviluppo dei modelli e il rispetto dei parametri tecnici per la produzione industriale.

Per il raggiungimento degli obiettivi prefissati, la macro fase "P4" prevede tre importanti sotto-attività, di seguito elencate:

- P4.1) analisi di fattibilità tecnica ed economica;
- P4.2) definizione dei modelli 3D finali dei nuovi concept d'arredo del sistema salva-vita in caso di sisma;
- P4.3) elaborazione dei disegni tecnici e degli esecutivi.

P 4.1 | Analisi di fattibilità tecnica ed economica

Questa fase si focalizza sugli aspetti tecnici ed economici di tutto il progetto. In particolare, l'analisi di fattibilità è necessaria per fare una valutazione preliminare sulle possibilità realizzative dei concept, sia in termini di riproducibilità industriale, per valutare se ci sono dei limiti tecnologici nella filiera produttiva, che delle loro possibili ricadute economiche e di costi sostenuti per l'industrializzazione e la commercializzazione.

In questa fase sarà fondamentale il coinvolgimento delle aziende della filiera produttiva con i loro responsabili di produzione, i tecnici e gli amministrativi.

Lo scopo finale di questa attività è:

- una valutazione delle caratteristiche funzionali, tecniche, gestionali, economico-finanziarie dei nuovi concept di prodotto che configurano l'intero set di arredi del sistema salva-vita.

Gli strumenti operativi previsti per questa sotto-attività sono:

- software gestionali;

I principali risultati attesi sono:

- tabelle e fogli Excel con le valutazioni degli impatti economici;
- sviluppo delle schede di valutazione con le azioni correttive da trasferire sui modelli parametrici.

P 4.2 | Definizione dei modelli 3D finali dei nuovi concept d'arredo del sistema salva-vita in caso di sisma

A seguito dei risultati ottenuti durante le prove comportamentali di tipo statico e dinamico (attività V.1 e V.2) e soprattutto, dopo aver apportato le dovute ottimizzazioni strutturali (attività V.4) e avviata un'analisi di fattibilità, questa fase prevede lo sviluppo dei modelli 3D definitivi per ciascuna tipologia d'arredo del sistema salva-vita. Ogni modello 3D parametrico dovrà tener conto della sua produzione industriale, della logistica, della fase di trasporto, della messa in opera e di tutti gli aspetti legati alla sua funzionalità, sia per il "tempo di pace" che per il "tempo di guerra". In questo processo sarà fondamentale riprendere i risultati dell'attività "A3.2" e implementarli con le informazioni riprese dai datasheet dei semilavorati e della minuteria necessari allo sviluppo e l'assemblaggio dei prodotti. Lo scopo principale di questa attività è:

- per ogni tipologia d'arredo indagata: sviluppare i modelli 3D parametrici e gli assiemi con tutta la componentistica (se prevista, anche la sensoristica) e la definizione delle tolleranze per gli accoppiamenti meccanici;
- definire le finiture superficiali.

Gli strumenti operativi per la realizzazione dei modelli sono:

- software CAD parametrico per la modellazione 3d;
- datasheet dei semilavorati e della minuteria;
- datasheet della sensoristica (qualora sia prevista nel prodotto).

Il principale risultato atteso per questa attività è:

- la definizione dei modelli 3D degli assiemi di ciascuna tipologia d'arredo sviluppata all'interno del sistema salva-vita.

P 4.3 | Elaborazione dei disegni tecnici e degli esecutivi

Questa fase rappresenta l'ultima attività del processo di progettazione e si concentra sullo sviluppo di tutti i disegni tecnici e gli esecutivi per la produzione e la messa in opera di ciascuna tipologia d'arredo progettata all'interno del sistema salva-vita. L'obiettivo principale di questa attività è:

- sviluppare i disegni tecnici per la messa in opera del sistema salva-vita;
- sviluppare i disegni esecutivi di ciascuna unità funzionale del sistema.

Gli strumenti operativi previsti in questa fase per il raggiungimento dei risultati sono:

- software CAD tipo parametrico per la modellazione 2d e 3d;
- software CAD-CAM per la generazione della distinta base e i cicli di lavorazioni.

I risultati attesi per questa attività sono:

- la definizione dei disegni esecutivi per ciascuna tipologia d'arredo e la distinta base delle componenti con i cicli di lavorazione.

P+S | progettazione del sistema smart per la localizzazione ed il monitoraggio delle vittime

La fase "P+S" è un'attività integrativa della progettazione, dedicata allo sviluppo di un sistema smart ICT e IoT, in grado di monitorare e localizzare le persone disperse a seguito di un disastro terremoto e supportare le squadre U.S.A.R durante le fasi di soccorso e di gestione dell'emergenza. Tale attività pertanto, intende incrementare le

capacità antisismiche dei prodotti sviluppati, conferendo intelligenza a tutto il sistema di arredi (Fig. 69). Tuttavia non è da considerarsi una fase obbligatoria, poiché anche senza la sensoristica, i nuovi arredi sviluppati nella fase "P", sono già in grado di aumentare le probabilità di sopravvivenza dal terremoto nei contesti indagati.

La macro-fase di sviluppo ICT e IoT si interfaccia in maniera continua ed iterativa, sia con il processo di progettazione "P" degli arredi, che le fasi di verifica ed ottimizzazione "V", e si articola principalmente in tre sotto-attività:

- P+S1 | Identificazione dei requisiti funzionali e prestazionali della sensoristica e della piattaforma di gestione del sistema di localizzazione e monitoraggio;
- P+S2 | Sviluppo e realizzazione di prototipi di studio per i test di verifica sperimentale del sistema ICT e IoT di pre-allertamento, localizzazione e monitoraggio;
- P+S3 | Integrazione della sensoristica all'interno delle unità d'arredo del sistema salva-vita.

P+S1 | Identificazione dei requisiti funzionali e prestazionali della sensoristica e della piattaforma di gestione del sistema di localizzazione e monitoraggio

La prima sotto-attività prevede la definizione dei requisiti generali della piattaforma di sensori da implementare sulle varie tipologie di arredi sviluppati nelle fasi "P2" e "P3". In questa fase sarà fondamentale il coinvolgimento delle aziende specializzate nei sistemi ICT e IoT e di figure disciplinari dell'ingegneria informatica. L'obiettivo principale è:

- identificare i requisiti di piattaforma e definire le tre modalità di utilizzo dell'intero sistema hardware/software: pre-evento, durante l'evento, post-evento;
- identificare i requisiti necessari al sistema di connettività dei nodi sensore.

Gli strumenti operativi adottati in questa attività sono:

- storyboard che descrive lo scenario di emergenza;
- check-list che riporta i livelli di prestazioni attesi per lo scenario di emergenza individuato;
- consultazione on line delle schede tecniche dei sensori individuati per lo sviluppo della piattaforma.

Il risultato atteso per questa attività è:

- una schedatura con le prestazioni attese per ogni dispositivo/sensore individuato.

P+S2 | Sviluppo e realizzazione di prototipi di studio per i test di verifica sperimentale del sistema ICT e IoT di pre-allertamento, localizzazione e monitoraggio

La seconda sotto-attività per lo sviluppo del sistema smart, come previsto dalla fase "V3", prevede la realizzazione dei primi prototipi per verificarne l'efficacia dei segnali e l'attendibilità dei dati. Anche per questo specifico lavoro di sviluppo, sarà importante il coinvolgimento delle aziende specializzate nei sistemi ICT e IoT e di figure disciplinari dell'ingegneria informatica. Le finalità di questa fase sono:

- definire i dispositivi hardware open source capaci di rispondere adeguatamente ai requisiti di progettazione stabiliti e basati su tecnologie wireless;
- sviluppare una soluzione integrata di piattaforma, composta dai dispositivi hardware e dai moduli software che ne permettono la gestione;
- realizzare un prototipo della piattaforma integrante dispositivi wireless a basso consumo in grado di fornire dati sia in "tempo di pace" che in "tempo di guerra".

I principali strumenti operativi adottati in questa fase sono:

- schede tecniche dei sensori specializzati nel pre-allertare, localizzare e monitorare;
- software per la programmazione dei dispositivi.

I principali risultati previsti in questa seconda attività sono:

- la definizione di un set di sensori;
- la programmazione della piattaforma integrante i sensori individuati da testare nella fase di verifica "V3".

P+S3 | Integrazione della sensoristica all'interno delle unità d'arredo del sistema salva-vita

L'ultima fase si focalizza sulla definizione formale della sensoristica individuata. Questa dovrà tener conto delle necessità d'integrazione con tutte le tipologie di arredo individuate e sviluppate. Pertanto, sarà fondamentale un continuo dialogo tecnico tra le aziende specializzate nei sistemi ICT e IoT e il team di progettazione degli arredi salva-vita, specialmente nel processo di realizzazione dei carter deputati alla protezione dei sensori. Lo scopo di questa terza sotto-attività è:

- definire il sistema hardware da integrare sul singolo arredo e il suo posizionamento ottimale rispetto la prestazione attesa;
- calibrare il segnale a seguito della fase di verifica "V3".

I principali strumenti operativi sono:

- schede tecniche dei sensori individuati;
- software per la programmazione dei dispositivi.

I risultati atteso è:

- la definizione del posizionamento dei sensori sull'unità di arredo;
- lo sviluppo dei carter per la protezione del sistema hardware.

FASE V | Test di verifica e ottimizzazione dei modelli sviluppati

La terza macrofase del modello L.F.S., come già esplicitato, si avvia contemporaneamente alla fase di Progettazione del Sistema di Arredi Salva-vita seguendone tutte le attività di elaborazione e di sviluppo dei nuovi concept di prodotto (Fig. 70).

Questa parte procedurale prevede tutta una serie di test preliminari e di verifiche sui modelli tridimensionali e poi sui prototipi fisici di ciascuna tipologia d'arredo sviluppata. L'obiettivo è validare la loro efficacia in termini di resistenza meccanica e di capacità di protezione personale e collettiva da eventuali crolli.

Pertanto tale processo di controllo e verifica dovrà essere continuo e in stretta relazione con la fase "P", e sarà determinante per aggiornare e ottimizzare ogni modello sviluppato, sia da un punto di vista prestazionale, che per la sua industrializzazione e commercializzazione.

Il lavoro di verifica ed ottimizzazione si articola in quattro attività, di seguito esplicitate:

- V.1 | verifica e analisi strutturali con il FEM (finite element method);
- V.2 | sviluppo protocollo e test di verifica strutturale dei prototipi fisici;
- V.3 | test di verifica del sistema di monitoraggio ICT e IoT;
- V.4 | ottimizzazione del design di prodotto.

Per ogni attività di verifica sarà fondamentale coinvolgere figure disciplinari dell'ingegneria strutturale e meccanica ed i tecnici dei laboratori per i test sui prototipi. I risultati ottenuti all'interno di ogni area di verifica serviranno ad aggiornare di volta in volta i modelli tridimensionali sviluppati e i disegni tecnici per la realizzazione dei prototipi, e saranno indispensabili per il processo di ingegnerizzazione e industrializzazione di tutto il set di arredi che genera il sistema salva-vita di arredi.

V.1 | verifica e analisi strutturali con il FEM (finite element method)

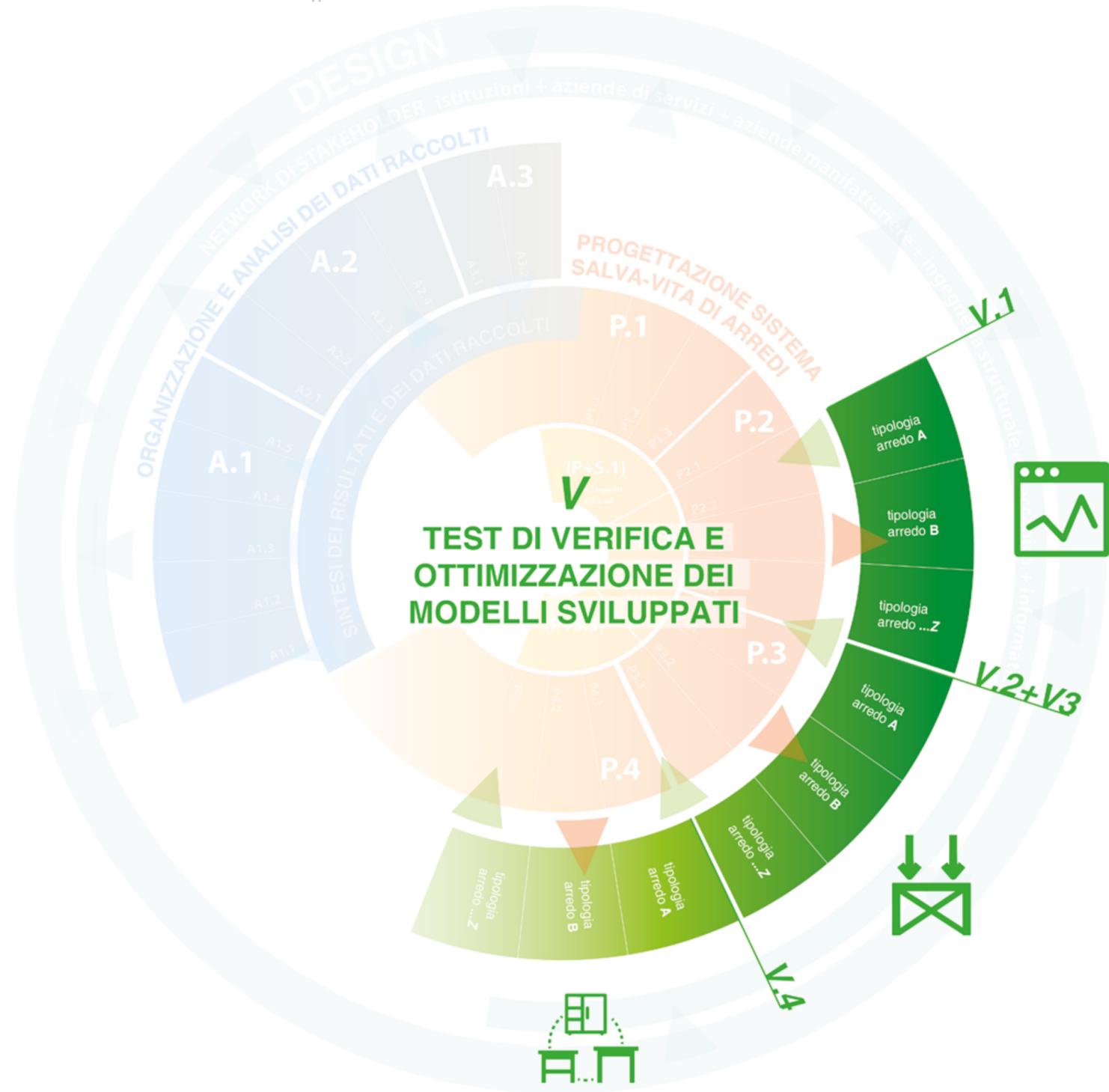
Questa verifica prevede un'analisi statica preliminare dei layout strutturali sviluppati per ciascuna tipologia d'arredo. Infatti, per ogni unità del sistema di arredi deputata alla protezione personale in caso di sisma, è stata sviluppata una configurazione a traliccio del telaio strutturale dell'arredo.

Il sistema reticolare generato al CAD viene analizzato attraverso il metodo degli elementi finiti (FEM) per verificarne la prestazione attesa in caso di sollecitazioni statiche e carichi dinamici che si possono generare a seguito di un evento eccezionale come un terremoto.



Fig. 69. Attività della fase di Progettazione Sistema Smart

Fig. 70. Attività della fase di Verifica e Ottimizzazione dei modelli sviluppati.



verifica e analisi strutturali con il fem **V.1**

STRUMENTI	SINTESI RISULTATI
<ul style="list-style-type: none"> software CAD parametrico software per le analisi FEM 	1. tabella valori di stress e di tensione che il modello a traliccio A dovrà sopportare in caso di specifici carichi statici e dinamici
<ul style="list-style-type: none"> software CAD parametrico software per le analisi FEM 	1. tabella valori di stress e di tensione modello a traliccio B
<ul style="list-style-type: none"> software CAD parametrico software per le analisi FEM 	1. tabella valori di stress e di tensione modello a traliccio ...Z

test di verifica strutturale dei prototipi fisici **V.2**

<ul style="list-style-type: none"> protocollo test macchinari per la verifica a fatica fotocamere e videocamere 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tabelle con i valori rilevati sugli stati di tensionamento e di rottura finale del modello A 2. documento video prototipo A
<ul style="list-style-type: none"> protocollo test macchinari per la verifica a fatica fotocamere e videocamere 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tabelle con i valori rilevati sugli stati di tensionamento e di rottura finale del modello B 2. documento video prototipo B
<ul style="list-style-type: none"> protocollo test macchinari per la verifica a fatica fotocamere e videocamere 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tabelle con i valori rilevati sugli stati di tensionamento e di rottura finale del modello ...Z 2. documento video prototipo ...Z

test di verifica del sistema di monitoraggio ICT e IoT **V.3**

<ul style="list-style-type: none"> protocollo test software rilevamento dati sensoristica ICT e IoT 	1. report sulla diagnostica dei sensori programmati per il modello A...Z
--	---

ottimizzazione design di prodotto **V.4**

<ul style="list-style-type: none"> software parametrico CAD software gestionale protocollo verifica del sistema 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tavole tecniche 2. file assiemi 3D 3. pre serie 4. collaudo del sistema di arredi
<ul style="list-style-type: none"> software parametrico CAD software gestionale protocollo verifica del sistema 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tavole tecniche 2. file assiemi 3D 3. pre serie 4. collaudo del sistema di arredi
<ul style="list-style-type: none"> software parametrico CAD software gestionale protocollo verifica del sistema 	<ol style="list-style-type: none"> 1. tavole tecniche 2. file assiemi 3D 3. pre serie 4. collaudo del sistema di arredi

Pertanto, gli obiettivi principali di questa attività sono:

- Verificare la resistenza ai carichi statici e dinamici dei layout strutturali sviluppati;
- Ottimizzare le sezioni resistenti e la configurazione del sistema a traliccio sulla base dei risultati ottenuti dal modello matematico.

Gli strumenti operativi per la verifica preliminare delle strutture resistenti sono:

- software CAD tipo parametrico per la modellazione 2d e 3d;
- software per le analisi FEM (finite element method) dei modelli sviluppati;

I risultati attesi per questa attività sono:

- grafici e tabelle che riportano i valori di stress e di tensione che il modello a traliccio dovrà sopportare in caso di specifici carichi statici e dinamici.

V.2 | Sviluppo protocollo e test di verifica strutturale dei prototipi fisici

Questa fase prevede un'analisi statica e dinamica dei primi prototipi fisici sviluppati per ciascuna tipologia d'arredo e saranno condotti nei Laboratori di Prove Materiali e Strutture dei centri tecnologici o presso altre sedi universitarie. Pertanto sarà fondamentale il contributo disciplinare dell'ingegneria strutturale, sia per la progettazione di un protocollo di verifica, che nel ruolo di supervisore e coordinatore nella sede dove avverrà il test. Il team di ingegneria sarà affiancato e supportato anche dal lavoro dei tecnici che operano presso la sede universitaria o presso il centro tecnologico dove è ubicato il laboratorio. Questo processo ha lo scopo di validare ed eventualmente revisionare le scelte progettuali fatte in termini di meccanismi resistenti, dispositivi di dissipazione dell'energia, performance strutturali dei materiali impiegati. Come già descritto i test di verifica strutturale seguiranno un protocollo di prova sviluppato dagli ingegneri e calibrato su ogni tipologia d'arredo (esempio protocollo di prova del banco S.A.F.E descritto nel paragrafo 11.6.). Gli strumenti operativi per la verifica in laboratorio delle strutture resistenti sono:

- il protocollo di verifica con le indicazioni dei test da effettuare;
- macchinari per la verifica a fatica;
- macchine fotografiche e videocamere per la documentazione audio-video del test.

I principali risultati attesi dalle prove in laboratorio sono:

- tabelle e grafici prodotti dai software dei macchinari di prova con i valori rilevati sugli stati di tensionamento e di rottura finale;
- video e di fotografie che documentano il comportamento strutturale del prototipo testato.

V.3 | Test di verifica del sistema di monitoraggio ICT e IoT

Questa attività prevede la verifica e la validazione dei dispositivi intelligenti ICT e IoT implementati su alcune tipologie d'arredo e deputati sia al monitoraggio ed il ritrovamento delle vittime, che allo stato di precarietà dell'edificio in caso di sisma. In questa fase sarà importante il contributo delle aziende specializzate nello sviluppo di sistemi smart ICT e IoT e di figure disciplinari dell'informatica.

I test di verifica della sensoristica installata sugli arredi salva-vita seguiranno un protocollo di prova opportunamente definito dal team di informatici e calibrato sulla base delle misurazioni da rilevare e sulla tipologia d'arredo. Lo scopo di questa analisi è verificare da un lato, che il posizionamento sul singolo arredo e la tipologia di caratterizzazione che protegge i sensori sia compatibile con i segnali emessi e non

vada ad inficiare le prestazioni dei dispositivi, dall'altro, valutare l'efficacia dei sensori e l'attendibilità delle misurazioni rilevate a seguito della prova emergenza sisma. Infatti, uno dei protocolli sviluppati prevede l'utilizzo della tavola vibrante, per simulare, in un ambiente allestito con il sistema di arredi salva-vita, il comportamento e la risposta della sensoristica sotto le sollecitazioni di un terremoto.

V.4 | Ottimizzazione del design di prodotto

Questa fase si sviluppa parallelamente rispetto tutti i processi di verifica, e si focalizza sui parametri progettuali da aggiornare ed ottimizzare per ciascuna tipologia d'arredo salva-vita testata. Pertanto, dopo i risultati dei test di verifica al FEM e in laboratorio, saranno identificate le parti dei prodotti che presentano maggiori criticità, e saranno sottoposte a implementazioni e ottimizzazioni progettuali per la definizione di nuovi modelli 3D e disegni 2D, necessari per la fase di realizzazione dei prototipi finali. Lo scopo principale è:

- l'aggiornamento dimensionale delle strutture resistenti;
- la scelta definitiva dei materiali e delle finiture finali;
- l'ottimizzazione di tutti i modelli 3D del sistema salva-vita sviluppati per la fase di ingegnerizzazione e industrializzazione (attività "P.4");
- verificare la prestazione "anti-sisma" all'interno dell'intero sistema di arredi.

Gli strumenti operativi impiegati in questa fase sono gli stessi utilizzati nella fase di progettazione e di verifica. I principali risultati attesi per ciascuna tipologia di arredo indagata sono:

- i modelli di assieme 3D;
- le tavole tecniche con la definizione dei materiali;
- lo sviluppo di una pre-serie;
- il collaudo finale del sistema di arredi.

12.3 Riflessioni conclusive e prospettive di sviluppo

Il processo di ricerca e sviluppo per la realizzazione di sistemi di arredi salva-vita in caso di terremoto, avviato nel dottorato e maturato nel corso del progetto di ricerca industriale S.A.F.E., ha rappresentato un nuovo traguardo d'innovazione industriale e tecnologica per il settore dei prodotti d'arredo e per quelli deputati alla messa in sicurezza antisismica, in particolare, per gli spazi destinati alla didattica e all'ufficio. Nonostante il mercato già da tempo, abbia sviluppato alcune soluzioni di mobili a prova di sisma, la loro diffusione è stata molto scarsa, così come l'aggiornamento e la loro implementazione è stata estremamente limitata.

Certamente questi mancati sviluppi sono da attribuire sia a questioni socio-commerciali che ad aspetti meramente metodologici e progettuali.

Se da una parte il concetto di protezione dal terremoto, specialmente nelle comunità ad alto rischio sismico come quelle ubicate nei centri storici, viene prefigurato unicamente con la messa in sicurezza dell'edificato e dei suoi elementi non-strutturali attraverso sistemi di puntelli e staffe, dall'altra parte, i prodotti d'arredo salva-vita ad oggi sviluppati, non sono ancora in grado di rispondere alle problematiche specifiche di questi contesti.

La ricerca sullo stato dell'arte ha infatti dimostrato tra le criticità più importanti, l'inadeguatezza in termini di pesi e costi eccessivi di questi arredi specializzati nella protezione personale in caso di sisma.

In conclusione è possibile affermare che è mancato un approccio progettuale sistemico e una profonda valutazione dei requisiti strutturali e funzionali, legati alle loro prestazioni in tempo di pace e di guerra. Pertanto una delle principali sfide della ricerca è stata quella di sviluppare delle nuove strategie salva-vita in caso di sisma in

chiave evolutiva rispetto lo stato dell'arte e innovare, da una prospettiva strutturale e informatica, il design degli arredi da destinare nelle scuole e negli uffici. Il primo importante grado d'innovazione è stato quello di ripensare a queste tipologie d'arredo come ad un sistema di unità collaboranti ed interconnesse, infine, trasformare i singoli arredi in sistemi intelligenti di sicurezza passiva, che possano contribuire alla protezione della vita durante il sisma e fornire, attraverso lo sviluppo di una piattaforma di sensori, un servizio di localizzazione delle persone sotto le macerie e il monitoraggio dello stato di salute dell'edificio. Le considerazioni sviluppate nella fase di ricerca sono state implementate all'interno delle attività progettuali del progetto di ricerca industriale S.A.F.E.^[28]. In questo processo di riprogettazione in chiave antisismica di alcune delle tradizionali tipologie di arredo scuola, il ruolo e il contributo del design industriale è stato determinante per il raggiungimento dei risultati finali, in particolare per l'approccio concettuale e metodologico alla progettazione, che, rispetto allo stato dell'arte dei prodotti per la protezione individuale in caso di sisma ad oggi sviluppati, ha spostato l'attenzione dalla progettazione del singolo arredo protettivo e resiliente allo sviluppo di un sistema di arredi salva-vita interagenti. Attraverso un approccio tecnico-scientifico multidisciplinare e intersettoriale all'innovazione e la condivisione di differenti know-how presenti all'interno del partenariato pubblico-privato, il design ha guidato ogni singolo processo e attività secondo un modello circolare e iterativo di sviluppo, verifica e riprogettazione del sistema di arredi.

In conclusione, l'approccio sistemico, multidisciplinare e intersettoriale, condotto nel processo di sviluppo S.A.F.E. ha rappresentato la strategia migliore per la generazione di un nuovo sistema di arredi specializzato nella messa in sicurezza e protezione dal sisma nei contesti scuola ed ufficio. I risultati perseguiti nel progetto, costituiti principalmente da un set di prodotti a prova di terremoto e da un processo metodologico guidato dal design, rappresentano un notevole avanzamento rispetto allo stato dell'arte dei degli arredi salva-vita ad oggi sviluppati per questi specifici contesti. L'esperienza maturata in questo processo, in particolare la metodologia adottata e l'approccio multi-stakeholder, sono stati ripresi ed astratti all'interno della ricerca di dottorato per sviluppare un nuovo modello teorico e procedurale da adottare per la messa in sicurezza, attraverso sistemi di arredi, di altri contesti edilizi di uso collettivo, ad esempio, strutture ricettive, ospedali, luoghi di culto etc. L'obiettivo principale del modello "Life-saving Furniture System" (L.F.S.) è fornire ad aziende, progettisti e designer, uno strumento che, attraverso un processo step by step e una serie di linee guida, governi la gestione di tutte le attività e le competenze necessarie alla progettazione, e allo sviluppo di nuovi concept di arredi resistenti e interconnessi, per la generazione di sistemi salva-vita in caso di sisma in grado di fornire protezione e riparo anche in altri ambiti d'utilizzo.

Il principale risultato conseguito dalla ricerca di dottorato è stata l'elaborazione del modello teorico procedurale L.F.S., descritto in particolare nel paragrafo 12.2 da contenuti grafici e linee guida. Pertanto, considerato l'obiettivo finale della tesi, ossia l'ideazione di uno strumento per la progettazione di arredi salva-vita in caso di sisma, si prevedono una serie di ulteriori attività di ricerca e sviluppo finalizzate alla promozione, la diffusione e l'applicazione del modello proposto. In particolare la tesi prefigura almeno due differenti prospettive di sviluppo: la prima, prevede la declinazione del modello teorico in una versione digitalizzata e automatizzata. Infatti, la generazione di un software, fruibile come una piattaforma web e articolato con dei moduli e dei link immediati e facili da consultare, appare la soluzione migliore per lo sviluppo di

[28] "S.A.F.E. - Design sostenibile di sistemi di arredo intelligenti con funzione salva-vita durante eventi sismici" è un progetto di Ricerca Industriale, co-finanziato dal MIUR nell'ambito del Programma Operativo Nazionale - Ricerca e Innovazione 2014/2020, coordinato dall'Università di Camerino che coinvolge undici partner tra università, aziende del settore legno-arredo e del settore ICT e IoT (Coordinatore scientifico: Lucia Pietroni, Professore di Disegno Industriale della Scuola di Architettura e Design di Unicam)www.safeproject.it.

un nuovo strumento flessibile e versatile coerente con i propositi della ricerca. In questa fase sarà fondamentale trovare le competenze adeguate a programmare la piattaforma e avviare una fase di progettazione grafica ad hoc, per una comunicazione efficace dei moduli, delle schede e delle features del nuovo software del modello procedurale. Pertanto, il software dovrà essere in grado di guidare in maniera user friendly, i diversi operatori che intendono mettere in sicurezza diversi spazi funzionali ad uso collettivo e privato, attraverso lo sviluppo di nuove tipologie di arredo salva-vita. Una volta definito il pacchetto software sarà fondamentale avviare una fase di ricognizione di potenziali interlocutori interessati all'utilizzo dello strumento sviluppato. La seconda prospettiva riguarda l'integrazione delle strategie della biomimesi e del design generativo all'interno del processo di sviluppo progettuale, finalizzate all'ottimizzazione delle parti strutturali che costituiscono i telai degli arredi. Un primo esempio applicativo è l'ottimizzazione topologica^[29]. Tramite questo strumento è possibile elaborare modelli 3D caratterizzati da forme organiche, drasticamente ridotte nel consumo di materiale e allo stesso tempo, in grado di garantire le prestazioni meccaniche attese dal prodotto. Il processo di ottimizzazione topologica ha la massima espressione quando abbinato al corretto utilizzo delle tecnologie additive manufacturing, così da esaltare il concetto di "forma libera" generato proprio dal software. Tuttavia una volta razionalizzate le forme, il modello può essere processato anche con i tradizionali macchinari per la produzione industriale. Un'estensione di questa tecnologia è denominata "Generative Design", e fa riferimento allo sviluppo di una metodologia in cui è l'intelligenza artificiale a generare una serie di soluzioni progettuali. Prima di tutto, va ribadito che:

"Il Design Generativo rappresenta un processo del design 4.0, ovvero quel modello di gestione, organizzazione e sviluppo della produzione e dei suoi prodotti in questa rivoluzione industriale. In questo contesto, il Design Generativo si sta affermando sempre più come strumento in grado di contribuire concretamente alla creazione di valore aggiunto per il sistema produttivo italiano: si tratta di un metodo progettuale che apporta infatti innovazione sia nell'ambito della generazione di nuovi prodotti che in quello del redesign, fornendo infinite risposte e soluzioni"^[30].

Il processo è simile a quello tradizionalmente adottato nell'analisi topologica, ma diversamente da questa, che si limita a rimuovere il materiale da un modello già esistente, il design generativo offre la possibilità di esplorare, attraverso lo sviluppo di specifici algoritmi, ulteriori soluzioni alternative rispetto una serie di precise indicazioni progettuali^[31]. In particolare, con lo studio e l'analisi dei sistemi biologici naturali sono stati sviluppati algoritmi in grado di generare configurazioni geometriche "bioispirate" caratterizzate da elevata resistenza meccanica e capacità dissipativa. Alcune di queste soluzioni hanno implementato lo sviluppo di materiali e prodotti industriali applicabili in ambito sportivo^[32], ma è possibile ipotizzare una declinazione specifica per la generazione di nuovi concept di arredo salva-vita in caso di sisma.

[29] Con il termine "ottimizzazione topologica" s'intende l'analisi, effettuata con i software parametrici di nuova generazione, in grado di ridefinire la forma di un modello tridimensionale, specialmente di componenti meccanici, e alleggerirla tramite la sottrazione del materiale in eccesso senza incidere sulle prestazioni generali del pezzo. Allo stato attuale il software permette di valutare ed ottimizzare i modelli soltanto ai carichi statici.

[30] Cianfanelli, E. (2019). Un nuovo orizzonte nella cultura progettuale. Design 4.0, conclusioni come inizio. (p.132).

[31] Si inizia il processo fissando i limiti (come i carichi o i punti di fissaggio) e le preferenze (come il peso, i fattori di sicurezza e le tecniche di fabbricazione), e infine, si sfrutta la potenza del motore di calcolo per esplorare ogni opzione geometrica, generando molteplici soluzioni sulla base dei materiali, dei processi di fabbricazione e dei requisiti di prestazione. A questo punto il progettista può selezionare la soluzione più efficace che risponde alle prestazioni meccaniche attese, ma anche ergonomiche, estetiche e di producibilità.

[32] Ad esempio, in un studio del 2020, sono stati analizzati le caratteristiche biologiche delle corna degli arieti di montagna (altamente resistenti agli impatti), per sviluppare attraverso uno specifico algoritmo e un successivo processo di stampa additiva, una suola per scarpe da running in grado di ammortizzare al meglio il peso del corridore. (Trevor, G. et al., 2020).

Si ritiene dunque fondamentale integrare questi processi negli scenari futuri (Fig. 71), partendo magari da un'indagine ad ampio raggio per l'implementazione di materiali bioispirati e, successivamente, approfondire lo stato dell'arte dei modelli matematici per l'ideazione di matrici strutturali ad alta resistenza meccanica e capacità dissipativa. Pertanto queste due nuove linee di ricerca potrebbero rappresentare un ulteriore passo evolutivo rispetto ai risultati finora raggiunti e lo stato dell'arte dei prodotti deputati alla sicurezza e alla protezione personale dal sisma. Infine, attraverso il contributo del Design, sarà possibile guidare nuovi processi di innovazione finalizzati ad incrementare la competitività del comparto Legno-Arredo italiano, uno dei più importanti del "Made in Italy", costituito soprattutto da piccole e medie imprese artigiane, e che, grazie a questi processi multidisciplinari e multisettoriali possono innovare i loro prodotti e le tecnologie produttive, per raggiungere nuovi utenti e accedere a nuovi mercati e settori merceologici.



Fig. 71. Scenari di sviluppo da implementare nel modello L.F.S., per la messa in sicurezza degli spazi indoor di altri contesti di utilizzo, attraverso la progettazione di arredi salva-vita.

- Ali, B. et al.(2017).A middleware platform for decision support in disaster management. In: 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM).
- Antonelli, P.(2006). Design Takes On Risk-Safe. New York: The museum of modern art.
- Ashby, M. & Poli, G.(a cura di).(2007). La scelta dei materiali nella progettazione industriale. CEA.
- Bartels, S.(2011). Medical complications associated with earthquakes.(pp.5-7). Published OnlineNovember 4, 2011 DOI:10.1016/S0140-6736(11)60887-8Department of Emergency Medicine, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, MA, USA.
- Bellini, L.et al. (2012) Primo Rapporto ANCE/CRESME, Lo stato del territorio italiano 2012-Il rischio sismico e idrogeologico. Roma.
- Bellini, L.et al. (2012) Primo Rapporto ANCE/CRESME, Lo stato del territorio italiano 2012-Il rischio sismico e idrogeologico.
- Benjus, J.(1997). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York: Perennial.
- Bertalanffy, L.(1968). General system theory. Foundations, development, applications. London: Penguin.
- Bignami, F.(2010). Protezione civile e riduzione del rischio disastri. Maggioli Editore; 1° edizione.
- Caruso, A.(2017).“An on-site alert level early warning system for Italy: An onsite early warning system for Italy.” In: Journal of Geophysical Research: Solid Earth doi: 10.1002/2016JB013403.
- Chen, M. et al.(2015). Primary Research on Emergency Self-Rescue Furniture Design for Natural. Proceedings of the 2015 Conference on Informatization in Education, Management and Business. Doi <https://doi.org/10.2991/iemb-15.2015.195>.
- Chen, M., et al.(2015). Furniture Innovative Design with Earthquake Self-rescue Function: From Furniture Form and Structure Perspective. International Conference on Informatization in Education, Management and Business. Atlantis Press.
- Chiapponi, M.(1999).Cultura sociale del prodotto: nuove frontiere per il disegno industriale. Milano:Feltrinelli.
- Cianfanelli, E..(2019). Un nuovo orizzonte nella cultura progettuale. Firenze:didapress. ISBN 978-88-3338-070-4.
- Cittadinanzattiva. (2019). Osservatorio civico sulla sicurezza a scuola. XVII ed.
- CONSIP. (2019). Capitolato tecnico relativo alla procedura aperta per l’istituzione del sistema dinamico di acquisizione della pubblica amministrazione ai sensi dell’art. 55 del d. lgs. n. 50/2016 per la fornitura di arredi.V.7. allegato 1. Disponibile all’indirizzo. https://www.mef.gov.it/bandi/bandi-di-gara/2016/documenti/1637/Allegato_1_-_Capitolato_Tecnico_SDA_Arredi_nov2019.pdf
- Cremonini, I. (2004). Analisi valutazione e riduzione dell’esposizione e della vulnerabilità sismica dei sistemi urbani nei piani urbanistici attuativi. Disponibile all’indirizzo. <https://www.milomb.camcom.it/documents/10157/29832011/06-04-2016-cremonini-governare-rischio.pdf/4f773ccb-2fc2-4404-80b0-5eb380b167a0>
- D’Agnolo Vallan, A.(2013).Manuale di progettazione sistemica per interventi di sviluppo e rafforzamento dei diritti umani. (consultato il 18 febbraio 2021). Disponibile all’indirizzo. <http://www.anitadagnolovallan.eu/downloads/MANUALEPROGETTAZIONESISTEMICA.pdf>
- Daigoro, I., et al. (2017). Motion analysis of furniture under seismic excitation using the finite element method. Volume 80 Number 718, Journal of Structural and Construction Engineering.
- De Sortis, A., Di Pasquale, G., Dolce, M., et al. (2009) Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole. CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI C.S.LL.P. Roma.
- Eduardo , A. et al. (1994).Reducing the Risks of Non structural Earthquake Damage, A Practical Guide. Third Edition by Wiss, Janney, Elstner Associates, INC. For the Federal Emergency Management Agency (FEMA)Under the National Earthquake Technical Assistance Contract (NETAC) EMW-92-C-3852.
- Eisuke, I., et. al.(2004). Measurement of the human body damage caused by collapsed building.13th World Conference on Earthquake Engineering.
- Federal Emergency Management Agency Fema. (2004). Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds, Nonstructural Systems and Components.
- Filiatrault, A., Kuan, S., & Tremblay, R.(2004). Shake table testing of bookcase – partition wall systems. Canadian Journal of Civil Engineering.
- Forlani, M.(2010). Cultura tecnologica e progetto sostenibile. Roma: Alinea.
- Galloppo D., Mascitti J. e Pietroni L. (2019). Design strategies for the development of life-saving furniture systems in the event of an earthquake. “WIT Transactions on The Built Environment” (a cura di). G. Passerini, F. Grazia e M. Lombardi, WIT Press, vol. 189,Southampton (UK).
- Galloppo D., Mascitti J. e Pietroni L. (2019). Design strategies for the development of life-saving furniture systems in the event of an earthquake, in “WIT Transactions on The Built Environment” (a cura di). G. Passerini, F. Grazia e M. Lombardi. Southampton (UK): WIT Press, vol. 189.
- Guillén, A., Girbau,D.& Villarino, R.(2010). Analysis of vital signs monitoring using an IR-UWB radar. Progress In Electromagnetics Research. 100. 265-284. 10.2528/PIER09120302.
- Gunn, S.& Williams, A. (1990). “Multilingual Dictionary Of Disaster Medicine And International Relief.” Springer Netherlands.
- Julie,D., Mahyar, T., Muccini, H. (2021). IoT4Emergency: Internet of Things for Emergency Management. ACM SIGSOFT Software Engineering Newsletter.
- Marotta, N.& Zirilli, O.(2015). Disastri e catastrofi. Roma: Maggioli Editore.

- Masatsuki, T., et al.(2008). Seismic behavior of office furniture in high-rise buildings due to long-period ground motions. The 14thWorld Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Mascitti, J.(2018).Bio-inspired design. Le prospettive di un design per la sostenibilità ambientale guidato dalla natura. Firenze:Altralinea Edizioni srl.
- Michele, V.(2013). Proteggersi dai terremoti. Prima, durante e dopo l'evento. Palermo: Flaccovio Dario.
- MIUR.(2013). Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale.(consultato il 26 gen. 21).Disponibile all'indirizzo. https://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/01/cs110413_all1.pdf.
- Norman, D.(1988). La caffettiera del masochista. Psicopatologia degli oggetti quotidiani.Firenze: Giunti Editore S.p.A.
- Palmini, F., Di Ascenzo, D., Di Girolamo, P., Borrini, C.(2019). Focus Principali dati della scuola Avvio Anno Scolastico 2018/2019. MIUR - Direzione Generale per i contratti, gli acquisti e per i sistemi informativi e la statistica Ufficio Gestione Patrimonio Informativo e Statistica.Disponibile all'indirizzo. <https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/Principali+dati+della+scuola+-+avvio+anno+scolastico+2018-2019.pdf/fb3e7b10-e2bc-49aa-a114-c41ef53caf9?version=1.0>
- Piano, L. (2009). La sicurezza passiva degli autoveicoli. Criteri di progettazione e sperimentazione.
- Picozzi, M. et al.(2015).“Exploring the feasibility of a nationwide earthquake early warning system in Italy.” In: Journal of Geophysical Research: Solid Earth doi: <https://doi.org/10.1002/2014JB011669>.
- Pietroni et. al(2019). Design Industriale, Ingegneria Strutturale, Informatica e Chimica per lo sviluppo di sistemi di arredo con funzione salva vita in zona sismica. XVIII CONVEGNO ANIDIS “L’Ingegneria Sismica in Italia”, Ascoli Piceno.
- Polloman, M.(2015).Years Later, What Japan Can Teach the World About Disaster Preparedness. (consultato il 03 febbraio 2021).Disponibile all'indirizzo.<https://thediplomat.com/>.
- Piscitelli, D.(2019). First things first. Comunicare le emergenze. Il design per una contemporaneità. Ed. List.
- Prete, G. & Dipaola, V.(2001). Sicurezza e durabilità strutturale delle costruzioni edilizie. FrancoAngeli.
- Richard, M. Qingkai, K.,& Martin, R.(2019). The MyShake Platform: A Global Vision for Earthquake Early Warning. in Pure and Applied Geophysics.(pp. 1703). Doi. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02337-7>.
- Rinaldi, A.(2020). Innovare attraverso il design e la tecnologia: Pensiero progettuale, esplorazione e tecnologie emergenti. Milano: FrancoAngeli.

- Rochford, K., Strauss, J. A., Kong, Q., & Allen, R.(2018). MyShake: Using human-centered design methods to promote engagement in a smartphone-based global seismic network. *Frontiers in Earth Science*.
- Santulli, C., Langella, C.(2016). Study and development of concepts of auxetic structures in bio-inspired design. *International Journal of Sustainable Design*. n. 3.1. DOI: 10.1504/IJSDES.2016.078947.
- Tokyo Metropolitan Government. (2015). Disaster Preparedness Tokyo, Tokyo Bousai, Let's Get prepared.
- Trevor G. Aguirre, Luca Fuller, Aniket Ingrole, Tim W. Seek, Benjamin B. Wheatley, Brett D. Steineman, Tammy L. Haut Donahue & Seth W. Donahue.(2020). Bioinspired material architectures from bighorn sheep horn core velar bone for impact loading applications.
- Turco, A.(1997). Resine poliesteri. Milano: Hoepli.
- Unione Europea (2014). HORIZON 2020 in breve Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione.
- World Health Organization.(2018).Chemical releases caused by natural hazard events and disasters. ISBN 978-92-4-151339-5.
- Zhang, D.(2018). Evaluation of a Sensor System for Detecting Humans Trapped under Rubble: A Pilot Study. In: *Sensors* 18.3 doi: 10.3390/s18030852.

Principale sitografia di riferimento

https://www.istruzione.it/edilizia_scolastica/index.shtml

<https://patents.google.com/>

<https://worldwide.espacenet.com/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.uibm.gov.it/bancadati/>

<http://store.uni.com/>

<https://materialconnexion.com/>

<https://www.grantadesign.com/it/industry/products/ces-selector/>

<https://asknature.org/>

ALLEGATI

ALLEGATO 1

Intervista telefonica con il Dott. Mario caroli, esperto per il supporto tecnico in medicina delle catastrofi, e direttamente coinvolto nelle operazioni di emergenza sanitaria durante il sisma dell'oceano indiano del 2004.

Gennaio 2018

Quale è stata la sua esperienza più importante come medico da campo?

<< Certamente l'esperienza in India, dopo il grande maremoto della placca indo-asiatica del 26 dicembre 2004, si può dire che è stata quella più critica e significativa... il problema in quella situazione, già molto drammatica, è stato il meteo. Le condizioni di soccorso non sono state affatto semplici e oltre a soccorrere i feriti del sisma, ci siamo trovati nell'ospedale da campo anche le persone colpite dai detriti volanti. In particolare le lamiere grecate tipiche delle baracche e cadute con il terremoto, hanno ferito molte persone a causa delle raffiche di vento forte.>>

Quali sono le principali patologie post-sisma riscontrate nella sua esperienza diretta?

<< Una discreta percentuale dei feriti presentava patologie da polmonite ab ingestis, ossia una forma di broncopolmonite che si sviluppa a causa dell'ingresso di materiali estranei nelle vie respiratorie, come gas e polveri di varia natura. In base all'acidità del materiale aspirato si può sviluppare una polmonite da causa chimica, ed i batteri patogeni possono aggravare lo stato dell'infiammazione. Si tratta di un tipico danno alla salute, che si può scatenare anche alcuni giorni dopo l'evento sismico, pertanto, le persone esposte alle polveri andrebbero da subito opportunamente monitorate.>>

Ci sono situazioni che possono degenerare durante le fasi di soccorso e tradursi in potenziali minacce per la salute delle persone?

<< Sì, ovviamente. Ad aggravare lo stato di salute delle persone, si aggiunge purtroppo, anche la presenza delle polveri e dei gas, che si generano specialmente durante e dopo scosse di elevata intensità, creando un ambiente contaminato e velenoso per la salute delle persone...non solo, ma anche i detriti che si generano a seguito di crolli, possono arrecare gravi ferite. Pensi ad esempio ad un evento sismico notturno, dove si sono frantumati i vetri e si corre al riparo senza scarpe...molti pazienti hanno riportato gravi lesioni proprio alla pianta dei piedi>>

Quali sono i disturbi post-trauma riscontrati sul campo?

<< Purtroppo, una delle conseguenze post evento, a medio e lungo termine, sono proprio i traumi psicologici. L'esposizione ad un episodio terribile e traumatico come il terremoto, nel quale hanno perso la vita centinaia di persone, tra cui i propri familiari, può provocare un disturbo ben noto in psichiatria, detto Disturbo Post-Traumatico da Stress (DPTS), e che genera psicopatologie come la depressione e varie forme di ansia, si stima infatti che tra il 6 ed il 72% delle vittime soffrano di tali patologie a seguito di drammatici eventi sismici. >>

Allegato 2

Intervista All'ispettore Massimo Fazzini, Del Comando Dei Vigili Del Fuoco Di Ascoli Piceno.

Febbraio 2018

Alcuni dati* che riguardano i disastrosi eventi sismici che hanno coinvolto il centro Italia tra il 2016 ed il 2017 riportano che le vittime sono state 299 mentre sono state estratte vive dalle macerie 238 persone (alcune delle quali sono decedute in seguito), 215 dai Vigili del Fuoco e 23 dal Soccorso Alpino. I feriti portati in ospedale sono invece 388. *(La Stampa, 15 novembre 2016, Il Corriere della Sera, 26 agosto 2016). È possibile avere una casistica delle persone sopravvissute al sisma attraverso le comuni prassi di sopravvivenza? mi riferisco a chi è riuscito a trovare riparo mettendosi sotto al letto o un tavolo o la porta etc.

<< Purtroppo la casistica precisa è molto difficile da ricostruire...occorre riprendere i registri ed i report in archivio e non è detto che siano stati specificati dai colleghi che hanno soccorso le persone... >>

Qual è la vostra esperienza sul campo? Quanto può essere efficace secondo voi trovare riparo con i comuni arredi di casa?

<< Ci capita di vedere nelle nostre attività La cucina, per esempio, è il luogo dove gli anziani passano la maggior parte delle ore della giornata, quindi è più probabile che il sisma possa colpirli proprio in questi ambienti e il tavolo da pranzo può rappresentare un primo ausilio di protezione, specialmente durante i terremoti diurni.>>

Nella vostra esperienza nei soccorsi dei sopravvissuti sotto le macerie, quali sono i fattori determinati per la riuscita dell'operazione? (Lo stato psicologico della persona soccorsa, il tempo con cui si riesce a trovarla, altro...)

<< La prima ricerca parte dall'osservazione e dalle segnalazioni dei vicini di casa presenti sul posto...è fondamentale ascoltare le persone perché sono il primo riferimento dopo il disastro...dopodiché si passa alla ricerca strumentale... I microfoni sono uno dei metodi più efficaci per rilevare le persone intrappolate sotto le macerie, ed è possibile captare un segnale audio per rilevare suoni come, il respiro, i mormorii ... Tuttavia, l'ascolto in una situazione di disastro può portare a imprecisioni nella lettura audio, a causa della presenza di un elevato rumore di fondo come trapani pneumatici, veicoli, cavi di alimentazione, etc. ... anche il semplice gocciolare dell'acqua all'interno di un edificio crollato, potrebbe facilmente deviare le ricerche e l'attenzione dei soccorritori...in questo sono di aiuto le unità cinofile e la loro esperienza>>

Quali sono i fattori che aggravano le condizioni e le possibilità di soccorso? (Meteo, fughe di gas, la vittima che non si trova, altro...)

<<Certamente una delle maggiori criticità durante gli interventi, che interessano in particolare i centri storici del nostro territorio, sono la generazione di sacche esplosive dovute all'utilizzo ancora delle vecchie bombole gpl: in caso di perdite del gas, queste possono deflagrare e colpire gli operatori e ovviamente ostruire in modo grave le operazioni di soccorso in generale...>>

È possibile reperire una casistica di persone che si sono salvate grazie al comportamento "involontario" di alcuni arredi? Ad esempio accade che il ribaltamento di un armadio sopra un letto diventa un riparo (nel caso del terremoto di Ischia dell'estate 2017, il ribaltamento della culla ha fatto da gabbia e riparo al neonato, proteggendolo dai carichi

esterni). Se non è disponibile una casistica di questo tipo, quali sono le vostre esperienze, a tal riguardo? Vi è mai capitato di vedere situazioni simili?

<<L'armadio è sicuramente uno degli arredi responsabile di alcuni decessi a causa del suo ribaltamento, ma è risultato anche un arredo che più volte ha evitato il collasso completo del solaio proteggendo le persone presenti nella stanza [...] Nella nostra esperienza ci capita spesso di vedere le travi del controsoffitto che si poggiano sopra l'armadio evitando lo schiacciamento delle vittime da parte del solaio>>.

Francesco Peduto presidente del Consiglio nazionale dei geologi spiega: “Una percentuale tra il 20% e il 50% dei decessi, in questi casi, è causata da comportamenti sbagliati dei cittadini durante l'evento sismico”. Quali sono le reazioni istintive delle e le azioni più gravi che una persona possa compiere durante un forte sisma?

<<Certamente il panico è uno degli aspetti da tener conto...molte reazioni istintive possono peggiorare la situazione...ad esempio scappare per le scale del palazzo o mettersi vicino a dei pensili non è una delle cose da fare in caso di terremoto...così come urlare, non risolve nulla...se un piatto o un vaso si rompe non è grave, l'importante è mantenere la calma il più possibile >>.

SCHEDA TIPOLOGIE DI ARREDO INDIVIDUATE

tipologia arredo	funzione	materiali e tecnologie di lavorazione	SPAZI INDOOR	
descrizione		descrizione	camera	
			hall	
			aula	
			altro	
descrizione		descrizione	camera	
			hall	
			aula	
			altro	
descrizione		descrizione	camera	
			hall	
			aula	
			altro	
descrizione		descrizione	camera	
			hall	
			aula	
			altro	
descrizione		descrizione	camera	
			hall	
			aula	
			altro	

SCHEDA DI VALUTAZIONE VULNERABILITÀ EDIFICIO

denominazione edificio	
utilizzatore	
dati dimensionali	
n piani	
Sup. media per piano	
anno di costruzione	
materiali strutturali	
cemento armato	legno
acciaio	prefabbricato
calcestruzzo e acciaio	altro specificare
dati esposizione	
n persone presenti durante la fruizione ordinaria dell'edificio	
Sistema resistente	descrizione tipologia
muratura	
cemento armato	
altro	
eventuali anomalie	
Classificazione sismica	

SCHEDA ASPETTI TECNICI E COMMERCIALI DELLE AZIENDE COINVOLTE

LAVORAZIONE LEGNO	LAVORAZIONE METALLO	LAVORAZIONE METALLO	FINITURE	ASSEMBLAGGIO
<p>Decorazione e taglio:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p> <p>Selettività:</p> <p>azienda X azienda Y</p> <p>Selettività/Selettività:</p> <p>azienda X</p> <p>Levitazione:</p> <p>azienda Y</p> <p>Foratura:</p> <p>azienda Y</p>	<p>Taglio:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p> <p>Taglio laser:</p> <p>azienda X</p> <p>Presempagatura manuale:</p> <p>azienda Z</p> <p>Presempagatura CNC:</p> <p>azienda X</p> <p>Puntatura:</p> <p>azienda Z</p> <p>Puntatura FMS:</p> <p>azienda X</p> <p>Produttore a banda:</p> <p>azienda Y</p> <p>Foratura:</p> <p>azienda X azienda Y</p> <p>Scandoleatura:</p> <p>azienda Y</p>	<p>Taglio:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p> <p>Coniatura:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p> <p>Foratura:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p> <p>Presempagatura:</p> <p>azienda Z</p> <p>Presempagatura e foratura:</p> <p>azienda Z</p> <p>Saldatore manuale:</p> <p>azienda X</p> <p>Saldatore robotizzato:</p> <p>azienda X azienda Z</p>	<p>Intagliatura:</p> <p>azienda X azienda Y</p> <p>Vericolatura legno:</p> <p>azienda X azienda Y</p> <p>Vericolatura metallo:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p>	<p>Ono L'assemblaggio:</p> <p>azienda X</p> <p>Assemblaggio pre-montato:</p> <p>azienda X</p> <p>Assemblaggio dell'intero sistema:</p> <p>azienda Y</p> <p>Calaggio elettrico:</p> <p>azienda Z</p> <p>Installazione software:</p> <p>azienda X</p> <p>Assemblaggio Manuale:</p> <p>azienda X azienda Y azienda Z</p>
<p>Impianto di assemblaggio dei pannelli legnosi con doppio tavolo levitante di calcamento, gestione informatica, capacità di produzione di ca. mc. 45 giornali, guidato da 1 operatore specializzato.</p> <p>Ponteggi e controllo numerico macchine breggiori e macchine breggiori a C.N.</p> <ul style="list-style-type: none"> - con capacità di produzione di ca. 1.000 piani al giorno - macchine modulari per la lavorazione del legno massiccio - multilame, seghe a rasoio, pialle a filo, pialle a spessore <p>azienda Y</p> <p>Centri di lavoro CNC</p>	<p>Cassa e ghiglietta per il sezionamento delle lamine in formati misti.</p> <p>Parapuntatori automatici a CNC per la creazione di forature e tutte le operazioni di materiale.</p> <p>Panconi progettati a CNC alimentati manualmente e automatici alimentati da robot antropomorfi, per la definizione di componenti di acciaio.</p> <p>Report di validità per l'assemblaggio di strutture complesse.</p> <p>FMS linea personalizzata per la produzione di pannelli in lamiera di ogni forma e dimensione, partendo da fogli di lamiera, per ottenere con unico ciclo automatico, il componente finito.</p> <p>M è linea di profilatura a freddo di nastri di acciaio, capace della lunghezza di circa 30mt, per l'ottenimento di diversi componenti e/o componenti fini.</p> <p>azienda Z</p>	<p>Tecnologia automatica a CN con calcamento a filo.</p> <p>azienda Y</p>	<p>Impianto di verniciatura a polveri robotizzato, completo di tunnel di fotografo-scopio e di asciugatura.</p> <p>azienda X</p> <p>Vericolatura a polveri approporzionate con impianti automatici a computerized area layout.</p>	<p>Report di collaggio di quadri elettrici per l'assemblaggio dei prodotti finiti e collaudi di parti. Assemblaggio impianti.</p> <p>Report di pre-assemblaggio meccanico di componenti strutturali e montaggio meccanico dei dispositivi completo di inserimento delle sollecitazioni.</p> <p>azienda Y</p>