

Architettura della cooperazione

Approccio umanitario e strategie sostenibili
per le comunità vulnerabili



Dottorando
Marco Bellomo

Tutor
Prof. Simona Colajanni

Co-Tutor
Prof. Tiziana Campisi

Supervisor UPC
Prof. Oriol Pons Valladares

Tutor Aziendale
Arch. Sabrina Ricotta

Università degli Studi di Palermo

Dipartimento di Architettura

Dottorato di Ricerca in **Architettura Arti e Pianificazione** – XXXVII Ciclo -
Coord. **Prof Rosario Nobile**

Curriculum: **Progettazione sostenibile dell'architettura e design:
approccio human centered**

Borsa di studio finanziata dal MUR - PON R&I 2014-2020 azione iv.5
"Tematiche green"



**Università
degli Studi
di Palermo**

AREA RICERCA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO
SETTORE DOTTORATI E CONTRATTI PER LA RICERCA
U. O. DOTTORATI DI RICERCA

Dottorato in Architettura, Arti e Pianificazione (AAP)
Dipartimento di Architettura (DARCH)
G.S.D. 08/CEAR-08, S.S.D. CEAR-08/A - Architettura Tecnica

Architettura della cooperazione
Approccio umanitario e strategie sostenibili per le comunità vulnerabili

IL DOTTORE

MARCO BELLOMO

IL COORDINATORE

PROF. ROSARIO NOBILE

IL TUTOR

PROF. SIMONA COLAJANNI

IL CO TUTOR

PROF. TIZIANA CAMPISI

CICLO XXXVII
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2025

INDICE

Introduzione e organizzazione della tesi	9

Parte 1. Definizione dello stato emergenziale

Cap. 1 Inquadramento tematico e contesto normativo	15

1.1 Definizione dello stato emergenziale	17
1.2 Analisi dei riferimenti normativi internazionali e nazionali	28
1.3 Analisi dei protocolli energetici internazionali	34
1.4 Studio e valutazione delle metodologie di approccio internazionali e nazionali	40
Bibliografia ragionata	

Cap. 2 Tipologie, materiali e tecniche costruttive delle unità abitative per l'emergenza green e sostenibili	51

2.1 Individuazione e valutazione delle tipologie abitative	53
2.1.1 Sistema di schedatura dei casi studio nazionali e internazionali	55
2.1.1a Schedatura Unità abitative emergenziali (tent)	58
2.1.1b Schedatura Unità abitative di transizione (shelter)	68
2.1.1c Schedatura Unità abitative permanenti (housing)	94
2.1.1d Schedatura Unità abitative sperimentali	104
2.2 Analisi e sintesi delle tipologie di unità abitative per l'emergenza	116
Bibliografia ragionata	

Cap. 3 Individuazione delle pratiche green di progettazione tecnologica e sostenibile	133

3.1 Impatto delle normative e dei protocolli internazionali sulle pratiche di intervento	135
3.2 Sostenibilità ambientale: Integrazione delle scelte tecnologiche per l'efficienza energetica e la riduzione di CO ₂	142
3.3 Sostenibilità economica: analisi economica e valutazione del rapporto costi/benefici	152
3.4 Sostenibilità sociale: coinvolgimento delle comunità locali nelle decisioni di intervento	157
3.5 Valutazione delle tipologie, soluzioni tecnologiche e dei materiali attualmente in uso	162
Bibliografia ragionata	

Parte 2. Analisi multicriterio e applicazione delle soluzioni conformi ad un caso studio

Cap. 4 Individuazione di un caso studio: i centri di prima accoglienza	175

4.1 Analisi delle Unità abitative di transizione (shelter) per la costituzione dei centri di prima accoglienza	177
4.2 Individuazione e valutazione dei centri di prima accoglienza in Europa e Italia	178
4.3 Individuazione e valutazione dei centri di prima accoglienza in Sicilia	188
4.4 Inquadramento del caso studio di Campobello di Mazara: centro di prima accoglienza dei lavoratori stagionali	193
Bibliografia ragionata	

Cap. 5 | Applicazione dell'analisi Multicriterio al caso studio di Campobello di Mazara 203

5.1 Inquadramento e definizione dell'analisi multicriterio	205
5.2 Principi fondamentali: criteri e indicatori	207
5.3 Pesatura dei criteri: metodo Delphi	210
5.4 Progettazione del modello di studio per l'identificazione del caso studio	213
5.5 Analisi Multicriterio delle alternative di involucro	219
5.5.1 Definizione degli indicatori Economici	220
5.5.2 Definizione degli indicatori Ambientali	223
5.5.3 Definizione degli indicatori Sociali	226
5.6 Applicazione del metodo Delphi per il calcolo dei pesi della matrice degli indicatori	232
5.7 Applicazione del modello MIVES per la valutazione di un involucro sostenibile	238
5.8 Analisi della sensibilità e verifica dei risultati del modello MIVES	243
Bibliografia ragionata	

Parte 3. Sperimentazione di soluzioni innovative e sostenibili

Cap. 6 | Valutazione e Sviluppo di soluzioni per il miglioramento dell'involucro 257

6.1 Individuazione di sistemi di involucro edilizio sostenibile per il miglioramento dell'indoor comfort	259
6.2 Valutazione di sistemi tecnologici in terra cruda in commercio	262
6.3 Sviluppo di un sistema di isolamento termico sostenibile in terra cruda	270
6.3.1 Individuazione e caratterizzazione dei materiali sostenibili utilizzati per la realizzazione del prototipo	271
6.3.2 Progettazione del Mix Design	282
6.3.3 Caratterizzazione fisico meccanica e termica dei prototipi	287
6.3.4 Valutazione dell'impatto ambientale dei prototipi	294
6.3.5 Valutazione costi/benefici	297
6.3.6 Valutazione sociale e ricadute per le comunità vulnerabili	299
6.3.7 Realizzazione e modalità di messa in opera del prototipo	300
6.4 Possibili applicazioni del prototipo	302
6.4.1 Confronto tra il prototipo in terra cruda e i prodotti in commercio	305
Bibliografia ragionata	

Cap. 7 | Conclusioni e sviluppi futuri 313

7.1 Analisi dei risultati	315
7.2 Linee guida di intervento per la progettazione post emergenziale dei rifugi sostenibili	319
7.3 Limiti e applicabilità della metodologia implementata	321
7.4 Ricadute sociali e sviluppi futuri	323
Bibliografia ragionata	

Appendici

1. Interviste
2. Cataloghi dei rifugi
3. Schede di pannelli in terra cruda in produzione
4. Scheda di presentazione dell'azienda ospitante lo stage

Abstract

This doctoral research, funded by the PON "Research and Innovation" 2014–2020 program, aims to develop sustainable strategies and methodologies for post-emergency housing, based on environmental, economic, and social sustainability criteria.

The research is structured into three integrated phases. The first phase investigates the post-emergency housing context through a critical review of existing solutions—from tent camps to experimental units—identifying their strengths and limitations. Particular attention is given to sustainable practices, energy performance protocols, and material selection, with the goal of building a comprehensive reference framework for understanding the needs of emergency scenarios.

In the second phase, a multi-criteria decision-making model was developed in collaboration with the Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) and applied to a case study located in Campobello di Mazara, in accordance with the requirement to operate within the Italian territory. The model, based on the Delphi method and MIVES framework, evaluates alternative solutions using environmental, economic, and social indicators, with a specific focus on optimizing the building envelope to enhance indoor comfort and sustainability.

The third phase consists of experimental testing carried out in collaboration with Isolpan S.r.l., a company specialized in timber-based construction systems. Sustainable materials such as raw earth, wood chips, and natural fibers were used to develop modular prefabricated panels. These were tested both in the company and at the Building Laboratory of the University of Palermo, confirming their technical feasibility, economic viability, and social relevance. Aligned with the 2030 Agenda for Sustainable Development—particularly Goals 11, 12, and 13—the research supports a circular economy approach by integrating production waste and reducing environmental impact. The partnership with Isolpan demonstrated how these innovations can be embedded into industrial processes, proposing a scalable and replicable model for sustainable post-emergency housing that enhances community resilience and resource efficiency.

#postemergency #multicriteria #architectureengineering
#architetturadellacooperazione #greenarchitecturesolution

Introduzione



Introduzione

Il contesto globale attuale è caratterizzato da una crescente frequenza di eventi emergenziali, siano essi di origine naturale o antropica, che mettono a dura prova la capacità di risposta delle comunità e delle infrastrutture esistenti. Tali eventi, che spaziano da disastri naturali come terremoti, alluvioni e incendi, a emergenze causate da conflitti o crisi umanitarie, richiedono lo sviluppo di soluzioni rapide, efficaci e sostenibili per garantire sicurezza e protezione alle popolazioni colpite.

La presente ricerca di dottorato si inserisce in questo scenario, con l'obiettivo di sviluppare strategie e metodologie progettuali per soluzioni abitative conformi ai contesti emergenziali, fondate su criteri di sostenibilità ambientale, economica e sociale.

La ricerca è stata finanziata dalla borsa **PON "Ricerca e Innovazione" 2014-2020, Asse IV "Istruzione e ricerca per il recupero"**, che prevede tra i suoi requisiti lo svolgimento obbligatorio di un tirocinio in azienda e di un periodo di ricerca all'estero. All'interno del percorso dottorale, tali esperienze sono state rispettivamente svolte presso l'azienda Isolpan S.r.l., attiva nel settore dei sistemi costruttivi in legno, e presso la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), dove sono stati sviluppati e applicati strumenti analitici per la valutazione multicriterio.

I contenuti della ricerca si allineano agli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'**Agenda 2030**, rispondendo in particolare al Goal 11 – rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili – ma anche ai Goal 12 (consumo e produzione responsabili) e 13 (lotta contro il cambiamento climatico). Inoltre, la ricerca risulta coerente con gli indirizzi strategici delineati dalla **Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI)** e dal **Piano Nazionale della Ricerca (PNR)**, promuovendo l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative e sostenibili, finalizzate alla riduzione delle emissioni clima-alteranti, all'aumento dell'efficienza nell'uso delle risorse ambientali e all'elaborazione di approcci progettuali partecipativi orientati alla resilienza e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Il lavoro si è basato su una metodologia articolata, sviluppata in modo progressivo e integrato. Il percorso è iniziato con una ricognizione critica dello stato dell'arte, condotta attraverso l'analisi della letteratura scientifica, interviste, la partecipazione a summer school e workshop internazionali, e la costruzione di un sistema di schedatura comparativa dei casi studio. Questa fase conoscitiva ha posto le basi per l'elaborazione di un modello di valutazione multicriterio, sviluppato e applicato a un caso studio reale con il supporto dell'UPC.

Infine, la metodologia è stata completata da una fase sperimentale volta a testare le prestazioni tecnico-ambientali delle soluzioni progettuali selezionate, attraverso l'impiego di materiali naturali e innovativi.

Tale fase è stata strettamente connessa all'esperienza di tirocinio svolta presso l'azienda Isolpan S.r.l., dove sono stati sviluppati i prototipi e avviata la produzione sperimentale di pannelli per il miglioramento delle prestazioni termoacustiche dell'involucro.

Successivamente i prototipi sono stati testati presso il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Palermo in modo da caratterizzarli fisicamente e termicamente.

L'attività ha permesso di integrare sperimentazione accademica e pratica produttiva, validando le soluzioni proposte sia dal punto di vista tecnico che applicativo.

Il percorso dottorale è stato strutturato in tre fasi integrate, ciascuna delle quali ha affrontato specifici aspetti teorici, metodologici e sperimentali.

1. Definizione dello stato emergenziale

La prima fase ha approfondito lo stato emergenziale, analizzando il quadro tematico, normativo e tecnologico delle soluzioni abitative temporanee. È stato studiato lo stato dell'arte con un'analisi critica delle unità emergenziali esistenti (Cap. 2), dalle tendopoli alle soluzioni sperimentali, al fine di individuarne punti di forza e criticità.

È stata inoltre esaminata l'applicazione delle pratiche sostenibili, con attenzione ai protocolli energetici e alla scelta dei materiali (Cap. 3). Questa fase ha permesso di delineare un quadro di riferimento utile a comprendere i bisogni concreti dei contesti emergenziali.

2. Analisi multicriterio e applicazione delle soluzioni conformi ad un caso studio

La seconda fase ha riguardato lo sviluppo di un modello multicriterio, elaborato in collaborazione con l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Tale sistema è stato applicato al caso studio del centro di accoglienza di Campobello di Mazara (Cap. 4), selezionato in conformità alle prescrizioni della borsa PON che richiedono l'applicazione delle attività progettuali all'interno del territorio italiano. Il modello ha impiegato indicatori economici, sociali e ambientali per ottimizzare le strategie progettuali in funzione del contesto specifico.

3. Sperimentazione di soluzioni innovative e sostenibili

La terza fase si è concentrata sulla sperimentazione pratica di soluzioni innovative e sostenibili, realizzata mediante il tirocinio presso l'azienda **Isolpan S.r.l.**, specializzata in sistemi costruttivi in legno. In questo contesto è stato sviluppato e testato un pannello prototipale realizzato con materiali a basso impatto ambientale, come la terra cruda e altri componenti naturali, con l'obiettivo di migliorare il comfort abitativo e ridurre la dipendenza da risorse non rinnovabili (Cap. 6). Le attività sperimentali sono state condotte sia presso l'azienda che presso il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo, dove

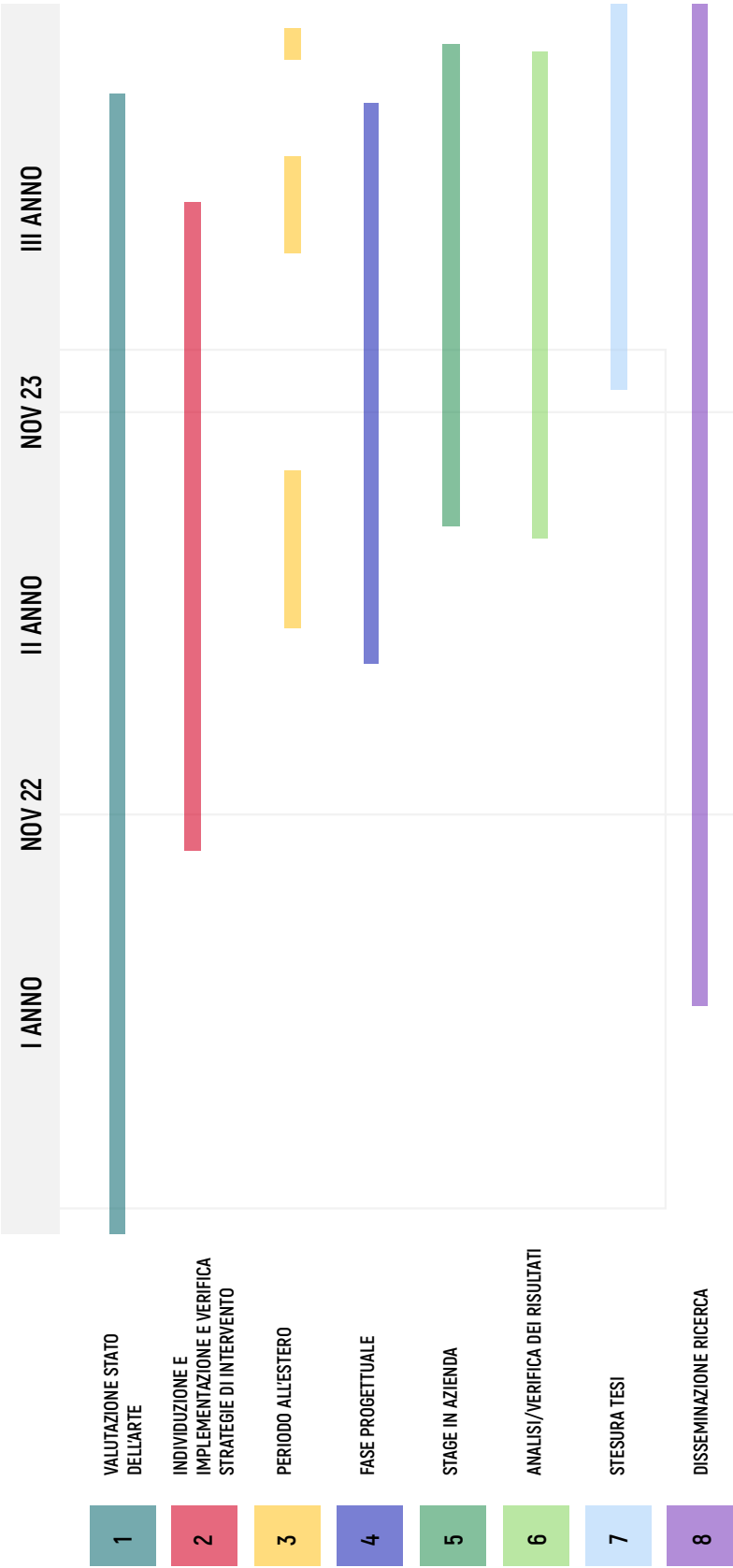
i test di laboratorio hanno permesso di validare le prestazioni tecniche, economiche e sociali delle soluzioni proposte.

La collaborazione con l'azienda ha reso possibile non solo l'implementazione di nuove soluzioni nei processi produttivi, ma anche la valorizzazione di scarti di lavorazione come risorsa utile per la realizzazione di componenti costruttivi più sostenibili. La sperimentazione ha evidenziato l'efficacia dei materiali naturali impiegati nella produzione di pannelli prefabbricati modulari, soprattutto in relazione al miglioramento delle prestazioni termo-acustiche e alla capacità di garantire un elevato livello di comfort anche in condizioni abitative emergenziali.

Dal punto di vista aziendale, il coinvolgimento diretto in un percorso di ricerca applicata ha rappresentato un valore aggiunto su più livelli: da un lato ha offerto l'opportunità di esplorare materiali e tecniche non convenzionali in un'ottica di innovazione e differenziazione di mercato; dall'altro ha rafforzato il posizionamento dell'azienda nel settore della bioedilizia, favorendo la transizione verso modelli produttivi circolari e più attenti alla sostenibilità. Inoltre, la collaborazione con il mondo accademico ha contribuito a rafforzare il know-how interno, aprendo prospettive per future sinergie e ampliando le potenzialità applicative dei risultati raggiunti anche in ambiti non emergenziali, come l'edilizia scolastica, sociale e rurale.

La combinazione di teoria, analisi multicriterio e sperimentazione pratica ha reso possibile lo sviluppo di strategie e metodologie di approccio innovative e replicabili. Le soluzioni proposte vogliono rispondere alle esigenze abitative immediate delle popolazioni colpite, promuovendo una maggiore resilienza delle comunità e offrendo un modello produttivo scalabile e trasferibile anche in contesti non emergenziali.





Definizione dello stato emergenziale

CAPITOLO 1

Inquadramento tematico e contesto normativo

Abstract

Il Capitolo 1 esplora la complessità della gestione delle emergenze e della ricostruzione post-disastro, sottolineando l'importanza di un approccio che integri prospettive normative, ambientali e sociali. Partendo dalla distinzione tra disastri naturali e antropici, il capitolo delinea come la risposta a tali eventi debba andare oltre l'immediato, abbracciando una visione a lungo termine che favorisca la resilienza delle comunità colpite. Viene esaminato il ruolo delle normative internazionali, come il Progetto Sphere, accanto alle leggi italiane sulla protezione civile, evidenziando come questi strumenti guidino le azioni di soccorso e ricostruzione in modo coordinato e sostenibile. L'accento è posto sull'integrazione di protocolli energetici e ambientali, quali LEED, BREEAM, WELL e QSAND, come elementi fondamentali per garantire che la ricostruzione sia non solo efficace, ma anche sostenibile e rispettosa dell'ambiente. Il capitolo si conclude evidenziando il valore della partecipazione comunitaria nel processo di ricostruzione, un fattore essenziale per garantire che gli interventi siano realmente in grado di rispondere alle esigenze locali e rafforzare il tessuto sociale delle comunità colpite.

1.1 | Definizione dello stato emergenziale

[...lo stato emergenziale si riferisce a una condizione straordinaria in cui le risorse e le capacità di una comunità vengono superate a seguito di un evento disastroso, richiedendo interventi immediati e coordinati per garantire la sicurezza, la salute e il benessere della popolazione colpita...]
(Teh & Khan, 2021).

Considerando l'ampio spettro di conseguenze che i disastri hanno sul tessuto sociale ed economico delle comunità colpite, si evidenzia l'importanza di analizzare l'entità dei danni non solo nel breve periodo, seguito immediatamente dall'evento catastrofico, ma anche nell'arco di tempo più esteso, durante il quale si manifestano gli effetti a lungo termine sullo sviluppo economico e sociale delle aree interessate. La distruzione di infrastrutture essenziali, come strade, ponti, reti idriche e di alimentazione elettrica, non soltanto interrompe la vita quotidiana ma incide profondamente sull'economia locale, rallentando o, in alcuni casi, azzerando completamente il progresso economico fino ad allora accumulato. Questa regressione economica, a sua volta, amplifica i livelli di povertà e disuguaglianza, mettendo a dura prova i sistemi di welfare e le reti di sicurezza sociale, già spesso al limite delle loro capacità in molte delle aree più vulnerabili al mondo¹.

Nello specifico, i disastri possono essere suddivisi in due grandi categorie: naturali e antropici, ognuna con le proprie caratteristiche e implicazioni. I disastri naturali derivano dai processi naturali della Terra e includono fenomeni come tempeste e tornado, che sono esempi di disastri meteorologici causati da fenomeni atmosferici di breve durata. Questi eventi possono essere influenzati dai cambiamenti climatici. Altri disastri naturali includono le alluvioni, che rientrano nella categoria idrologica e sono causate da deviazioni del normale ciclo dell'acqua o dallo straripamento di corpi idrici, spesso legati anche alle attività umane. Vi sono poi i disastri climatologici come siccità e incendi, legati a fenomeni atmosferici di lunga durata che possono essere aggravati dalla variabilità climatica. Infine, ci sono i disastri geofisici, come terremoti e eruzioni vulcaniche, che sono generati da movimenti della terra. Allo stesso modo, i disastri causati dall'uomo, noti anche come disastri antropici, sono il risultato di azioni umane.

Questi includono disastri tecnologici, come incidenti industriali o di trasporto, che si verificano a seguito di guasti, perdite o incidenti nelle applicazioni scientifiche o meccaniche. Inoltre, le guerre e i conflitti armati rappresentano disastri antropici che causano distruzione su larga scala, spostamenti forzati di popolazioni e crisi umanitarie prolungate.

Altri disastri antropici includono le migrazioni forzate, spesso conseguenza di guerre o crisi politiche, che impongono sfide significative ai paesi di accoglienza.

¹ Teh, D., & Khan, T. (2021). Types, definition and classification of natural disasters and threat level. In "Handbook of Disaster Risk Reduction for Resilience: New Frameworks for Building Resilience to Disasters", Springer International Publishing, 27-56

Categoria	Tipologia	Esempi	Impatto Principale
Naturali	Meteorologici	Tempeste, Tornado	Danni strutturali, perdite umane
Naturali	Idrologici	Alluvioni, Tsunami	Danni ambientali, infrastrutture distrutte
Naturali	Climatologici	Siccità, Incendi	Perdita di biodiversità, effetti agricoli
Naturali	Geofisici	Terremoti, Eruzioni Vulcaniche	Collasso di edifici, tsunami
Naturali	Biologici	Epidemie, Infestazioni di insetti	Emergenze sanitarie, diffusione globale
Antropici	Tecnologici	Incidenti nucleari, Pericoli chimici	Contaminazione ambientale, impatti sanitari
Antropici	Conflitti Armati	Guerre, Terrorismo	Dislocamento di popolazioni, crisi umanitarie
Antropici	Migrazioni Forzate	Crisi migratorie	Pressione sulle risorse dei paesi di accoglienza
Antropici	Disastri Industriali	Esplosioni in fabbriche, Fuoriuscite di petrolio	Rischi per la salute pubblica, evacuazioni
Antropici	Incidenti di Trasporto	Incidenti ferroviari, Aerei	Perdite di vite, danni infrastrutturali

Tabella.1.1 - La tabella sintetizza le principali tipologie di disastri, suddividendoli in eventi naturali e antropici. Per ciascuna categoria sono riportati esempi specifici e il loro impatto principale sulle comunità, sulle infrastrutture e sull'ambiente.

Infine, i disastri biologici, come le epidemie o le infestazioni di insetti, possono derivare dall'esposizione a organismi viventi o sostanze tossiche e presentano spesso una componente naturale (tab.1.1).

La gestione dei disastri non può prescindere da un efficace sistema di prevenzione. La prevenzione rappresenta infatti la prima fase del ciclo di gestione del rischio, e comprende tutte le strategie e le azioni volte a evitare, ridurre o controllare i danni potenziali derivanti da eventi calamitosi. In questo ambito, si distinguono due approcci complementari: la mitigazione, che mira a ridurre la probabilità e l'intensità degli eventi attraverso la pianificazione territoriale, le norme edilizie antisismiche, le infrastrutture resilienti; e l'adattamento, che si concentra sulla capacità di risposta delle comunità e dei sistemi locali, ad esempio tramite sistemi

Categoria Disastro	Tipologia Disastro	Primo Intervento (Tent)	Transitorio (Shelter)	Permanente (Housing)
Naturali	Meteorologico	Tende, rifugi gonfiabili	Moduli prefabbricati resistenti al vento	Edifici in legno con protezione dal vento
Naturali	Idrologico	Tende modulari, rifugi galleggianti	Unità galleggianti o rialzate	Case rialzate su palafitte o drenanti
Naturali	Climatologico	Tende con ventilazione migliorata	Unità con sistemi di raffrescamento naturale	Edifici con materiali a inerzia termica elevata
Naturali	Geofisico	Tende con rinforzi strutturali	Moduli antisismici in legno o acciaio	Edifici antisismici in materiali innovativi
Naturali	Biologico	Moduli isolati per quarantena	Strutture modulari sanitarie	Ospedali e alloggi con ventilazione avanzata
Antropici	Tecnologico	Tende con sistemi di decontaminazione	Moduli pressurizzati o schermati	Edifici con materiali a prova di contaminazione
Antropici	Conflitti Armati	Tende per sfollati	Unità prefabbricate per famiglie	Alloggi stabili per rifugiati con infrastrutture
Antropici	Migrazioni Forzate	Tende con supporti per lunghi periodi	Alloggi semi-permanenti con servizi essenziali	Soluzioni integrate con la comunità ospitante
Antropici	Disastri Industriali	Tende con protezione chimica	Strutture modulari con sistemi di filtraggio	Edifici resistenti con sistemi di filtraggio
Antropici	Incidenti di Trasporto	Tende attrezzate per emergenze	Unità prefabbricate per emergenze	Edifici resilienti e con accessi facilitati

Tabella 1.2 Questa classificazione evidenzia come le soluzioni abitative debbano adattarsi alle caratteristiche specifiche del disastro e alla durata dell'intervento, richiedendo un approccio flessibile e multidisciplinare nella pianificazione della ricostruzione.

di allerta precoce, pratiche agricole resilienti o piani di evacuazione. Tali strategie devono essere integrate nei processi di pianificazione urbana e territoriale, con un forte coinvolgimento delle comunità locali, al fine di costruire una resilienza diffusa e partecipata².

La **prevenzione** assume un ruolo ancora più centrale in un contesto di crescente esposizione ai rischi climatici e ambientali, dove i fenomeni estremi tendono ad amplificarsi sia in frequenza che in intensità. In questo scenario, la capacità di anticipare e ridurre il rischio non è solo una questione tecnica, ma anche politica e sociale, legata alla governance multilivello e alla giustizia ambientale.

Oltre ai disastri naturali e antropici, esiste una categoria di emergenze che, pur non derivando da eventi catastrofici improvvisi, ha un impatto significativo sulla stabilità sociale e sulla qualità della vita delle comunità coinvolte: le emergenze sociali. Questi fenomeni si manifestano in situazioni di degrado abitativo, insicurezza economica, migrazioni forzate e crisi umanitarie prolungate, spesso legate a fattori sistemici come il cambiamento climatico, le disuguaglianze economiche e le politiche migratorie. A differenza dei disastri naturali, che richiedono una risposta immediata per la ricostruzione fisica, le emergenze sociali impongono strategie di intervento a lungo termine, orientate non solo alla fornitura di alloggi e infrastrutture, ma anche al supporto sociale, lavorativo e culturale delle popolazioni coinvolte. Tra queste situazioni, un caso particolarmente rilevante è quello dei lavoratori stagionali, una categoria che rappresenta un esempio emblematico di emergenza sociale legata alle dinamiche economiche e alle condizioni di vulnerabilità abitativa. In molte aree rurali e agricole, la domanda stagionale di manodopera porta ogni anno all'arrivo di migliaia di lavoratori, spesso migranti, che si trovano a vivere in condizioni di forte precarietà, privi di strutture abitative adeguate.

Questo fenomeno è particolarmente evidente nelle regioni caratterizzate da un'agricoltura intensiva, dove la disponibilità di alloggi temporanei per i lavoratori risulta spesso insufficiente o del tutto assente, costringendo le persone a soluzioni informali e insalubri, come accampamenti di fortuna, baraccopoli o edifici abbandonati.

La gestione di queste situazioni richiede un approccio integrato che non si limiti alla sola risposta emergenziale, ma che preveda anche soluzioni strutturali per garantire condizioni di vita dignitose ai lavoratori stagionali. In questo contesto, diventa fondamentale progettare modelli abitativi temporanei che siano flessibili, sostenibili e in grado di rispondere alle esigenze di una popolazione lavorativa mobile, assicurando al contempo l'accesso ai servizi essenziali e l'integrazione con le comunità locali³.

Ogni tipo di disastro porta con sé specifiche sfide nella gestione delle emergenze e nella pianificazione della risposta, spesso richiedendo un intervento coordinato a livello internazionale, come nel caso dell'assistenza umanitaria guidata da organizzazioni come la Croce Rossa, la Mezzaluna Rossa, le Nazioni Unite, il Programma Alimentare Mondiale (WFP) e Medici Senza Frontiere (MSF). L'impatto di questi disastri è profondo, provocando spostamenti massicci di popolazioni, perdite umane, danni economici e ambientali, spesso superando le capacità delle comunità. Per offrire un quadro aggiornato e completo sull'impatto dei disastri naturali e causati

² Mannakkara, S., Wilkinson, S., & Potangaroa, R. (2018). *Resilient Post-Disaster Recovery through Building Back Better*. Routledge.

³ EM-DAT (2024). *Inventorying hazards & disasters worldwide since 1988*, <https://www.emdat.be/>, 13 aprile 2024.

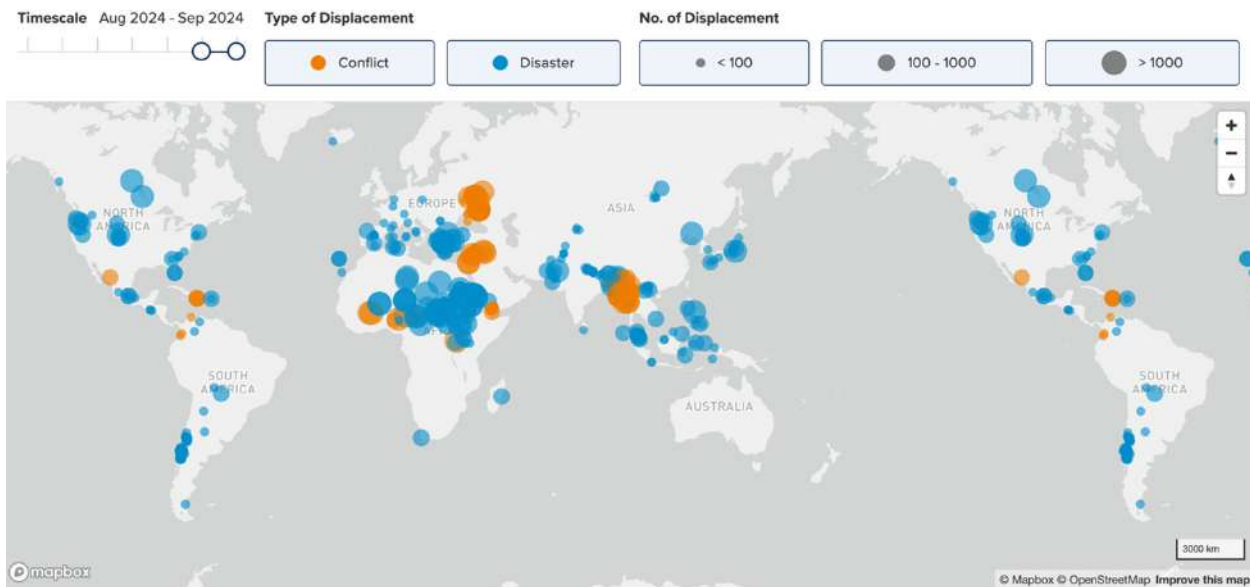


Figura 1.3 Rapporto annuale dei rifugiati nel mondo, 2023 @ iDMC - L'immagine rappresenta i dati annuali relativi alla distribuzione globale dei rifugiati, elaborati dall'Internal Displacement Monitoring Centre (iDMC) nel 2023. Il rapporto evidenzia l'incidenza dei conflitti armati, delle crisi umanitarie e dei disastri naturali come principali cause di sfollamento forzato. I dati mostrano una concentrazione significativa di rifugiati in aree geografiche vulnerabili, dove le infrastrutture e i sistemi di accoglienza risultano spesso insufficienti. L'immagine mette in luce anche la ripartizione delle popolazioni rifugiate nei diversi continenti, fornendo un quadro chiaro della pressione esercitata sui paesi di accoglienza, con particolare riferimento ai contesti africani, asiatici e del Medio Oriente.

⁴ Ibidem

dall'uomo nell'ultimo decennio, i dati mettono in luce gli effetti ampi e complessi di tali eventi su scala globale (tab.1.2).

La panoramica degli impatti dei disastri durante questo periodo rivela che il mondo ha assistito a una combinazione di disastri naturali e tecnologici, registrando un numero significativo di persone colpite e ingenti perdite economiche. In particolare, milioni di persone continuano ad essere spostate annualmente a causa dei disastri. L'Asia rimane una delle regioni più colpite a causa della sua densità di popolazione e vulnerabilità geografica, ma anche altre regioni hanno segnalato effetti significativi.

Le perdite economiche, negli ultimi dieci anni, sono state sostanziali, con costi che si aggirano sui trilioni di dollari a livello globale. Questo include danni estensivi alle infrastrutture e alle proprietà private, influenzando gravemente gli sforzi di recupero e ricostruzione⁴.

L'aggravamento delle condizioni di vita, dovuto alla perdita o al danno grave delle abitazioni, costringe le popolazioni a dipendere in modo più significativo dagli aiuti esterni, che, sebbene fondamentali nel breve termine, possono non essere sostenibili nel lungo periodo e potrebbero non riuscire a coprire le esigenze di tutte le persone colpite.

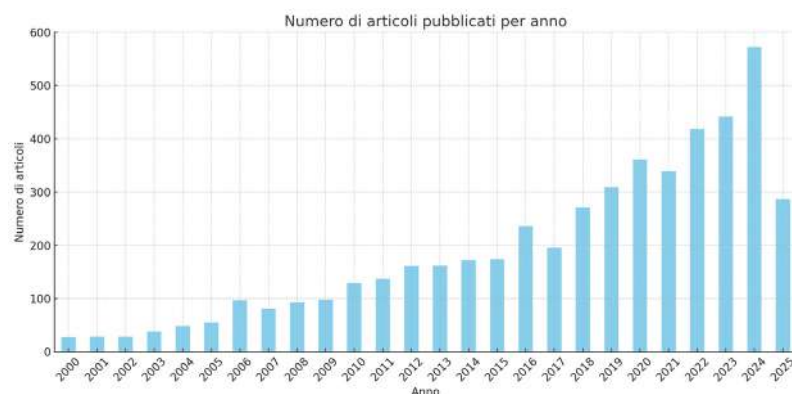


Figura 1.4 Numero di articoli pubblicati per anno sul tema delle soluzioni abitative post-emergenziali (2005-2025).

Il diagramma mostra l'andamento delle pubblicazioni scientifiche indicizzate nella banca dati Scopus negli ultimi vent'anni. I risultati evidenziano una crescita costante dell'interesse accademico verso il tema, con un'accelerazione significativa nell'ultimo decennio, segnale della crescente rilevanza attribuita alla sostenibilità, alla resilienza e alla gestione delle emergenze abitative in contesti globali e locali.

Zona geografica	Percentuale di disastri	Percentuale di vittime totali
Asia	41%	41%
Africa	26%	22%
Altre regioni (Americhe, Europa e Oceania)	33%	37%

Tabella 1.3 Impatto dei disastri (2013-2023)⁴

Descrizione	Dati
Perdite economiche totali	Circa 1,5 trilioni di dollari USA
Evento disastroso significativo	Disastro di Fukushima (2011)
Case distrutte	Oltre 420.000 abitazioni in varie condizioni

Tabella 1.4 Perdite economiche e sociali derivanti dai disastri (2010-2023)⁶

Questa situazione di dipendenza, unita alla distruzione dell'habitat naturale, che in molti casi rappresenta una risorsa economica primaria per le comunità, espone le popolazioni a un ulteriore stato di vulnerabilità, rendendole più suscettibili a futuri disastri o a un circolo vizioso di povertà. Un esempio emblematico di questa dinamica è rappresentato dai campi rifugiati nel Mediterraneo, come quelli a Lesbo in Grecia, dove migliaia di migranti si trovano in condizioni di sovraffollamento e precarietà, dipendendo interamente dagli aiuti internazionali (Tabb 1.3, 1.4). Similmente, i campi a Gaza, in Palestina, mostrano come le popolazioni stanziali, colpite da conflitti prolungati, soffrano per la mancanza di risorse e di infrastrutture adeguate, con effetti devastanti sulle loro condizioni di vita. In Africa, le migrazioni forzate dovute a conflitti e cambiamenti climatici hanno portato alla creazione di enormi campi rifugiati, come Dadaab in Kenya, dove le popolazioni vivono in condizioni estreme, spesso senza alcuna prospettiva di ritorno o di integrazione nel paese ospitante.

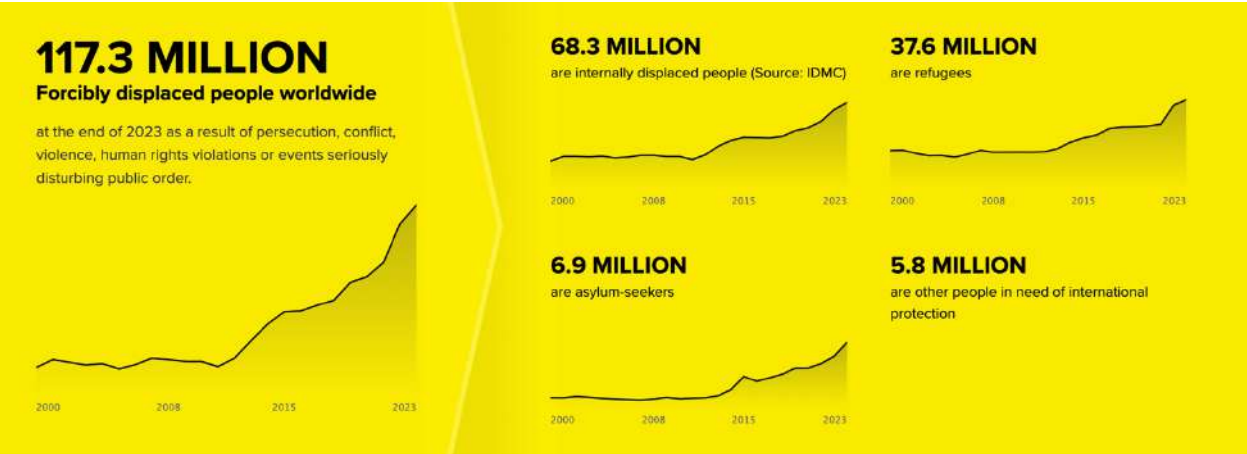


Figura 1.5 I rifugiati nel mondo report annuale, 2024 @UNHCR - L'immagine mostra l'andamento globale delle persone forzatamente sfollate alla fine del 2023, pari a 117,3 milioni, a causa di persecuzioni, conflitti, violenze, violazioni dei diritti umani o eventi che disturbano gravemente l'ordine pubblico. Il grafico principale evidenzia l'aumento costante e significativo di questo fenomeno negli ultimi due decenni, con un incremento più marcato dal 2015 in poi.

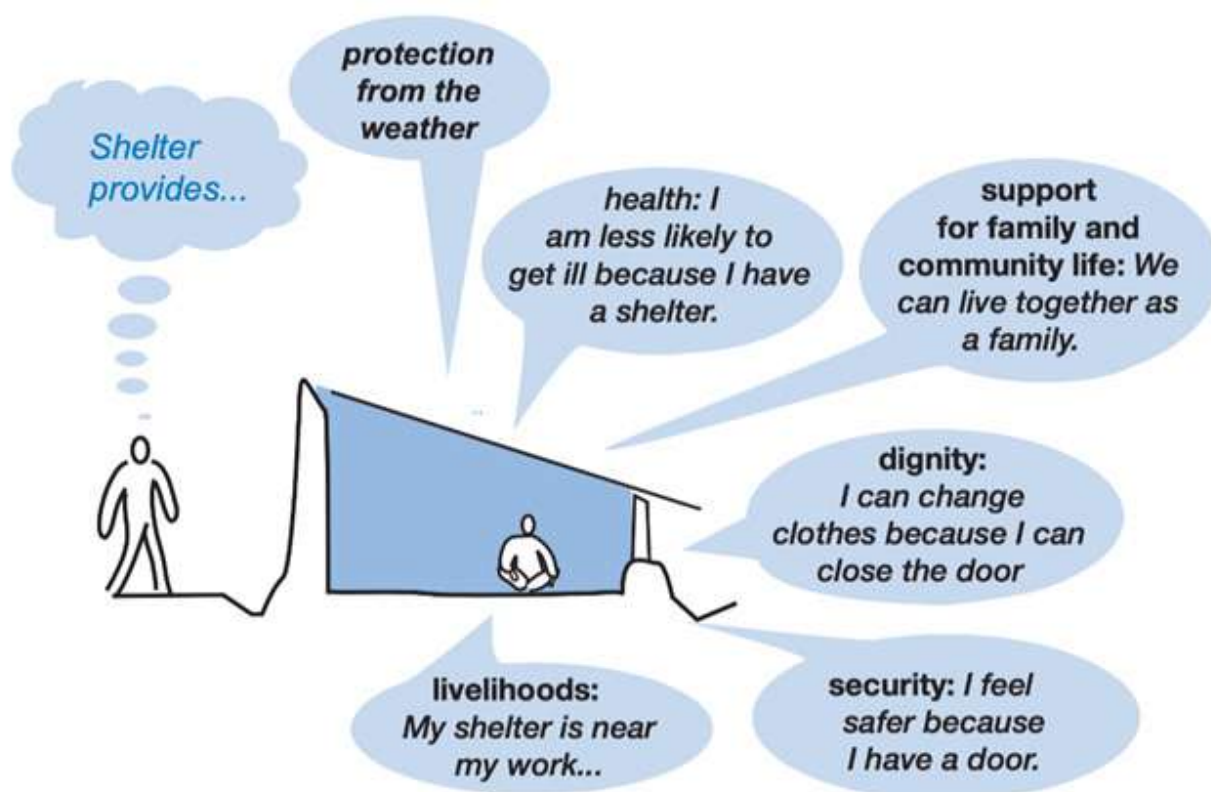


Figura 1.6 Shelter need, 2023

@AlbertoPiccioli - La figura evidenzia i bisogni fondamentali soddisfatti da uno shelter (rifugio) in contesti emergenziali, mostrando come esso vada oltre la semplice funzione di riparo. Lo shelter offre protezione dalle intemperie, garantendo un ambiente sicuro contro condizioni climatiche avverse, e contribuisce al mantenimento della salute, riducendo l'esposizione a fattori che potrebbero causare malattie.

Oltre agli aspetti fisici, il rifugio sostiene la vita familiare e comunitaria, fornendo uno spazio condiviso che permette alle famiglie di rimanere unite e di vivere in un contesto protetto. La possibilità di chiudere una porta risponde anche al bisogno di dignità, permettendo alle persone di svolgere attività private come cambiarsi d'abito con discrezione. Inoltre, lo shelter migliora il senso di sicurezza, offrendo protezione fisica e psicologica contro potenziali minacce esterne.

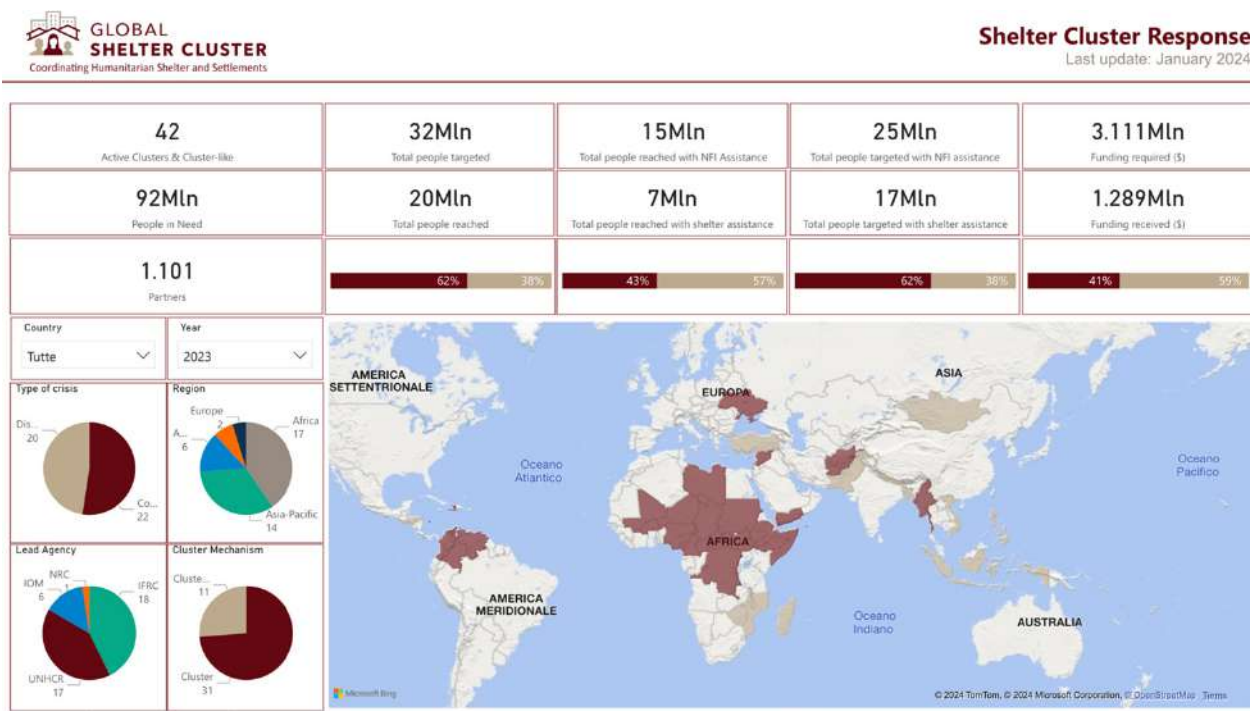
Infine, il rifugio contribuisce al sostentamento, specialmente quando è situato vicino ai luoghi di lavoro, facilitando il ritorno alla produttività e alle attività quotidiane. Questa figura sottolinea l'importanza dello shelter come strumento essenziale per la ripresa fisica, psicologica ed economica delle persone, rispondendo a esigenze immediate e ponendo le basi per una ricostruzione sostenibile e dignitosa.

È in questo contesto che la ricerca sui rifugi post-emergenziali diventa cruciale, poiché deve affrontare non solo le esigenze immediate di alloggio, ma anche le differenze tra le popolazioni stanziali e migranti, le loro necessità specifiche e le sfide legate alla sostenibilità a lungo termine⁵.

A conferma della crescente attenzione scientifica rivolta a questi temi, un'analisi bibliometrica condotta attraverso la banca dati Scopus mostra un incremento significativo nel numero di articoli pubblicati negli ultimi vent'anni sul tema, con una crescita particolarmente marcata nell'ultimo decennio (fig.1.4). Tale tendenza evidenzia non solo l'urgenza di trovare soluzioni efficaci alle crisi abitative post-disastro, ma anche il progressivo consolidarsi di un filone di ricerca interdisciplinare che mette in relazione l'architettura d'emergenza con la sostenibilità ambientale, l'inclusione sociale e la resilienza territoriale. Il picco di pubblicazioni osservato negli anni più recenti riflette la rilevanza attuale del problema, spesso legato anche a fenomeni complessi come i cambiamenti climatici, le migrazioni forzate e la precarietà abitativa nelle aree rurali e periurbane.

Nell'ambito delle emergenze, è cruciale distinguere tra le diverse tipologie di persone coinvolte, poiché queste determinano le modalità di intervento e le necessità specifiche dei beneficiari. I rifugiati e i richiedenti asilo rappresentano due delle categorie principali che richiedono protezione e assistenza in situazioni di crisi.

Rifugiati: Secondo la Convenzione di Ginevra del 1951, un rifugiato è una persona che si trova al di fuori del proprio paese di origine e non può



o non vuole tornarvi a causa di un fondato timore di persecuzione per motivi di razza, religione, nazionalità, appartenenza a un determinato gruppo sociale o opinioni politiche. I rifugiati necessitano di protezione internazionale e spesso dipendono dagli interventi umanitari per accedere a servizi essenziali come alloggio, cibo, acqua e assistenza sanitaria.

Richiedenti Asilo: I richiedenti asilo sono persone che hanno lasciato il proprio paese e hanno presentato una domanda di asilo in un altro Stato, in attesa che la loro richiesta venga esaminata. Sebbene non siano ancora legalmente riconosciuti come rifugiati, i richiedenti asilo sono spesso esposti a condizioni di vulnerabilità simili, che richiedono interventi tempestivi per garantire loro sicurezza e dignità durante l'attesa del processo decisionale.

Altri Migranti Forzati: Oltre ai rifugiati e ai richiedenti asilo, esistono anche altre categorie di migranti forzati, come gli sfollati interni (internally displaced persons, IDPs), che sono stati costretti a fuggire dalle proprie case ma non hanno attraversato un confine internazionale. Queste persone, spesso vittime di conflitti interni o catastrofi naturali, necessitano di protezione e assistenza da parte delle autorità locali e delle organizzazioni internazionali.

L'obiettivo principale di questa ricerca è lo sviluppo di soluzioni abitative temporanee che possano essere implementate rapidamente per garantire sicurezza e protezione alle popolazioni colpite immediatamente dopo un disastro. Questi rifugi devono essere non solo funzionali e sicuri ma anche scalabili e economicamente accessibili, adattandosi alle diverse condizioni geografiche e culturali delle aree colpite. Inoltre, la ricerca si concentra sulla sostenibilità dei materiali e delle tecniche costruttive, riducendo l'impatto ambientale e promuovendo la resilienza a lungo termine. Importante è anche la modulabilità di questi rifugi, che

Figura 1.7 Report dei rifugi ad oggi utilizzati nel mondo, 2024 @globalsheltercluster - L'immagine presenta i dati aggiornati a gennaio 2024 dal Global Shelter Cluster relativi agli interventi globali nel settore dei rifugi umanitari. Il report evidenzia che 92 milioni di persone si trovano in stato di necessità, mentre 32 milioni sono state identificate come target per ricevere assistenza, di cui 20 milioni effettivamente raggiunte. Tra queste, 15 milioni hanno beneficiato di assistenza non alimentare (NFI Assistance) e 7 milioni di assistenza abitativa diretta. Tuttavia, permane un significativo deficit di finanziamento: a fronte di un fabbisogno di 3,111 miliardi di dollari, solo 1,289 miliardi sono stati raccolti, coprendo appena il 41% delle necessità.

⁵ Christoplos, I., Mitchell, J., & Liljelund, A. (2001). *Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness*. In: "Disasters", 25(3), 185-198.

devono poter essere facilmente assemblati, smontati, o convertiti, in linea con le esigenze di transizione verso soluzioni di alloggio più permanenti durante la fase di ricostruzione. Infine, oltre all'aspetto pratico, i rifugi post-emergenziali dovrebbero fornire un senso di dignità e normalità alle persone colpite, facilitando la ripresa delle attività quotidiane e offrendo spazi che promuovano il benessere psicologico e sociale.

La fase di **ricostruzione** post-disastro è un momento cruciale, non solo per riparare i danni fisici, ma anche per introdurre soluzioni che vadano oltre la semplice riparazione, mirando a costruire un futuro più sicuro e sostenibile. Questo processo deve necessariamente tenere conto di tre aspetti fondamentali: il sociale, l'ambientale e l'economico.

Dal punto di vista sociale, è essenziale che la ricostruzione non si limiti a ripristinare le condizioni preesistenti, ma che lavori per migliorare la qualità della vita delle persone colpite. Questo significa coinvolgere attivamente le comunità locali nel processo decisionale, ascoltando le loro esigenze e promuovendo soluzioni che siano inclusive ed eque. Solo così si può rafforzare il senso di appartenenza e responsabilità verso le nuove infrastrutture e i sistemi di gestione del rischio, rendendo la comunità più resiliente.

L'aspetto economico non può essere trascurato. La ricostruzione deve essere vista come un'opportunità per rilanciare l'economia delle aree colpite, non solo riparando i danni, ma anche migliorando le condizioni economiche rispetto al passato. Questo richiede una pianificazione attenta e un utilizzo efficiente delle risorse disponibili, cercando sempre di bilanciare il recupero economico con la preservazione dell'ambiente, per garantire uno sviluppo sostenibile nel futuro.

A seconda del tipo di disastro, la **ricostruzione** può richiedere interventi di diversa portata e tempistica. Nel breve termine, è fondamentale garantire la sicurezza e ripristinare i servizi essenziali. Nel medio termine, si lavora per stabilizzare la situazione e ricostruire le infrastrutture critiche. A lungo termine, l'obiettivo è sviluppare strategie sostenibili che migliorino la resilienza e prevengano futuri disastri⁶.

La ricostruzione rappresenta quindi un'opportunità unica per ridefinire le strategie di sviluppo economico e sociale delle aree colpite, indirizzandole verso una maggiore equità e inclusione. A tal fine, è fondamentale che le operazioni di ricostruzione siano guidate da una pianificazione accurata che tenga conto non solo delle necessità immediate ma anche delle prospettive a lungo termine di sviluppo sostenibile. Ciò implica un'attenta valutazione delle risorse naturali, economiche e umane disponibili e la ricerca di un equilibrio tra il recupero economico e la preservazione ambientale, così da non compromettere le basi per uno sviluppo futuro⁷.

In quest'ottica, le politiche di gestione del post-disastro e le strategie di ricostruzione devono essere integrate in un quadro normativo e di governance che promuova la resilienza, l'adattabilità e la sostenibilità, coinvolgendo attivamente le comunità locali nel processo decisionale. Il coinvolgimento delle comunità non solo assicura che la ricostruzione risponda efficacemente alle loro esigenze ma rafforza anche il senso di appartenenza e responsabilità nei confronti delle nuove infrastrutture e dei sistemi di gestione del rischio adottati⁸.

⁶ Christoplos, I., Mitchell, J., & Liljelund, A. (2001). *Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness*. In: "Disasters", 25(3), 185-198.

⁷ Saban, L. I. (2014). *Disaster emergency management: the emergence of professional help services for victims of natural disasters*. SUNY Press.

⁸ Ibidem

La collaborazione internazionale e il supporto reciproco tra paesi e regioni colpite da disastri simili offrono preziose opportunità di apprendimento e condivisione di buone pratiche, nonché la possibilità di sviluppare standard internazionali per la resilienza e la sostenibilità nelle costruzioni e nell'urbanistica. La solidarietà internazionale può anche facilitare l'accesso a finanziamenti dedicati e tecnologie avanzate, elementi spesso fuori dalla portata di comunità e nazioni gravemente colpite da disastri. Questa cooperazione transnazionale può catalizzare la creazione di reti di conoscenza e assistenza tecnica, rendendo le operazioni di recupero più efficaci e sostenibili nel tempo⁹.

La transizione verso la resilienza e la sostenibilità richiede un'attenta considerazione degli aspetti economici legati alla ricostruzione. L'allocazione efficiente delle risorse finanziarie, sia pubbliche che private, è essenziale per garantire che le operazioni di recupero non solo ripristinino le condizioni di vita precedenti ma le migliorino, introducendo innovazioni e prassi che riducono la vulnerabilità futura. L'adozione di modelli di finanziamento innovativi, come i bond catastrofali, i fondi di assicurazione collettiva e i programmi di investimento in infrastrutture resilienti, può offrire le basi economiche per una ricostruzione che tenga conto dei rischi futuri, massimizzando l'efficacia degli investimenti nel tempo¹⁰.

Oltre agli aspetti finanziari, la ricostruzione offre l'occasione per ripensare le strategie di sviluppo locale e regionale, integrando principi di equità sociale, accessibilità e inclusione. La progettazione urbana e rurale post-disastro deve essere sensibile alle diverse necessità delle comunità, promuovendo l'accesso equo a servizi essenziali, opportunità economiche e spazi pubblici sicuri e accoglienti. La pianificazione dello sviluppo dovrebbe altresì includere meccanismi per il sostegno psicosociale e la ricostruzione del tessuto sociale, riconoscendo il profondo impatto emotivo e psicologico che i disastri hanno sulle persone¹¹.

Un elemento cruciale in questo processo è la capacità di apprendere dagli eventi passati, sia in termini di ciò che ha funzionato sia di ciò che ha fallito. L'analisi approfondita degli interventi post-disastro fornisce dati inestimabili per la preparazione e la risposta a futuri eventi. Questo apprendimento continuo deve essere incorporato nelle pratiche di governance locale e nazionale, assicurando che le politiche pubbliche si evolvano in risposta alle nuove conoscenze e alle mutevoli condizioni ambientali e climatiche¹².

Le strategie di mitigazione e di adattamento rappresentano due approcci complementari nel quadro della gestione dei rischi di disastri, ognuno con il proprio insieme di metodologie, tecniche e pratiche, mirate rispettivamente a ridurre la probabilità di verificarsi di un disastro e a minimizzare l'impatto dei disastri quando questi si verificano¹³.

La mitigazione, pertanto, si avvale di un ampio spettro di iniziative che spaziano dalla pianificazione territoriale strategica, che tiene conto della vulnerabilità e della capacità di resistenza delle aree soggette a rischio, alla progettazione e realizzazione di infrastrutture fisiche capaci di resistere agli eventi estremi, come le barriere anti-inondazione e i sistemi di drenaggio migliorati, nonché l'adozione e l'attuazione di normative edilizie che assicurino che le nuove costruzioni e le ristrutturazioni di quelle

⁹ Zhou, L., Wu, X., Xu, Z., & Fujita, H. (2018). Emergency decision making for natural disasters: An overview. In "International journal of disaster risk reduction", 27, 567-576

¹⁰ Ibidem

¹¹ Al-Dahash, H., Thayaparan, M., & Kulatunga, U. (2016, August). *Understanding the terminologies: Disaster, crisis and emergency*. In "Proceedings of the 32nd annual ARCOM conference", ARCOM 2016, 1191-1200.

¹² ibidem

¹³ Wouter Botzen, W. J., Bouwer, L. M., Scussolini, P., Kuik, O., Haasnoot, M., Lawrence, J., & Aerts, J. C. (2019). *Integrated disaster risk management and adaptation*. In "Loss and damage from climate change: Concepts, methods and policy options", 287-315.

esistenti siano in grado di sopportare gli impatti dei disastri naturali. In aggiunta, la mitigazione include l'implementazione di politiche pubbliche che promuovano pratiche di sviluppo sostenibile e riducano le emissioni di gas serra, fattori che contribuiscono al cambiamento climatico e, di conseguenza, all'intensificarsi della frequenza e della severità dei disastri naturali¹⁴. D'altro canto, l'adattamento si concentra sull'aggiustamento delle pratiche, dei processi e delle politiche esistenti in risposta agli effetti attuali o previsti dei cambiamenti climatici, con l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità delle comunità e aumentare la loro resilienza. Ciò può includere lo sviluppo di sistemi di allerta precoce che permettano una risposta tempestiva in caso di eventi meteorologici estremi, l'introduzione di pratiche agricole resilienti al clima per garantire la sicurezza alimentare, e la promozione di strategie di conservazione dell'acqua per far fronte alle siccità. Ulteriormente, l'adattamento prevede la sensibilizzazione e l'educazione dei cittadini sui rischi legati ai disastri naturali e sulle migliori pratiche per mitigarne gli effetti, oltre al rafforzamento delle reti sociali e delle infrastrutture comunitarie per garantire che le comunità siano meglio preparate a far fronte e a riprendersi dagli impatti dei disastri.

Una componente critica sia della mitigazione che dell'adattamento è la necessità di un impegno coordinato tra diversi attori, tra cui governi a tutti i livelli, organizzazioni internazionali, il settore privato e le comunità locali. Questo richiede non solo un'efficace condivisione delle informazioni e delle migliori pratiche ma anche l'integrazione delle politiche di mitigazione e adattamento nei processi decisionali a tutti i livelli. La collaborazione tra i diversi settori può facilitare l'innovazione nelle tecniche di costruzione, nella pianificazione urbana e nelle pratiche agricole, contribuendo così a ridurre i rischi legati ai disastri e ad aumentare la capacità delle comunità di adattarsi ai cambiamenti ambientali¹⁵.

La realizzazione di strategie di mitigazione efficaci richiede un approccio basato sulla valutazione dei rischi, che consideri la probabilità di eventi disastrosi specifici e il loro potenziale impatto su comunità e infrastrutture. Questo implica l'identificazione delle aree più a rischio e la focalizzazione delle risorse su interventi che possano ridurre significativamente tale rischio, come la restrizione dello sviluppo in zone ad alto rischio di inondazioni o frane e il miglioramento delle infrastrutture critiche per renderle più resilienti. Allo stesso modo, le strategie di adattamento devono essere basate su una comprensione approfondita dei cambiamenti climatici e dei loro impatti specifici a livello locale, permettendo di sviluppare interventimirati che indirizzino le vulnerabilità uniche di ciascuna comunità¹⁶.

Per garantire l'efficacia di queste strategie, è imperativo che le iniziative di mitigazione e adattamento siano integrate nei processi di pianificazione e sviluppo a lungo termine, con un'enfasi particolare sulla costruzione di partnership tra il pubblico e il privato e sull'incoraggiamento di un'azione collettiva. Ciò richiede una governance multilivello che coinvolga attivamente le comunità locali nel processo decisionale, assicurando che le misure adottate siano non solo tecnicamente valide ma anche socialmente accettabili e economicamente fattibili. La partecipazione della comunità è fondamentale per identificare le esigenze locali

¹⁵ Lei, Y., Wang, J. A., Yue, Y., Zhou, H., & Yin, W. (2014). *Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective*. In "Natural hazards", 70, 609-627.

¹⁶ Ibidem

specifiche e per sviluppare soluzioni su misura che siano culturalmente sensibili e radicate nel contesto locale. Questo approccio partecipativo non solo aumenta l'efficacia delle misure implementate ma promuove anche un senso di proprietà e responsabilità tra i cittadini, aspetti cruciali per il successo a lungo termine di qualsiasi iniziativa di mitigazione o adattamento¹⁷.

Inoltre, l'impiego di tecnologie avanzate e l'innovazione sono essenziali per migliorare la capacità di previsione dei disastri e la risposta ad essi. La telemetria, la modellazione climatica, e i sistemi informativi geografici (GIS) giocano un ruolo chiave nel migliorare la comprensione dei fenomeni naturali e nella gestione delle risorse, consentendo di ottimizzare le strategie di intervento. Queste tecnologie possono facilitare l'identificazione precoce dei rischi e l'attuazione di azioni preventive, oltre a migliorare la distribuzione delle risorse durante e dopo gli eventi disastrosi, assicurando che l'assistenza raggiunga in modo efficiente coloro che ne hanno più bisogno¹⁸.

La resilienza climatica richiede anche un impegno costante nel miglioramento delle capacità tecniche e professionali delle persone coinvolte nella gestione dei disastri. La formazione e l'educazione continua per ingegneri, pianificatori urbani, agronomi, e professionisti del settore della gestione dei rischi di disastri sono essenziali per mantenere elevati standard di sicurezza e per innovare in risposta a nuove sfide. Questo include la condivisione transnazionale di conoscenze e migliori pratiche attraverso piattaforme e reti internazionali, promuovendo un approccio globale alla riduzione del rischio di disastri¹⁹.

Un aspetto fondamentale nella realizzazione di strategie di mitigazione e adattamento efficaci è la capacità di mobilitare finanziamenti adeguati.

La cooperazione internazionale, insieme al sostegno di istituzioni finanziarie internazionali, può fornire i mezzi necessari per implementare progetti su larga scala che possano avere un impatto significativo nella riduzione dei rischi. Allo stesso tempo, è importante sviluppare meccanismi finanziari innovativi che incentivino il settore privato a investire in progetti di resilienza e sostenibilità, riconoscendo il valore di una pianificazione a lungo termine che consideri i rischi legati ai cambiamenti climatici²⁰.

Mitigazione e adattamento, seppur distinti per approccio e finalità, convergono nell'obiettivo di ridurre la vulnerabilità ai disastri e rafforzare la capacità di recupero delle comunità. La loro integrazione, tramite pianificazione coordinata e visione strategica, è essenziale per costruire società resilienti, in grado di affrontare i cambiamenti climatici senza compromettere il benessere delle generazioni future.

¹⁷ Mitchell, T., Mechler, R., & Peters, K. (2014). *Disaster risk management and adaptation to extreme events: Placing disaster risk management at the heart of national economic and fiscal policy*. In "Routledge handbook of the economics of climate change adaptation", Routledge, 417-436.

¹⁸ Ibidem

¹⁹ Charles, S. H., Chang-Richards, A. Y., & Yiu, T. W. (2022). *A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience*. In "International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment".

²⁰ Li, J., Foden, G. W., Chow, S. K., & To, L. S. (2024). *Integrating sustainable and energy-resilient strategies into emergency shelter design*. In "Renewable and Sustainable Energy Reviews", 191, 113968.

1.2 | Analisi dei riferimenti normativi internazionali e nazionali

L'analisi dei riferimenti normativi relativi agli aiuti umanitari e alle fasi post-emergenziali deve essere articolata in due principali categorie: normative internazionali e nazionali. **A livello internazionale**, esistono strumenti normativi che includono trattati, convenzioni e linee guida sviluppate da organismi sovranazionali, come le Nazioni Unite, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), e organizzazioni non governative di rilievo globale come la Croce Rossa Internazionale e Medici Senza Frontiere. Questi strumenti stabiliscono i principi guida, gli obblighi e gli standard minimi per le operazioni umanitarie, basati su diritti umani universali, e sono cruciali per garantire una risposta coordinata e efficace a livello globale²¹.

²¹ Caron, D. D., Kelly, M. J., & Telesetsky, A. (Eds.) (2014). *The international law of disaster relief*. Cambridge University Press.

A livello nazionale, ogni paese adotta leggi e regolamenti specifici che disciplinano la gestione delle emergenze sul proprio territorio. Queste normative sono influenzate dalle condizioni locali, comprese le risorse disponibili e le specifiche vulnerabilità geografiche. In Italia, ad esempio, il Codice della Protezione Civile e le leggi specifiche come il Decreto Legislativo n.1 del 2018, definiscono il quadro normativo per la prevenzione, il soccorso e la ricostruzione post-disastro, delineando responsabilità precise a vari livelli di governo.

La complessità e l'ampiezza di questo panorama normativo richiedono un'attenzione particolare verso gli strumenti internazionali che stabiliscono principi guida e obblighi, e che sono fondamentali per garantire che ogni individuo riceva protezione e assistenza in situazioni di estrema vulnerabilità. In particolare, strumenti come la Carta Umanitaria e il Manuale Sphere sono al centro di questo quadro normativo, mettendo in risalto l'indivisibilità della dignità umana²².

²² Ibidem

Al cuore di questo quadro normativo si trova la Carta Umanitaria, un documento centrale nell'assistenza umanitaria che articola i principi fondamentali, ponendo l'essere umano e la sua dignità al centro delle operazioni. La Carta Umanitaria è parte integrante del Progetto Sphere, iniziativa lanciata nel 1997 da un gruppo di organizzazioni umanitarie non governative, in collaborazione con il Movimento della Croce Rossa e della Mezzaluna Rossa Internazionale. L'obiettivo principale di questo progetto era migliorare la qualità degli interventi umanitari e garantire una maggiore responsabilità delle organizzazioni coinvolte nei confronti delle popolazioni colpite²³.

²³ Ibidem

Il Progetto Sphere è stato concepito per stabilire una serie di Standard Minimi universali nei settori chiave della risposta umanitaria, come l'approvvigionamento idrico, i servizi igienico-sanitari, la nutrizione, i rifugi e l'assistenza sanitaria. Questi standard sono raccolti nel Manuale Sphere, che è diventato uno strumento di riferimento fondamentale per tutti gli operatori umanitari, dalle ONG internazionali alle organizzazioni locali, fino ai governi e ai donatori. Destinato principalmente a chi pianifica e

implementa interventi di soccorso, il Manuale Sphere serve a garantire che l'assistenza umanitaria sia prestata in modo imparziale, neutrale e indipendente, sempre con l'obiettivo di proteggere e promuovere la dignità umana²⁴.

La Carta Umanitaria si integra con i Principi di Protezione, che traducono i principi giuridici universali e i diritti umani in azioni concrete e orientamenti per le pratiche umanitarie. Questi principi fungono da guida per le organizzazioni umanitarie, sottolineando l'importanza di concentrare l'assistenza sulle persone più vulnerabili e di operare in modo da non aggravare ulteriormente la loro condizione.

Inoltre, i Principi di Protezione pongono le basi per un approccio alla protezione che va oltre la semplice fornitura di beni e servizi, enfatizzando la necessità di affrontare le cause profonde della vulnerabilità, come le violazioni dei diritti umani e la violenza²⁵.

Il **Manuale Sphere**, che incorpora la Carta Umanitaria e i Principi di Protezione, rappresenta un ulteriore raffinamento di questi concetti, stabilendo Standard Minimi specifici in aree cruciali dell'assistenza umanitaria come l'approvvigionamento idrico, la nutrizione, gli insediamenti e la salute.

Gli Standard Minimi di Sphere sono il risultato di un ampio consenso tra le organizzazioni umanitarie e sono basati su pratiche riconosciute come efficaci e etiche.

Questi standard non solo delineano le condizioni necessarie per garantire la sopravvivenza e il benessere delle persone colpite da disastri, ma promuovono anche una ripresa dignitosa e sostenibile, mettendo in primo piano la partecipazione attiva delle comunità nell'identificazione delle loro esigenze e nella pianificazione delle risposte²⁶.

Un aspetto distintivo del Manuale Sphere è l'accento posto sulla responsabilità e sulla qualità nell'assistenza umanitaria. La Carta Umanitaria e gli Standard Minimi fungono da benchmark contro cui le organizzazioni possono misurare la qualità delle loro operazioni e sono spesso utilizzati come criteri nei processi di rendicontazione e valutazione. L'adozione di questi standard da parte di un numero crescente di organizzazioni umanitarie e donatori ha contribuito a elevare il livello di professionalità e responsabilità nel settore umanitario, facilitando al contempo la cooperazione e il coordinamento tra gli attori coinvolti²⁷.

L'efficacia dell'applicazione della Carta Umanitaria e degli Standard Minimi di Sphere dipende dalla capacità delle organizzazioni di integrare questi standard all'interno delle loro strategie operative e dei loro processi decisionali. Ciò comporta la traduzione degli standard e dei principi in azioni concrete, che possono variare significativamente a seconda delle circostanze. Ad esempio, le modalità di fornitura di acqua potabile o di assistenza sanitaria dovranno inevitabilmente adattarsi alle infrastrutture locali esistenti, alle risorse disponibili e ai bisogni specifici delle comunità colpite da disastri. La sfida per le organizzazioni umanitarie consiste nel navigare queste complessità operando scelte che siano al contempo fedeli agli standard internazionali e attente alle realtà locali²⁸.

La partecipazione attiva delle comunità colpite è centrale nella filosofia di Sphere, sostenendo l'idea che le persone coinvolte nelle crisi abbiano

²⁴ The Sphere Project [2004]. *Carta Umanitaria e Norme minime di risposta in caso di disastri*, https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Italian_Handbook2.pdf

²⁵ Ibidem

²⁶ Salama, P., Buzard, N., & Spiegel, P. (2001). *Improving standards in international humanitarian response: The Sphere Project and beyond*. JAMA, 286(5), 531-532.

²⁷ Ibidem

²⁸ The Sphere Project 2004, Op. cit.



Figura 1.9 Il manuale Sphere, 2018 @ Sphere

il diritto non solo di ricevere assistenza, ma anche di essere coinvolte attivamente nelle decisioni che riguardano la loro vita. Questo approccio partecipativo rafforza l'efficacia e la sostenibilità delle azioni umanitarie, promuovendo l'empowerment delle comunità e il rafforzamento della loro resilienza. Tuttavia, realizzare una partecipazione significativa in contesti di emergenza può presentare sfide significative, richiedendo che le organizzazioni sviluppino capacità di ascolto, comunicazione e negoziazione interculturale²⁹.

La responsabilità delle organizzazioni umanitarie nei confronti delle popolazioni assistite è un altro principio cardine del Manuale Sphere, che si riflette nell'accento posto sulla trasparenza, sulla rendicontazione e sul miglioramento continuo. Questo implica non solo la condivisione delle informazioni sulle azioni intraprese, ma anche la disponibilità a ricevere e agire in base al feedback delle comunità colpite e di altri stakeholder. L'implementazione di meccanismi di feedback e di sistemi di monitoraggio e valutazione basati sugli Standard Minimi consente alle organizzazioni di valutare l'efficacia delle loro risposte e di identificare aree di miglioramento³⁰.

La sfida di integrare gli Standard Minimi di Sphere e i Principi di Protezione nelle pratiche umanitarie richiede anche un impegno costante nella formazione e nell'educazione del personale e dei volontari. La diffusione di queste conoscenze tra gli operatori umanitari è essenziale per garantire che le azioni sul campo siano informate da un approccio basato sui diritti e orientato alla qualità. Le organizzazioni devono pertanto investire in programmi di formazione che coprano non solo gli aspetti tecnici degli interventi umanitari, ma anche le competenze relazionali e comunicative necessarie per lavorare efficacemente con le comunità colpite³¹.

²⁹ Salama et al. 2021, Op. cit.

³⁰ Ibidem

³¹ Maniscalco, M. L. (2004). *L'azione umanitaria: dilemmi e paradossi vecchi e nuovi*. Rivista trimestrale di scienza della amministrazione. LUG./SET, 2004, 1000-1012

Infine, l'applicazione della Carta Umanitaria, dei Principi di Protezione e degli Standard Minimi di Sphere nei contesti di emergenza in un panorama umanitario in continua evoluzione richiede un adattamento alle realtà in rapida evoluzione che caratterizzano le crisi umanitarie contemporanee e una continua riflessione critica sul ruolo dell'azione umanitaria nel contesto più ampio dello sviluppo sostenibile e della prevenzione dei conflitti.

Mentre gli standard forniscono una guida essenziale per l'assistenza immediata, la loro integrazione in strategie a lungo termine per la riduzione della povertà, la gestione dei rischi di disastri e la costruzione della pace è fondamentale per affrontare le radici profonde della vulnerabilità e per promuovere una ripresa dignitosa e sostenibile per le comunità colpite. Dunque, questo processo di adattamento e applicazione pratica implica una costante interazione tra gli standard internazionali e le specificità dei contesti locali, richiedendo che le organizzazioni umanitarie mantengano un equilibrio delicato tra il rispetto dei principi universali e la sensibilità verso le dinamiche culturali, sociali ed economiche locali³².

Dopo aver esaminato i principali riferimenti normativi internazionali che guidano l'azione umanitaria a livello globale, è fondamentale analizzare come queste normative si contestualizzano e si applicano all'interno del quadro nazionale italiano. La gestione delle emergenze in Italia, infatti, è governata da un insieme complesso e articolato di normative che riflettono la comprensione collettiva e l'esperienza accumulata nel corso degli anni in risposta a eventi calamitosi di varia natura, come terremoti, alluvioni e crisi sanitarie. Questo quadro normativo è caratterizzato da una stratificazione di disposizioni che abbracciano diversi livelli di governance, dal nazionale al regionale e locale, delineando responsabilità, procedure e poteri specifici destinati a fronteggiare le emergenze.

Il Codice della Protezione Civile, introdotto con il Decreto Legislativo n.1 del 2018, rappresenta la pietra miliare della legislazione italiana in materia di emergenze. Il Codice sintetizza e organizza in maniera sistematica le normative precedenti, stabilendo un quadro normativo coerente e aggiornato che regola le attività di prevenzione, soccorso, assistenza e ripristino in seguito a disastri naturali o causati dall'uomo. La sua importanza risiede nella chiara definizione delle responsabilità e dei ruoli delle varie autorità coinvolte nella gestione delle emergenze, dal livello nazionale a quello regionale e comunale, assicurando un'azione coordinata e efficace in risposta agli eventi calamitosi³³.

Allo stesso modo, il Piano Nazionale di Protezione Civile, elaborato ai sensi del Codice della Protezione Civile, fornisce un dettaglio operativo sulle strategie, le risorse e le procedure da adottare per affrontare le diverse tipologie di emergenza. Questo documento è fondamentale per garantire una preparazione adeguata e una risposta tempestiva da parte delle autorità competenti, delineando i meccanismi di coordinamento e le modalità di intervento in scenari di crisi.

La normativa relativa alla gestione degli incendi boschivi, rappresentata dalla Legge n.225 del 1992, evidenzia l'attenzione posta dall'Italia nella prevenzione e nella lotta contro uno dei rischi naturali più frequenti e devastanti. Questa legge stabilisce misure preventive e operative

³² Salama, P., Buzard, N., & Spiegel, P. (2001). *Improving standards in international humanitarian response: The Sphere Project and beyond*. JAMA, 286(5), 531-532.

³³ Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 (Raccolta 2018) Codice della protezione civile.

specifiche per prevenire, monitorare e combattere gli incendi boschivi, integrando le azioni di protezione civile con le politiche ambientali e di tutela del territorio.

La Legge Nazionale n.241 del 1990 introduce importanti principi in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi, rilevanti anche nel contesto della gestione delle emergenze. Questa normativa garantisce trasparenza e diritto di partecipazione dei cittadini ai processi decisionali, aspetti cruciali per mantenere la fiducia pubblica e per assicurare un'azione amministrativa rispettosa dei diritti dei singoli anche in situazioni di emergenza³⁴.

I **Decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri (DPCM)** rappresentano uno strumento agile che il Governo può utilizzare per introdurre misure specifiche in risposta a situazioni emergenziali, come dimostrato ampiamente durante la pandemia di COVID-19. Questi decreti hanno la capacità di adattare rapidamente la normativa alle esigenze contingenti, regolando dettagliatamente le restrizioni e le misure preventive necessarie per la tutela della salute pubblica³⁵.

Le **normative regionali** e locali completano il quadro legislativo, consentendo alle singole regioni e comuni di adottare leggi e regolamenti che rispondano alle specificità territoriali e alle esigenze locali. Questo livello di normativa è fondamentale per garantire una gestione efficace delle emergenze, considerando le diverse vulnerabilità e capacità di risposta che caratterizzano il variegato territorio italiano³⁶.

La dichiarazione dello stato di emergenza, come previsto dall'articolo 24 ("Deliberazione dello stato di emergenza di rilievo nazionale") del sopracitato Decreto legislativo 1/2018, è un meccanismo chiave che attiva una serie di misure straordinarie per affrontare situazioni eccezionali. La decisione di dichiarare lo stato di emergenza spetta al Consiglio dei Ministri, basandosi sulle valutazioni tecniche presentate dal Dipartimento della Protezione Civile e rappresenta una risposta normativa che consente di mobilitare risorse e poteri straordinari per affrontare efficacemente la crisi. Questo strumento giuridico permette di operare con maggiore flessibilità, superando gli ostacoli burocratici che potrebbero rallentare le operazioni di soccorso e assistenza, e di accedere a fondi dedicati attraverso il Fondo per le emergenze nazionali, garantendo così un supporto finanziario immediato alle aree colpite³⁷.

La gestione dello stato di emergenza in Italia si avvale anche del potere di ordinanza, conferito al Capo del Dipartimento della Protezione Civile o ad altri soggetti specificatamente designati, che consente l'emissione di ordinanze contingibili e urgenti per affrontare le necessità più immediate, regolando aspetti che vanno dalla sospensione di norme vigenti all'assegnazione di compiti specifici alle amministrazioni coinvolte. Queste ordinanze rappresentano uno degli strumenti più flessibili e rapidi a disposizione delle autorità per gestire l'emergenza in tempo reale, consentendo una reazione tempestiva alle esigenze in continua evoluzione del contesto di crisi³⁸.

Nonostante la solidità e la completezza del quadro normativo italiano in materia di emergenze, la prassi applicativa ha evidenziato alcune criticità, soprattutto in relazione alla gestione di emergenze prolungate o di

³⁴ Legge 24 febbraio 1992, n. 225 Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

³⁵ Legge 7 agosto 1990, n. 241 Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi.

³⁶ Ronga, U. (2020). *Il Governo nell'emergenza (permanente). Sistema delle fonti e modello legislativo a partire dal caso Covid-19*. Nomos-le attualità del diritto, (1).

³⁷ Covino, F. (2019). *È necessaria l'intesa tra stato e regioni per la ricostruzione dei territori terremotati (ma sono fatti salvi i provvedimenti emergenziali già approvati)*. Corte cost., sent. 2 dicembre 2019, n. 246. In "Forum di quaderni costituzionali rassegna", Il mulino, 29-30.

³⁸ Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 [Raccolta 2018] Codice della protezione civile.

particolare entità, come la crisi sanitaria legata al COVID-19. In questi casi, la necessità di prorogare lo stato di emergenza oltre i limiti temporali previsti ha sollevato questioni relative alla sostenibilità delle misure straordinarie nel lungo termine e alla loro compatibilità con i principi costituzionali di proporzionalità e necessità³⁹.

La risposta a tali sfide ha visto l'adozione di decreti-legge che, pur nel rispetto dei principi costituzionali, hanno esteso le capacità di intervento dello stato al di là dei termini usualmente consentiti dalla normativa vigente, evidenziando la flessibilità del sistema legale italiano di fronte a scenari emergenziali senza precedenti. Questa capacità di adattamento, tuttavia, solleva interrogativi sull'equilibrio tra poteri straordinari e garanzie democratiche, sottolineando l'importanza di meccanismi di controllo e valutazione che assicurino la conformità delle azioni intraprese ai principi di legalità, trasparenza e accountability⁴⁰.

Inoltre, l'esperienza maturata nell'affrontare le emergenze ha portato alla luce l'esigenza di rafforzare ulteriormente la collaborazione tra i vari livelli di governo e le agenzie coinvolte, dalla pianificazione e prevenzione fino alla fase di risposta e di recupero post-emergenza. La definizione di protocolli operativi condivisi, la formazione e l'aggiornamento costante del personale, e l'integrazione delle risorse e delle competenze sono aspetti fondamentali per incrementare l'efficacia del sistema di protezione civile, rendendolo capace di rispondere in modo ancora più coordinato e resiliente alle sfide future.

La normativa italiana in materia di emergenze rappresenta, dunque, un framework complesso e articolato, che riflette l'impegno del paese nella costruzione di un sistema di protezione civile capace di affrontare le sfide poste da un contesto di rischio in costante evoluzione. Questo corpus normativo non solo disciplina le procedure di gestione delle emergenze, ma ha anche un impatto diretto sulla progettazione e costruzione dei rifugi temporanei e permanenti destinati alle popolazioni colpite da disastri. Le leggi e i regolamenti italiani stabiliscono standard tecnici e criteri di sicurezza che devono essere rigorosamente seguiti nella costruzione di tali strutture, assicurando che siano resilienti, sicure e adeguate alle esigenze specifiche dei vari contesti territoriali. Inoltre, la continua revisione e aggiornamento delle leggi, insieme all'analisi critica delle prassi applicative e alla promozione di un dialogo costante tra i diversi stakeholder, sono essenziali per assicurare che il sistema normativo italiano rimanga all'avanguardia nella gestione delle emergenze, garantendo la sicurezza dei cittadini e la resilienza del territorio. In questo contesto, la normativa gioca un ruolo fondamentale nel guidare non solo la risposta immediata alle emergenze, ma anche la pianificazione a lungo termine per la costruzione di rifugi che possano servire come una protezione efficace e sostenibile contro futuri disastri.

³⁹ Luciani, M. (2020). *Il sistema delle fonti del diritto alla prova dell'emergenza*. Rivista Aic, 2020(2), 109-141.

⁴⁰ Caldirola, D. (2010). *Il commissario straordinario nell'emergenza*. Amministrare, 40(2), 197-214.

1.3 | Analisi dei protocolli energetici internazionali

⁴¹ Rezaallah, A., Bolognesi, C., & Khoraskani, R. A. (2012, May). *LEED and BREEAM; Comparison between policies, assessment criteria and calculation methods*. In "Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment" (BSA 2012), Porto, Portugal, 23-25.

L'integrazione dei protocolli energetici nella ricostruzione post-emergenziale rappresenta una sfida complessa ma necessaria per garantire la sostenibilità e la resilienza delle comunità colpite da eventi calamitosi. Tuttavia, la scelta dei protocolli più adeguati per questo contesto deve essere giustificata in base a criteri specifici, tra cui la loro applicabilità nelle fasi di emergenza e transizione, la loro capacità di adattarsi a contesti climatici e socioeconomici diversi e la loro efficacia nella riduzione dell'impatto ambientale degli insediamenti post-disastro.⁴¹ La progettazione energetica sostenibile, incentrata sull'uso di standard quali **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design), **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) e **WELL** (Building Standard), si manifesta attraverso una serie di strategie mirate all'ottimizzazione delle prestazioni energetiche degli edifici e alla minimizzazione del loro impatto sull'ambiente. In questo studio, sono stati presi in considerazione quattro protocolli – LEED, BREEAM, WELL e QSAND – sulla base della loro rilevanza per aspetti chiave della sostenibilità. La selezione di questi quattro protocolli è stata effettuata in base a una logica comparativa volta a rappresentare l'eterogeneità degli approcci alla sostenibilità rilevanti per il contesto dell'architettura post-emergenziale. In particolare:

LEED e BREEAM sono stati scelti in quanto standard internazionali consolidati, ampiamente applicati in progetti di edilizia sostenibile, che offrono una struttura metodologica solida per valutare le prestazioni ambientali e la gestione efficiente delle risorse.

WELL è stato incluso per introdurre la dimensione del benessere psicofisico degli utenti, aspetto fondamentale in condizioni di vulnerabilità e precarietà che caratterizzano le fasi emergenziali.

QSAND, infine, è stato selezionato per la sua specificità: si tratta di uno strumento nato per rispondere alle esigenze delle situazioni post-disastro, con un impianto metodologico che integra dimensioni ambientali, sociali ed economiche e una forte attenzione alla resilienza e alla partecipazione comunitaria.

Per rendere più esplicito il confronto e le potenzialità applicative dei protocolli selezionati, è stata elaborata una matrice comparativa (Tabella 1) che valuta ciascun protocollo sulla base di cinque criteri ritenuti rilevanti per l'architettura post-emergenziale:

Efficienza energetica: capacità del protocollo di promuovere la riduzione dei consumi e l'impiego di fonti rinnovabili;

Qualità ambientale interna: attenzione a parametri come comfort termico, qualità dell'aria, luce naturale e acustica;

Applicabilità in contesti emergenziali: adattabilità del protocollo a scenari instabili, temporanei e con risorse limitate;

Uso di materiali locali e a basso impatto: promozione dell'impiego di risorse facilmente reperibili e a ridotto impatto ambientale;

Coinvolgimento della comunità: grado di partecipazione degli utenti finali nel processo progettuale e decisionale.

Ambito analizzato	LEED	BREEAM	WELL	QSAND
Energia e risorse naturali	X	X	X	X
Uso del suolo e materiali locali	X	X		X
Gestione del ciclo di vita / rifiuti	X	X		
Comfort termico e ambientale	X	X	X	X
Qualità dell'aria / acqua / luce	X	X	X	X
Benessere fisico e mentale			X	X
Indicatori economici	X	X		
Coinvolgimento comunitario				X
Adattabilità a scenari post-emergenza				X
Resilienza climatica e rischio ambientale	X	X	X	X

Tabella 1.3.1 – Ambiti di sostenibilità considerati nei quattro protocolli selezionati. La presenza di una "X" indica l'inclusione esplicita dell'ambito nel framework valutativo del protocollo.

L'analisi comparativa mette in evidenza la diversa struttura concettuale dei protocolli selezionati. LEED e BREEAM offrono una copertura ampia degli aspetti ambientali, con particolare attenzione all'energia, ai materiali e alla gestione del ciclo di vita. WELL, al contrario, si focalizza quasi esclusivamente sul comfort e sul benessere degli occupanti, trascurando i parametri ambientali ed economici. QSAND si distingue per una copertura più equilibrata e contestuale: accanto agli aspetti tecnici, incorpora elementi sociali, partecipativi e di adattabilità, rendendolo particolarmente rilevante per l'architettura in contesti post-disastro.

⁴² AlWaer, H., Sibley, M., & Cooper, I. (2023). *Design and use of space in refugee camps: a case study of a contested terrain*. In "Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning", 176(3), 123-141.

⁴³ Ibidem

⁴⁴ Charles, S. H., Chang-Richards, A. Y., & Yiu, T. W. (2022). *A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience*. In "International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment", 13(1)

L'applicazione di tali protocolli richiede una comprensione approfondita delle specificità del contesto post-emergenziale, che include fattori come le condizioni climatiche locali, le risorse disponibili, e le priorità delle comunità colpite⁴². L'obiettivo è progettare edifici che non solo rispondano alle necessità immediate di rifugio e funzionalità ma che siano anche capaci di adattarsi al clima locale, riducendo la dipendenza da sistemi di climatizzazione artificiali e promuovendo il benessere degli occupanti attraverso una migliore qualità dell'aria interna e l'accesso alla luce naturale⁴⁸. Un esempio emblematico di integrazione di queste pratiche è visibile nell'adozione del sistema LEED nella ricostruzione di edifici temporanei e permanenti nelle aree colpite da calamità. Gli edifici certificati LEED dimostrano non solo un'alta performance ambientale ma offrono anche vantaggi economici grazie alla riduzione dei costi operativi legati al consumo energetico e alla manutenzione. Inoltre, il benessere e la salute degli occupanti sono posti al centro della progettazione, con un impatto positivo sul comfort abitativo e sulla qualità della vita⁴³.

La valutazione della sostenibilità degli insediamenti post-emergenziali attraverso l'uso di **BREEAM** e di altri standard analoghi permette un'analisi comprensiva che va oltre la mera efficienza energetica, includendo aspetti economici, ambientali e sociali. Questa valutazione olistica è cruciale per guidare le decisioni progettuali verso soluzioni che siano non solo ecocompatibili ma anche economicamente sostenibili e socialmente responsabili⁴⁴.

In questo ambito, l'analisi del ciclo di vita dei materiali diventa un aspetto chiave per comprendere l'impatto ambientale complessivo degli edifici, dalla loro costruzione fino alla demolizione. L'uso di materiali riciclati, riciclabili o localmente disponibili, insieme all'adozione di tecniche di costruzione che riducono gli sprechi, contribuisce significativamente a minimizzare l'impronta ecologica degli interventi di ricostruzione. A tal proposito, i **Criteri Ambientali Minimi (CAM)**, introdotti in Italia con il Decreto Ministeriale dell'11 ottobre 2017, rappresentano un punto di riferimento fondamentale per orientare le scelte progettuali e costruttive verso una maggiore sostenibilità ambientale. I CAM stabiliscono specifici requisiti ambientali per i materiali e le tecnologie utilizzati nella costruzione, promuovendo l'uso di risorse rinnovabili, il riciclo dei materiali, e la riduzione delle emissioni di CO₂. La loro applicazione non solo riduce l'impatto ambientale delle costruzioni, ma contribuisce anche a migliorare l'efficienza energetica e la qualità degli edifici, assicurando che gli interventi di ricostruzione siano allineati con gli obiettivi di sostenibilità definiti a livello nazionale ed europeo.

Allo stesso modo, la progettazione di spazi che promuovano il benessere fisico e psicologico degli occupanti, attraverso un'attenta considerazione della qualità dell'aria interna, dell'illuminazione naturale e dell'isolamento acustico, riflette l'importanza attribuita al parametro sociale della sostenibilità. La creazione di ambienti abitativi salubri e confortevoli, infatti, non solo migliora la qualità della vita delle persone ma contribuisce anche a rafforzare il senso di comunità e l'identità collettiva nelle aree colpite da disastri.

L'integrazione dell'edificio nel tessuto urbano e nella comunità circostante rappresenta un altro pilastro fondamentale nella progettazione sostenibile post-emergenziale. La promozione della mobilità sostenibile, la facilitazione dell'accesso ai servizi e la creazione di spazi pubblici che incentivano l'interazione sociale sono aspetti che contribuiscono al rafforzamento della coesione sociale e alla rigenerazione urbana. Inoltre, la progettazione di edifici che siano facilmente adattabili e flessibili nel tempo permette di rispondere efficacemente alle mutevoli esigenze della comunità, garantendo una resilienza a lungo termine degli insediamenti post-emergenziali.

Il ruolo del coinvolgimento delle comunità locali nella pianificazione e nell'implementazione dei progetti di ricostruzione emerge come un fattore critico per il successo degli interventi. L'ascolto attivo delle esigenze, delle priorità e delle aspettative degli utenti finali assicura che le soluzioni adottate siano realmente in linea con le necessità locali, promuovendo l'accettazione e l'appropriazione degli spazi da parte degli abitanti. Questo processo partecipativo non solo migliora l'efficacia degli interventi ma contribuisce anche a ricostruire il tessuto sociale danneggiato dal disastro, facilitando il recupero psicologico della comunità.

L'adozione di protocolli energetici e di sostenibilità nella ricostruzione post-emergenziale si configura, dunque, come un approccio complesso che richiede una visione multidisciplinare e integrata. L'interazione tra architetti, ingegneri, urbanisti, sociologi e la comunità è fondamentale per sviluppare progetti che siano al contempo innovativi, sostenibili e radicati nel contesto locale. In questo processo, la collaborazione tra enti pubblici, organizzazioni non governative, istituti di ricerca e il settore privato può offrire le competenze e le risorse necessarie per affrontare le sfide poste dalla ricostruzione in modo coordinato e efficace.

La sfida futura sarà quella di estendere e standardizzare l'applicazione di questi protocolli a livello globale, adattandoli alle diverse realtà geografiche e culturali, per promuovere pratiche di ricostruzione che siano non solo rispettose dell'ambiente ma anche capaci di migliorare la resilienza delle comunità di fronte a future calamità. In questo contesto, lo sviluppo di nuovi strumenti di valutazione e certificazione specifici per l'architettura post-emergenziale, come suggerito dalle iniziative europee e dallo strumento **QSAND** (Quantifying Sustainability in the Aftermath of Natural Disasters), rappresenta un passo avanti significativo verso l'obiettivo di integrare in modo sistematico la sostenibilità nei processi di ricostruzione, contribuendo a creare un futuro più sicuro e resiliente per le comunità colpite da disastri⁴⁵.

Attualmente, la capacità di QSAND di integrare considerazioni ambientali, sociali ed economiche in una visione comprensiva della sostenibilità rappresenta una pietra miliare nella gestione delle fasi post-emergenziali. L'adozione di questo modello per la pianificazione e realizzazione di campi per rifugiati e shelter temporanei si propone come una soluzione strategica per affrontare le problematiche immediate, garantendo al contempo un impatto positivo duraturo sulle comunità colpite e sull'ambiente. QSAND utilizza strumenti informatici avanzati, come il Core Assessment Tool (CAT),

Il **Q-SAND** (Quantifying Sustainability in the Aftermath of Natural Disasters) è un protocollo di valutazione sviluppato dal World Green Building Council con il supporto del programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP). Si tratta di uno strumento progettato per supportare la ricostruzione sostenibile dopo disastri naturali, fornendo un metodo per valutare e migliorare l'efficienza energetica, l'uso delle risorse e l'impatto ambientale delle soluzioni abitative adottate nei contesti emergenziali.

⁴⁵ Potangaroa, R. (2015). *Sustainability by design: The challenge of shelter in post disaster reconstruction*. In "Procedia-Social and Behavioral Sciences", 179, 212-221.

⁴⁶ Li, J., Foden, G. W., Chow, S. K., & To, L. S. (2024). *Integrating sustainable and energy-resilient strategies into emergency shelter design*. In "Renewable and Sustainable Energy Reviews", 191, 113968.

⁴⁷ Ibidem

⁴⁸ Ibidem

⁴⁹ Kwaylih, A., Alshawawreh, L., & Pomponi, F. (2023). *Sustainability Trends in Humanitarian Architecture Research: A Bibliometric Analysis*. In "Sustainability", 15(14), 11430.

⁵⁰ Charles, S. H., Chang-Richards, A. Y., & Yiu, T. W. (2022). *A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience*. In "International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment", 13(1)

che permettono di effettuare valutazioni dettagliate sugli impatti delle decisioni progettuali in termini di sostenibilità. Tuttavia, questi strumenti presentano alcuni limiti quando applicati all'architettura emergenziale. Ad esempio, la complessità dei modelli di valutazione e la necessità di dati precisi possono ostacolare l'adozione rapida e flessibile di soluzioni progettuali in contesti di emergenza, dove le condizioni sono spesso instabili e le risorse limitate. Inoltre, l'uso di questi strumenti richiede una formazione specifica, che può non essere sempre disponibile in situazioni di crisi. Nonostante questi limiti, il CAT e altri strumenti associati a QSAND forniscono un importante supporto per garantire che gli interventi siano allineati con gli obiettivi di sostenibilità e resilienza a lungo termine⁴⁶.

La dimensione ambientale di QSAND pone un'enfasi specifica sull'adozione di soluzioni sostenibili che minimizzino l'impronta ecologica degli interventi post-emergenziali. Questo si traduce nella selezione di materiali da costruzione ecocompatibili, nell'impiego di sistemi energetici efficienti e rinnovabili, e nella gestione oculata delle risorse naturali. La resilienza degli insediamenti viene incrementata attraverso la progettazione che considera i rischi specifici legati al cambiamento climatico e agli eventi estremi, assicurando che le strutture siano in grado di resistere a future calamità, riducendo così la vulnerabilità delle comunità⁴⁷.

La progettazione orientata alla sostenibilità, inoltre, non trascura l'importanza della biodiversità e degli spazi verdi, che contribuiscono al benessere psicofisico degli occupanti, favoriscono la biodiversità e offrono servizi ecosistemici essenziali come la regolazione del microclima e il controllo dell'erosione. La riqualificazione dei siti e la loro integrazione nel paesaggio naturale circostante diventano, pertanto, componenti fondamentali di un approccio ambientalmente responsabile alla ricostruzione⁴⁸. La sostenibilità sociale ed economica rappresenta un altro pilastro fondamentale del modello QSAND, che si manifesta nella promozione di pratiche inclusive e partecipative durante tutto il processo di ricostruzione. L'accento posto sull'interazione con le comunità locali assicura che gli interventi rispondano effettivamente alle esigenze e alle aspettative degli utenti finali, facilitando la creazione di ambienti che sostengano la coesione sociale, l'identità culturale e l'integrazione comunitaria⁴⁹. La dimensione economica, d'altro canto, si focalizza sulla sostenibilità finanziaria degli insediamenti, ricercando soluzioni che ottimizzino il rapporto costi-benefici sia nella fase di costruzione sia nel lungo periodo. Ciò implica un'attenta valutazione dei costi di gestione e manutenzione degli edifici, nonché l'impiego di tecnologie e materiali che contribuiscano a ridurre i consumi energetici e le spese operative. Inoltre, l'analisi del ciclo di vita dei progetti post-emergenziali consente di comprendere e minimizzare i costi ambientali ed economici complessivi, promuovendo allo stesso tempo opportunità di sviluppo locale e di generazione di reddito per le popolazioni colpite⁵⁰.

Dunque, il QSAND si propone come un modello innovativo che riformula l'approccio tradizionale alla gestione delle emergenze, indirizzandolo verso pratiche più sostenibili e resilienti. Il suo quadro di valutazione multidimensionale fornisce agli operatori del settore gli strumenti per realizzare interventi che non solo rispondano alle necessità immediate

di alloggio e infrastruttura ma promuovano anche il benessere a lungo termine delle comunità e la tutela dell'ambiente⁵¹.

La sfida futura sarà quella di implementare e diffondere l'uso di QSAND su scala più ampia, adattandolo alle diverse realtà geografiche e contesti di disastro, per garantire che la ricostruzione post-emergenziale in ogni parte del mondo possa avvenire secondo principi di sostenibilità comprensivi. In questo modo, sarà possibile non solo ricostruire ciò che è stato perduto ma fare un passo avanti significativo verso la costruzione di comunità più sicure, più resilienti e più sostenibili. L'obiettivo ultimo è trasformare la crisi in un'opportunità di miglioramento e innovazione, dove ogni intervento post-emergenziale diventa un tassello nella costruzione di un futuro più sostenibile per il pianeta e per le generazioni future⁵².

L'adozione diffusa di QSAND e di simili strumenti di valutazione rappresenta un cambiamento di paradigma nel modo in cui governi, organizzazioni umanitarie, imprese e comunità locali affrontano e rispondono ai disastri naturali. Richiede una visione lungimirante che vada oltre la semplice riparazione dei danni fisici, per abbracciare una pianificazione strategica che integri pienamente la sostenibilità e la resilienza come pilastri fondamentali della ricostruzione.

Per realizzare questa visione, è fondamentale promuovere una collaborazione internazionale tra tutti gli stakeholder coinvolti, inclusi i decisori politici, i professionisti dell'architettura e dell'ingegneria, gli esperti di sostenibilità, le comunità scientifiche e di ricerca, e le organizzazioni non governative. La condivisione delle conoscenze, delle esperienze e delle migliori pratiche a livello globale è cruciale per migliorare l'efficacia degli interventi post-emergenziali e per garantire che le soluzioni adottate siano basate sulle evidenze più aggiornate e sulle tecnologie più avanzate. Inoltre, l'educazione e la formazione giocano un ruolo chiave nel diffondere la consapevolezza sull'importanza della sostenibilità nella ricostruzione post-emergenziale. Programmi di formazione specifici per i professionisti coinvolti nella progettazione e realizzazione degli interventi, così come campagne informative destinate alle comunità locali, possono accelerare l'adozione di pratiche sostenibili e aumentare la capacità delle popolazioni di contribuire attivamente al processo di ricostruzione.

Il successo dell'implementazione di modelli come QSAND richiede inoltre sistemi efficaci di monitoraggio e valutazione, che permettano di tracciare i progressi, valutare l'impatto degli interventi e identificare aree di miglioramento. Questo processo di apprendimento continuo è essenziale per affinare gli strumenti di valutazione, adattarli alle specifiche esigenze delle diverse situazioni di emergenza e innovare costantemente le pratiche di ricostruzione.

L'innovazione tecnologica offre nuove opportunità per migliorare l'efficienza e l'efficacia degli interventi post-emergenziali. Dall'uso di materiali da costruzione avanzati e sostenibili all'impiego di tecnologie digitali per la progettazione, la gestione e il monitoraggio dei progetti, esiste un ampio spettro di soluzioni che possono contribuire a rendere la ricostruzione più rapida, meno costosa e più rispettosa dell'ambiente e delle comunità.

⁵¹ Ibidem

⁵² Sandman, H., Levänen, J., & Savela, N. (2018). *Using empathic design as a tool for urban sustainability in low-resource settings*. In "Sustainability", 10(7), 2493.

1.4 | Studio e valutazione delle metodologie di approccio internazionali e nazionali

La complessità degli interventi post-emergenziali, sia a livello nazionale italiano che nell'ambito comunitario europeo, richiede l'adozione di metodologie di intervento che siano non solo efficaci nell'immediato ma anche sostenibili e resilienti nel medio e lungo termine. L'incrocio di esperienze, competenze e risorse tra i diversi attori coinvolti è fondamentale per garantire una risposta coordinata e adeguata alle diverse sfaccettature delle emergenze, che possono variare significativamente in base al contesto geografico, sociale ed economico delle aree colpite.

A livello nazionale, in Italia, il Dipartimento della Protezione Civile rappresenta l'ente di riferimento per la gestione delle emergenze, operando secondo principi di efficienza, rapidità e coordinamento tra le varie realtà territoriali e istituzionali. Il modello italiano si basa su una forte integrazione tra le capacità operative e decisionali del Dipartimento e quelle delle strutture regionali e locali, con l'obiettivo di garantire un intervento tempestivo e mirato che tenga conto delle specificità locali⁵³.

La metodologia di intervento prevede una fase iniziale di valutazione delle necessità, attraverso la quale si raccolgono dati essenziali per comprendere l'entità del disastro e le priorità d'intervento. Questa fase è seguita da un'accurata pianificazione delle attività di soccorso, ricostruzione e ripresa, che coinvolge diversi livelli istituzionali e la partecipazione attiva delle comunità colpite.

Nello specifico, in Italia, durante situazioni di emergenza causate da catastrofi naturali, gli sfollati vengono sistemati seguendo le normative stabilite dalla Protezione Civile in specifici spazi destinati all'accoglienza, quali alloggi temporanei e campi attrezzati, come stabilito dalla Legge 225/1992. Il campo attrezzato rappresenta, secondo il Ministero dell'Interno, la soluzione più rapida ed efficace in queste circostanze, anche se non offre il massimo comfort⁵⁴.

Un esempio significativo di questa prassi è il campo allestito a L'Aquila dopo il terremoto del 6 aprile 2009, di magnitudo 5.8 sulla scala Richter, che rimase attivo fino al 1° dicembre dello stesso anno. Questo evento tragico causò la morte di 309 persone, ferì oltre 1.500 individui e costrinse circa 67.500 persone a lasciare le proprie abitazioni. Di fronte all'elevato numero di sfollati, furono allestiti oltre 170 campi attrezzati dislocati in varie aree del territorio comunale e periferico, tra cui quello di Piazza d'Armi, uno dei più estesi. La necessità di agire rapidamente rese imprescindibile l'adozione di queste soluzioni provvisorie, che pur garantendo riparo e sicurezza immediata, sollevarono numerosi interrogativi sul piano del comfort abitativo, della qualità urbana e della partecipazione sociale⁵⁵.

Nonostante l'efficienza operativa dimostrata nella fase emergenziale, l'esperienza del terremoto dell'Aquila ha evidenziato alcune criticità

⁵³ Razzano, G. (2020). *Il Codice di protezione civile e il suo decreto correttivo, fra emergenze e rientro nell'ordinario*. Consulta Online, 1(1/2020), 1-19.

⁵⁴ Legge 24 febbraio 1992, n. 225 Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

⁵⁵ Zizzari, S. (2015). *Percorsi incompiuti? L'Aquila: dalla tenda alle CASE fino alla casa. Fukushima, Concordia e altre macerie: vita quotidiana, resistenza e gestione del disastro*. In "Antropologia per la società", 6, 233-242.

sistemiche nella gestione della ricostruzione. Il processo ha incontrato ostacoli significativi, tra cui la frammentazione istituzionale, la lentezza delle procedure burocratiche e la difficoltà nel trasformare le esperienze pregresse in un apprendimento strutturato e duraturo⁵⁶. A queste problematiche si è aggiunto un modello decisionale fortemente centralizzato, incentrato su un approccio "command-and-control", che ha limitato la trasparenza e il coinvolgimento delle comunità locali, compromettendo il rispetto dei principi fondamentali della governance inclusiva in situazioni di emergenza⁵⁷. La pianificazione partecipativa, elemento essenziale per garantire risposte aderenti ai reali bisogni del territorio, è risultata marginale, portando in alcuni casi a interventi disallineati rispetto al contesto socio-culturale. Sebbene la letteratura internazionale incoraggi il coinvolgimento delle comunità già nella fase emergenziale, riconoscendo il valore della partecipazione fin dalle prime decisioni (come indicato da IFRC, UNDRR e Davidson et al.), nel caso dell'Aquila tale coinvolgimento fu pressoché assente. Le scelte furono centralizzate dalla Protezione Civile e la cittadinanza non fu consultata né nella localizzazione dei campi né nella gestione quotidiana degli spazi. Questa esclusione ha contribuito a generare un senso diffuso di distacco e sfiducia, ostacolando quei processi di autorganizzazione che spesso si rivelano fondamentali per la resilienza sociale.

In questo scenario si inserisce l'approccio internazionale del "Build Back Better", promosso anche dalle Nazioni Unite, che propone di trasformare la fase post-disastro in un'opportunità di miglioramento complessivo delle condizioni preesistenti. Questo paradigma mira a integrare fin dalle prime fasi dell'intervento principi di sostenibilità ambientale, inclusione sociale e resilienza economica, andando oltre il semplice ripristino fisico delle strutture⁵⁸. Un ulteriore elemento di riflessione riguarda il rischio di compromettere la continuità paesaggistica e l'identità delle comunità colpite. L'introduzione di modelli abitativi e interventi urbanistici non coerenti con il tessuto originario può causare una rottura del rapporto tra spazio fisico e memoria collettiva, ostacolando i processi di ritorno e reintegrazione⁵⁹. La tutela dei valori immateriali del territorio dovrebbe quindi rappresentare un obiettivo centrale nella pianificazione della ricostruzione. In tale prospettiva, un ulteriore elemento di attenzione riguarda la morfologia urbana dei contesti storici, spesso caratterizzati da elevata densità edilizia, vulnerabilità delle infrastrutture e scarsa accessibilità. Una lettura preventiva delle criticità legate alla forma urbana, basata su scenari progettuali, può contribuire a rendere più efficaci e coerenti gli interventi in fase di emergenza e ricostruzione⁶⁰.

In questa direzione, la corretta pianificazione degli insediamenti temporanei rappresenta uno degli aspetti più delicati e rilevanti, in quanto deve coniugare rapidità d'azione con coerenza rispetto al contesto fisico e sociale.

Nel caso dell'Aquila, le direttive della Protezione Civile hanno previsto come prima azione l'identificazione del sito per il campo, che, grazie anche al piano d'emergenza comunale, fu individuato nell'area di Piazza d'Armi a nord-ovest della città. Le zone selezionate per questi campi sono scelte in base alla loro adattabilità generale e alla presenza di infrastrutture

56 Özerdem, A. and Rufini, G. (2013), L'Aquila's reconstruction challenges: has Italy learned from its previous earthquake disasters? *Disasters*, 37: 119-143. doi:10.1111/j.1467-7717.2012.01296.x

57 Angelo J. Imperiale, Frank Vanclay, Command-and-control, emergency powers, and the failure to observe United Nations disaster management principles following the 2009 L'Aquila earthquake, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 36, 2019, 101099, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101099>.

58 S. Mannakkara, S. Wilkinson, R. Potangaroa, *Resilient Post-Disaster Recovery through Building Back Better* (first ed.), Routledge (2018)

59 Clemente, M.; Salvati, L. 'Interrupted' Landscapes: Post-Earthquake Reconstruction in between Urban Renewal and Social Identity of Local Communities. *Sustainability* 2017, 9, 2015.

60 Francesca Giuliani, Anna De Falco, Valerio Cutini, The role of urban configuration during disasters. A scenario-based methodology for the post-earthquake emergency management of Italian historic centres, *Safety Science*, Volume 127, 2020, 104700, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104700>.



Figura 1.8 Tipologie di tende della Protezione Civile italiana e sistema di montaggio @Ferrino

(A) Tendopoli all'Aquila della protezione civile modello PI88;

(B) Sistema di montaggio della tenda tipo PI88 – struttura portante;

(C) Sistema di montaggio della tenda tipo PI88 – tiranti tenda

⁶¹ Zizzari, S. [2015]. *Percorsi incompiuti? L'Aquila: dalla tenda alle CASE fino alla casa. Fukushima, Concordia e altre macerie: vita quotidiana, resistenza e gestione del disastro*. In "Antropologia per la società", 6, 233-242.

⁶² Bignami, D. F. [2010]. *Protezione civile e riduzione del rischio disastri. Metodi e strumenti di governo della sicurezza territoriale e ambientale*. Maggioli Editore

⁶³ Andrzej, J. A. C. U. C. H. [2019]. *Disaster response mechanisms in EU and NATO*. In "Przegląd Europejski", (3), 67-81.

⁶⁴ Ibidem.

esistenti, come ad esempio aree sportive. L'organizzazione spaziale prevede l'allestimento di sei tende disposte in due file di tre, con ogni tenda separata dalla successiva da un metro di distanza, occupando complessivamente circa 350 mq, con ciascuna tenda che richiede uno spazio di 6x8 m. La Protezione Civile utilizza diverse tipologie di tende, tra cui il modello PI 88 e il PI 2008 impiegati per l'Aquila, oltre a modelli come il Ferrino montana 29/39 a tre o quattro sezioni, scelti in base alla necessità di capienza e alla disponibilità del Ministero⁶¹. Un aspetto fondamentale delle metodologie di intervento è rappresentato dalla partecipazione comunitaria. Le comunità colpite sono coinvolte attivamente nella pianificazione e nell'attuazione degli interventi, contribuendo a rendere le soluzioni adottate più aderenti alle loro esigenze e aspettative. Questo approccio non solo favorisce un maggior senso di appartenenza e accettazione delle misure implementate ma contribuisce anche a rafforzare la coesione sociale e la resilienza comunitaria⁶².

Inoltre, il sostegno psicosociale riveste un ruolo cruciale negli interventi post-emergenziali, riconoscendo l'impatto significativo che eventi traumatici possono avere sulla salute mentale e sul benessere delle persone colpite. Servizi di counseling, supporto emotivo e attività ricreative sono essenziali per favorire il recupero psicologico degli individui e il ripristino del tessuto sociale⁶³.

La fase di ricostruzione e ripresa a lungo termine mira a ristabilire le condizioni di vita precedenti il disastro, con un'attenzione particolare alla sostenibilità e alla resilienza delle infrastrutture e degli insediamenti ricostruiti. Questo implica un'accurata valutazione dei rischi futuri e l'adozione di tecnologie costruttive e soluzioni progettuali che possano mitigare l'impatto di eventuali eventi calamitosi futuri⁶⁴.

A livello europeo, il Meccanismo di Protezione Civile dell'Unione Europea rappresenta il fulcro della cooperazione tra gli Stati membri per la gestione delle emergenze transfrontaliere. La creazione del Centro di Coordinamento per la Risposta alle Emergenze (ERCC) ha migliorato significativamente la capacità dell'UE di rispondere in modo coordinato ed efficace alle crisi, facilitando la condivisione di risorse, informazioni e buone pratiche tra i paesi membri⁶⁵.

L'integrazione di metodologie e approcci diversificati, che spaziano dalla progettazione di rifugi temporanei alla pianificazione di interventi di ricostruzione duratura, evidenzia la necessità di un approccio flessibile e adattabile alle diverse fasi dell'emergenza e alle specifiche esigenze delle popolazioni colpite.

L'apprendimento continuo dalle esperienze passate e l'innovazione costante rappresentano pilastri fondamentali delle metodologie di intervento sia a livello nazionale italiano che comunitario.

L'analisi retrospettiva delle operazioni di soccorso e di ricostruzione permette di identificare punti di forza e di debolezza, promuovendo un miglioramento continuo delle strategie di intervento. Inoltre, l'integrazione delle nuove tecnologie e delle recenti scoperte scientifiche contribuisce a ottimizzare le pratiche operative, aumentando l'efficacia delle risposte alle emergenze⁶⁶.

La gestione delle emergenze richiede una stretta sinergia tra i diversi livelli di governance, dalla sfera locale a quella nazionale e comunitaria. Il coordinamento tra queste diverse realtà è essenziale per garantire una risposta rapida ed efficiente, ottimizzando l'uso delle risorse disponibili e evitando duplicazioni negli sforzi di soccorso e ricostruzione. La creazione di piattaforme comuni di condivisione delle informazioni e di cooperazione transfrontaliera è un esempio di come la sinergia tra diversi attori possa essere implementata con successo.

Le metodologie di intervento post-emergenziale pongono sempre maggiore enfasi su sostenibilità, resilienza e adattabilità, superando la logica della sola risposta immediata. La prospettiva oggi prevalente è quella di rafforzare la capacità delle comunità colpite non solo di riprendersi dagli effetti dei disastri, ma anche di affrontare in modo più efficace quelli futuri. In questo senso, l'adozione di approcci integrati di Disaster Risk Reduction (DRR) e di adattamento al cambiamento climatico rappresenta una delle chiavi fondamentali per costruire insediamenti più sicuri e sostenibili.

In tale contesto, la cooperazione internazionale assume un ruolo centrale, promuovendo la diffusione di esperienze e la circolazione di modelli di intervento replicabili. Documenti come le Humanitarian Shelter and Settlements Guidelines della Commissione Europea (DG ECHO), le Transitional Shelter Guidelines pubblicate dallo Shelter Centre e il Shelter and Sustainability Overview redatto dall'UNHCR riflettono una crescente maturità nel modo in cui vengono affrontate le crisi abitative temporanee. Questi strumenti, oltre a proporre modelli costruttivi, introducono approcci metodologici per valutare le soluzioni abitative in base a criteri ambientali, economici e sociali, incorporando indicatori di durabilità, impatto climatico, accessibilità e accettabilità culturale.

⁶⁵ Almeland, S. K., Depoortere, E., Jennes, S., Sjöberg, F., Basanta, J. A. L., Zanatta, S., ... & Leclerc, T. (2022). *Burn mass casualty incidents in Europe: a European response plan within the European Union Civil Protection Mechanism*. In "Burns", 48(8), 1794-1804.

⁶⁶ Gilissen, H. K., Alexander, M., Matczak, P., Pettersson, M., & Bruzzone, S. (2016). *A framework for evaluating the effectiveness of flood emergency management systems in Europe*. In "Ecology and Society", 21(4).

⁸⁷ Ibidem

⁶⁷ Martin, C., Cross, J., & Verhoeven, A. (2020). *Shelter as Cladding Resourcefulness, Improvisation and Refugee-Led*. In "Structures of Protection?: Rethinking Refugee Shelter", 39, 223.

La transizione da un approccio puramente emergenziale verso una logica preventiva e partecipata si accompagna all'importanza crescente di attività di formazione, capacity building e pianificazione strategica. Le reti promosse dal Global Shelter Cluster, le pubblicazioni della IFRC e gli studi di Habitat for Humanity contribuiscono a questo scambio, fornendo materiali tecnici, linee guida e casi studio. Tra questi, il Disaster Response Shelter Catalogue raccoglie esperienze post-disastro implementate in contesti globali, dimostrando l'efficacia delle soluzioni incrementalmente nella progressiva trasformazione dei rifugi temporanei in abitazioni permanenti⁶⁷.

Accanto agli strumenti metodologici e valutativi, esistono anche repertori più operativi e tipologici, come lo Shelter Design Catalogue dell'UNHCR (2016), che classifica le soluzioni abitative in tre categorie principali – emergenziali, transitorie e permanenti – fornendo una guida tecnica utile per selezionare il tipo di rifugio più adatto in relazione al contesto. I rifugi d'emergenza comprendono soluzioni leggere e montabili rapidamente, come le tende autoportanti o i rifugi locali in terra cruda; quelli transitori sono pensati per una permanenza più lunga e spesso prevedono la possibilità di ampliamento; infine, i rifugi permanenti offrono risposte abitative strutturate e durevoli, inserite in logiche di ricostruzione urbana e integrazione sociale.

Parallelamente, il progetto Better Shelter, sviluppato dalla IKEA Foundation, propone un modello prefabbricato industriale, trasportabile e riutilizzabile, che ha avuto ampia diffusione in oltre sessanta paesi. La sua configurazione

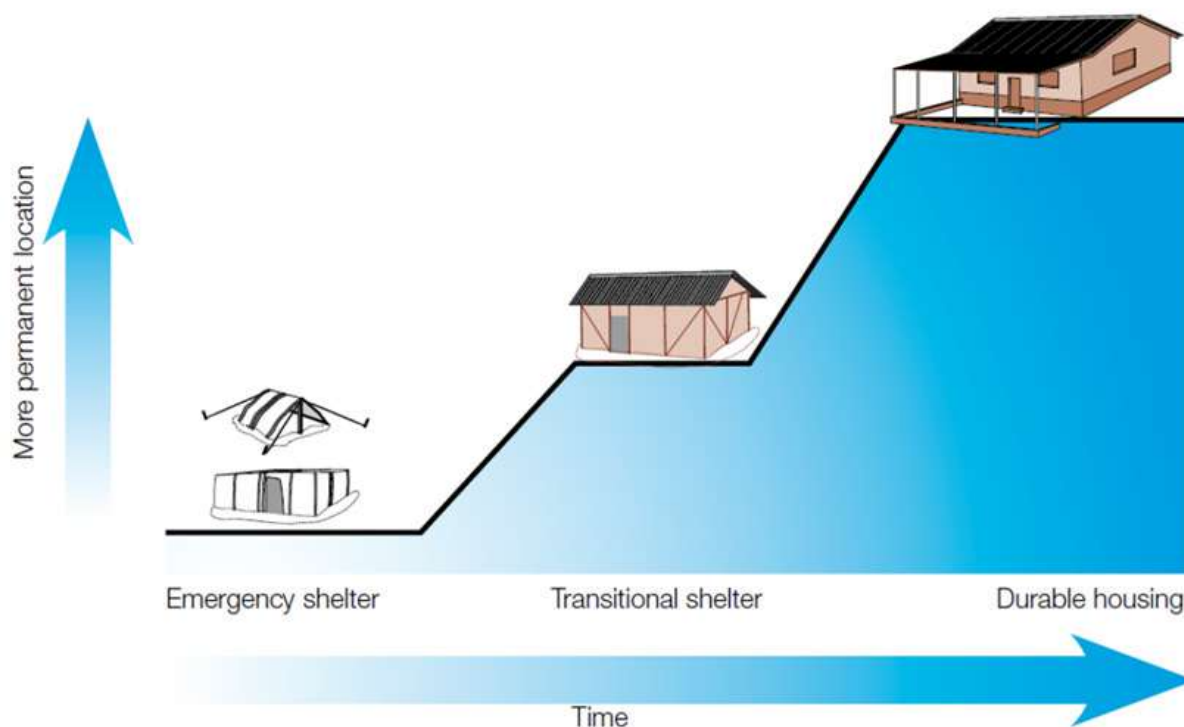


Figura 1.9 Tipologie di rifugio, Shelter Design Catalogue January 2016 @UNHCR - L'immagine illustra l'evoluzione delle tipologie di rifugio nei contesti emergenziali, evidenziando la progressione dal rifugio di emergenza all'abitazione permanente. L'asse orizzontale rappresenta il tempo, indicando le fasi di transizione, mentre l'asse verticale esprime il progressivo spostamento verso una localizzazione più permanente.

modulare, la velocità di installazione e la resistenza climatica lo rendono un esempio emblematico di innovazione tecnico-industriale applicata all'ambito umanitario. Sebbene si tratti di una soluzione standardizzata, la sua versatilità ha permesso l'adattamento anche a funzioni non residenziali, come ambulatori, scuole temporanee e centri di protezione. Ulteriori strumenti di rilevanza sono le raccolte di casi studio curate dal Global Shelter Cluster, come Shelter Projects – Europe e Shelter Projects – Middle East. Questi volumi non solo documentano esperienze reali ma offrono analisi critiche, lezioni apprese e riflessioni sulle criticità incontrate in fase di implementazione. In questo senso, non si tratta di semplici descrizioni tecniche, bensì di fonti preziose per comprendere l'interazione tra progetto e contesto, tra vincoli locali e soluzioni applicabili.

L'analisi condotta sui principali cataloghi e documenti evidenzia quindi l'importanza di un approccio multidisciplinare e scalabile alla progettazione post-emergenziale. Ogni contesto richiede risposte mirate, ma è attraverso una struttura decisionale comparativa e scientificamente fondata che si possono individuare le soluzioni più adatte. In quest'ottica, il ricorso a criteri multicriterio e a strumenti di valutazione del ciclo di vita diventa indispensabile per garantire l'efficacia e la sostenibilità degli interventi.

A livello normativo, la presenza di cornici istituzionali stabili, come quella rappresentata dal Dipartimento della Protezione Civile in Italia, contribuisce a rendere più efficiente e tempestiva la gestione delle emergenze. Il coordinamento multilivello con autorità regionali e locali, unito all'impiego di protocolli energetici riconosciuti a livello internazionale – tra cui LEED, BREEAM, WELL e QSAND – consente di integrare principi di

Catalogo	Organizzazione	N° progetti	Tipologie di rifugi	Materiali prevalenti	Aree geografiche	Fonte / URL
Shelter Design Catalogue (2016)	UNHCR	13	Tent, shelter di transizione, Housing	Acciaio, bambù, tessuti tecnici	Sud Sudan, Iraq, Pakistan	UNHCR, 2016 - www.unhcr.org
Shelter and Sustainability Overview (2019)	UNHCR	33	Tent, shelter di transizione, Housing	Bambù, terra cruda, acciaio	Congo, Kenya, Afghanistan	UNHCR, 2019 - www.unhcr.org
Disaster Response Shelter Catalogue (2012)	Habitat for Humanity	24+	Tent, shelter di transizione,	Bambù, legno, terra cruda	Haiti, Angola, Indonesia	Habitat for Humanity, 2012 - www.habitat.org
Post-disaster Shelter: Ten Designs (2013)	IFRC	10	Shelter di transizione	Legno, acciaio, prefabbricati	Haiti, Sri Lanka, Filippine	IFRC, 2013 - www.ifrc.org
Transitional Shelter Guidelines (2012)	IOM / Shelter Centre	-	Shelter di transizione	Legno, materiali locali	Globale	IOM / Shelter Centre, 2012 - www.sheltercentre.org
Better Shelter / Bo-realis	IKEA Foundation	1 modello	Shelter	Acciaio zincato, pannelli compositi	Svezia (globale)	Better Shelter - www.bettershelter.org
Shelter Projects – Europe & Middle East	UNHCR, IFRC, UN-Habitat	15+	Shelter di transizione, housing	Misti	Europa, Medio Oriente	Global Shelter Cluster - www.shelterprojects.org

Tabella 1.4.1 Matrice di confronto delle soluzioni tecnologiche proposte nei cataloghi internazionali delle organizzazioni non governative.

efficienza energetica, comfort e salubrità anche nelle fasi più critiche del post-disastro.

Infine, la centralità della partecipazione comunitaria emerge come elemento non negoziabile per il successo degli interventi. I cataloghi più evoluti, come quelli di Habitat for Humanity o le linee guida IOM, pongono esplicitamente l'accento sulla co-progettazione e sul coinvolgimento attivo delle popolazioni beneficiarie. Solo attraverso un dialogo continuo tra tecnici, decisori e comunità locali è possibile attuare soluzioni che siano realmente inclusive, efficaci e capaci di rafforzare la resilienza collettiva. La gestione dell'emergenza abitativa non può più essere affrontata con strumenti isolati e approcci frammentari. È necessario costruire un ecosistema di conoscenza, strumenti, buone pratiche e dati comparabili, che consenta di pianificare l'intervento non solo come risposta, ma come opportunità per innovare, consolidare e trasformare il rapporto tra spazio, vulnerabilità e diritto all'abitare. I cataloghi analizzati, nella loro varietà di approcci e finalità, costituiscono un patrimonio tecnico-strategico indispensabile in questa direzione.

L'analisi condotta in questo primo capitolo ha permesso di inquadrare il tema dell'emergenza abitativa a partire da una classificazione articolata dei disastri, distinguendo le differenti implicazioni sociali, ambientali e politiche delle risposte adottate a livello internazionale. È emerso chiaramente come la gestione dell'emergenza non possa essere intesa unicamente come risposta tecnica e logistica, ma debba integrarsi con strategie di prevenzione e di ricostruzione sostenibile orientate alla resilienza e all'inclusione.

I modelli emergenziali centralizzati, come dimostrato nel caso de L'Aquila, risultano spesso inefficaci nella ricostruzione del tessuto sociale, soprattutto in assenza di un reale coinvolgimento delle comunità locali. Le esperienze internazionali suggeriscono che il successo di un intervento post-disastro risiede non solo nella velocità della risposta, ma nella sua capacità di valorizzare le risorse locali, di garantire dignità abitativa e di prevedere una transizione ordinata verso soluzioni abitative stabili.

Particolarmente critiche sono le situazioni legate alle emergenze sociali croniche, come quelle vissute da rifugiati, richiedenti asilo e lavoratori stagionali. In questi contesti, il confine tra emergenza e condizione strutturale si fa sottile, richiedendo soluzioni abitative temporanee che siano flessibili, modulari, culturalmente sensibili e capaci di favorire processi di inclusione duraturi.

La rassegna effettuata evidenzia infine la necessità di integrare i diversi livelli di intervento (prevenzione, risposta, ricostruzione) all'interno di una strategia complessiva, che sappia coniugare sostenibilità ambientale, equità sociale ed efficacia economica. Questo quadro introduttivo fornisce le basi teoriche per l'indagine sui casi studio (Capitolo 2), sull'analisi multicriterio (Capitolo 3 e 4) e sull'approccio sperimentale ai materiali e alle tecniche costruttive (Capitolo 5 e 6), con l'obiettivo di proporre modelli abitativi più consapevoli, contestualizzati e sostenibili.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Al-Dahash, H., Thayaparan, M., & Kulatunga, U. (2016, August). *Understanding the terminologies: Disaster, crisis and emergency*. In "Proceedings of the 32nd annual ARCOM conference", ARCOM 2016, 1191-1200.

Almeland, S. K., Depoortere, E., Jennes, S., Sjöberg, F., Basanta, J. A. L., Zanatta, S., ... & Leclerc, T. (2022). *Burn mass casualty incidents in Europe: a European response plan within the European Union Civil Protection Mechanism*. In: "Burns", 48(8), 1794-1804.

AlWaer, H., Sibley, M., & Cooper, I. (2023). *Design and use of space in refugee camps: a case study of a contested terrain*. In: "Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning", 176(3), 123-141.

Andrzej, J. A. C. U. C. H. (2019). Disaster response mechanisms in EU and NATO. In: "Przegląd Europejski", (3), 67-81.

Bignami, D. F. (2010). Protezione civile e riduzione del rischio disastri. Metodi e strumenti di governo della sicurezza territoriale e ambientale. Maggioli Editore.

Caldirola, D. (2010). *Il commissario straordinario nell'emergenza*. Amministrare, 40(2), 197-214.

Caron, D. D., Kelly, M. J., & Telesetsky, A. (Eds.) (2014). *The international law of disaster relief*. Cambridge University Press.

Charles, S. H., Chang-Richards, A. Y., & Yiu, T. W. (2022). *A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience*. In "International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment".

Christoplos, I., Mitchell, J., & Liljelund, A. (2001). *Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness*. In: "Disasters", 25(3), 185-198.

Covino, F. (2019). *È necessaria l'intesa tra stato e regioni per la ricostruzione dei territori terremotati (ma sono fatti salvi i provvedimenti emergenziali già approvati)*. Corte cost., sent. 2 dicembre 2019, n. 246. In "Forum di quaderni costituzionali rassegna", Il mulino, 29-30.

Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 [Raccolta 2018] Codice della protezione civile.

Gilissen, H. K., Alexander, M., Matczak, P., Pettersson, M., & Bruzzone, S.

[2016]. *A framework for evaluating the effectiveness of flood emergency management systems in Europe*. In "Ecology and Society", 21(4)

Kwaylih, A., Alshawawreh, L., & Pomponi, F. (2023). *Sustainability Trends in Humanitarian Architecture Research: A Bibliometric Analysis*. In "Sustainability", 15(14), 11430.

Lei, Y., Wang, J. A., Yue, Y., Zhou, H., & Yin, W. (2014). *Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective*. In "Natural hazards", 70, 609-627.

Legge 7 agosto 1990, n. 241 Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225 Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Li, J., Foden, G. W., Chow, S. K., & To, L. S. (2024). *Integrating sustainable and energy-resilient strategies into emergency shelter design*. In "Renewable and Sustainable Energy Reviews", 191, 113968.

Luciani, M. (2020). *Il sistema delle fonti del diritto alla prova dell'emergenza*. Rivista Aic, 2020(2), 109-141.

Maniscalco, M. L. (2004). *L'azione umanitaria: dilemmi e paradossi vecchi e nuovi*. In "Rivista trimestrale di scienza della amministrazione". LUG./SET, 2004, 1000-1012.

Martin, C., Cross, J., & Verhoeven, A. (2020). *Shelter as Cladding Resourcefulness, Improvisation and Refugee-Led*. In "Structures of Protection?: Rethinking Refugee Shelter", 39, 223.

Menna, C., Felicioni, L., Negro, P., Lupíšek, A., Romano, E., Prota, A., & Hájek, P. (2022). *Review of methods for the combined assessment of seismic resilience and energy efficiency towards sustainable retrofitting of existing European buildings*. Sustainable Cities and Society, 77

Mitchell, T., Mechler, R., & Peters, K. (2014). *Disaster risk management and adaptation to extreme events: Placing disaster risk management at the heart of national economic and fiscal policy*. In: "Routledge handbook of the economics of climate change adaptation", Routledge, 417-436.

Potangaroa, R. (2015). *Sustainability by design: The challenge of shelter in post disaster reconstruction*. In "Procedia-Social and Behavioral Sciences", 179, 212-221.

Razzano, G. (2020). Il Codice di protezione civile e il suo decreto correttivo, fra emergenze e rientro nell'ordinario. Consulta Online, 1(1/2020), 1-19.

Rezaallah, A., Bolognesi, C., & Khoraskani, R. A. (2012, May). *LEED and BREEAM; Comparison between policies, assessment criteria and calculation methods*. In "Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment" (BSA 2012), Porto, Portugal, 23-25.

Ronga, U. (2020). *Il Governo nell'emergenza (permanente). Sistema delle fonti e modello legislativo a partire dal caso Covid-19*. Nomos-le attualità del diritto, (1).

Saban, L. I. (2014). *Disaster emergency management: the emergence of professional help services for victims of natural disasters*. SUNY Press.

Salama, P., Buzard, N., & Spiegel, P. (2001). *Improving standards in international humanitarian response: The Sphere Project and beyond*. JAMA, 286(5), 531-532.

Teh, D., & Khan, T. (2021). *Types, definition and classification of natural disasters and threat level*. In "Handbook of Disaster Risk Reduction for Resilience: New Frameworks for Building Resilience to Disasters", Springer International Publishing, 27-56

Wouter Botzen, W. J., Bouwer, L. M., Scussolini, P., Kuik, O., Haasnoot, M., Lawrence, J., & Aerts, J. C. (2019). Integrated disaster risk management and adaptation. In "Loss and damage from climate change: Concepts, methods and policy options", 287-315.

Zhou, L., Wu, X., Xu, Z., & Fujita, H. (2018). *Emergency decision making for natural disasters: An overview*. In "International journal of disaster risk reduction", 27, 567-576

Zizzari, S. (2015). *Percorsi incompiuti? l'Aquila: dalla tenda alle CASE fino alla casa. Fukushima, Concordia e altre macerie: vita quotidiana, resistenza e gestione del disastro*. In "Antropologia per la società", 6, 233-242.

SITOGRAFIA

EM-DAT (2024). *Inventorying hazards & disasters worldwide since 1988*, <https://www.emdat.be/>, 13 aprile 2024.

The Sphere Project (2004). *Carta Umanitaria e Norme minime di risposta in caso di disastri*, https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Italian_Handbook2.pdf



CAPITOLO 2

Tipologie, materiali e tecniche costruttive delle unità abitative per l'emergenza green e sostenibili

Abstract

Il Capitolo II si concentra sulle diverse tipologie di unità abitative adottate in contesti di emergenza e post-emergenza, classificandole in base alle loro caratteristiche funzionali, tecniche e ambientali. Sono state individuate quattro categorie principali: unità abitative emergenziali, di transizione, permanenti e sperimentali. Ciascuna tipologia è progettata per rispondere a specifiche esigenze operative e climatiche, riflettendo la complessità delle fasi di intervento in contesti emergenziali. Complessivamente, sono state analizzate 49 schede, che offrono una panoramica dettagliata delle soluzioni abitative disponibili.

Particolare attenzione è riservata alla scelta dei materiali e delle tecniche costruttive. Tra questi, materiali naturali, riciclati e facilmente reperibili localmente, come il bambù, il legno e la terra cruda, vengono analizzati insieme a tecnologie innovative quali pannelli prefabbricati, sistemi di ventilazione passiva e fonti di energia rinnovabile. L'impatto ambientale, sociale e gestionale delle unità abitative è valutato per comprendere la loro sostenibilità e la possibilità di adattamento a diversi contesti globali. Le unità abitative emergenziali si distinguono per la rapidità di installazione e la semplicità costruttiva, essenziali per rispondere alle necessità immediate. Le unità abitative di transizione, invece, si caratterizzano per una maggiore durabilità e flessibilità, rendendole idonee a situazioni in evoluzione. Le unità abitative permanenti offrono soluzioni a lungo termine, integrate nel tessuto urbano e culturale grazie all'uso di materiali resistenti e tecnologie avanzate. Infine, le unità abitative sperimentali rappresentano un campo di innovazione, proponendo approcci progettuali e tecnologici che guardano al futuro dell'architettura per l'emergenza. Questo capitolo analizza non solo le caratteristiche tecniche e funzionali delle unità abitative, ma anche il loro contributo alla sostenibilità e alla resilienza, fornendo una base per l'analisi comparativa e multicriterio sviluppata nelle sezioni successive.

2.1 | Individuazione e valutazione delle tipologie abitative

L'analisi delle tipologie abitative adottate in contesti emergenziali e post-emergenziali è stata condotta con l'obiettivo di classificare e valutare le soluzioni progettuali in base alle loro caratteristiche funzionali, tecnologiche e contestuali. La suddivisione in tipologie nasce dall'esigenza di comprendere meglio il ruolo che ciascuna soluzione può svolgere nei diversi stadi della risposta a una crisi, garantendo protezione, adattabilità e sostenibilità.

Sono stati selezionati 49 interventi internazionali, realizzati in seguito a disastri naturali o antropici, caratterizzati da differenti durate d'uso, tecniche costruttive, materiali impiegati e livelli di coinvolgimento comunitario. L'eterogeneità dei casi ha consentito di ricavare, attraverso un processo di comparazione e sintesi, una classificazione delle principali tipologie abitative e una griglia di criteri valutativi. In particolare, le quattro tipologie individuate (unità emergenziali, di transizione, permanenti e sperimentali) derivano da una lettura trasversale dei casi analizzati. Analogamente, la valutazione ESG (ambientale, sociale e di governance) applicata alle schede è frutto di un modello interpretativo costruito sulla base delle caratteristiche emerse dai progetti considerati. Le schede dei casi studio, uniformate secondo una struttura costante, rappresentano quindi non solo una base documentale, ma anche uno strumento conoscitivo utile all'elaborazione di modelli progettuali replicabili. La sintesi dei risultati viene infine utilizzata per impostare il successivo albero dei criteri, impiegato nella valutazione multicriterio delle soluzioni progettuali.

Le **tipologie abitative** individuate sono quattro:

- **unità abitative emergenziali (Tent):** progettate per offrire un riparo immediato e temporaneo in situazioni di crisi, caratterizzate da leggerezza, modularità e rapidità di montaggio.
- **unità abitative di transizione (Shelter):** soluzioni intermedie che combinano durabilità e facilità di montaggio, progettate per rispondere a necessità abitative di medio termine.
- **unità abitative permanenti (Housing):** rifugi progettati per durare nel tempo, garantendo comfort abitativo e integrazione con il contesto socio-culturale.
- **unità abitative sperimentali (Progetti):** soluzioni innovative che esplorano materiali, tecnologie e approcci progettuali alternativi, con un forte focus sulla sostenibilità e replicabilità.

Criteri di valutazione

Per analizzare e catalogare le tipologie, sono stati definiti una serie di criteri che riflettono sia le caratteristiche intrinseche delle soluzioni abitative sia il loro impatto su scala locale e globale. I criteri principali includono:

- **funzione e durata:** ogni soluzione è stata valutata in base alla sua funzione

primaria e alla durata prevista dell'utilizzo, determinando il livello di transitorietà o permanenza.

- **materiali e tecnologie:** sono stati analizzati i materiali utilizzati per la struttura e il rivestimento, con particolare attenzione alla sostenibilità, alla disponibilità locale e alle prestazioni tecniche.
- **adattabilità al contesto:** è stato valutato quanto il progetto fosse in grado di adattarsi ai diversi contesti climatici, culturali e sociali, dimostrando flessibilità e capacità di rispondere a esigenze specifiche;
- **diffusione e replicabilità:** il grado di diffusione dei progetti, inteso come il numero di implementazioni e la varietà dei contesti in cui sono stati adottati;
- **impatto sociale e ambientale:** la capacità di migliorare le condizioni di vita dei beneficiari e di ridurre l'impatto ambientale è stata un criterio centrale nella valutazione.

Fasce climatiche e contesti geografici

Un elemento fondamentale per la classificazione delle tipologie è la loro relazione con le fasce climatiche e i contesti geografici. Le soluzioni abitative sono progettate per adattarsi alle caratteristiche ambientali locali, rispondendo alle esigenze specifiche delle comunità colpite. Questa diversificazione consente di garantire comfort abitativo e protezione in una varietà di condizioni climatiche, che includono:

- **Climi caldi e aridi,** che richiedono soluzioni con materiali traspiranti e protezione dal surriscaldamento.
- **Climi tropicali,** dove l'impermeabilità e la ventilazione sono prioritari.
- **Climi temperati,** che richiedono materiali isolanti per rispondere alle variazioni stagionali.
- **Climi freddi,** dove la protezione termica e l'isolamento risultano essenziali.

Requisiti progettuali

Oltre alla classificazione per tipologie, sono stati definiti una serie di requisiti che rappresentano i parametri chiave per valutare l'efficacia delle soluzioni abitative. I principali requisiti analizzati includono:

- **facilità di trasporto:** la leggerezza e la modularità delle soluzioni sono fondamentali per garantire una rapida distribuzione anche in aree difficilmente accessibili.
- **facilità di montaggio:** la semplicità delle tecniche costruttive e il ridotto numero di componenti facilitano l'assemblaggio da parte delle comunità locali o dei soccorritori.
- **sicurezza:** ogni soluzione deve garantire protezione contro eventi atmosferici estremi, garantendo al contempo stabilità strutturale.
- **flessibilità e adattabilità:** le soluzioni devono poter essere adattate a contesti diversi, sia in termini di configurazione spaziale che di utilizzo dei materiali.
- **manutenzione e durabilità:** l'efficienza a lungo termine delle strutture dipende dalla loro resistenza agli agenti atmosferici e dalla facilità di

manutenzione, spesso affidata alle comunità stesse.

- **materiali e tecnologie:** la scelta dei materiali riflette sia la sostenibilità che la disponibilità locale, mentre le tecnologie adottate mirano a ottimizzare il comfort abitativo e ridurre l'impatto ambientale.

Metodologia

La raccolta delle informazioni necessarie per la schedatura è avvenuta attraverso l'analisi e la valutazione di fonti diversificate, tra cui:

- **letteratura scientifica** e studi di settore, che hanno supportato l'analisi teorica delle soluzioni abitative;
- **interviste** con esperti del settore e progettisti, che hanno fornito approfondimenti sui dettagli tecnici e progettuali (appendice a);
- **report e cataloghi** forniti da organizzazioni internazionali ed enti umanitari, come l'UNHCR, che hanno reso possibile un confronto diretto tra progetti implementati in diversi contesti (appendice b).

Le informazioni sono state organizzate in schede analitiche che permettono di confrontare le diverse tipologie, evidenziandone punti di forza, limiti e potenzialità. Ogni scheda include un codice identificativo, una descrizione tecnica del progetto, informazioni relative ai materiali e tecnologie utilizzate e un'analisi critica del suo impatto¹.

¹ Bellomo M., Saelli M., Colajanni S. (2022). Architettura emergenziale: buone pratiche esecutive. In E. Dassori-R.-Morbiducci (a cura di), Memoria e Innovazione-Memory and Innovation (pp.1373-1389). Monfalcone (Gorizia). EdicomEdizioni.ISBN:978-88-945937-4-7.

2.1.1 | Sistema di schedatura dei casi studio nazionali e internazionali

Le schede dei casi studio elaborate in questa ricerca sono progettate per fornire un'analisi dettagliata e sistematica delle diverse soluzioni abitative temporanee e permanenti utilizzate in contesti di emergenza e post-emergenza.

Ogni scheda è strutturata in modo da includere:

Codice Identificativo: Ogni scheda è associata a un codice univoco che facilita l'identificazione e il confronto tra le diverse soluzioni es:

- Tent n per le unità abitative emergenziali;
- Shelter n per le unità abitative di transizione;
- Housing n per le unità abitative di permanenti;
- Progetto n per le unità abitative sperimentali.

Ogni scheda specifica il tipo di disastro a cui la soluzione è destinata, classificando i rifugi in base alle condizioni specifiche di emergenza o post-emergenza.

Le categorie principali includono:

- Disastri naturali, come terremoti, uragani, inondazioni e incendi;

- Emergenze antropiche, come conflitti armati, migrazioni forzate o disastri industriali;
- Emergenze climatiche, come siccità prolungate o ondate di calore estremo;
- Disastri generali, ovvero situazioni non riconducibili a un'unica tipologia di crisi, o per le quali la soluzione abitativa è stata concepita per essere impiegata in scenari multipli (es. terremoti e guerre), grazie alla sua versatilità, adattabilità e replicabilità.

Descrizione: Una panoramica dettagliata della soluzione abitativa, includendo caratteristiche specifiche del progetto e la sua funzionalità.

Informazioni Generali: Dati essenziali come il nome del progetto, il committente (se presente), lo status del progetto (ad esempio, se è in corso o completato), e chi ha realizzato il progetto.

Dati Tecnici: Informazioni dettagliate come le dimensioni della struttura, la tipologia di struttura (materiali e tecniche utilizzate), e la tipologia di rivestimento.

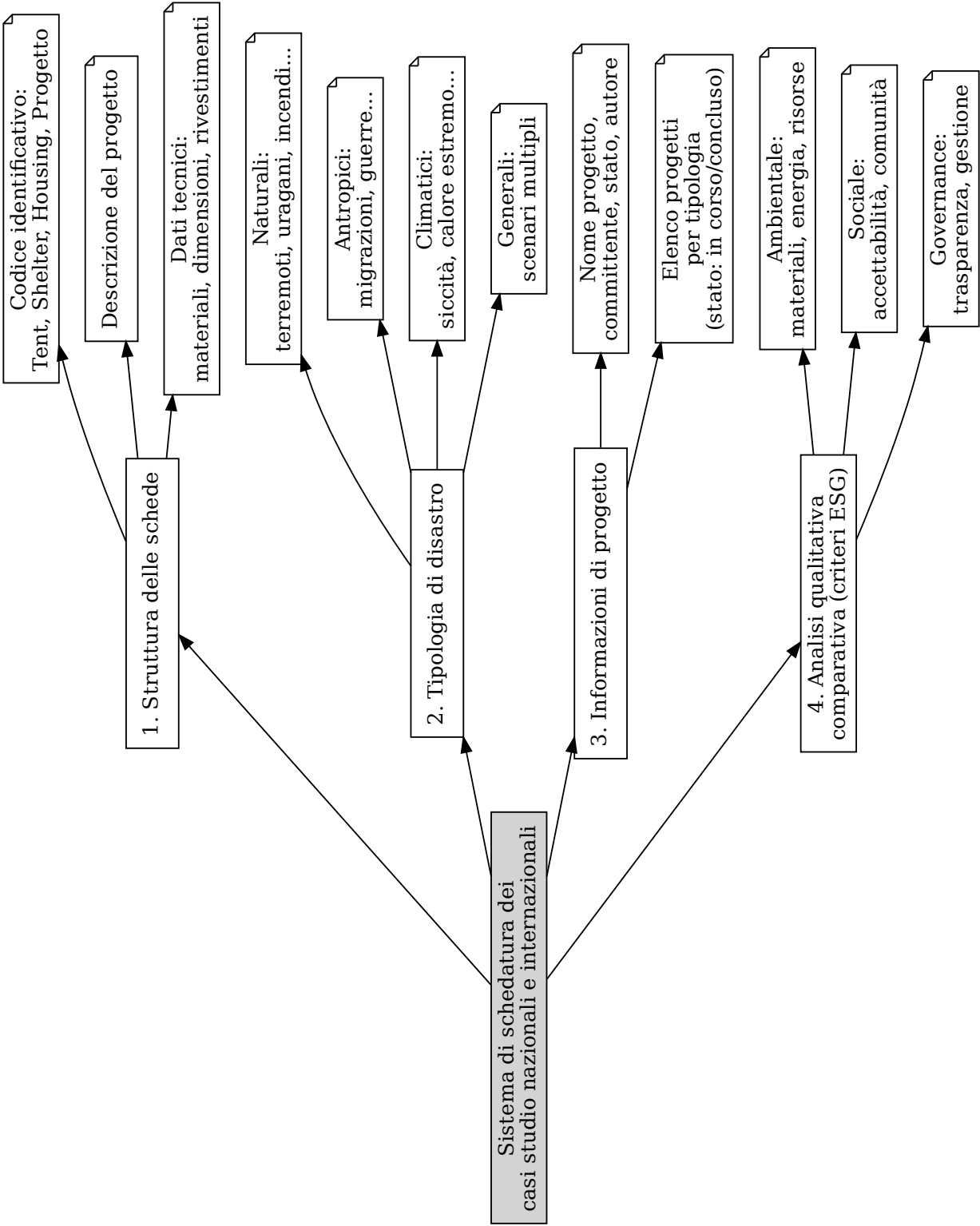
Prima della presentazione delle schede, è fornito un elenco dei casi studio suddiviso per ciascuna tipologia abitativa (emergenziale, di transizione, permanente ed sperimentale). All'interno dell'elenco, oltre ai dati informativi, è indicato lo status del progetto, specificando se il caso studio è concluso o in corso, e quindi attualmente in utilizzo.

Le schede sono state valutate attraverso un approccio qualitativo-comparativo, che ha consentito di mettere in relazione le diverse tipologie sulla base di criteri comuni e trasversali. Questo metodo ha permesso di esaminare le soluzioni progettuali non solo nei loro aspetti tecnici e funzionali, ma anche in relazione a parametri più ampi di sostenibilità e impatto sociale, adottando un quadro di analisi basato sui criteri ESG (ambientale, sociale e di governance).

L'analisi ESG è stata fondamentale per valutare l'efficacia e la sostenibilità delle unità abitative nei diversi contesti operativi. In particolare:

- **L'aspetto ambientale** ha considerato l'impatto dei materiali, l'efficienza energetica e la gestione delle risorse naturali.
- **L'aspetto sociale** si è focalizzato sull'accettabilità culturale, il miglioramento delle condizioni di vita e il coinvolgimento delle comunità locali nella progettazione e realizzazione.
- **L'aspetto di governance** ha esaminato la trasparenza dei processi decisionali e la capacità gestionale dei progetti.

Questo approccio integrato ha permesso di valutare le prestazioni di ogni unità abitativa rispetto alle esigenze specifiche dei contesti di emergenza e post-emergenza. L'adozione di una metodologia qualitativa-comparativa, in sinergia con i criteri ESG, ha offerto una visione completa delle opportunità e delle sfide associate alle soluzioni abitative, evidenziando le pratiche più virtuose e le innovazioni progettuali che possono essere replicate o adattate in futuro.



2.1.1a | Schedatura Unità abitative emergenziali (tent)

Le unità abitative emergenziali, identificate come **Tent**, sono progettate per fornire un rifugio immediato in contesti di crisi. Caratterizzate da leggerezza e modularità, queste soluzioni si prestano a una rapida distribuzione e montaggio in situazioni di emergenza quali conflitti, disastri naturali o crisi umanitarie. I progetti analizzati coprono un'ampia gamma di contesti climatici e geografici, dai deserti dell'Algeria e del Burkina Faso fino alle regioni fredde dell'Europa orientale. Le differenze nei materiali e nelle tecnologie impiegate riflettono l'adattamento alle specificità locali, garantendo una protezione temporanea ma essenziale per i beneficiari. In alcuni casi, le schede di analisi si sviluppano su più pagine, a testimonianza della complessità progettuale o della presenza di elementi innovativi e attenzioni particolari nel processo di realizzazione e gestione dell'intervento.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Status
Tent-1	Tuareg Tent	Antropico	Algeria, 2012	In corso
Tent-2	Family Tent	Antropico/Generale	Zone Rifugiati Temporanei, 2016	In corso
Tent-3	Tuareg Shelter	Antropico	Burkina Faso, 2012	In corso
Tent-4	Montana Tent	Generale	Italia, -	In corso
Tent-5	Suspended tent	Antropico	Italia 2014	Prototipo
Tent-6	Lightweight Emergency	Generale	Italia, -	In corso
Tent-7	Lightweight Tent	Generale	Congo (Ituri), 2019	In corso
Tent-8	Centro di Transizione	Guerra	Polonia, Chelm, 2022	In corso

Tabella 2.1.1 Indice delle schede della tipologia Tent - La Tabella presenta l'indice delle schede relative alla tipologia Tent, utilizzata in contesti di emergenza e di transizione. Ogni scheda è organizzata attraverso un codice identificativo (Tent-1, Tent-2, ecc.), il nome specifico del progetto, la categoria di disastro di riferimento (antropico, generale, guerra), il luogo e l'anno di implementazione, nonché lo stato attuale del progetto. Ad esempio, il progetto "Tuareg Tent" (Tent-1) è associato a un contesto antropico e implementato in Algeria nel 2012, mentre il "Centro di Transizione" (Tent-8) è stato sviluppato in risposta a un disastro di tipo bellico, nella città di Chelm, Polonia, nel 2022. Il campo Status evidenzia lo stato di avanzamento di ciascun progetto: "In corso" indica progetti attualmente attivi o in evoluzione, mentre "Prototipo" si riferisce a una soluzione sperimentale in fase di test. Questa tabella fornisce una panoramica sintetica ma efficace delle diverse tipologie di soluzioni abitative temporanee, delineando il contesto di applicazione e il grado di sviluppo dei progetti.

Tuareg Tent

Algeria, 2012

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Questo progetto di rifugio di emergenza è stato sviluppato nei campi profughi saharawi a Tindouf, con l'obiettivo di fornire alloggi sicuri e adeguati ai rifugiati. Le tende fornite erano composte da tela, tessuto misto, picchetti di ferro e pali di bambù, oltre a corde di cotone. Ogni tenda copre una superficie di circa 49 m² con un'area di base di 121 m². La scelta dei materiali è stata fatta con attenzione per garantire durabilità e facilità di montaggio. La tela e il tessuto misto offrono una buona resistenza agli agenti atmosferici, mentre i picchetti di ferro assicurano stabilità alla struttura. I pali di bambù, leggeri ma robusti, forniscono il supporto necessario per mantenere la tenda in piedi anche in condizioni di vento forte. Le corde di cotone sono utilizzate per fissare i vari elementi della tenda, rendendola stabile e sicura. Il design delle tende tiene conto delle esigenze specifiche dei rifugiati saharawi, che vivono in condizioni climatiche difficili con temperature estremamente elevate durante il giorno e basse durante la notte. La grandezza della tenda permette di ospitare famiglie numerose, fornendo uno spazio adeguato per vivere e conservare gli effetti personali. L'installazione delle tende è relativamente semplice e può essere eseguita in breve tempo con l'aiuto di un piccolo gruppo di persone. Questo aspetto è cruciale nelle situazioni di emergenza, dove la rapidità di allestimento può fare la differenza nel fornire riparo tempestivo alle famiglie sfollate.

Il trasporto e il montaggio delle tende nei campi profughi saharawi a Tindouf richiedono un giorno e l'impiego di tre persone. I materiali, come tela per esterni, tessuto misto per interni, picchetti di ferro, pali di bambù o metallo e corde di cotone, vengono trasportati sul sito in modo efficiente. Una volta arrivati, i componenti leggeri ma robusti permettono un montaggio rapido e sicuro. La combinazione di questi materiali assicura stabilità e resistenza alle intemperie, garantendo una protezione adeguata per i rifugiati in condizioni climatiche difficili.



Tent - 1

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità Tuareg
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5x5/6x6/7x7
Peso: -
Tipologia di struttura: bambù, legno o metallo
Tipologia di rivestimento: tela per esterni e tessuto misto per interni

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali naturali come bambù e cotone, ridotto impatto ambientale. 4/5
Fattore Sociale: supporto ai rifugiati saharawi, facile montaggio, adatto a condizioni climatiche difficili. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Figura 2.1.1a.1 Tuareg Tent

Tent - 2

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati (generale)
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 4x4x2.8m (16m²/44.8m³)
Peso: 55 Kg/unità
Tipologia di struttura: pali e picchetti metallici
Tipologia di rivestimento: tessuto in polietilene (Pe) da 180gr identico a quello utilizzato sui paraspruzzi

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: realizzate con materiali durevoli e resistenti, riducendo la necessità di sostituzioni frequenti. Uso di policotone e polietilene con impatti ambientali moderati. 3.5/5

Fattore Sociale: forniscono sicurezza, privacy e comfort alle famiglie sfollate. Facilità di montaggio essenziale in emergenze. 4.5/5

Fattore Governance: produzione e distribuzione trasparenti, con rigorosi controlli di qualità. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

SITOGRAFIA

Western Shelter (2024). *UNCHR Tent*, <https://westernshelter.com/unhcr-family-tent>

Family Tent

Zone per rifugiati temporanei, 2016

Categoria emergenziale: antropico/gen.

Descrizione

La Family Tent dell'UNHCR è un rifugio progettato per fornire una soluzione abitativa temporanea a famiglie di rifugiati e sfollati interni in situazioni di emergenza. Queste tende sono fondamentali per garantire che le persone costrette a lasciare le proprie case a causa di conflitti, disastri naturali o altre crisi abbiano un riparo sicuro. La progettazione delle tende familiari tiene conto delle esigenze di base di una famiglia, offrendo uno spazio sufficientemente ampio per ospitare cinque persone. Le tende sono realizzate con materiali altamente resistenti e ignifughi, assicurando durabilità e sicurezza anche in condizioni climatiche avverse. La struttura della tenda è pensata per essere robusta, con un telaio solido che può resistere a venti forti e piogge intense. Il tessuto utilizzato è spesso trattato per essere impermeabile e resistente ai raggi UV, proteggendo gli occupanti sia dalla pioggia che dal sole. Inoltre, la ventilazione è un aspetto cruciale della progettazione, con aperture che permettono il flusso d'aria per mantenere l'interno fresco e ridurre la condensazione. Le dimensioni della Family Tent sono tali da permettere una certa suddivisione degli spazi interni. Spesso, la tenda è divisa in più compartimenti, permettendo alle famiglie di avere aree separate per dormire e conservare i propri beni personali. Questo è particolarmente importante per mantenere un senso di privacy e normalità in situazioni di grande stress e incertezza. Un altro aspetto rilevante è la facilità di montaggio e smontaggio della tenda. In situazioni di emergenza, il tempo è un fattore critico, e le tende devono essere installate rapidamente. Le Family Tent sono progettate per essere montate con facilità, spesso senza bisogno di strumenti complessi. Questo permette ai soccorritori e alle stesse famiglie di installare rapidamente un rifugio sicuro. Il trasporto delle Family Tent è progettato per essere efficiente e sicuro, facilitando la distribuzione rapida nelle aree di crisi. Le tende vengono confezionate in pallet con dimensioni di 120 cm x 80 cm x 15 cm. Ogni tenda è imballata in una borsa di policotone di 1,2m x 0,4 m x 0,3 m con chiusura a cerniera, che garantisce protezione e facilità di movimentazione durante il trasporto. Queste tende sono progettate per essere leggere e compatte, semplificando il processo di spedizione e distribuzione. Un container da 20 piedi può contenere circa 150 tende con i pallet, mentre un container da 40 piedi può trasportare fino a 300 tende con i pallet e 400 senza pallet. La capacità di stoccaggio efficiente è essenziale per rispondere rapidamente alle emergenze e garantire che le tende possano essere trasportate in grandi quantità senza occupare troppo spazio.



Figura 2.1a.2 Family Tent

Tuareg Shelter

Burkina Faso, 2012

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Questo progetto di rifugio di emergenza è stato sviluppato in Burkina Faso, mirato principalmente ai rifugiati nomadi provenienti dalla parte settentrionale del Mali. L'obiettivo del progetto era fornire supporto abitativo ai rifugiati maliani che vivevano nei campi, al fine di ridurre la loro vulnerabilità riguardo ai problemi di protezione e insediamento all'interno del campo. Utilizzando il modello tradizionale di rifugio, si è garantita la continuazione del ruolo tradizionale delle donne tuareg nella costruzione dei loro rifugi. La struttura mobile e nomade ha permesso che ogni rifugio potesse essere smontato e spostato in un'altra posizione, adattandosi così allo stile di vita dei rifugiati. La selezione dei beneficiari e la distribuzione dei materiali sono state gestite attraverso la struttura sociale e tribale esistente delle comunità tuareg rifugiate. Questo approccio ha garantito che i materiali raggiungessero in modo equo coloro che ne avevano più bisogno e ha facilitato l'accettazione del progetto da parte delle comunità locali. I kit di rifugio forniti comprendevano materiali per costruire rifugi di diverse dimensioni, in base alla dimensione della famiglia, permettendo così una personalizzazione secondo le esigenze specifiche di ogni nucleo familiare. L'implementazione di questo progetto ha avuto un impatto significativo sulla qualità della vita dei rifugiati, offrendo loro un'abitazione sicura e appropriata che rispetta le loro tradizioni culturali. Inoltre, ha rafforzato il senso di comunità e autonomia, consentendo ai rifugiati di partecipare attivamente alla costruzione e gestione dei propri rifugi. Questo progetto rappresenta un esempio di come un intervento umanitario possa essere efficace e rispettoso delle tradizioni culturali dei beneficiari. Il trasporto e il montaggio dei rifugi emergenziali in Burkina Faso richiedono una logistica ben coordinata. I materiali, come legno, tappeti di paglia o sintetici e teloni di plastica forniti dall'UNHCR, vengono trasportati al sito del campo profughi. Una volta sul posto, un team composto da tre persone, inclusi un operaio specializzato e due aiutanti, può assemblare il rifugio in circa un giorno. La struttura mobile permette che ogni rifugio possa essere smontato e trasferito facilmente, adattandosi alle necessità dei rifugiati nomadi. Questo metodo garantisce un'abitazione sicura e culturalmente appropriata per i rifugiati maliani.



Tent - 3

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: -
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 21m²
Peso: 55 Kg/unità
Tipologia di struttura: legno
Tipologia di rivestimento: tappeti, stuoie di paglia o sintetiche e teloni di plastica forniti dall'UNHCR

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali e naturali, impatto ambientale minimo, struttura mobile. 4/5
Fattore Sociale: supporto ai rifugiati nomadi, coinvolgimento comunitario, rispetto tradizioni culturali. 5/5
Fattore Governance: progetto trasparente, distribuzione equa, gestione attraverso strutture sociali esistenti. 4/5

Valutazione complessiva:
 4.5/5

Figura 2.1.1a.3 Tuareg Shelter

Tent - 4

INFORMAZIONI

Realizzazione: Ferrino
Cliente: Protezione Civile
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5.1x3.9x2.65
 (19.89m²/52.71m³)
Peso: 101kg/unità
Tipologia di struttura: trave in tubo d'acciaio
Tipologia di rivestimento: tessuto spalmato in cotone o modacrilico impermeabile, ignifugo

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di tessuti ignifughi e impermeabili, struttura in acciaio, impatto ridotto. 3/5
Fattore Sociale: facile e rapido montaggio, buon isolamento, sicurezza migliorata. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, supportato dalla protezione civile, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva:
 4/5

Montana Tent

Italia

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

La tenda può essere montata su una base di cemento, senza necessità di picchettarla al terreno, garantendo così una maggiore stabilità e versatilità di installazione. Le stanze interne, disponibili in diverse dimensioni (19, 29, 39 e 45m²), consentono di completare il sistema abitativo in modo flessibile, adattandosi alle esigenze specifiche delle famiglie. L'isolamento termico interno migliora le condizioni di vita sia durante l'estate che l'inverno, mantenendo una temperatura interna più confortevole. Le due entrate sono dotate di vestiboli protetti da porte, che permettono la connessione tra diversi moduli abitativi, facilitando la creazione di spazi comuni o separati secondo necessità. Le finestre laterali sono munite di zanzariere e schermi completi di un foglio di plastica trasparente, offrendo protezione dagli insetti e permettendo al contempo la visibilità esterna. Il rivestimento del pavimento è realizzato in tessuto di poliestere rivestito in PVC ignifugo, garantendo sicurezza e durabilità. Due tubi applicati nelle pareti delle entrate permettono il passaggio di cavi e tubature per il riscaldamento, facilitando l'installazione di sistemi di riscaldamento o elettricità. L'adeguamento della ventilazione interna è assicurato grazie a una falda sollevata e fissata alla presa d'aria situata sotto il portico, che consente un flusso d'aria ottimale. Questo design attentamente studiato rende la tenda un'ottima soluzione abitativa temporanea, fornendo sicurezza, comfort e adattabilità, fondamentali per le situazioni di emergenza o di alloggio temporaneo.

L'installazione della tenda viene effettuata con l'aiuto di 2-4 operatori in soli 20 minuti. Questa rapidità di montaggio è resa possibile grazie alla progettazione intuitiva e modulare della tenda, che prevede componenti leggeri e facili da assemblare. Gli operatori possono montare rapidamente la struttura principale, fissare i pannelli e installare le porte e le finestre, garantendo una preparazione efficiente e tempestiva del rifugio. Questo approccio permette di fornire rapidamente un'abitazione sicura e confortevole, essenziale nelle situazioni di emergenza dove il tempo è un fattore cruciale.



Figura 2.1.1a.4 Montana Tent

Suspended Tent

Italia

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

La Suspended Tent di Ferrino è una soluzione ideale per le situazioni di emergenza grazie alla sua robustezza e facilità di installazione. Questa tenda è progettata per resistere a condizioni atmosferiche avverse, offrendo un alto livello di sicurezza e comfort. Le certificazioni ne garantiscono la capacità di resistere a raffiche di vento fino a 105 km/h, vento continuo fino a 85 km/h e carichi di neve fino a 45 kg/m², rendendola adatta a diverse condizioni climatiche, anche estreme.

La tenda dispone di due ingressi, pensati per facilitare il flusso delle persone e l'accessibilità. Le finestre, dotate di zanzariere e coperture complete, garantiscono una ventilazione ottimale, proteggendo al contempo da insetti e agenti atmosferici. L'interno è ulteriormente protetto da una tenda in cotone impermeabile e ignifugo (categoria CAT I), che contribuisce a migliorare la sicurezza e il comfort termico. Per esigenze specifiche, gli ingressi possono essere ulteriormente riparati tramite un modulo opzionale di protezione.

Il trasporto e l'installazione sono pensati per ottimizzare la rapidità di utilizzo in situazioni di emergenza. La tenda può essere montata in soli 15 minuti con l'aiuto di 4 operatori. Tuttavia, a causa del peso significativo di 327 kg per unità, potrebbero essere necessari un carrello elevatore o attrezzature per la movimentazione su pallet durante la logistica e il montaggio. Questo aspetto, combinato con la struttura in alluminio leggera ma resistente, ne fa una scelta pratica e affidabile per i contesti emergenziali.



Tent - 5

INFORMAZIONI

Realizzazione: Ferrino
Cliente: Protezione Civile
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 6,95 x 6,80 x 3,00 m

Peso: 327 kg/unità

Tipologia di struttura:

Poliestere-PVC impermeabile e tessuto ombreggiante, struttura esterna in alluminio

Tipologia di rivestimento:

fibra di poliestere reticolato ignifugo.

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di tessuti ignifughi e impermeabili, struttura in acciaio, impatto ridotto. 3/5

Fattore Sociale: facile e rapido montaggio, buon isolamento, sicurezza migliorata. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, supportato dalla protezione civile, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Figura 2.1.1a.5 Suspended Tent

Tent - 6

INFORMAZIONI

Realizzazione: Ferrino
Cliente: Protezione Civile
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5.50x3.00x2.10
 (16.5m²/34.65m³)

Peso: 55kg/unità

Tipologia di struttura:
 struttura in tubo di fibra di vetro rinforzata; diametro 14 mm.

Tipologia di rivestimento:
 tessuto ignifugo in poliestere bianco, rivestito con vernice ignifuga.

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali ignifughi sintetici, con qualche impiego di materiali locali, ma impatto ambientale moderato. 3.5/5

Fattore Sociale: Progettato per rifugi temporanei, offre protezione e comfort, ma con una vita utile limitata. 3.5/5

Fattore Governance:
 progetto ben gestito con trasparenza, ma limitato a un utilizzo temporaneo. 3.5/5

Valutazione complessiva:
 3.5/5

Lightweight Emergency Italia

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

Questa versatile tenda familiare, progettata per ospitare 5-6 persone, è ampiamente utilizzata in numerosi campi di emergenza internazionali, destinati a persone sfollate. La tenda è dotata di due ingressi, entrambi muniti di porte con zanzariere e schermi parasole interni, garantendo protezione dagli insetti e dal sole. La camera interna, realizzata in un tessuto misto cotone/poliestere traspirante e ignifugo, è suddivisa in due aree distinte grazie a una pratica parete divisoria. Il pavimento, realizzato in polietilene resistente, assicura un isolamento efficace dal terreno. La tenda dispone inoltre di quattro finestre laterali, tutte provviste di zanzariere e coperture per le finestre, che permettono di modulare la ventilazione interna mantenendo un buon livello di privacy e protezione dagli agenti esterni. Un dettaglio pratico è la presenza di una tasca trasparente in PVC situata vicino all'ingresso principale, che può essere utilizzata per personalizzare la tenda con un cartello identificativo o altre informazioni utili. Questa tenda rappresenta una soluzione affidabile e confortevole per chi si trova a vivere in situazioni di emergenza, offrendo protezione, spazio e la possibilità di adattarsi alle diverse esigenze familiari in contesti difficili.

L'installazione della tenda può essere effettuata con l'aiuto di due operatori e richiede circa 20 minuti di tempo. Questo processo è stato ottimizzato per garantire la massima efficienza e semplicità, anche in contesti di emergenza dove il tempo e le risorse sono limitati. La tenda è progettata per essere montata rapidamente, senza la necessità di strumenti complessi, permettendo così di fornire un rifugio sicuro e confortevole in tempi molto brevi. Questo rende la tenda particolarmente adatta per situazioni di emergenza e interventi rapidi.



Figura 2.1.1a.6 Lightweight Emergency Tent

Lightweight Tent

Congo, Ituri, 2019

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

Questa tenda leggera, ampiamente utilizzata da organizzazioni come l'UNHCR, l'ICRC e l'IFRC, è progettata per ospitare comodamente una famiglia di 5 persone, in conformità con le raccomandazioni internazionali che prevedono un'area abitativa minima di $3,5\text{m}^2$ per persona in climi caldi e temperati. La tenda interna, dotata di un pavimento integrato, è sostenuta o appesa all'interno del guscio esterno. Questo guscio esterno funge da involucro per la vera tenda; quando è occupata, la tenda interna agisce come stabilizzatore di quella esterna, garantendo una maggiore stabilità complessiva alla struttura. La progettazione di questa tenda tiene conto delle condizioni climatiche difficili, offrendo una protezione adeguata sia nelle regioni calde che in quelle temperate. Le quattro finestre integrate, ciascuna delle dimensioni di $40 \times 30\text{cm}$, sono dotate di zanzariere per assicurare la ventilazione necessaria senza compromettere la protezione dagli insetti. Questa caratteristica è particolarmente importante in contesti in cui le malattie trasmesse dalle zanzare sono prevalenti. La tenda è costruita con materiali resistenti e leggeri, che ne facilitano il trasporto e il montaggio, rendendola una soluzione rapida e pratica per le emergenze. Il design modulare consente un montaggio semplice, spesso possibile con un numero limitato di operatori in tempi brevi. Inoltre, l'integrazione del pavimento nella struttura interna offre un ulteriore livello di comfort e protezione contro l'umidità e gli elementi esterni. Grazie alla sua versatilità e robustezza, questa tenda rappresenta una scelta ideale per affrontare situazioni di emergenza umanitaria in diverse aree del mondo.

Le tende familiari vengono imballate in pallet di dimensioni $120 \times 80 \times 15\text{cm}$, ottimizzando così lo spazio durante il trasporto e lo stoccaggio. Ogni tenda è confezionata in una borsa di policotone di dimensioni $1,2 \times 0,4 \times 0,3\text{m}$, dotata di una chiusura a zip per garantire una protezione sicura e facilitare la movimentazione. Questo tipo di imballaggio non solo assicura che le tende siano ben protette durante il trasporto, ma rende anche il processo di distribuzione più efficiente, consentendo una rapida distribuzione in situazioni di emergenza.



Tent - 7

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: $5,50 \times 4,00 \times 2,10$
 ($22\text{m}^2/46,2\text{m}^3$)

Peso: $41,9\text{kg/unità}$

Tipologia di struttura: pali e pioli metallici

Tipologia di rivestimento: poliestere con trama ripstop

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali sintetici con qualche elemento locale; impatto ambientale moderato. 3.5/5

Fattore Sociale: fornisce un rifugio temporaneo adeguato per famiglie, ma con una durata limitata. 3.5/5

Fattore Governance: progetto ben gestito e trasparente, ma con un focus su soluzioni temporanee. 3.5/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Figura 2.11a.9 Lightweight Tent

Tent - 8

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban
Cliente: VNA
Utenti primari: rifugiati dell'Ucraina
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 620m²
Peso: -
Tipologia di struttura: tubolari in cartone pressato
Tipologia di rivestimento: teli in tessuto

SITOGRAFIA

 <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/shigeru-ban-rifugi-emergenza-cartone-popolazione-ucraina/>
 <https://www.domusweb.it/it/notizie/gallery/2022/04/06/shigeru-ban-architects-e-voluntary-architects-network-ukraine-refugee-assistance-chelm.html>
 <https://artslife.com/2022/03/29/shigeru-ban-e-le-case-di-cartone-per-i-profughi-ucraini-in-polonia/>

Centro di transizione Polonia, Chelm, 2022

Categoria emergenziale: guerra

Descrizione

Lo stesso sistema costruttivo è stato utilizzato, in questi giorni, in Polonia per l'accoglienza dei rifugiati in fuga dalla guerra in Ucraina. L'organizzazione VNA, lavorando insieme ad architetti polacchi, studenti di design e volontari ha creato centri per rifugiati vicino al confine tra i due Stati, oltre a quelli che sono in cantiere in tutta Europa. A Chelm, la prima fermata in Polonia per i treni provenienti dall'Ucraina centrale e settentrionale, i volontari hanno usato il sistema in cartone per trasformare un supermercato vuoto in un centro per l'accoglienza: sono state realizzate 300 unità individuali, per circa 620 persone. Un'altra squadra a Wrocław, una città molto più grande a ovest, ha trasformato parte di un deposito ferroviario in una stazione per i rifugiati.

Progetto

L'edificio, di impronta 6,00 metri x 3,00m, è caratterizzato da una struttura portante in montanti e traversi in cartone pressato tubolari, con un rivestimento in tubolari di cartone pressato, la fondazione su pali in legno e terra battuta, la copertura in lamiera con un rivestimento protettivo isolante. La struttura portante è realizzata a secco smontabile, i giunti sono uniti da fil di ferro e le connessioni montante-traverso vengono fatte con il sistema maschio-femmina. Il sistema di connessione alla fondazione avviene attraverso il giunto tra pilastri e pali di fondazione in legno profondi 50cm. I tubolari portanti, di diametro 17cm, vengono riempiti di terra fino ad una altezza di 50cm per dare maggiore stabilità all'attacco con le fondazioni. La copertura è realizzata con una capriata in cartone pressato formata da due puntoni tubolari, una catena tubolare in cartone pressato e due connessioni di rinforzo posti in diagonale. Le capriate sono state unite da listarelli di legno dove poi è stata posta il telo protettivo in plastica e la lamiera ondulata.

Fattibilità del progetto

Questo progetto utilizza le precedenti esperienze acquisite nella costruzione di progetti di alloggi in tubolari di cartone pressato e allo stesso tempo integra i metodi di costruzione realizzati localmente. Poiché ciò non richiede competenze specialistiche, questo edificio può essere assemblato molto facilmente dagli abitanti. Inoltre, poiché le donne che



Figura 2.1.1a.10 Dettaglio montate-traverso e capriata ©UNHABITAT



Figura 2.1.1a.11 Realizzazione struttura portante ©UNHABITAT

vivono a Kalobeyei sono esperte nella tecnica di tessitura, hanno partecipato alla cucitura del muro del recinto del tubo di carta. Gli elementi in cartone pressato sono connessi con giunti a secco, e bloccati con semplice fil di ferro, il rivestimento viene cucito attraverso una tessitura in corda e connesso attraverso fil di ferro alla struttura principale. la fondazione è in terra battuta, pali di legno profondi 50 cm e una trave in legno che si comporta da cordolo per i montanti tubolari.

Uso di materiali naturali e livelli di comfort

L'edificio type a è caratterizzato principalmente dall'utilizzo dei seguenti materiali: il cartone pressato, in strutture tubolari, il la lamiera in alluminio per la copertura, il legno per la struttura della copertura, il telo in pvc per l'impermeabilizzazione e il telo esterno in tela. Tutti i materiali utilizzati, tranne che il telo in pvc, sono riciclabili, inoltre la carta utilizzata per le strutture è stata riciclata dallo stabilimento di Nairobi Statpack. L'Architetto oltre all'utilizzo di materiali naturali ha inserito nel progetto un sistema di ventilazione naturale (fig. 9) caratterizzato da un'apertura esterna ricoperta da un telo bianco che fa passare l'aria al disotto della copertura.

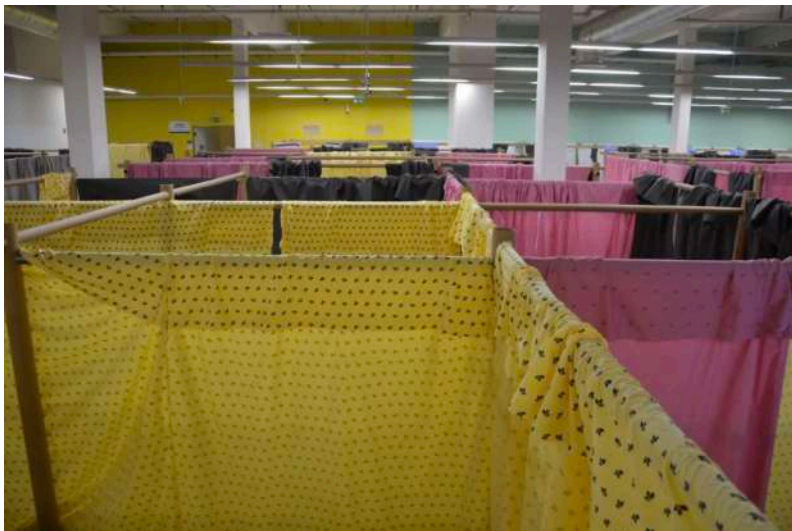


Figura 2.1.1a.12 Schema soluzione passiva ©UNHABITAT



Figura 2.1.1a.13 Realizzazione sistema di ventilazione ©UNHABITAT

Tent - 8

CENTRO DI TRANSIZIONE

POLONIA, CHELM, 2022

Categoria emergenziale:
guerra

Tipologia: centro di
transizione

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: VNA

Utenti primari: rifugiati
dell'Ucraina

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 620m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
tubolari in cartone pressato

Tipologia di rivestimento:
teli in tessuto

SITOGRAFIA

 <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/shigeru-ban-rifugi-emergenza-cartone-popolazione-ucraina/>

 <https://www.domusweb.it/it/notizie/gallery/2022/04/06/shigeru-ban-architects-e-voluntary-architects-network-ukraine-refugee-assistance-chelm.html>

 <https://artslife.com/2022/03/29/shigeru-ban-e-le-case-di-cartone-per-i-profughi-ucraini-in-polonia/>

2.1.1b | Schedatura Unità abitative di transizione (shelter)

Le unità abitative di transizione, note come **Shelter**, rappresentano un passaggio intermedio tra le soluzioni emergenziali e quelle permanenti. Progettate per durare mesi o anni, queste strutture offrono una stabilità maggiore rispetto ai Tent, pur mantenendo una certa modularità e facilità di assemblaggio. Gli Shelter analizzati evidenziano una notevole varietà di approcci progettuali e materiali, che spaziano dal bambù e dal legno nei contesti tropicali, come il Bangladesh, a soluzioni più industriali, come l'acciaio e i pannelli isolanti nei campi profughi della Giordania. Questa flessibilità permette agli Shelter di adattarsi a una vasta gamma di condizioni ambientali e culturali.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Status
Shelter-1	Bamboo Shelter	Antropico	Etiopia, Dollo Ado Camp, 2013	In corso
Shelter-2	Paper Log House	Antropico	Giappone, Yamanashi, 1995	In corso
Shelter-3	Azraq T-Shelter	Antropico	Giordania, Azraq, 2014	In corso
Shelter-4	Emergency	Antropico	Romania, Bucarest, 2013	In corso
Shelter-5	Kutapalong A	Climatologico	Bangladesh, Cox's Bazar, 2017	In corso
Shelter-6	Kutapalong B	Climatologico	Bangladesh, Cox's Bazar, 2017	In corso
Shelter-7	Paper Emergency	Antropico	Ruanda, 1999	In corso
Shelter-8	Wooden Gable	Antropico	Sud Sudan, Ajuong Thok, 2013	In corso
Shelter-9	Bamboo Frame	Terremoto	Indonesia, West Java, 2009	In corso
Shelter-10	Steel Frame	Meteorologico	Vietnam, 2004	In corso
Shelter-11	Dadaab Shelter A	Antropico	Kenya, Garissa, 1990-2000	Sino al 2000
Shelter-12	Paper Log House	Geofisico	India, Gujarat, 2001	In corso
Shelter-13	Liina Shelter	Climatologico	Finlandia, 2011	In corso
Shelter-14	Diogene	Generale	Germania, 2013	In corso
Shelter-15	Timber Frame A	Geofisico	Perù, 2007	In corso
Shelter-16	Timber Frame B	Geofisico	Perù, 2007	In corso
Shelter-17	Steel Frame A	Geofisico	Haiti, 2010	In corso
Shelter-18	Steel Frame B	Geofisico	Indonesia, Ache, 2004	In corso
Shelter-19	Steel Frame C	Meteorologico	Vietnam, 2004	In corso
Shelter-20	Lombok Shelter	Geofisico	Indonesia, Lombok, 2018	In corso
Shelter-21	Pallet House	Antropico	Kosovo, 2008	In corso
Shelter-22	Trans Lieu	Antropico	Somalia, 2022	In corso
Shelter-23	Shelter A	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	In corso
Shelter-24	Shelter B	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	In corso
Shelter-25	Transitional shelter ikea	Antropico e naturale	-	In corso

Tabella 2.1.1 Indice delle schede della tipologia Shelter

Bamboo Shelter

Etiopia, Dollo Ado Camp, 2013

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Questo modello di rifugio transitorio presenta una struttura a travi e pilastri in eucalipto, con pareti rivestite in bambù diviso, materiale ampiamente disponibile in Etiopia, e un tetto in lamiera ondulata, scelto per la sua durabilità. Il rifugio include una partizione interna, due finestre chiudibili e una porta che può essere bloccata sia dall'interno che dall'esterno per migliorare la sicurezza. La struttura è ben ventilata per affrontare il clima caldo e offre una protezione adeguata dalla pioggia. Il progetto ha avuto un impatto positivo non solo sui rifugiati, ma anche su un gran numero di lavoratori della comunità ospitante e incentivata, attraverso il loro coinvolgimento nella costruzione, nella formazione e nella prefabbricazione dei rifugi. Questa iniziativa ha fornito opportunità di sussistenza, offrendo impiego e formazione. Coinvolgendo la comunità locale nella realizzazione dei rifugi, il progetto ha contribuito a creare competenze e a stimolare l'economia locale. La struttura in eucalipto e bambù è stata scelta per la sua sostenibilità e disponibilità locale, riducendo i costi di trasporto e contribuendo a un approccio ecologico. Le lamiere di ferro ondulate, resistenti e durevoli, assicurano una lunga vita al tetto, mentre la possibilità di bloccare finestre e porte offre un senso di sicurezza maggiore agli occupanti.

Il modello di rifugio transitorio richiede circa un giorno per essere costruito da un team di tre persone. Il montaggio prevede che i materiali vengano trasportati facilmente grazie alla leggerezza e alla modularità dei componenti. Una volta sul luogo, i pali di eucalipto vengono fissati per formare l'ossatura principale, seguiti dall'installazione dei pannelli di bambù come pareti. Infine, il tetto in lamiera ondulata viene montato per garantire durabilità e protezione. Questo approccio assicura un rifugio resistente e ben ventilato, adatto a climi caldi e piovosi.



Shelter - 1

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati in transizione

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 21m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
struttura in legno insieme ad una struttura di supporto in canniccio di bambù

Tipologia di rivestimento:
bambù (pareti) e lamiere ondulate (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali e sostenibili, riduce impatto ambientale e costi di trasporto. 4/5

Fattore Sociale: supporto ai rifugiati, coinvolgimento comunità locale, migliora competenze e sicurezza. 4.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente, coinvolgimento locale, ben documentato, formazione fornita. 4/5

Valutazione complessiva:
4.5/5

Figura 2.1.1b.1 Bamboo Shelter

Shelter - 2

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: Comunità

Yamanashi

Utenti primari: rifugiati in transizione

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.27x6.7x3m²
(21.9m²/65.7m³)

Peso: -

Tipologia di struttura: tubi di cartone (108 mm di diametro, 4 mm di spessore) e bambù

Tipologia di rivestimento: cartone riciclato

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di cartone riciclato e bambù, riduzione della deforestazione. 4/5

Fattore Sociale: supporto rifugiati, montaggio rapido, adattabile a risorse disponibili. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, coinvolgimento comunità, ma documentazione limitata. 3/5

Valutazione complessiva: 4/5

Paper Log House

Giappone, Yamashi, 1995

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Questo rifugio è stato utilizzato in diversi contesti. Il primo utilizzo risale a Kobe, in Giappone, nel 1995, dove l'impiego di tubi di cartone ha permesso di sostituire l'abitudine di usare pilastri di legno, riducendo così la deforestazione. Le fondamenta erano costituite da scatole di plastica riempite di sabbia e terra, coperte con un rivestimento in PVC per consentire la ventilazione interna. Successivamente, è stato utilizzato in Turchia nel 1999, dove un'unità è diventata 3 x 6 metri, con una configurazione diversa e leggermente più grande, dovuta alle dimensioni standard locali del compensato e alla maggiore dimensione media delle famiglie nel paese. Inoltre, è stato aggiunto più isolamento: carta straccia è stata inserita all'interno dei tubi lungo le pareti e fibra di vetro nel soffitto, mentre cartone e fogli di plastica sono stati utilizzati per un ulteriore isolamento, a seconda delle necessità degli abitanti. Durante l'utilizzo in India nel 2001, a causa del clima caldo, il tetto è stato costruito utilizzando un tubo di carta mista e materiali locali come il bambù. Ban ha trasferito il metodo di costruzione dei rifugi d'emergenza a una serie di grandi edifici pubblici permanenti, che sono esteticamente sorprendenti, come una chiesa situata a Kobe. Questo approccio innovativo non solo ha fornito rifugi sicuri ed ecologici in situazioni di emergenza, ma ha anche dimostrato come tecniche di costruzione sostenibili possano essere applicate a edifici permanenti, offrendo un'alternativa praticabile e rispettosa dell'ambiente ai metodi tradizionali di costruzione. Il tempo necessario per assemblare il rifugio sul posto è inferiore a 6 ore. Il numero di persone necessarie per l'assemblaggio varia da 1 a 20. Questa rapidità e flessibilità nel montaggio lo rende particolarmente adatto per situazioni di emergenza, dove la velocità di costruzione è cruciale. La possibilità di utilizzare un numero variabile di persone permette di adattare il processo di assemblaggio alle risorse umane disponibili, rendendo il rifugio estremamente versatile e adattabile a diverse condizioni e contesti. Questo metodo di costruzione garantisce un rifugio rapido e sicuro per le persone in situazioni di emergenza.



Figura 2.11b.2 Paper Log House

Azraq T-Shelter

Giordania, Azraq, 2014

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Il Transitional Shelter (T-Shelter) è stato progettato per il campo di Azraq per ospitare i rifugiati siriani in Giordania, tenendo conto delle limitazioni climatiche, finanziarie e culturali. Il campo di Azraq è stato costruito con 13.500 unità di T-Shelter per accogliere 67.000 rifugiati, in risposta allo sfollamento prolungato. I T-Shelter sono strutture in acciaio interconnesse, progettate per massimizzare la privacy e proteggere dalle condizioni meteorologiche avverse. Queste strutture offrono una protezione efficace contro i forti venti, la polvere e i cambiamenti climatici estremi. Le pareti e il tetto del T-Shelter sono progettati per resistere alle intemperie, fornendo un rifugio sicuro e stabile per le famiglie rifugiate. La struttura in acciaio assicura durabilità e stabilità, mentre il design modulare permette una rapida costruzione e adattabilità a diversi contesti. Oltre alla protezione fisica, i T-Shelter sono stati progettati con un'attenzione particolare alla privacy, un aspetto fondamentale per il benessere psicologico dei rifugiati. Gli spazi interni sono configurati per offrire aree separate per le diverse attività quotidiane, contribuendo a ricreare un ambiente di vita dignitoso nonostante le difficili circostanze. Il progetto del T-Shelter non solo affronta le sfide immediate dell'alloggio in situazioni di emergenza, ma tiene anche conto delle esigenze culturali e sociali dei rifugiati, integrando soluzioni che rispettano le loro abitudini e tradizioni. In questo modo, il T-Shelter rappresenta una soluzione abitativa temporanea ma dignitosa, contribuendo a migliorare la qualità della vita dei rifugiati siriani nel campo di Azraq. Il T-Shelter richiede circa 12-16 ore per essere costruito con un team di 4 persone. Il montaggio prevede l'uso di una struttura ad incastro in acciaio, che permette un'installazione rapida e sicura. Le pareti e il tetto sono realizzati con un doppio strato di rivestimento IBR (Inverted Box Rib), con isolamento in schiuma di alluminio nel mezzo per migliorare la protezione contro le intemperie. I materiali leggeri e modulari facilitano il trasporto, consentendo di impilare e trasportare le unità in modo efficiente. Questa combinazione di elementi rende il T-Shelter una soluzione abitativa temporanea ma dignitosa, ideale per rispondere alle necessità di rifugiati in situazioni di emergenza.



Shelter - 3

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR

Cliente: Governo della Giordania

Utenti primari: rifugiati in transizione

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 24m²

Peso: -

Tipologia di struttura: struttura ad incastro in acciaio

Tipologia di rivestimento: doppio strato di rivestimento IBR (Inverted Box Rib) con isolamento in schiuma di alluminio nel mezzo

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali leggeri e modulari, riduzione impatto ambientale, alta durabilità. 4/5

Fattore Sociale: progettato per privacy e sicurezza, rapido montaggio, supporto rifugiati. 5/5

Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione internazionale, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva: 4.5/5

Figura 2.11b.3 Azraq T-Shelter

Shelter - 4

INFORMAZIONI

Realizzazione: Atelier2
Cliente: Emergency
Utenti primari: rifugiati in transizione
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 7x14m (98m²)
Peso: -
Tipologia di struttura: tubolare trapezoidale in acciaio
Tipologia di rivestimento: pannello sandwich OYSTER®: rivestimento in acciaio e poliuretano

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di pannelli sandwich in poliuretano, eccellente isolamento ma non ecologico. 3/5
Fattore Sociale: supporto rifugiati, rapido montaggio, facile assemblaggio da personale non specializzato. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione con esperti, documentazione dettagliata. 4/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Emergency

Romania, Bucarest, 2013

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

La struttura è stata realizzata con il consiglio di Promet Engineering e con il supporto del Metecno Group. Essa è composta da una struttura in metallo, con profili fissati alle fondamenta mediante piedini regolabili. Sui telai principali, caratterizzati da nodi rigidi triangolari in acciaio, sono posizionate le capriate tubolari, sulle quali poggiano i pannelli sandwich (Oyster Sisco), in grado di garantire prestazioni termiche e strutturali ottimali. Le facciate e tutte le pareti interne sono realizzate anch'esse con pannelli in poliuretano. Il piano terra è stato rifinito con doghe di legno massello provenienti dalla Romania, tagliate e utilizzate nell'impalcato sandwich in modalità flottante. I singoli moduli, composti da 2 moduli base di 7,00 m x 7,00 m ciascuno, possono essere combinati per costruire strutture più grandi, in grado di rispondere a diverse funzioni. Questa combinazione modulare permette una grande flessibilità nell'uso degli spazi, rendendo la struttura adatta a molteplici applicazioni, dalla residenza privata agli spazi commerciali o pubblici. I pannelli sandwich Oyster Sisco, con il loro nucleo in poliuretano, non solo assicurano un eccellente isolamento termico, ma contribuiscono anche alla robustezza complessiva dell'edificio, garantendo una lunga durata nel tempo. La scelta delle doghe di legno massello per il piano terra non solo aggiunge un tocco estetico naturale, ma migliora anche il comfort abitativo grazie alle proprietà isolanti del legno. La struttura, grazie alla sua modularità e alle caratteristiche dei materiali utilizzati, rappresenta una soluzione innovativa e versatile nel campo delle costruzioni moderne, rispondendo alle esigenze di sostenibilità e efficienza energetica.

La struttura può essere imballata in due container e spedita con le istruzioni di montaggio, consentendo un'assemblaggio rapido in soli due giorni da parte di personale non specializzato. Questo processo semplificato rende la struttura estremamente versatile e facile da installare, riducendo significativamente i tempi e i costi di costruzione. Grazie alle istruzioni dettagliate fornite, anche il personale senza esperienza specifica nel settore delle costruzioni può completare l'assemblaggio in modo efficiente, garantendo al contempo la sicurezza e la qualità del risultato finale.



Figura 2.1.1b.4 Emergency

Kutupalong A

Bangladesh, Cox's bazar district, 2017

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Il rifugio transitorio "Kutupalong A" fa parte del vasto complesso di campi profughi situati a Kutupalong, nella regione di Cox's Bazar, Bangladesh. Questo insediamento è stato istituito per accogliere i rifugiati Rohingya fuggiti dalle violenze e dalle persecuzioni in Myanmar a partire dal 2017. Ospita centinaia di migliaia di persone, rendendolo uno dei più grandi e densamente popolati campi di rifugiati al mondo. Le strutture abitative di "Kutupalong A" sono progettate per essere temporanee ma devono garantire un minimo di sicurezza e protezione per i residenti. I rifugi sono generalmente costruiti con materiali leggeri e facilmente reperibili, come bambù e teloni di plastica, il che li rende vulnerabili agli eventi climatici estremi, come i monsoni che portano piogge torrenziali e forti venti. Le condizioni di vita sono ulteriormente complicate dalla sovrappopolazione e dalla mancanza di risorse adeguate, che rendono difficile mantenere standard igienico-sanitari sufficienti, aumentando il rischio di malattie trasmissibile. Recenti incidenti, come gli incendi che hanno devastato parte del campo, hanno messo in evidenza la fragilità delle strutture e la necessità di miglioramenti urgenti. Gli incendi hanno distrutto migliaia di rifugi, lasciando molte famiglie senza un tetto e accentuando le già gravi difficoltà. Le organizzazioni umanitarie, come l'UNHCR, stanno lavorando instancabilmente per fornire assistenza immediata, distribuendo kit di emergenza, cibo e acqua, e aiutando nella ricostruzione delle strutture danneggiate.

Il montaggio e il trasporto del rifugio temporaneo "Kutupalong A" richiede circa 8 giorni con un team di 3 persone. La struttura, realizzata in bambù non trattato e rivestita con teloni di plastica forniti dall'UNHCR, è progettata per essere leggera e facilmente assemblabile sul posto. Gli elementi del rifugio sono trasportabili manualmente o con piccoli veicoli, facilitando l'accesso anche nelle aree più remote. Le operazioni di costruzione devono tener conto delle condizioni climatiche estreme, come i monsoni, che possono influenzare la stabilità e la sicurezza della struttura.



Shelter - 5

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità di Cox
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5x3.5m (17.5m²)
Peso: -
Tipologia di struttura: struttura in bambù non trattato
Tipologia di rivestimento: teli di plastica dell'UNHCR

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di bambù e plastica, materiali locali, impatto minimo ma non durevole. 3/5
Fattore Sociale: supporto rifugiati Rohingya, rapido montaggio, vulnerabile a condizioni climatiche estreme. 3/5
Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione umanitaria, ma documentazione limitata. 3/5

Valutazione complessiva: 3/5

Shelter - 6

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità di Cox
Utenti primari: rifugiati
 temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5x3.5m (17.5m²)
Peso: -
Tipologia di struttura:
 struttura in bambù non
 trattato
Tipologia di rivestimento:
 stuoie di bambù intrecciate
 e lamine di ferro ondulado

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di
 bambù non trattato, stuoie
 intrecciate, ferro ondulado,
 ridotto impatto ambientale.
 4/5

Fattore Sociale:
 miglioramenti in isolamento
 termico, drenaggio e
 ventilazione, migliorata
 qualità di vita. 4/5

Fattore Governance:
 progetto trasparente,
 collaborazione umanitaria,
 miglioramenti documentati.
 4/5

Valutazione complessiva:
 4/5

Kutupalong B

Bangladesh, Cox's bazar district, 2017

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Il modello "Kutupalong B" rappresenta un'evoluzione dei rifugi transitori impiegati nel complesso dei campi profughi di Kutupalong, situato a Cox's Bazar in Bangladesh. Questo modello è stato sviluppato per offrire miglioramenti significativi rispetto alla versione precedente, "Kutupalong A". Progettato per fornire una maggiore resistenza alle avverse condizioni climatiche tipiche della regione, il modello "Kutupalong B" utilizza materiali più robusti e tecniche costruttive avanzate per garantire una stabilità e durabilità superiori. Un aspetto cruciale è l'isolamento termico migliorato, che contribuisce a mantenere un ambiente interno più confortevole per gli occupanti durante tutto l'anno. Oltre alla robustezza strutturale, il modello "Kutupalong B" integra sistemi di drenaggio più efficienti, riducendo così il rischio di allagamenti che possono verificarsi durante la stagione dei monsoni. Questo è fondamentale per prevenire le condizioni insalubri che spesso accompagnano le inondazioni nei campi sovraffollati. Un altro miglioramento significativo è la ventilazione ottimizzata, che favorisce una migliore circolazione dell'aria all'interno dei rifugi, contribuendo a ridurre il rischio di malattie respiratorie, un problema comune nei campi profughi. Questi miglioramenti sono stati implementati in risposta alle difficoltà osservate con il modello "Kutupalong A" e riflettono un continuo impegno delle organizzazioni umanitarie per migliorare le condizioni di vita dei rifugiati. L'obiettivo è fornire un ambiente più sicuro e vivibile, capace di affrontare le sfide climatiche e sanitarie quotidiane che i rifugiati devono affrontare.

Il rifugio "Kutupalong B" richiede circa 8 giorni per essere costruito da un team di 3 persone. La struttura è realizzata in bambù non trattato, con teloni di plastica forniti dall'UNHCR come copertura. Le modalità di montaggio prevedono l'assemblaggio dei componenti prefabbricati, facilmente trasportabili manualmente o con piccoli veicoli. Questo rifugio è progettato per resistere alle avverse condizioni climatiche di Cox's Bazar, con miglioramenti come l'isolamento termico e sistemi di drenaggio efficaci. La ventilazione ottimizzata garantisce un ambiente interno salubre, riducendo i rischi di malattie respiratorie comuni nei campi profughi sovraffollati.



Figura 2.11b.6 Kutupalong B

Paper Emergency

Ruanda, 1999

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Il "Paper Emergency Shelter" per l'UNHCR, progettato dall'architetto Shigeru Ban, risponde alla necessità urgente di alloggi sostenibili ed economici per i rifugiati. Questo rifugio innovativo utilizza tubi di carta come materiale strutturale principale, offrendo un notevole vantaggio ambientale rispetto ai tradizionali rifugi per rifugiati che tipicamente si basano su teli di plastica e pali di alluminio. Il design è emerso in risposta alla guerra civile in Ruanda nel 1994, dove la deforestazione causata dai rifugiati che tagliavano alberi per ottenere materiali da costruzione ha reso necessaria una soluzione alternativa. Shigeru Ban ha introdotto il concetto di utilizzare tubi di carta, che sono leggeri, economici e possono essere prodotti localmente con macchinari semplici. Questa produzione locale riduce i costi di trasporto e l'impatto ambientale, rendendola una soluzione altamente pratica per situazioni di emergenza. I rifugi sono progettati per essere durevoli e resistenti alle termiti, qualità essenziali per le condizioni variabili e spesso difficili che si trovano nei campi profughi. Nel 1998, cinquanta di questi rifugi di emergenza sono stati costruiti in Ruanda come progetto pilota per valutare la loro efficacia nelle condizioni reali. I rifugi sono stati testati per la loro durata, i costi e la resistenza alle termiti, dimostrando la loro idoneità come soluzione temporanea abitativa. La struttura modulare dei rifugi consente un'installazione rapida, anche da parte di lavoratori non specializzati, il che è cruciale nelle crisi umanitarie dove il tempo è un fattore critico.

Il montaggio dei "Paper Emergency Shelter" progettati da Shigeru Ban richiede circa 5 ore con un team di 4 persone. La struttura utilizza tubi di carta leggeri e facilmente assemblabili, prodotti localmente per ridurre i costi di trasporto e l'impatto ambientale. Il processo di costruzione prevede la connessione dei tubi di carta per formare l'ossatura del rifugio, che viene poi ricoperta con teli di plastica forniti dall'UNHCR. I materiali sono trasportabili manualmente o con piccoli veicoli, permettendo un'installazione rapida ed efficiente anche in condizioni difficili.



Shelter - 7

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: UNHCR

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 10m²

Peso: -

Tipologia di struttura: tubi di carta

Tipologia di rivestimento: teli di plastica forniti dall'UNHCR

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di tubi di carta, produzione locale, riduzione impatto ambientale. 4/5

Fattore Sociale: supporto rifugiati, rapido montaggio, materiali leggeri e resistenti. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione internazionale, produzione locale documentata. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Figura 2.1.1b.7 Paper Emergency

Shelter - 8

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità di Ajuong Thok
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 12m²
Peso: -
Tipologia di struttura: bushwood, legname o bambù
Tipologia di rivestimento: teloni, paglia, lamiera ondulata, rivestimento in erba, intonaco di fango o bambù

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali come legname e erba, ridotto impatto ambientale. 4/5
Fattore Sociale: supporto ai rifugiati, utilizzo di competenze locali, rapido montaggio. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione internazionale, documentazione dettagliata. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Figura 2.11b.8 Wooden Gable

Wooden Gable Sud Sudan, Ajuong Thok, 2013

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Questo progetto di rifugio di emergenza è stato sviluppato nel campo profughi di Ajuong Thok, in Sud Sudan, con l'obiettivo di fornire un rifugio adeguato alla popolazione del campo e ai nuovi arrivati utilizzando materiali locali disponibili. Due caratteristiche dell'area e della popolazione hanno funzionato come fattori guida principali per la strategia: i rifugiati provenivano da aree rurali e possedevano abilità di sopravvivenza e costruzione di rifugi; la regione dispone di vaste risorse forestali e di erba tatch. I rifugiati, abituati a vivere in contesti rurali, hanno dimostrato competenze significative nella costruzione di rifugi utilizzando materiali naturali. Questo ha permesso loro di adattarsi rapidamente alle risorse disponibili nella regione di Ajuong Thok. In particolare, la presenza abbondante di legname e erba tatch ha facilitato la costruzione di rifugi che non solo soddisfano le esigenze immediate di protezione, ma che sono anche sostenibili e culturalmente appropriati. Il progetto ha quindi mirato a sfruttare queste risorse naturali, combinando le conoscenze tradizionali dei rifugiati con una strategia organizzativa che ha ottimizzato l'uso dei materiali locali. Questo approccio non solo ha reso possibile una risposta rapida ed efficiente alle esigenze abitative, ma ha anche promosso un senso di autonomia e competenza tra i rifugiati. Inoltre, l'uso di materiali locali ha ridotto i costi e l'impatto ambientale, rendendo il progetto sostenibile a lungo termine. In sintesi, l'iniziativa ha rappresentato un esempio di come le risorse naturali e le competenze locali possano essere integrate per fornire soluzioni efficaci e sostenibili in situazioni di emergenza.

Il trasporto e il montaggio del rifugio emergenziale nel campo profughi di Ajuong Thok in Sud Sudan richiedono un team di costruzione composto da un operatore qualificato e due lavoratori. Il tempo necessario per la costruzione varia da 6 ore a 3 giorni, a seconda della fase, passando dall'emergenza alla realizzazione di strutture durevoli. I materiali utilizzati, come legname e erba tatch, sono reperiti localmente, facilitando il trasporto e l'assemblaggio sul sito. Questa organizzazione ottimizza l'uso delle risorse disponibili, garantendo una risposta rapida ed efficiente alle necessità abitative della popolazione rifugiata.



Bamboo Frame

Indonesia, West Java, 2009

Categoria emergenziale: terremoto

Descrizione

La struttura rettangolare in bambù misura 6 metri per 4 metri e presenta un tetto a padiglione coperto da tegole in terracotta posate su stuoie di bambù e listelli. Le pareti sono realizzate con stuoie intrecciate di bambù, con una porta frontale e due finestre su ciascun lato, fornendo ventilazione e luce naturale. Nella sezione posteriore, il pavimento è rialzato e costituisce un'area di riposo, costruita con travetti e pannelli di bambù. Il vuoto sotto il pavimento è riempito con macerie, contenute da un basso muro di mattoni, che garantisce isolamento e stabilità. La struttura è rinforzata con elementi di bambù su tutti i lati, conferendo maggiore stabilità, e un'ulteriore capriata centrale per supportare il tetto. Il rifugio è sostenuto da cinque fondazioni a secchio, ciascuna con un pezzo di bambù incastonato, che si collega ai quattro pilastri principali. Le connessioni del telaio sono fissate con pioli di bambù e ulteriormente assicurate con corde, garantendo una solida integrazione degli elementi strutturali. Il tetto e il pavimento sono fissati con chiodi per una maggiore resistenza. Questa costruzione in bambù offre una soluzione abitativa durevole e resiliente, utilizzando materiali naturali e tecniche tradizionali. La combinazione di bambù, tegole in terracotta e muratura garantisce una buona protezione contro le intemperie, mentre la disposizione interna offre comfort e funzionalità per gli abitanti. Il design del rifugio riflette un equilibrio tra sostenibilità, efficienza costruttiva e adattabilità alle esigenze locali, rendendolo una scelta ideale per contesti rurali o aree soggette a disastri. Il trasporto e il montaggio della struttura in bambù e cemento richiedono tre o quattro giorni e l'impiego di tre o quattro persone. I materiali vengono trasportati sul sito, dove la struttura rettangolare di bambù, con pareti in stuoie intrecciate, viene assemblata. La costruzione comprende un tetto a padiglione coperto da tegole in terracotta, sostenuto da una capriata centrale. Le connessioni del telaio sono fissate con pioli di bambù e corde, mentre il tetto e il pavimento sono ancorati con chiodi. Questo processo garantisce una costruzione stabile e resistente, adattata alle esigenze dei rifugiati transitori in contesti di emergenza.



Shelter - 9

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC
Cliente: -
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 20m²
Peso: -
Tipologia di struttura: bambù e cemento
Tipologia di rivestimento: bambù

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di bambù e tegole in terracotta, materiali naturali e sostenibili. 4/5
Fattore Sociale: supporto post-terremoto, ventilazione e luce naturale, comfort migliorato. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, tecniche tradizionali integrate. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Shelter - 10

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC
Cliente: -
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.6x8.4m
 (30.24m²)
Peso: -
Tipologia di struttura:
 acciaio leggero zincato
Tipologia di rivestimento:
 compensato (pareti) e
 lamiera di acciaio ondulato
 (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale:
 uso di acciaio zincato e
 compensato, materiali
 durevoli e riciclabili. 4/5
Fattore Sociale: supporto
 post-emergenza,
 rapida installazione,
 offre protezione contro
 inondazioni. 4/5
Fattore Governance:
 progetto trasparente,
 gestione efficiente, ben
 documentato. 4/5

Valutazione complessiva:
 4/5

Steel Frame Vietnam, 2004

Categoria emergenziale: metereologico

Descrizione

Il rifugio è costituito da un telaio in acciaio leggero zincato con pareti in compensato e un tetto in lamiera ondulata. La superficie coperta misura 3,6 x 8,4 metri, con un'area abitabile di 3,6 x 7,2 metri. Il tetto ha un'inclinazione di 16,5 gradi, con un'altezza che varia da 3,2 metri alla gronda fino a 4,6 metri al colmo. Sono presenti due porte, una laterale e una frontale, e un portico a sbalzo che si estende di 1,3 metri oltre la porta per formare un ingresso coperto. La struttura comprende dodici colonne, sei delle quali sono ancorate al suolo con fondazioni a vite, connesse a coppie tramite una capriata rinforzata per formare un telaio a momento. Il sistema di stabilità è costituito da questi tre telai a momento, collegati tra loro da altri due telai a momento su ciascun lato dell'edificio. Sotto la copertura del tetto è presente una controventatura in acciaio per ulteriore stabilità. Il rifugio è dotato di una base in calcestruzzo spesso 100 mm, gettata sopra le fondazioni a vite e le travi di legatura del pavimento. Inoltre, è presente un muro basso in muratura non strutturale di 0,5 metri, che offre una certa protezione contro le inondazioni. Questo design non solo garantisce una costruzione robusta e durevole, ma fornisce anche un riparo confortevole e sicuro per gli occupanti. La combinazione di materiali leggeri e resistenti, insieme a soluzioni costruttive innovative, rende questo rifugio ideale per situazioni di emergenza, assicurando un'installazione rapida e una protezione efficace contro gli elementi naturali.

Il trasporto e il montaggio del rifugio in acciaio leggero zincato con pareti in compensato e tetto in lamiera ondulata richiedono tre giorni e l'impiego di sei persone. I materiali, inclusi il telaio in acciaio, le pareti in compensato e le lamiere ondulate, vengono trasportati al sito di installazione.



Figura 2.1.1b.10 Steel Frame

Dadaab Shelter A

Kenia, Garissa, 1990-2000

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Il Dadaab shelter modello A nei campi rifugiati di Dadaab rappresenta una soluzione abitativa temporanea ma stabile per i rifugiati, progettata per migliorare le loro condizioni di vita rispetto alle semplici tende. La struttura portante è realizzata in legno con un design a timpano, che offre una buona stabilità e resistenza agli agenti atmosferici. Questo design aiuta anche a gestire meglio il deflusso dell'acqua piovana, prevenendo infiltrazioni e danni alla struttura. Il rivestimento del rifugio utilizza materiali forniti dall'UNHCR, inclusi teli di plastica per le pareti e lamiera ondulata per il tetto. I teli di plastica creano una barriera protettiva contro vento e pioggia, sono relativamente facili da installare e sostituire, il che è utile in contesti dove la manutenzione regolare è necessaria. Le lamiere ondulate, invece, forniscono una maggiore resistenza e durabilità, proteggendo efficacemente dagli elementi atmosferici e contribuendo a mantenere l'interno del rifugio asciutto e sicuro. Nonostante sia progettato come soluzione temporanea, il modello A offre una resistenza maggiore rispetto alle tende tradizionali e un livello di comfort superiore per i rifugiati. La combinazione di una struttura a timpano in legno e rivestimenti durevoli rende questi rifugi una soluzione pratica e relativamente economica per migliorare la qualità della vita nei campi rifugiati. Tuttavia, come ogni soluzione temporanea, richiedono una manutenzione costante e regolare, specialmente dopo eventi climatici estremi come piogge torrenziali o tempeste di sabbia, per garantirne l'efficacia nel tempo. Questo modello di rifugio rappresenta un compromesso tra la necessità di fornire un'abitazione sicura e la realtà di gestione di grandi popolazioni di rifugiati in contesti difficili, contribuendo significativamente alla loro protezione e dignità. Il montaggio del rifugio Dadaab modello A richiede tre persone e due giorni di lavoro. La struttura portante è in legno con un design a timpano, il che offre stabilità e resistenza agli agenti atmosferici. I materiali di rivestimento, forniti dall'UNHCR, includono teli di plastica per le pareti e lamiera ondulata per il tetto. Questo design non solo facilita il deflusso dell'acqua piovana, prevenendo infiltrazioni, ma anche rende la struttura più duratura e resistente rispetto alle tende tradizionali, migliorando così le condizioni di vita dei rifugiati.



Shelter - 11

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità di Dadaab
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: sino al 2000

DATI TECNICI

Dimensione: 19.8m²
Peso: -
Tipologia di struttura: legno a timpano
Tipologia di rivestimento: teli di plastica forniti dall'UNHCR e lamiera ondulata

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno e plastica, materiali accessibili, buona durabilità. 3/5
Fattore Sociale: migliora qualità di vita rispetto alle tende, stabile e sicuro. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, supportato da UNHCR, manutenzione necessaria. 3/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Shelter - 12

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 15m²

Peso: -

Tipologia di struttura: tubi di cartone (108 mm di diametro, 4 mm di spessore) e bambù

Tipologia di rivestimento: cartone riciclato

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali riciclati come cartone e bambù, ridotto impatto ambientale. 4/5

Fattore Sociale: supporto post-disastro, rapido montaggio, ventilazione adeguata, utilizzo di materiali locali. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, coinvolgimento comunitario. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Paper Log House

India, Gujarat, 2001

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

La Paper Log House, progettata da Shigeru Ban, è stata utilizzata in vari contesti, tra cui Kobe, Giappone, nel 1995, e successivamente in Turchia nel 1999 e in India nel 2001. In India, dopo il terremoto del Gujarat del 2001, la casa è stata adattata per rispondere alle circostanze locali. Le fondamenta sono state realizzate con macerie degli edifici distrutti, ricoperte da un pavimento tradizionale in fango. Per il tetto, sono stati utilizzati bambù divisi per le volte a costola e bambù interi per le travi di colmo, coperti da stuoie di canna intrecciata e un telo di plastica trasparente per la protezione dalla pioggia. La costruzione delle Paper Log House in India ha coinvolto materiali locali come bambù e stuoie di canna, e ha incluso ventilazione tramite i frontoni, permettendo una buona circolazione dell'aria e la possibilità di cucinare all'interno senza accumulo di fumo. Questo design ha fornito non solo un riparo efficace, ma anche una soluzione sostenibile e adattabile alle esigenze locali. Il progetto ha dimostrato l'efficacia dell'uso di materiali riciclabili e ha avuto un impatto significativo sul modo in cui vengono immaginati e progettati i rifugi di emergenza, rendendoli pratici e resistenti. Shigeru Ban ha continuato a utilizzare questo approccio per costruire rifugi temporanei in vari paesi, migliorando le condizioni di vita delle persone colpite da disastri naturali e promuovendo soluzioni architettoniche sostenibili e innovative.

Il tempo necessario per assemblare il rifugio sul posto è inferiore a 6 ore. Il numero di persone necessarie per l'assemblaggio varia da 1 a 20. Questa rapidità e flessibilità nel montaggio lo rende particolarmente adatto per situazioni di emergenza, dove la velocità di costruzione è cruciale. La possibilità di utilizzare un numero variabile di persone permette di adattare il processo di assemblaggio alle risorse umane disponibili, rendendo il rifugio estremamente versatile e adattabile a diverse condizioni e contesti. Questo metodo di costruzione garantisce un rifugio rapido e sicuro per le persone in situazioni di emergenza.



Figura 2.1.1b.12 Paper Log House

Liina Shelter

Zone per rifugiati transitori, 2011

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

Il "Liina Transitional Shelter" è un rifugio temporaneo progettato per essere utilizzato in climi freddi durante situazioni di crisi, come quelle causate da disastri naturali. Creato dagli studenti del Wood Program dell'Università Aalto, il rifugio è costituito principalmente da legno finlandese e materiali a base di legno, offrendo una soluzione sostenibile e dignitosa per le persone sfollate. Il design del rifugio si basa su un sistema di pannelli prefabbricati a sandwich, che possono essere facilmente trasportati e assemblati. Ogni pannello ha una larghezza di 600 mm, il che consente di ridurre gli sprechi e facilitare il trasporto. I pannelli sono costituiti da un telaio in legno lamellare (LVL) incastonato tra due fogli di compensato e riempiti con isolamento in fibra di cellulosa. Il rifugio è progettato per ospitare una famiglia di cinque persone per un periodo fino a cinque anni, durante la fase di ricostruzione post-disastro. L'interno del rifugio comprende due spazi per dormire, una cucina a corridoio e uno spazio multifunzionale per mangiare, vivere e lavorare. Un soppalco sopra le aree di riposo può essere utilizzato come spazio aggiuntivo per dormire o come deposito. Il Liina Transitional Shelter è concepito per essere facilmente adattabile, potendo essere ampliato, trasferito, venduto o riciclato, offrendo una risposta flessibile alle esigenze delle popolazioni colpite.

L'assemblaggio dei pannelli per il Liina Transitional Shelter è progettato per essere estremamente semplice ed efficiente. Richiede solo strumenti manuali comuni, come martelli e cacciaviti, eliminando la necessità di attrezzature elettriche o specializzate. Questo permette a due adulti di completare l'intera struttura in circa sei ore, seguendo un semplice diagramma visivo. La facilità e rapidità di montaggio rendono il rifugio ideale per situazioni di emergenza, dove è essenziale fornire rapidamente un alloggio sicuro e temporaneo per le persone sfollate.



Shelter - 13

INFORMAZIONI

Realizzazione: Aalto

University

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 18m² (interno)
+7m² (esterno)

Peso: -

Tipologia di struttura:
pannelli di compensato di betulla riempiti con isolamento in fibra di cellulosa

Tipologia di rivestimento:
compensato di betulla e compensato in PVC

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno e materiali sostenibili, ridotto impatto ambientale, progettato per climi freddi. 4/5

Fattore Sociale: progettato per offrire comfort a lungo termine in situazioni di crisi, con un buon isolamento e spazio per una famiglia. 4.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente con forte coinvolgimento accademico, ma la produzione su larga scala può essere complessa. 4/5

Valutazione complessiva:
4.2/5

Figura 2.1.1b.13 Liina Transitional Shelter

Shelter - 14

INFORMAZIONI

Realizzazione: Renzo Piano

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 2.50x3.00x2.3m
(7.5m² / 22.5m³)

Peso: -

Tipologia di struttura:

struttura portante, telaio in acciaio

Tipologia di rivestimento:

pannelli in legno lamellare incrociato e pannelli in alluminio spazzolato rivettati

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno lamellare e alluminio, materiali sostenibili; impatto ambientale basso grazie all'autosufficienza energetica. 4.5/5

Fattore Sociale: offre un rifugio autonomo, ma limitato a una sola persona o usi specifici; comfort elevato ma limitato nella capacità. 3.5/5

Fattore Governance: progetto innovativo e trasparente, gestione eccellente, ma con un'applicabilità limitata. 4/5

Valutazione complessiva:
4/5

Figura 2.11b.14 Diogene

Diogene

Zone per rifugiati transitori, 2013

Categoria emergenziale: generale

Descrizione

Diogene è progettata non come una soluzione abitativa d'emergenza, ma come un "luogo di ritiro volontario". Il nome stesso è un omaggio a Diogene di Sinope, il filosofo greco che dormiva in una giara di ceramica, utilizzando il suo stile di vita semplice per criticare i valori sociali e le istituzioni di una società che considerava corrotta. Pensata per ospitare una sola persona, Diogene può essere utilizzata come un piccolo ufficio o spazio di lavoro. Inoltre, diverse unità possono essere raggruppate per creare un complesso di cottage da utilizzare come un hotel. La caratteristica principale di Diogene è la sua totale autonomia: è un sistema autosufficiente e indipendente dall'ambiente circostante, rendendolo un esempio di best practice in termini di sostenibilità e innovazione. L'esterno è realizzato con pannelli in alluminio spazzolato e rivettato, che riflettono il calore e conferiscono alla struttura un aspetto decisamente contemporaneo. All'interno, lo spazio è suddiviso in una zona giorno e, oltre una parete divisoria, si trovano una doccia, un bagno e una cucina. Sotto il lucernario è presente un divano letto estraibile. L'acqua piovana viene raccolta, filtrata e riutilizzata, e riscaldata tramite una caldaia posta sul tetto. I materiali utilizzati e la tripla vetratura garantiscono un isolamento ottimale, permettendo un uso efficiente della ventilazione naturale. L'energia necessaria è fornita da pannelli solari installati sul tetto, che rendono Diogene completamente autosufficiente e in armonia con l'ambiente.

Il rifugio è estremamente portatile e progettato per essere facilmente caricato su un camion e trasferito in un'altra località. Grazie alle sue dimensioni compatte e al peso ridotto, il trasporto e la ricollocazione del rifugio avvengono senza difficoltà, rendendolo ideale per situazioni in cui è necessaria una rapida mobilità. Questa caratteristica lo rende particolarmente utile in contesti di emergenza o in scenari in cui è richiesta una rapida risposta logistica, offrendo un'opzione flessibile e adattabile a diverse esigenze operative.



Timber Frame A

Perù, 2007

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

Il rifugio è costruito con un telaio in legno di Bolaina (o Bolayna), rinforzato con tiranti e con una pianta di 3m x 6m, dotato di un tetto a singola falda inclinata di quattro gradi. Le pareti del rifugio sono rivestite con tavole di legno massiccio a incastro maschio-femmina, mentre il tetto è coperto da lastre ondulate in fibrocemento. L'altezza complessiva della struttura è di 2,4 metri, e il rifugio è posizionato su una nuova lastra di cemento o su una lastra esistente. Quando viene utilizzata una nuova lastra di cemento, vengono incorporate delle fascette metalliche, avvolte intorno a chiodi, che vengono collegate al telaio in corrispondenza di tutti i punti di ancoraggio dei pilastri per resistere alle sollecitazioni di sollevamento. In alternativa, se si utilizza una lastra esistente, il rifugio viene ancorato a pali installati all'esterno della lastra per garantire la stabilità. La costruzione del rifugio avviene attraverso l'assemblaggio di sei pannelli principali, che vengono fissati insieme utilizzando elementi di collegamento in legno, piastre di connessione e cinghie di plastica. Un trave centrale lungo il bordo del tetto viene collegato ai pannelli, con correnti (purlins) inchiodate sulla parte superiore per sostenere il tetto. Questa struttura modulare permette un'installazione relativamente semplice e rapida, garantendo al contempo una robustezza sufficiente per resistere alle condizioni ambientali avverse. Il legno di Bolaina, noto per la sua leggerezza e resistenza, contribuisce a rendere il rifugio durevole e adatto a diverse esigenze, come rifugio temporaneo o abitazione in contesti di emergenza.

Il tempo necessario per costruire il rifugio è di un giorno, con una squadra composta da quattro persone. Questo team di costruzione include un ingegnere e un project manager che supervisionano l'intero processo per garantire che la struttura venga realizzata secondo gli standard richiesti e in modo efficiente. La presenza di un ingegnere assicura che tutte le specifiche tecniche siano rispettate, mentre il project manager coordina le operazioni, ottimizzando il tempo e le risorse. Questo approccio organizzato consente di completare il rifugio in tempi rapidi senza compromettere la qualità della costruzione.



Shelter - 15

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.00x6.00x2.4m (18m²/43.2m³)

Peso: -

Tipologia di struttura: telaio in legno Bolaina (Bolayna)

Tipologia di rivestimento: legno e copertura in lamiera ondulata

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno e materiali naturali, ma con un rivestimento in fibrocemento; impatto ambientale medio. 3.5/5

Fattore Sociale: offre un rifugio robusto e durevole con un buon livello di comfort, ma con una protezione moderata. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, ben gestito, ma con alcune limitazioni in termini di durata e protezione. 4/5

Valutazione complessiva: 3.8/5

Figura 2.1.1b.15 Timber Frame A

Shelter - 16

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.0x6.0x2.0m
(18m²/36m³)

Peso: -

Tipologia di struttura: legno di eucalipto

Tipologia di rivestimento: teli di plastica e pannelli di stuoia di palma

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno di eucalipto e materiali naturali con impatto ambientale basso. 4/5

Fattore Sociale: offre un rifugio essenziale ma funzionale, con limitato comfort ma buona durabilità. 3.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente e ben gestito, con un focus su tecniche tradizionali. 4/5

Valutazione complessiva: 3.8/5

Timber Frame B

Perù, Ica province, 2007

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

La struttura del rifugio è costituita da un rigido telaio a scatola, rinforzato con telai incrociati in entrambe le direzioni, che forniscono stabilità laterale all'intera costruzione. Il telaio in legno di eucalipto ha un tetto piatto ed è coperto con teli di plastica fissati con graffette, mentre su tutte le superfici esterne sono inchiodati pannelli di stuoia di palma, che offrono una protezione aggiuntiva contro gli agenti atmosferici e contribuiscono all'isolamento termico. Il rifugio ha un'altezza di 2 metri e misura 3 metri per 6 metri in pianta, offrendo uno spazio abitativo essenziale ma funzionale. Il sistema di controventatura consiste in fili di acciaio intrecciati e incrociati, che garantiscono ulteriore resistenza contro le forze laterali, come il vento. Le colonne verticali, con un diametro di 75 mm, sono connesse orizzontalmente da membri di 50 mm di diametro, creando una struttura coerente e stabile. Questi collegamenti orizzontali aiutano a distribuire i carichi in modo uniforme e a mantenere l'integrità della struttura nel tempo. La fondazione e il pavimento del rifugio sono realizzati con una soletta di cemento non armato, nella quale sono state inglobate fascette di filo metallico per garantire un ancoraggio solido tra la struttura e la base. Le connessioni tra i vari membri della struttura sono realizzate utilizzando chiodi piegati, una tecnica semplice ma efficace per unire gli elementi in legno in modo sicuro. Questo metodo di costruzione, che sfrutta materiali naturali e tecniche tradizionali, offre un rifugio robusto e duraturo. La combinazione di legno di eucalipto, stuoia di palma e cemento fornisce una protezione adeguata dalle intemperie, rendendo la struttura adatta a diverse condizioni climatiche e ambientali. Il tempo necessario per costruire il rifugio è di circa due giorni, con una squadra di costruzione composta da quattro persone. Questo team lavora in modo coordinato per garantire che tutte le fasi del progetto siano eseguite correttamente, dal montaggio del telaio in legno alla posa del rivestimento esterno in plastica e stuoia di palma. La divisione del lavoro tra i membri del team permette di ottimizzare i tempi e le risorse, assicurando che il rifugio venga completato in modo efficiente e con un alto standard di qualità, anche in contesti di emergenza.



Figura 2.1.1b.16 Timber Frame B

Steel Frame A

Haiti, 2010

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

Il rifugio è costituito da un telaio rettangolare in acciaio galvanizzato, progettato con un tetto a mono-falda inclinato a 8,5 gradi e un pavimento sospeso. L'altezza alla gronda è di 2,55 metri, mentre l'altezza al colmo raggiunge i 3 metri. Non è prevista alcuna controventatura nella struttura, che misura 3 x 6 metri in pianta. La stabilità è garantita da sei colonne, distanziate su una griglia di 3 metri, fissate a fondazioni rettangolari in cemento armato di dimensioni 800x800x400 mm. Le colonne sono ancorate alle fondazioni mediante una piastra di base di 300x300x6 mm e quattro bulloni ordinari per ciascuna base. Il pavimento rialzato è supportato da 13 ulteriori colonne corte (stub columns), ciascuna dotata di piastre di base di 100x100x6 mm, che poggiano direttamente sul terreno. Questa configurazione garantisce una maggiore stabilità e isolamento del pavimento rispetto al suolo, riducendo i rischi di umidità e migliorando il comfort abitativo. La struttura principale è composta da tre telai primari con colonne in sezione rettangolare cava. Il rivestimento del tetto è costituito da lastre ondulate di acciaio, fissate ai membri secondari del tetto, anch'essi in acciaio, posizionati a intervalli di 0,75 metri tra i tre telai primari. Per completare la struttura, montanti in legno sono avvitati agli elementi in acciaio, ai quali viene poi fissato il rivestimento murale in plastica. Ulteriori telai in legno vengono utilizzati per formare le aperture per finestre e porte, garantendo una struttura solida e ben ventilata. Questa combinazione di acciaio galvanizzato e legno offre un rifugio robusto e durevole, adatto a vari ambienti e condizioni climatiche. Il tempo necessario per costruire questo rifugio è stimato in circa due giorni. Anche se la composizione esatta del team di costruzione non è specificata, il lavoro richiede competenze in diverse aree, come la lavorazione del metallo, il montaggio di strutture in acciaio e legno, e l'installazione di rivestimenti. La velocità di costruzione dipende dall'efficienza del team e dalla disponibilità degli strumenti e dei materiali necessari. In situazioni di emergenza, è essenziale che la squadra lavori in modo coordinato e rapido per garantire che il rifugio sia completato in tempi brevi, offrendo un riparo sicuro.



Shelter - 17

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.0x6.0x3.0m
(18m²/54m³)

Peso: -

Tipologia di struttura:
acciaio galvanizzato

Tipologia di rivestimento:
pannelli di plastica (muri),
legno (porte e finestre) e
lastre ondulate di acciaio
(tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso
di acciaio galvanizzato e
plastica, con un impatto
ambientale moderato-alto.
3/5

Fattore Sociale: offre un
rifugio robusto con buona
ventilazione e protezione,
ma con un comfort limitato.
3.5/5

Fattore Governance:
progetto trasparente e ben
gestito, ma con una durata
limitata nel tempo. 3.5/5

Valutazione complessiva:
3.3/5

Figura 2.1.1b.17 Steel Frame A

Shelter - 18

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC
Cliente: -
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5.0x5.0x2.8m
 (25m²/70m³)
Peso: -
Tipologia di struttura:
 acciaio zincato a caldo
Tipologia di rivestimento:
 legno (muri) e lastre metalliche (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di acciaio zincato e legno, con un impatto ambientale moderato. 3.5/5
Fattore Sociale: offre un rifugio robusto e durevole con un buon livello di comfort, adatto a diverse condizioni climatiche. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente e ben gestito, con un focus su tecniche tradizionali e trasparenza. 4/5

Valutazione complessiva:
 3.8/5

Steel Frame B Indonesia, Ache, 2004

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

La struttura del rifugio è costituita da un telaio in acciaio laminato a freddo e zincato a caldo, progettato con un tetto a due falde inclinato di 24,3 gradi e un pavimento rialzato. L'altezza del rifugio è di 2,8 metri alla gronda e 4,15 metri al colmo del tetto, offrendo un ampio spazio interno. La superficie della piattaforma del rifugio è di 25 metri quadrati, con balconi a sbalzo sui lati opposti, davanti e dietro, e un tetto a sbalzo che copre i balconi, fornendo ulteriore protezione dagli agenti atmosferici. La struttura è supportata da 6 colonne fissate tramite piastre di base che vengono inchiodate direttamente al suolo, garantendo stabilità alla costruzione. Il tetto è rivestito con lastre metalliche fissate a purlins in acciaio, che si estendono tra le travi principali del tetto, assicurando una copertura resistente e duratura. La stabilità laterale della struttura è limitata e viene parzialmente fornita dal rivestimento delle pareti in assi di legno, che sono fissate a montanti in legno, i quali a loro volta sono avvitati al telaio in acciaio. Questo rivestimento non solo contribuisce alla resistenza strutturale, ma aggiunge anche un tocco estetico naturale, migliorando l'isolamento termico del rifugio. Il pavimento del rifugio è costituito da assi di legno che si estendono tra i travetti in acciaio, fornendo una superficie solida e confortevole per gli occupanti. Questa combinazione di acciaio galvanizzato e legno crea una struttura robusta e versatile, adatta a diverse condizioni climatiche e in grado di offrire un ambiente abitativo sicuro e confortevole.

Il tempo necessario per costruire il telaio del rifugio è di circa un giorno, con una squadra di 4-5 persone. Tuttavia, per completare il rivestimento del rifugio, sono richiesti almeno altri due giorni. Durante questa fase, il team si occupa di fissare le pareti in legno e installare le lastre metalliche sul tetto, assicurandosi che il rifugio sia resistente e ben isolato. La squadra, composta da operai specializzati, lavora in modo coordinato per garantire che tutte le fasi della costruzione siano eseguite con precisione, completando il rifugio in tempi rapidi.



Figura 2.1.1b.18 Steel Frame B

Steel Frame C

Vietnam, 2004

Categoria emergenziale: metereologico

Descrizione

Il rifugio è costituito da un telaio leggero in acciaio zincato, con pareti in compensato e un tetto realizzato con lastre ondulate di acciaio. La superficie coperta del rifugio è di 3,6 x 8,4 metri, comprendendo un'area abitativa di 3,6 x 7,2 metri. Il tetto è inclinato con una pendenza di 16,5 gradi, con un'altezza che varia da 3,2 metri alla gronda a 4,6 metri al colmo, offrendo uno spazio interno arioso e confortevole. Il rifugio è dotato di due porte: una situata lateralmente e una frontale. La porta frontale è protetta da una tettoia a sbalzo che si estende per 1,3 metri oltre la porta, formando un portico che offre riparo dalle intemperie. La struttura è supportata da dodici colonne, sei delle quali sono ancorate al terreno con fondazioni a vite. Queste colonne sono collegate a coppie mediante un traliccio rinforzato, formando un telaio a momento che garantisce la stabilità della struttura. Il sistema di stabilità è composto da tre telai a momento, legati insieme da ulteriori due telai a momento posti su ciascun bordo dell'edificio. Inoltre, sotto la copertura in lamiera d'acciaio sono presenti rinforzi in acciaio che contribuiscono alla rigidità del tetto. La base del rifugio è una soletta in cemento di 100 mm di spessore, gettata sopra le fondazioni a vite e le travi di legatura del pavimento. Per una maggiore protezione contro le inondazioni, è presente un basso muro di mattoni non strutturale, alto 0,5 metri, che circonda la base del rifugio. Questa combinazione di materiali e design fornisce un rifugio robusto e duraturo, adatto a diverse condizioni climatiche e ambientali.

Il tempo necessario per costruire questo rifugio è di circa 3 giorni, impiegando una squadra di 6 persone. La squadra è composta da operai specializzati, che lavorano insieme per erigere il telaio in acciaio zincato, installare le pareti in compensato, e fissare il tetto in lamiera ondulata. La costruzione richiede attenzione ai dettagli, soprattutto per quanto riguarda l'installazione delle fondamenta a vite e il getto della soletta in cemento. La coordinazione tra i membri del team è essenziale per garantire che tutte le fasi della costruzione siano completate in modo efficiente e sicuro, rispettando i tempi previsti.



Shelter - 19

INFORMAZIONI

Realizzazione: IFRC

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 3.6x8.4x4.6m
(30.24m²/139.10m³)

Peso: -

Tipologia di struttura:
acciaio zincato leggero

Tipologia di rivestimento:
compensato (pareti) e lastre ondulate di acciaio (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale:
utilizzo di acciaio zincato e compensato, materiali non facilmente riciclabili ma durevoli. Impatto ambientale moderato. 3.5/5

Fattore Sociale: progettato per rifugiati transitori in aree metereologicamente avverse, offre protezione e comfort adeguato. 4/5

Fattore Governance:
progetto trasparente e ben gestito, ma con un focus su soluzioni temporanee. 3.5/5

Valutazione complessiva:
3.7/5

Figura 2.1.1b.19 Steel Frame C

Shelter - 20

INFORMAZIONI

Realizzazione: Jasmine Mariani
Cliente: Lombok Community
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 15m²
Peso: -
Tipologia di struttura: bambù
Tipologia di rivestimento: pannelli di tessuto (pareti) e fogli di plastica o lamiera (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: utilizzo di bambù e materiali locali, basso impatto ambientale grazie ai materiali naturali. 4.5/5

Fattore Sociale: fornisce un rifugio sicuro e coinvolge la comunità locale nel processo costruttivo, migliorando la qualità della vita. 4.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente e sostenuto dalla comunità, con un'elevata efficienza nella gestione delle risorse locali. 4/5

Valutazione complessiva: 4.3/5

Lombok Shelter

Indonesia, Lombok, 2018

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

Il "Lombok Shelter" è un progetto di rifugio temporaneo creato da Jasmine Mariani in seguito ai terremoti che hanno devastato l'isola di Lombok, Indonesia, nel luglio 2018. Il progetto, noto come "The Shelter Project," si propone di costruire rifugi sicuri e funzionali per le migliaia di persone rimaste senza casa a causa del disastro naturale. Ogni rifugio è costruito con materiali locali e naturali, tra cui bambù e altri materiali reperibili sul posto, per mantenere bassi i costi e ridurre l'impatto ambientale. Il costo di costruzione di ogni rifugio è di circa 700 dollari, una cifra che copre anche l'inclusione di impianti elettrici per illuminazione e prese di corrente, un sistema di raccolta dell'acqua piovana con filtrazione, e un pavimento facile da pulire. Queste strutture sono progettate per durare almeno 2-3 anni, offrendo una soluzione temporanea ma stabile mentre le comunità locali attendono un piano di ricostruzione a lungo termine da parte del governo. Un aspetto fondamentale del progetto è l'approccio comunitario: le famiglie e i leader dei villaggi sono direttamente coinvolti nella costruzione dei rifugi, imparando le competenze necessarie per mantenere e personalizzare le proprie abitazioni. Questo non solo fornisce un riparo, ma rafforza anche il senso di comunità e autonomia tra i residenti locali. Il design del rifugio, modulare e adattabile, può essere replicato in altre aree colpite da disastri o in contesti a basso reddito, garantendo una risposta rapida ed efficace in situazioni di emergenza.

Il "Lombok Shelter" richiede un tempo di costruzione di 4-5 giorni e coinvolge una squadra di 3-4 persone per completare ogni unità abitativa. Questo processo di costruzione utilizza materiali e tecniche semplici, permettendo alla comunità locale di partecipare attivamente e apprendere le competenze necessarie per costruire e mantenere i rifugi.



Figura 2.11b.20 Lombok Shelter

Pallet House

Kosovo, 2008

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

L'unità è stata creata per fornire un rifugio ai rifugiati in Kosovo. La progettazione risponde all'esigenza di utilizzare pallet riciclati e riciclabili per creare sia lo scheletro che l'involucro della struttura. Per un modulo di 23,25 m² sono necessari 100 pallet, che vengono protetti con teli di plastica per difenderli dall'umidità e dagli attacchi degli insetti. Le cavità presenti negli elementi possono essere riempite con materiali inerti reperibili localmente, mentre la copertura è predisposta per supportare diversi tipi di lastre o intonaci. Questo metodo di costruzione è particolarmente utile in situazioni di emergenza, poiché consente di utilizzare materiali facilmente reperibili e di riciclare risorse, riducendo l'impatto ambientale e i costi. Il progetto prevede anche un manuale per l'autocostruzione, disponibile online al prezzo di \$75. Questo manuale fornisce tutte le istruzioni necessarie per costruire autonomamente l'unità abitativa, rendendo il processo accessibile anche a chi non ha esperienze specifiche nel settore delle costruzioni. L'approccio modulare e il ricorso a materiali riciclati non solo promuovono la sostenibilità, ma permettono anche una rapida implementazione delle strutture, fondamentale in contesti di crisi umanitarie.

Un modulo di 23,25 m² può essere costruito in meno di una settimana per ospitare 4/5 persone, con l'ausilio di attrezzature da costruzione. Questa rapidità di montaggio rende il modulo ideale per situazioni di emergenza e necessità abitative temporanee, permettendo una pronta risposta alle esigenze delle popolazioni sfollate o in difficoltà. La modularità del sistema consente inoltre una facile personalizzazione e adattabilità in base alle specifiche esigenze del contesto in cui viene implementato. La struttura, robusta e leggera, garantisce sia la sicurezza che la funzionalità, rispondendo efficacemente alle necessità abitative immediate



Shelter - 21

INFORMAZIONI

Realizzazione: I-Beam

Cliente: -

Utenti primari: rifugiati in transizione

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 23.25m²

Peso: 115kg/unità

Tipologia di struttura: pallet

Tipologia di rivestimento: pallet, rivestimento in poliestere o materiali locali

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di pallet riciclati e materiali locali, riduce rifiuti e impatto ambientale. 4/5

Fattore Sociale: supporto ai rifugiati, costruzione rapida, accessibile a tutti con manuale di autocostruzione. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, disponibilità manuale, ma limitata documentazione sui processi decisionali. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Shelter - 22

INFORMAZIONI

Realizzazione: IOM Somalia

Cliente: IOM Somalia

Utenti primari: rifugiati transitori

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 12-20m²

Peso: -

Tipologia di struttura: legno trattato, bambù, o metallo leggero

Tipologia di rivestimento: teli impermeabili, come quelli in polietilene, o con fogli di lamiera ondulata

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali come bambù e legno, con un impatto ambientale ridotto. 4.5/5

Fattore Sociale: migliora le condizioni di vita dei rifugiati in Somalia, coinvolgendo la comunità locale nella costruzione. 4/5

Fattore Governance: progetto ben gestito e supportato da organizzazioni internazionali, con un forte focus sulla resilienza comunitaria. 4/5

Valutazione complessiva: 4.2/5

Trans Lieu Somalia, 2022

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Il Trans Lieu Shelter è un progetto di rifugio transitorio sviluppato per rispondere alle esigenze abitative delle comunità sfollate in Somalia a causa di conflitti e disastri naturali. Questo tipo di rifugio è stato concepito come una soluzione più stabile e duratura rispetto ai ripari d'emergenza tradizionali, offrendo una protezione migliorata contro gli elementi e contribuendo a migliorare le condizioni di vita delle persone che vi risiedono. La struttura del Trans Lieu Shelter è progettata per essere facilmente assemblata utilizzando materiali locali, rendendo il processo di costruzione accessibile alle comunità con un supporto tecnico minimo. Questa caratteristica lo rende particolarmente adatto alle regioni remote della Somalia, dove le risorse e le competenze tecniche possono essere limitate. Il design del rifugio prevede una resistenza alle condizioni climatiche avverse della regione, come forti venti e piogge torrenziali, che spesso colpiscono le aree abitate dalle comunità sfollate. Il progetto è stato implementato in collaborazione con l'Organizzazione Internazionale per le Migrazioni (IOM) e altre organizzazioni locali a Dollow, una delle zone più colpite del paese. Il supporto finanziario per la costruzione di questi rifugi è stato fornito dal governo giapponese, che ha contribuito a migliorare le condizioni di vita di migliaia di persone, riducendo la loro vulnerabilità. Questo intervento ha permesso di fornire una soluzione abitativa sicura e dignitosa per le famiglie somale sfollate, rafforzando al contempo la capacità delle comunità locali di resistere a future crisi.

Il Trans Lieu Shelter può essere costruito in un tempo relativamente breve, richiedendo circa 2-3 giorni per essere completato. La costruzione viene solitamente eseguita da un team di 4-5 persone, che comprende sia membri della comunità locale che personale tecnico qualificato. Questo tempo di costruzione rapido e l'uso di materiali locali rendono il rifugio ideale per situazioni di emergenza, dove è essenziale fornire ripari sicuri e resistenti in tempi brevi per proteggere le persone sfollate dagli elementi e migliorare le loro condizioni di vita.



Figura 2.11b.22 Trans Lieu Shelter

Shelter A

Congo, Ituri, 2019

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Il rifugio è stato implementato per rispondere alla crisi degli sfollati interni durante l'aumento della violenza nella provincia di Ituri, nella parte orientale del Congo. Nel 2019, oltre 360.000 persone hanno abbandonato le proprie case per cercare sicurezza nelle comunità ospitanti e nei campi per sfollati interni (IDP). In risposta a questa crisi umanitaria, l'UNHCR ha fornito rifugi di emergenza a 8.621 famiglie IDP vulnerabili in più di 14 insediamenti. Le comunità ospitanti e le persone di interesse (PoC) sono state coinvolte nel progetto attraverso la modalità di lavoro retribuito in contanti (cash for work), che ha permesso loro di partecipare attivamente alla costruzione dei rifugi. Queste strutture sono semplici, composte da una sola stanza, progettate per fornire un'assistenza critica e salvavita in situazioni di emergenza. Oltre ai rifugi di emergenza, i siti sono stati dotati di accesso a fonti d'acqua migliorate, servizi igienici e docce comuni e aree per cucinare. Il modello A dei rifugi ha le seguenti caratteristiche: la struttura è costituita da un telaio a capanna in legno, con muri e tetto realizzati in teloni di plastica forniti dall'UNHCR. Le fondamenta consistono in pali profondi 50 cm con terreno compattato, mentre il pavimento è di terra naturale. Ogni rifugio ha un'unica porta di 90 cm x 190 cm e non ci sono finestre, ma la ventilazione è garantita sotto ciascun spiovente. Questo approccio ha permesso di fornire rapidamente un riparo sicuro a migliaia di persone, migliorando al contempo le condizioni igienico-sanitarie nei campi e sostenendo economicamente le comunità coinvolte attraverso il lavoro retribuito.

Il trasporto e il montaggio del rifugio temporaneo fornito dall'UNHCR nella provincia di Ituri, Congo, richiedono un giorno e l'impiego di due operai non specializzati e un operaio specializzato. I materiali principali, come il telaio in legno e i teli di plastica dell'UNHCR, sono facilmente trasportabili sul sito. Una volta sul posto, il telaio viene assemblato e fissato con pali profondi 50 cm in terreno compattato. I teli di plastica vengono poi installati per formare le pareti e il tetto. La struttura finale include una porta e ventilazione sotto gli spioventi per garantire un'adeguata circolazione dell'aria.



Shelter - 23

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 10.4m²
Peso: -
Tipologia di struttura: legno
Tipologia di rivestimento: teli di plastica dell'UNHCR

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno e teli di plastica, impatto ambientale moderato, materiali facilmente reperibili. 3/5
Fattore Sociale: supporto agli sfollati, coinvolgimento comunitario, miglioramento condizioni igienico-sanitarie. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, lavoro retribuito in contanti. 4/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Figura 2.1b.23 Shelter A

Shelter - 24

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 10.4m²
Peso: -
Tipologia di struttura: legno
Tipologia di rivestimento: canniccio e fango con terra rinforzata con paglia (muri) e teli di plastica dell'UNHCR (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali naturali come fango e paglia, impatto minimo. 4/5
Fattore Sociale: supporto agli sfollati, integrazione tecniche tradizionali, miglior isolamento termico. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, coinvolgimento comunitario. 4/5

Valutazione complessiva:
 4/5

Shelter B Congo, Ituri, 2019

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Rispetto al modello A, il modello B del rifugio presenta alcune differenze significative che migliorano ulteriormente la resistenza e l'isolamento della struttura. La struttura rimane costituita da un telaio a capanna in legno, ma le pareti sono realizzate con una tecnica tradizionale chiamata wattle & daub, che combina rami intrecciati (wattle) e una miscela di terra rinforzata con paglia (daub). Questo metodo offre un maggiore isolamento termico e una migliore resistenza agli agenti atmosferici rispetto ai teloni di plastica utilizzati nel modello A. Il tetto, simile al modello A, è realizzato con teloni di plastica forniti dall'UNHCR, garantendo una protezione efficace contro la pioggia. Le fondamenta sono costituite da pali profondi 50 cm con terreno compattato, offrendo una base stabile e resistente. Il pavimento rimane di terra naturale, mantenendo un contatto diretto con il suolo, che è tradizionalmente considerato benefico in molte culture locali. Per quanto riguarda le aperture, il modello B ha una porta di 90 cm x 190 cm, come nel modello A, ma non sono presenti finestre. La ventilazione è garantita sotto ciascun spiovente, permettendo una circolazione dell'aria adeguata a mantenere l'interno del rifugio fresco e salubre. Il modello B rappresenta un'evoluzione del modello A, integrando tecniche costruttive tradizionali con materiali moderni forniti dall'UNHCR, per creare un rifugio che non solo fornisce protezione immediata, ma rispetta anche le pratiche costruttive locali, migliorando così l'accettazione e l'efficacia del rifugio tra le comunità ospitanti e gli sfollati interni.

Il trasporto e il montaggio del rifugio richiedono 2 lavoratori non specializzati che lavorano circa 3,5 giorni ciascuno e un lavoratore specializzato che lavora per 2 giorni. I materiali principali, inclusi il telaio in legno, il canniccio, la miscela di fango rinforzata con paglia per le pareti e i teli di plastica dell'UNHCR per il tetto, sono facilmente trasportabili sul sito di costruzione. Il processo inizia con la preparazione delle fondamenta, costituita da pali profondi 50 cm in terreno compattato. Successivamente, il telaio in legno viene assemblato, seguito dall'applicazione del canniccio e del fango per le pareti. Infine, il tetto viene coperto con i teli di plastica. Questo metodo di costruzione permette di creare un rifugio stabile e resistente in tempi brevi.

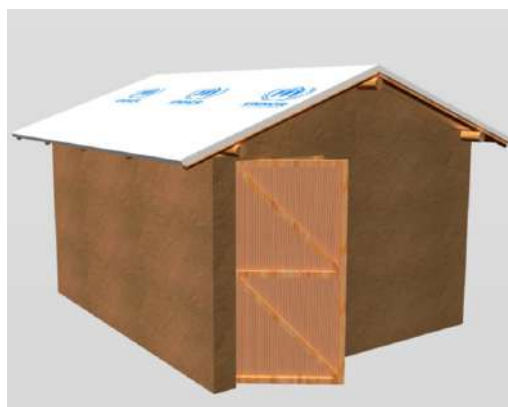


Figura 2.1b.24 Shelter B

Transitional Shelter Ikea

Diverse regioni emergenziali, 2016

Categoria emergenziale: antropico e naturale

Descrizione

Il rifugio di transizione dell'IKEA, noto come Better Shelter, è stato sviluppato per offrire una soluzione abitativa rapida, sicura e durevole per le persone sfollate a causa di conflitti o disastri naturali. Progettato per essere assemblato facilmente in poche ore senza necessità di strumenti complessi, il rifugio fornisce protezione contro il clima estremo e privacy per gli abitanti. La struttura è composta da pannelli leggeri e resistenti, che offrono isolamento termico e protezione contro la pioggia, il vento e i raggi UV. Il design modulare consente flessibilità nella disposizione e riutilizzabilità dei materiali. Grazie al supporto della IKEA Foundation e all'implementazione da parte dell'UNHCR, il Better Shelter è stato distribuito in diversi contesti emergenziali, offrendo un miglioramento sostanziale delle condizioni di vita per le famiglie rifugiate. Il rifugio è costruibile da 3-4 persone in meno di un giorno, rendendolo ideale per situazioni di emergenza.



Figura 2.1.1b.25 Better Shelter unit



Shelter - 25

INFORMAZIONI

Realizzazione: IKEA Foundation
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati transitori
Status: implementato in diverse regioni emergenziali

DATI TECNICI

Dimensione: 17.5 m²
Peso: circa 110 kg
Tipologia di struttura: moduli prefabbricati in metallo leggero e polimeri isolanti
Tipologia di rivestimento: pannelli polimerici con isolamento termico integrato e resistenza UV

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali riutilizzabili e parzialmente riciclabili, con basso impatto ambientale grazie all'uso di componenti modulari. 4/5

Fattore Sociale: offre soluzioni abitative sicure e confortevoli per rifugiati e sfollati, contribuendo a migliorare la qualità della vita e favorendo l'integrazione delle comunità locali. 4.5/5

Fattore Governance: progetto gestito da organizzazioni internazionali con trasparenza, garantendo un alto livello di sicurezza e resilienza per gli utenti. 4.3/5

Figura 2.1.1b.26 Better Shelter in Kara Tepe, Lesvos

2.1.1c | Schedatura Unità abitative permanenti (housing)

Le unità abitative permanenti, o **Housing**, sono progettate per garantire stabilità e comfort a lungo termine. Queste strutture rappresentano un punto di arrivo nella risposta abitativa, offrendo una soluzione duratura e integrata con il contesto sociale e ambientale. I progetti analizzati mostrano un equilibrio tra materiali locali, come il fango e il legno, e soluzioni più industriali, come container o blocchi di terra compressa. Ogni progetto è concepito per rispondere alle sfide climatiche e culturali, garantendo sostenibilità e partecipazione delle comunità nella costruzione e gestione degli spazi abitativi.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Status
Housing-1	Container Housing	Geofisico	Giappone, Onagawa, 2011	In corso
Housing-2	Shelter C	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	In corso
Housing-3	One Room	Climatologico	Pakistan, Sindh, 2010	In corso
Housing-4	Turkana Type A	Guerra Civile	Kenya, Kalobeyei, 2017	In corso
Housing-5	Dadaab Shelter B	Antropico	Kenya, Dadaab, 1990-2001	Terminato

Tabella 2.1.3 Indice delle schede della tipologia Housing - La Tabella 2.1.3 fornisce un indice delle schede relative alla tipologia Housing, che identifica soluzioni abitative permanenti o di transizione avanzata, progettate per rispondere a esigenze stabili e non più temporanee. Questi progetti sono concepiti per garantire sostenibilità, adattamento climatico e partecipazione delle comunità locali nella gestione e costruzione degli spazi abitativi. Ogni progetto è descritto attraverso un codice identificativo (es. Housing-1, Housing-2), il nome del progetto, la categoria di disastro affrontato (geofisico, climatologico, antropico, guerra civile), il luogo e il periodo di implementazione, oltre allo stato attuale di sviluppo.

Container Housing

Sud Sudan, Ajuong Thok, 2013

Categoria emergenziale: geofisico

Descrizione

Il progetto di abitazioni temporanee con container a Onagawa, progettato da Shigeru Ban, è stato realizzato in risposta al terremoto e tsunami del marzo 2011, che distrussero oltre 3.000 case. Questo progetto si distingue per l'uso di container marittimi impilati fino a tre piani, creando spazi abitativi luminosi e aperti tra i container stessi. Questo approccio ha permesso di ottimizzare l'uso del terreno limitato disponibile, risolvendo così il problema della mancanza di spazi pianeggianti nella zona. Il complesso è stato assemblato e arredato con l'aiuto di volontari in soli tre mesi, includendo isolamento termico e acustico per migliorare l'abitabilità. Inoltre, il sito include un centro comunitario realizzato con container, che ospita uffici, cucine, bagni e spazi di stoccaggio, il tutto connesso da un tetto in legno che crea un'area comune coperta. È presente anche un atelier per bambini costruito con tubi di carta. Questo progetto ha dimostrato come soluzioni innovative e sostenibili possano essere implementate rapidamente in risposta a disastri, migliorando significativamente le condizioni di vita dei residenti e stabilendo nuovi standard per le abitazioni temporanee.

Il trasporto e il montaggio degli alloggi temporanei a Onagawa richiedono un'attenta pianificazione logistica. I container marittimi vengono trasportati sul sito utilizzando gru, che poi li impilano fino a tre piani seguendo un modello a scacchiera. Questo metodo di costruzione facilita il montaggio rapido, permettendo di creare spazi abitativi in tempi brevi. I volontari assemblano e arredano gli interni, aggiungendo elementi come mobili integrati per ottimizzare lo spazio. L'intero processo, dall'arrivo dei container all'allestimento degli interni, è stato completato in soli tre mesi, dimostrando l'efficacia e la rapidità di questa soluzione abitativa.



Housing - 1

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: UNHCR

Utenti primari: rifugiati temporanei

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 19.8-39.6m²

Peso: -

Tipologia di struttura: container marittimi impilati fino a tre piani

Tipologia di rivestimento: tetti in legno compensato e pareti formate dai container stessi

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: riutilizzo di container marittimi, ridotto impatto ambientale, alta durabilità. 4/5

Fattore Sociale: supporto post-disastro, rapida implementazione, spazi comunitari inclusi. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione volontaria, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Housing - 1

INFORMAZIONI

Realizzazione: Shigeru Ban

Cliente: UNHCR

Utenti primari: rifugiati temporanei

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 19.8-39.6m²

Peso: -

Tipologia di struttura:

container marittimi impilati fino a tre piani

Tipologia di rivestimento:

tetti in legno compensato e pareti formate dai container stessi

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: riutilizzo di container marittimi, ridotto impatto ambientale, alta durabilità. 4/5

Fattore Sociale: supporto post-disastro, rapida implementazione, spazi comunitari inclusi. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione volontaria, ben documentato. 4/5

Valutazione complessiva:
4/5

Container Housing Sud Sudan, Ajuong Thok, 2013

Categoria emergenziale: geofisico

Dati tecnici

Il progetto Container Housing di Shigeru Ban rappresenta un esempio innovativo di architettura emergenziale, realizzato attraverso l'utilizzo di container marittimi riciclati. Questi container, costruiti in acciaio corten, offrono un'elevata resistenza strutturale e si prestano perfettamente ad essere modulari: possono essere sovrapposti e affiancati fino a tre piani, mantenendo sicurezza e stabilità grazie a un sistema portante in acciaio laminato. Questo approccio non solo garantisce velocità di costruzione ma contribuisce anche alla sostenibilità ambientale, riutilizzando materiali già esistenti e riducendo gli sprechi. Per assicurare un comfort abitativo adeguato, ogni unità è stata dotata di sistemi di isolamento termico avanzati. Internamente, pannelli isolanti in lana di roccia o schiuma poliuretanica permettono di mantenere una temperatura stabile, mentre esternamente vengono utilizzati rivestimenti termoriflettenti per proteggere gli ambienti dal surriscaldamento causato dal sole. Anche la ventilazione è stata studiata con attenzione: le aperture strategiche e le griglie ombreggianti favoriscono il passaggio naturale dell'aria, riducendo così la necessità di sistemi di climatizzazione artificiale. Dal punto di vista strutturale, i container vengono fissati alla base attraverso giunzioni bullonate e saldature, un sistema che assicura stabilità e resistenza anche in condizioni sismiche. Grazie a rinforzi angolari e supporti elastici, l'intera struttura è stata progettata per rispondere a eventuali scosse e garantire la sicurezza degli occupanti. Un altro vantaggio significativo è la rapida installazione: i container vengono prefabbricati fuori dal sito e assemblati in loco in tempi molto brevi, permettendo di rispondere tempestivamente alle emergenze.



Figura 2.1.1c.1 Container Housing

Shelter C

Congo, Ituri, 2019

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Rispetto al modello A e al modello B, il modello C del rifugio introduce ulteriori miglioramenti che lo rendono ancora più confortevole e adattabile alle esigenze delle comunità sfollate. Mantenendo la struttura portante a capanna in legno, il modello C si distingue per le sue pareti in canniccio e fango rinforzate con paglia, offrendo un eccellente isolamento termico e una robustezza superiore. Una delle caratteristiche principali che differenziano il modello C dagli altri è il tetto in paglia, che oltre a fornire una protezione efficace contro la pioggia, garantisce un'ottima ventilazione e un isolamento naturale, mantenendo l'interno del rifugio fresco durante le calde giornate estive. Le fondamenta rimangono costituite da pali profondi 50 cm con terreno compattato, assicurando stabilità e durata. Il pavimento è di terra naturale, come nei modelli precedenti, favorendo il contatto con il suolo e mantenendo un ambiente abitativo tradizionale e salutare. Tuttavia, il modello C introduce importanti novità per quanto riguarda le aperture: oltre a una porta di 90 cm x 190 cm, il rifugio dispone di due finestre di 65 cm x 60 cm, due prese d'aria sotto gli spioventi e due prese d'aria nei frontoni di 50 cm x 30 cm ciascuna. Queste aggiunte migliorano significativamente la ventilazione e l'illuminazione naturale all'interno del rifugio, rendendolo un ambiente più luminoso e arieggiato. Il modello C rappresenta un'evoluzione significativa rispetto ai modelli precedenti, integrando materiali e tecniche tradizionali con soluzioni innovative per creare un rifugio che offre maggiore comfort, sicurezza e adattabilità alle diverse condizioni climatiche e culturali. Questo approccio assicura che le comunità sfollate possano vivere in un ambiente dignitoso e sostenibile, migliorando la loro qualità della vita durante le emergenze. Il trasporto e il montaggio del rifugio modello C, progettato dall'UNHCR per le comunità di rifugiati permanenti, richiedono il lavoro di due operai non specializzati per circa 4,5 giorni ciascuno e un operaio specializzato per 3 giorni. I materiali principali, come legno per la struttura, canniccio e fango rinforzato con paglia per le pareti, e paglia per il tetto, vengono trasportati facilmente sul sito di costruzione. Le fondamenta sono realizzate con pali profondi 50 cm in terreno compattato. La struttura portante in legno viene assemblata, seguita dalla costruzione delle pareti con la tecnica di canniccio e fango e dalla copertura del tetto in paglia. Questo processo assicura un'installazione rapida e la creazione di un rifugio stabile e ben isolato, adatto alle esigenze delle comunità sfollate.



Housing - 2

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: UNHCR
Utenti primari: rifugiati permanenti
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 10.4m²
Peso: -
Tipologia di struttura: legno
Tipologia di rivestimento: canniccio e fango con terra rinforzata con paglia (muri) e paglia (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali naturali come fango, paglia e canniccio, minimo impatto ambientale. 4/5

Fattore Sociale: supporto ai rifugiati, miglior ventilazione e illuminazione, maggiore comfort. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, utilizzo di tecniche tradizionali. 4/5

Valutazione complessiva: 4/5

Housing - 3

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Design for Disaster (D4D)
Utenti primari: rifugiati permanenti
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 25m²
Peso: -
Tipologia di struttura: mattoni e pietra (fondamenta)
Tipologia di rivestimento: mattoni (muri), tegole di ceramica e intonaco cementizio (tetto)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali come mattoni e pietra; impatto ambientale medio-alto a causa dell'uso di materiali pesanti e non riciclabili. 3/5
Fattore Sociale: offre una soluzione duratura e sicura per i rifugiati permanenti; migliora la qualità della vita in modo significativo. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente con coinvolgimento della comunità locale, ma l'efficienza potrebbe essere migliorata. 4/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Figura 2.1.1c.3 One Room Shelter

One Room

Pakistan, Sindh province, 2010

Categoria emergenziale: climatologico

Descrizione

Nel luglio del 2010, le intense piogge monsoniche causarono improvvise inondazioni che portarono a un livello senza precedenti di perdita e danni alle proprietà in tutto il Pakistan. Quando le acque si ritirarono, molte famiglie esprimevano il desiderio di tornare nelle loro località originali. Per supportare queste famiglie, soprattutto le più vulnerabili, nella ricostruzione delle loro vite, fu avviata la costruzione di rifugi di base a una stanza, noti come "One Room Shelter". Questi rifugi erano progettati per essere sicuri, durevoli, economicamente accessibili e sostenibili dal punto di vista ambientale. Il progetto pilota fu completato nel marzo 2011 e riuscì a fornire nuove abitazioni a 175 famiglie che, da agosto 2010, vivevano in tende. Un elemento chiave del successo del progetto fu la partecipazione della comunità locale. Le famiglie coinvolte contribuirono attivamente fornendo manodopera non specializzata, come ad esempio l'intonacatura degli interni dei rifugi. Questo non solo permise di ridurre i costi, ma favorì anche un senso di proprietà e coinvolgimento tra i beneficiari. Il rifugio a una stanza fu progettato in conformità con gli standard nazionali del cluster per i rifugi, ed approvato dall'Autorità Nazionale di Gestione dei Disastri del governo pakistano. Questo garantì che i rifugi fossero costruiti secondo linee guida rigorose, assicurando che fossero adeguati a proteggere le famiglie da future calamità naturali. Questo progetto rappresenta un modello di intervento tempestivo e mirato in contesti di emergenza, dimostrando come sia possibile coniugare efficienza, sostenibilità e partecipazione comunitaria.

Il trasporto e il montaggio del "One Room Shelter" sono stati progettati per essere semplici ed efficienti. I materiali necessari per la costruzione sono facilmente trasportabili, grazie alla loro leggerezza e modularità, permettendo il loro spostamento anche in aree remote o difficilmente accessibili. Il montaggio richiede un team di quattro persone e può essere completato in 5-7 giorni. Questa rapidità di assemblaggio è resa possibile grazie alla struttura semplice e modulare del rifugio, che permette alle squadre locali di costruire con facilità, riducendo al minimo i tempi di attesa per le famiglie in difficoltà.



Turkana Type A Kalobeyey, Kenya, 2017

Categoria emergenziale: Guerra civile

Descrizione

Dal 2017, UN-Habitat, insieme a Shigeru Ban Architects, Philippe Monteil e la ONG Voluntary Architects' Network, ha sviluppato diverse tipologie di rifugio per un quartiere pilota nell'insediamento di Kalobeyey in Kenya. Le Turkana Houses hanno lo scopo di ospitare i sud-sudanesi e altri rifugiati che vivono nel Kenya settentrionale che non hanno potuto tornare ai loro villaggi originari a causa di guerre e conflitti civili senza fine. A differenza dei tipici rifugi per rifugiati, queste strutture avevano lo scopo di fornire una casa per lunghi periodi di sfollamento e le quattro tipologie sviluppate sono informate dalla vasta esperienza di Shigeru Ban Architects con progetti di soccorso in caso di calamità e le tecniche di costruzione locali della popolazione locale.

Philippe Monteil è stato incaricato di supervisionare il progetto e svilupparlo ulteriormente in loco, le quattro tipologie proposte sono state ispirate dalle tecniche di costruzione del popolo nomade dei Turkana e sono state informate da un'ampia ricerca sull'architettura vernacolare della regione e da un'indagine completa sulla popolazione dei rifugiati. I rifugiati e i Turkana sono stati assunti per costruire le loro case in modo che potessero mantenere le strutture. Il progetto include quattro tipi di strutture: Il tipo A, The Paper Tube House, presenta una struttura e un rivestimento in tubi di carta, intrecciati insieme come i rami delle capanne dei Turkana, mentre il tipo B è una struttura a telaio di legno riempita di mattoni bruciati. Il prototipo C è fatto di blocchi di terra compressa, una tecnica comune in Africa, e un quarto prototipo presenta una struttura di tubi di carta ricoperta di braci per case nomadi.



Housing - 4a

INFORMAZIONI

Autore: Shigeru Ban
Consulente: Philippe Monteil
Cliente: UN-Habitat
Utenti primari: rifugiati del Kenya
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 20m²

Peso: -

Tipologia di struttura:

tubolari in cartone
pressato, fondamentazioni in
legno, tetto in lamiera,
isolamento in pvc

Tipologia di rivestimento:
cartone pressato

BIBLIOGRAFIA

■ S. Ban, C. Bruderlein, M. Kimmelman, Humanitarian Architecture, Aspen Art Museum D.A.P. 2008

■ UN HABITAT, S. Ban, Turkana House, 2020

■ S. Ban, P. Montel, About the Turkana Houses, rassegna di architettura e urbanistica: 165, 3, 2021

SITOGRAFIA

https://www.archdaily.com/978008/shigeru-ban-architects-and-philippe-monteildesign-refugee-shelters-in-kenya-with-the-support-of-unhabitat?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

Housing - 4b

TURKANA TYPE A

KALOBYEY, KENYA - 2017

Categoria emergenziale:
Guerra civile

Tipologia: Casa

Progetto

L'edificio, di impronta 6,00 metri x 3,00m, è caratterizzato da una struttura portante in montanti e traversi in cartone pressato tubolari, con un rivestimento in tubolari di cartone pressato (fig. 2), la fondazione su pali in legno e terra battuta, la copertura in lamiera con un rivestimento protettivo isolante. La struttura portante è realizzata a secco smontabile, i giunti sono uniti da fil di ferro e le connessioni montante-traverso vengono fatte con il sistema maschio-femmina. Il sistema di connessione alla fondazione avviene attraverso il giunto tra pilastri e pali di fondazione in legno profondi 50cm (fig.5). I tubolari portanti, di diametro 17cm, vengono riempiti di terra fino ad una altezza di 50cm per dare maggiore stabilità all'attacco con le fondazioni. La copertura è realizzata con una capriata in cartone pressato formata da due puntoni tubolari, una catena tubolare in cartone pressato e due connessioni di rinforzo posti in diagonale (fig. 2.1.4.47). Le capriate sono state unite da listarelli di legno dove poi è stata posta il telo protettivo in plastica e la lamiera ondulata.

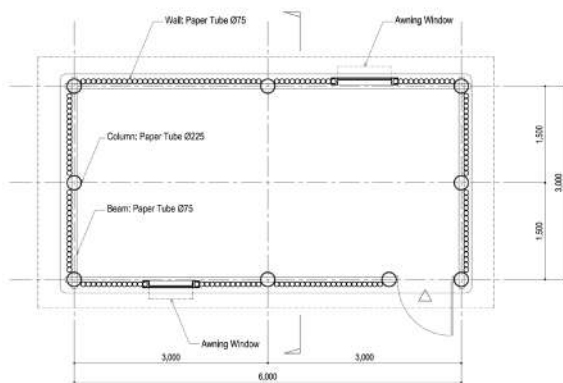


Figura 2.1.1c.5 Pianta quotata Type a @UNHABITAT

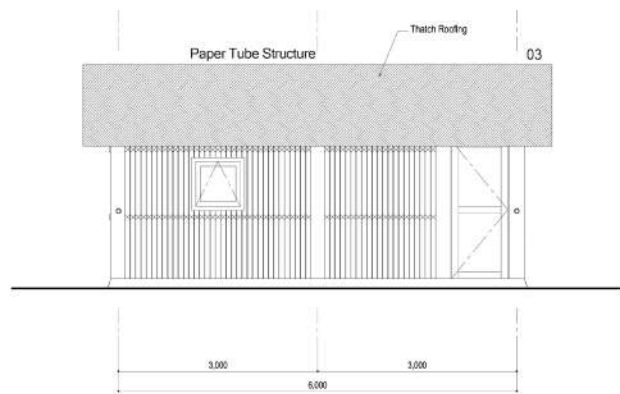


Figura 2.1.1c.6 Prospetto quotato Type a @UNHABITAT

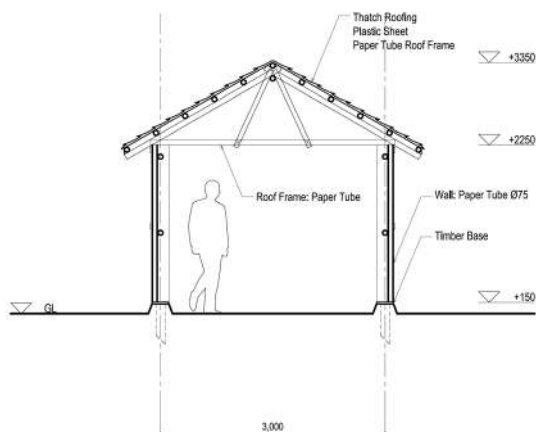


Figura 2.1.1c.7 Sezione tecnologica quotata @UNHABITAT

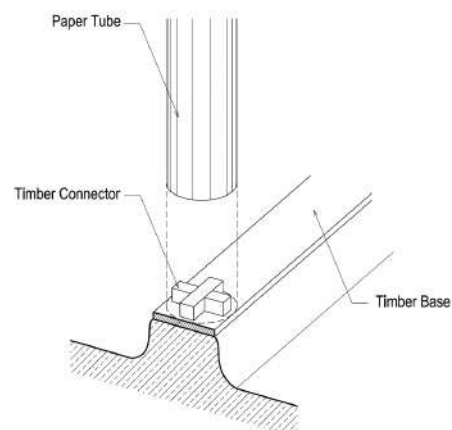


Figura 2.1.1c.8 Dettaglio attacco a terra dei tubolari in cartone @UNHABITAT

Fattibilità del progetto

Questo progetto utilizza le precedenti esperienze acquisite nella costruzione di progetti di alloggi in tubolari di cartone pressato e allo stesso tempo integra i metodi di costruzione realizzati localmente. Poiché ciò non richiede competenze specialistiche, questo edificio può essere assemblato molto facilmente dagli abitanti. Inoltre, poiché le donne che vivono a Kalobeyei sono esperte nella tecnica di tessitura, hanno partecipato alla cucitura del muro del recinto del tubo di carta. Gli elementi in cartone pressato sono connessi con giunti a secco, e bloccati con semplice fil di ferro, il rivestimento viene cucito attraverso una tessitura in corda e connesso attraverso fil di ferro alla struttura principale. la fondazione è in terra battuta, pali di legno profondi 50 cm e una trave in legno che si comporta da cordolo per i montanti tubolari.



Figura 2.1.1c.9 Dettaglio montate-traverso e capriata ©UNHABITAT



Figura 2.1.1c.10 Realizzazione struttura portante ©UNHABITAT

Uso di materiali naturali e livelli di comfort

L'edificio type a è caratterizzato principalmente dall'utilizzo dei seguenti materiali: il cartone pressato, in strutture tubolari, la lamiera in alluminio per la copertura, il legno per la struttura della copertura, il telo in pvc per l'impermeabilizzazione e il telo esterno in tela. Tutti i materiali utilizzati, tranne che il telo in pvc, sono riciclabili, inoltre la carta utilizzata per le strutture è stata riciclata dallo stabilimento di Nairobi Statpack. L'Architetto oltre all'utilizzo di materiali naturali ha inserito nel progetto un sistema di ventilazione naturale (fig. 9) caratterizzato da un'apertura esterna ricoperta da un telo bianco che fa passare l'aria al disotto della copertura.



Figura 2.1.1c.11 Schema soluzione passiva ©UNHABITAT



Figura 2.1.1c.12 Realizzazione sistema di ventilazione ©UNHABITAT

Housing - 4c

TURKANA TYPE A

KALOBEEY, KENYA - 2017

Categoria emergenziale:
Guerra civile

Tipologia: Casa

INFORMAZIONI

Autore: Shigeru Ban
Consulente: Philippe Monteil
Cliente: UN-Habitat
Utenti primari: rifugiati del Kenya
Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 20m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
tubolari in cartone pressato, fondazioni in legno, tetto in lamiera, isolamento in pvc
Tipologia di rivestimento:
cartone pressato

BIBLIOGRAFIA

- S. Ban, C. Bruderlein, M. Kimmelman, Humanitarina Architecture, Aspen Art Museum D.A.P. 2008
- UN HABITAT, S. Ban, Turkana House, 2020
- S. Ban, P. Montel, About the Turkana Houses, rassegna di architettura e urbanistica: 165, 3, 2021

Housing - 4d

TURKANA TYPE A

KALOBYEY, KENYA - 2017

Categoria emergenziale:
Guerra civile

Tipologia: Casa

INFORMAZIONI

Autore: Shigeru Ban

Consulente: Philippe Monteil

Cliente: UN-Habitat

Utenti primari: rifugiati del
Kenya

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 20m²

Peso: -

Tipologia di struttura:

tubolari in cartone
pressato, fondazioni in
legno, tetto in lamiera,
isolamento in pvc

Tipologia di rivestimento:
cartone pressato

BIBLIOGRAFIA

■ S. Ban, C. Bruderlein, M. Kimmelman, Humanitarian Architecture, Aspen Art Museum D.A.P. 2008

■ UN HABITAT, S. Ban, Turkana House, 2020

■ S. Ban, P. Montel, About the Turkana Houses, rassegna di architettura e urbanistica: 165, 3, 2021

Ricadute socio economiche

Nel marzo 2017, UN Habitat ha presentato un importante progetto di pianificazione urbana per il campo profughi di Kalobeyei nella contea di Turkana, nel Kenya settentrionale. Sono stati progettati rifugi per 17000 rifugiati, il progetto di costruzione è ancora in corso si contano rifugi già costruiti per la metà del fabbisogno. Nella comunità di Turkana si è attivato grazie a questo cantiere, e ai cantieri delle tipologie b e c, il processo di autocostruzione, per cui la comunità stessa può giovare dell'esperienza fatta mediante la realizzazione delle case.



Figura 2.1.1c.9 Prospetto longitudinale
©UNHABITAT



Figura 2.1.1c.10 Cantiere Typea ©UNHABITAT

Progettazione partecipata

La comunità fin dall'inizio è stata inserita all'interno delle fasi decisionali, nonché ha trasmesso i saperi tradizionali come l'utilizzo sapiente delle strutture autoportanti in legno e la bravura delle donne della comunità a cucire e a realizzare teli in corda e cotone. Questa partecipazione ha reso il cantiere e il progetto cooperativo, le stesse donne hanno intrecciato il rivestimento tubolare in cartone pressato e gli uomini hanno partecipato in maniera attiva alla costruzione delle strutture portanti, grazie anche alla semplicità di montaggio e agli elaborati grafici di dettaglio dell'architetto.



Figura 2.1.1c.11 Cantiere Type a ©UNHABITAT



Figura 2.1.1c.12 Montaggio tubolari di rivestimento
©UNHABITAT

Dadaab Shelter B

Kenia, Garissa, 1990-2001

Categoria emergenziale: antropico

Descrizione

Il rifugio è costituito da un telaio in acciaio leggero zincato con pareti in compensato e un tetto in lamiera ondulata. La superficie coperta misura 3,6 x 8,4 metri, con un'area abitabile di 3,6 x 7,2 metri. Il tetto ha un'inclinazione di 16,5 gradi, con un'altezza che varia da 3,2 metri alla gronda fino a 4,6 metri al colmo. Sono presenti due porte, una laterale e una frontale, e un portico a sbalzo che si estende di 1,3 metri oltre la porta per formare un ingresso coperto. La struttura comprende dodici colonne, sei delle quali sono ancorate al suolo con fondazioni a vite, connesse a coppie tramite una capriata rinforzata per formare un telaio a momento. Il sistema di stabilità è costituito da questi tre telai a momento, collegati tra loro da altri due telai a momento su ciascun lato dell'edificio. Sotto la copertura del tetto è presente una controventatura in acciaio per ulteriore stabilità. Il rifugio è dotato di una base in calcestruzzo spesso 100 mm, gettata sopra le fondazioni a vite e le travi di legatura del pavimento. Inoltre, è presente un muro basso in muratura non strutturale di 0,5 metri, che offre una certa protezione contro le inondazioni. Questo design non solo garantisce una costruzione robusta e durevole, ma fornisce anche un riparo confortevole e sicuro per gli occupanti. La combinazione di materiali leggeri e resistenti, insieme a soluzioni costruttive innovative, rende questo rifugio ideale per situazioni di emergenza, assicurando un'installazione rapida e una protezione efficace contro gli elementi naturali.

Il trasporto e il montaggio del rifugio in acciaio leggero zincato con pareti in compensato e tetto in lamiera ondulata richiedono tre giorni e l'impiego di sei persone. I materiali, inclusi il telaio in acciaio, le pareti in compensato e le lamiere ondulate, vengono trasportati al sito di installazione.



Housing - 5

INFORMAZIONI

Realizzazione: UNHCR
Cliente: Comunità di Dadaab
Utenti primari: rifugiati temporanei
Status: sino al 2001

DATI TECNICI

Dimensione: 19.8m²
Peso: -
Tipologia di struttura: legno a timpano
Tipologia di rivestimento: canniccio e fango con terra rinforzata con paglia e lamiere ondulate

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali come fango e paglia, ridotto impatto ambientale. 4/5
Fattore Sociale: migliora qualità di vita, robusto e resistente, facile manutenzione. 4/5
Fattore Governance: progetto trasparente, supportato da unhcr, impiego di tecniche tradizionali. 4/5

Valutazione complessiva:
 4/5

2.1.1d | Schedatura di Unità abitative sperimentali

Le Unità abitative sperimentali costituiscono una categoria a sé stante, focalizzata sull'innovazione e sulla ricerca di soluzioni abitative creative e sostenibili. Questi prototipi esplorano materiali non convenzionali, come il superadobe o i container riciclati, e introducono tecnologie avanzate, come sistemi di autosufficienza energetica o gestione idrica. I progetti analizzati dimostrano come sia possibile combinare design innovativo e funzionalità, offrendo spunti per migliorare le pratiche esistenti e affrontare le sfide future con un approccio più efficace e responsabile.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Status
Progetto-1	Vinyl Milford	Generale	New York, 1994	In corso
Progetto-2	Wagon Station	Generale	California, 2000	In corso
Progetto-3	Casa Gonfiabile	Generale	New York, 1994	In corso
Progetto-4	Modulo Infinito	Generale	- , -	In corso
Progetto-5	Container	Antropico	Iraq/Afghanistan, 1999	In corso
Progetto-6	Future Shack	Generale	Australia, 2001	In corso
Progetto-7	Das Park Hotel	Generale	Austria, 2004	In corso
Progetto-8	The Lucy House	Antropico	Alabama, 2002	In corso
Progetto-9	Casa sull'Albero	Generale	Germania, 2009	In corso
Progetto-10	Maison Parasol	Generale	Colombia, 2000	In corso
Progetto-11	SuperAdobe	Antropico	Iran, Khuzestan, 1995	In corso

Tabella 2.1.3 Indice delle schede della tipologia Progetti - La Tabella 2.13 riporta l'indice delle schede relative alla tipologia Progetti, una categoria che raccoglie esempi diversificati di soluzioni abitative e sperimentali implementate in contesti generali e antropici. Ogni progetto è catalogato attraverso un codice identificativo (Progetto-1, Progetto-2, ecc.), il nome specifico, la categoria di disastro affrontata (generale o antropico), il luogo e l'anno di realizzazione, oltre allo stato attuale del progetto.

Vinyl Milford

New York, 1994

Descrizione

Il Vinyl Milford è un progetto di Allan Wexler del 1994, che trasforma un comune capanno da giardino in una piccola e originale guest house. Originariamente concepito come un capanno in metallo rivestito in vinile, utilizzato tipicamente per immagazzinare attrezzi da giardino o biciclette, Wexler lo reinterpreta radicalmente, integrando al suo interno tutte le funzioni di una casa per gli ospiti: camera da letto, bagno, cucina e sala da pranzo. La particolarità del Vinyl Milford sta nel fatto che ogni pezzo di mobilio è incorporato nelle pareti e può essere estratto all'occorrenza. Ad esempio, quando è necessaria la camera da letto, il letto può essere tirato fuori dalla parete, lasciando il resto dello spazio libero per altre funzioni quando non è in uso. Questo approccio rende il piccolo spazio altamente funzionale e flessibile, consentendo di sfruttare al meglio ogni metro quadrato disponibile. L'estetica del progetto è volutamente minimalista e funzionale, con un design che enfatizza la praticità e la versatilità. Gli oggetti incorporati nelle pareti danno l'impressione di "forme fantasma" quando sono riposti, contribuendo a un aspetto pulito e ordinato. Il Vinyl Milford rappresenta un'esplorazione delle possibilità offerte dagli spazi ridotti, suggerendo nuove modalità di vivere in ambienti compatti attraverso soluzioni di design innovative e trasformative.

Considerando la complessità del progetto, che include elementi di arredo integrati nelle pareti, e il fatto che si tratta di una trasformazione di un capanno prefabbricato, questa costruzione richiede diversi giorni e un team di almeno 2-3 persone con competenze specifiche in design d'interni e falegnameria per assemblare e installare correttamente tutti i componenti.



Progetto - 1

INFORMAZIONI

Realizzazione: Allan Wexler

Cliente: katonah Museum

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 12m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
metallo

Tipologia di rivestimento:
vinile

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di metallo e vinile, materiali che non sono altamente sostenibili, impatto ambientale moderato. 3/5

Fattore Sociale: progetto che massimizza l'uso dello spazio, trasformando capanni in abitazioni funzionali; buona qualità di vita per gli utenti. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente e ben documentato, ma con un impatto limitato a contesti specifici. 3.5/5

Valutazione complessiva:
3.5/5

Figura 2.11d.1 Vinyl Milford

Progetto - 2

INFORMAZIONI

Realizzazione: Andrea Zittel

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 5m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
acciaio e alluminio

Tipologia di rivestimento:
alluminio

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di acciaio e alluminio, materiali durevoli ma non particolarmente ecologici. 3/5

Fattore Sociale: progetto innovativo per rifugi temporanei, con un focus sulla vita essenziale e comunitaria. 4/5

Fattore Governance: progetto gestito con trasparenza, ma limitato a un contesto artistico e culturale specifico. 3.5/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Wagon Station California del sud, 2000

Descrizione

Il Wagon Station Encampment è un progetto creato dall'artista Andrea Zittel nel deserto della California, vicino al Joshua Tree National Park. Questo progetto fa parte di A-Z West, un'area di 35 acri che Zittel ha sviluppato come un "laboratorio di vita sperimentale". Il Wagon Station Encampment consiste in 12 piccoli rifugi, chiamati "Wagon Stations", che sono stati progettati per offrire un riparo temporaneo e minimalista. Questi rifugi, realizzati in acciaio e alluminio, sono pensati per artisti, scrittori, escursionisti e altri ricercatori culturali che desiderano sperimentare uno stile di vita essenziale e immerso nella natura. Ogni Wagon Station è un piccolo pod di circa 2,5 metri per 1,8 metri, con spazio sufficiente per una persona. I rifugi sono dotati di una copertura apribile che permette agli occupanti di godere del cielo notturno e del paesaggio circostante. Il progetto riflette la filosofia di Zittel di esplorare modi di vita alternativi, dove l'essenziale diventa arte e dove la funzione si fonde con il design. Il Wagon Station Encampment è disponibile per soggiorni stagionali, offrendo un'esperienza unica che combina elementi di vita comunitaria con spazi privati per la riflessione e la creatività. Gli ospiti possono utilizzare le strutture comuni, come una cucina all'aperto, docce all'aperto e servizi igienici compostabili, il tutto progettato per minimizzare l'impatto ambientale e promuovere un senso di comunità.

La costruzione di una Wagon Station richiede un piccolo team di 2-3 persone e può essere completata in circa 1-2 giorni. Questi rifugi sono progettati per essere facilmente assemblati, smontati e trasportati, grazie alla loro struttura semplice in acciaio e alluminio. La rapidità di costruzione è dovuta al design minimalista, che prevede pochi componenti essenziali che possono essere messi insieme senza l'uso di attrezzature pesanti. Questo rende le Wagon Stations ideali per un'installazione veloce e per spostamenti frequenti all'interno del contesto desertico di A-Z West.



Figura 2.11d.2 Wagon Station

Casa gonfiabile

New York, 1994

Descrizione

La "Casa Gonfiabile" progettata da Altro Studio è un'innovativa struttura abitativa temporanea, concepita per rispondere alle esigenze di spazi flessibili e sostenibili. Realizzata con materiali leggeri come il PVC, la casa si basa su un sistema pneumatico che permette alle pareti e al tetto di gonfiarsi, creando un ambiente interno confortevole e protetto. La struttura monovolume integra tetto e pareti in un unico elemento, con un design che si adatta a diverse esigenze abitative. Questo progetto sperimentale si distingue per la sua capacità di essere facilmente montato e smontato, offrendo soluzioni abitative rapide in contesti emergenziali o per eventi temporanei. La casa gonfiabile è dotata di un sistema fotovoltaico, che la rende autosufficiente dal punto di vista energetico, enfatizzando il concetto di sostenibilità ambientale. L'approccio di Altro Studio con la Casa Gonfiabile esplora nuovi orizzonti nell'architettura temporanea, combinando innovazione tecnologica e attenzione all'ambiente per creare spazi abitativi funzionali e versatili, ideali per una varietà di contesti e situazioni.

La costruzione della "Casa Gonfiabile" richiede un team di 2-3 persone e può essere completata in poche ore, grazie alla natura pneumatica della struttura. La facilità di montaggio e smontaggio rende questa soluzione abitativa particolarmente adatta per situazioni di emergenza o per eventi temporanei. L'intera struttura si gonfia rapidamente utilizzando un sistema ad aria, permettendo di creare uno spazio abitabile in tempi molto brevi, senza la necessità di strumenti o attrezzature complesse.



Progetto - 3

INFORMAZIONI

Realizzazione: Altro Studio

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 10m²

Peso: -

Tipologia di struttura: PVC

Tipologia di rivestimento: PVC

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di PVC, materiale non ecologico ma la struttura è leggera e facilmente trasportabile. 3/5

Fattore Sociale: offre una soluzione abitativa innovativa e autosufficiente, migliorando la qualità di vita in contesti di emergenza. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente con un forte focus sull'innovazione tecnologica e la sostenibilità, ma con limitata applicabilità generale. 3.5/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Figura 2.1.1d.3 Casa gonfiabile

Progetto - 4

INFORMAZIONI

Realizzazione: Altro studio

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 1.6x1.6m
(2.56m²)

Peso: -

Tipologia di struttura:
laminato composito

Tipologia di rivestimento:
fogli opachi o trasparenti di materiali compositi

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale:

utilizzo di laminato composito, materiale leggero e resistente ma non altamente sostenibile. Impatto ambientale moderato. 3.5/5

Fattore Sociale: progetto flessibile e modulare, offre soluzioni abitative personalizzabili e innovative. 4/5

Fattore Governance:

progetto trasparente e ben gestito, ma la modularità potrebbe limitare l'applicabilità su larga scala. 3.5/5

Valutazione complessiva:
3.7/5

Modulo Infinito

Descrizione

Il Modulo Infinito è un progetto sperimentale di Altro Studio che esplora la flessibilità e la modularità in architettura. Basato sul concetto di un quadrato che si evolve attraverso un processo di "involuzione quadratica", il modulo è pensato per essere autoportante e versatile, adattandosi a diverse esigenze spaziali e funzionali. Ogni modulo è composto da tre strati sovrapposti di laminato composito, un materiale leggero e resistente, rinforzato con fibre che conferiscono robustezza e rigidità strutturale. Questo sistema modulare permette una facile installazione e trasporto, rendendo possibile l'espansione o la contrazione della struttura secondo le necessità. Il progetto si distingue per la sua capacità di trasformarsi, mantenendo sempre il perimetro del quadrato iniziale invariato, ma articolandosi in forme più complesse man mano che i moduli si combinano. I moduli possono essere assemblati e fissati insieme tramite piattaforme in acciaio e bulloni, offrendo un'ampia varietà di configurazioni, da semplici cupole a strutture più articolate che rispondono a esigenze specifiche. L'innovazione del Modulo Infinito risiede nella sua semplicità costruttiva e nella capacità di adattarsi a vari contesti, offrendo una soluzione architettonica flessibile, che può essere utilizzata in diverse applicazioni, dal residenziale al temporaneo, con un basso impatto ambientale grazie all'uso di materiali riciclabili e resistenti alla corrosione.

La costruzione del Modulo Infinito richiede un team di 2-3 persone e può essere completata in circa 2-3 giorni, a seconda della complessità della configurazione desiderata. Il sistema modulare è progettato per essere facilmente assemblato grazie all'uso di materiali leggeri e resistenti come il laminato composito, che non richiede attrezzature pesanti per l'installazione. I moduli possono essere montati e fissati insieme utilizzando piattaforme in acciaio e bulloni, rendendo il processo di costruzione relativamente rapido e semplice, con un impatto minimo sull'ambiente.



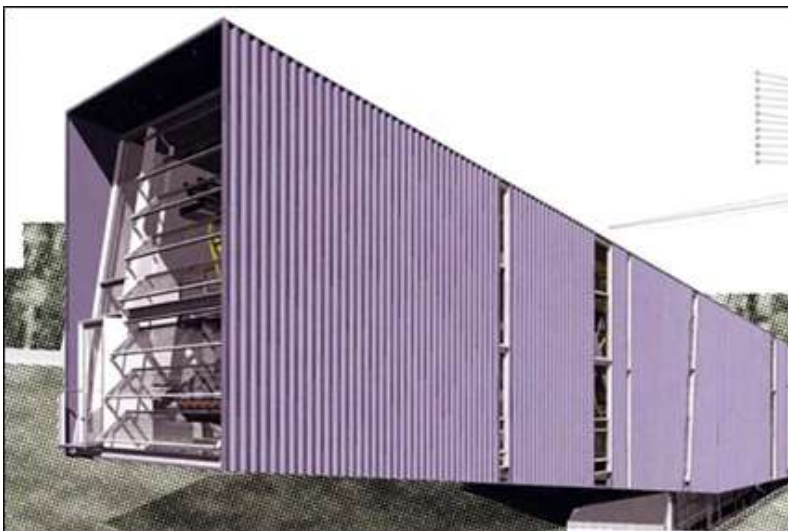
Figura 2.1.1d.4 Modulo Infinito

Container

Descrizione

Il progetto Container di Wes Jones è un'innovativa soluzione architettonica che utilizza container standard ISO per creare abitazioni e spazi funzionali. Jones ha iniziato a esplorare l'uso dei container negli anni '90, sviluppando un sistema chiamato PRO/con (Program Container), che è stato presentato per la prima volta al Hammer Museum nel 1999. Questo sistema sfrutta i container non solo come spazi chiusi, ma anche come supporto strutturale, combinandoli con elementi di costruzione tradizionale per creare spazi adattabili e multifunzionali. Una delle applicazioni più interessanti di questo sistema è stata progettata per l'esercito degli Stati Uniti, con unità abitative temporanee destinate a zone di conflitto come Iraq e Afghanistan. Questi container sono stati progettati per resistere a condizioni estreme, con pareti rinforzate da piastre d'acciaio per fornire isolamento e protezione balistica. Inoltre, le unità sono dotate di dettagli tecnici avanzati, come lucernari in fibra ottica e piastre antiproiettile, per garantire sicurezza e comfort. Le unità possono essere impilate o configurate in vari modi, a seconda delle esigenze, e sono facilmente trasportabili. Questo rende il sistema di Wes Jones particolarmente adatto per ambienti ostili o situazioni in cui è necessaria una rapida implementazione di infrastrutture. Il progetto è un esempio di come l'architettura possa integrarsi con la tecnologia per creare soluzioni innovative e resilienti, adattabili a una vasta gamma di contesti.

La costruzione di un'unità del progetto Container richiede un team di 4-6 persone e può essere completata in circa 1-2 settimane, a seconda della complessità della configurazione e delle esigenze specifiche del sito. I container standard vengono prima trasportati sul sito e poi adattati secondo le specifiche del progetto, che includono l'aggiunta di rinforzi, isolamento, e l'installazione di componenti tecnici avanzati come lucernari in fibra ottica. La velocità del processo è facilitata dal design modulare e dalla possibilità di preassemblare alcuni componenti fuori sito.



Progetto - 5

INFORMAZIONI

Realizzazione: Wes Jones

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 6.1x2.44x2.59m
(14.88m²/38.55m³)

Peso: -

Tipologia di struttura:
acciaio corten

Tipologia di rivestimento:
piastre di acciaio

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale:
uso di container marini riciclati e pannelli in legno, promuovendo il riutilizzo e la sostenibilità. 4/5

Fattore Sociale: fornisce rifugi temporanei sostenibili e rapidi da montare, migliorando le condizioni di vita in emergenze. 4.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente, ben gestito, con un forte focus sulla rapidità di implementazione in contesti di crisi. 4/5

Valutazione complessiva:
4.2/5

Figura 2.1.1d.5 Container

Progetto - 6

INFORMAZIONI

Realizzazione: Sean Godsell

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 15m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
container marino riciclato in acciaio

Tipologia di rivestimento:
pannelli isolanti in legno
(interno del container)

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di materiali locali come fango e paglia, ridotto impatto ambientale. 4/5

Fattore Sociale: migliora qualità di vita, robusto e resistente, facile manutenzione. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, supportato da UNHCR, impiego di tecniche tradizionali. 4/5

Valutazione complessiva:
4/5

Future Shack

Descrizione

La Future Shack di Sean Godsell è un progetto di architettura innovativa che sfrutta container marittimi riciclati per creare rifugi temporanei e sostenibili, destinati ad emergenze e situazioni di crisi. Questo prototipo rappresenta un'icona precoce della "cargotecture", un approccio che utilizza container standard come moduli abitativi. Il design della Future Shack è pensato per essere facilmente trasportabile e rapido da montare. Il container di base è modificato per includere isolamento termico e ventilazione, garantendo un comfort interno adeguato anche in condizioni ambientali difficili. All'interno, la Future Shack dispone di uno spazio di circa 15 metri quadrati, che include un piccolo bagno e una cucina nascosti dietro porte scorrevoli. Una caratteristica distintiva del progetto è il tetto parasole che viene ripiegato all'interno del container per il trasporto e poi montato per fornire ombra e ridurre il carico termico sul rifugio. Questo tetto può essere personalizzato con materiali locali come foglie di palma o fango, adattandosi così ai diversi contesti culturali. La struttura è inoltre dotata di gambe telescopiche che permettono di posizionarla su terreni irregolari senza la necessità di preparazioni particolari. L'autosufficienza del rifugio è garantita da pannelli solari e serbatoi d'acqua integrati. Il Future Shack è un esempio di architettura resiliente e flessibile, capace di rispondere rapidamente a situazioni di emergenza in tutto il mondo.

La costruzione della Future Shack richiede un tempo di assemblaggio di circa 24 ore e può essere realizzata da un team di 4-6 persone. La rapidità di montaggio è resa possibile dal fatto che la maggior parte dei componenti, inclusi il tetto parasole, le gambe telescopiche, e i serbatoi d'acqua, sono già pre-installati all'interno del container durante il trasporto. Questo consente di erigere rapidamente la struttura in situazioni di emergenza, offrendo un riparo immediato e sicuro in contesti di crisi.



Figura 2.11d.6 Future Shack

Le Das Park Hotel

Descrizione

Il Das Park Hotel, progettato dall'architetto austriaco Andreas Strauss, è un concept di hotel davvero unico, realizzato utilizzando enormi tubi di cemento per fognature. Inaugurato per la prima volta a Linz, Austria, nel 2004 e successivamente trasferito a Ottensheim, questo hotel rappresenta un esempio creativo di riutilizzo e design sostenibile. Ogni stanza del Das Park Hotel è un tubo di cemento di 2 metri di diametro e 9 tonnellate di peso. Le camere sono essenziali ma confortevoli, arredate con un letto matrimoniale, spazio di stoccaggio, prese elettriche, e illuminazione. Per garantire la privacy e la sicurezza, l'accesso alle stanze è possibile solo tramite un codice di sicurezza fornito ai clienti dopo la prenotazione. Le pareti interne dei tubi sono state arricchite con dipinti murali realizzati dall'artista Thomas Latzel Ochoa, che aggiungono un tocco accogliente e artistico agli interni altrimenti spartani. Il concetto dietro questo hotel è quello di offrire un alloggio semplice e a basso costo in un ambiente naturale, sfruttando le infrastrutture esistenti nei parchi pubblici vicini, come bagni e caffetterie, per i servizi aggiuntivi. L'hotel opera stagionalmente, da maggio a ottobre, e segue una politica di pagamento "quanto vuoi", permettendo agli ospiti di contribuire in base alle proprie possibilità economiche. Il Das Park Hotel rappresenta un approccio innovativo all'ospitalità, combinando design minimalista e rispetto per l'ambiente, offrendo un'esperienza unica per i visitatori in cerca di avventure alternative.

La costruzione del Das Park Hotel richiede un team di 4-6 persone e può essere completata in circa 1-2 settimane. La velocità di realizzazione è dovuta al fatto che i tubi di cemento vengono prefabbricati e quindi trasportati nel sito dove vengono adattati con arredi interni e installazioni minime. Una volta posizionati, i tubi vengono decorati e dotati dei comfort necessari, come prese elettriche e illuminazione. La semplicità del design e la robustezza dei materiali permettono una rapida installazione senza necessità di lavori di costruzione complessi.



Progetto - 7

INFORMAZIONI

Realizzazione: Andrea Strauss

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: (di un singolo tubo) 2x2.6m (5.2m²)

Peso: -

Tipologia di struttura: cemento

Tipologia di rivestimento: cemento

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di cemento per la struttura, materiale durevole ma con un impatto ambientale significativo. 3/5

Fattore Sociale: progetto innovativo che riutilizza tubi di cemento, offrendo una soluzione abitativa unica e accessibile. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente con un concetto di ospitalità alternativa, ma limitato a contesti specifici. 3.5/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Progetto - 8

INFORMAZIONI

Realizzazione: Samuel Mockbee

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 100m²

Peso: -

Tipologia di struttura:
piastrelle di moquette riciclata

Tipologia di rivestimento:
piastrelle di moquette riciclata

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di piastrelle di moquette riciclata, riducendo l'impatto ambientale grazie al riutilizzo di materiali. 4.5/5

Fattore Sociale: progetto che migliora la qualità della vita con una struttura innovativa e ben isolata, ma con applicabilità limitata. 4/5

Fattore Governance: progetto gestito in modo esemplare con un forte focus sull'uso di materiali riciclati. 4.5/5

Valutazione complessiva:
4.3/5

The Lucy House

Descrizione

The Lucy House, progettata da Samuel "Sambo" Mockbee e costruita nel 2002, è un esempio emblematico dell'approccio innovativo del Rural Studio dell'Università di Auburn, situato a Mason's Bend, Alabama. Il progetto è stato concepito come una soluzione abitativa per Lucy Harris, una residente locale, e la sua famiglia. La casa è organizzata attorno a tre elementi principali: una struttura abitativa al piano terra, una camera da letto padronale soppalcata e una stanza multifunzionale situata in un rifugio anti-tornado semi-interrato. Uno degli aspetti più distintivi della Lucy House è l'uso di 72.000 piastrelle di moquette riciclata per costruire le pareti perimetrali. Queste piastrelle sono state assemblate e compresse tramite un anello strutturale, offrendo un'eccezionale isolamento e dimostrando l'impegno di Mockbee per l'uso sostenibile dei materiali. La camera da letto soppalcata, descritta da Mockbee come il "pezzo stravagante", non solo serve come zona notte, ma anche come uno spazio spirituale per la matriarca della famiglia. Il progetto è stato realizzato con il contributo di sette studenti di architettura provenienti da università di tutto il mondo, sotto la guida di Mockbee. Il loro lavoro ha dimostrato come l'architettura possa essere utilizzata per migliorare la vita delle comunità svantaggiate, creando spazi che non solo soddisfano le esigenze funzionali, ma anche quelle emotive e spirituali.

La costruzione della Lucy House è stato completato in circa un anno con il processo di costruzione che ha richiesto tempo a causa dell'uso innovativo dei materiali.



Figura 2.11d.8 The Lucy House

Casa sull'albero

Descrizione

La Casa sull'albero progettata da Andreas Wenning, fondatore dello studio Baumraum, rappresenta una combinazione unica di architettura moderna e natura. Questi rifugi sugli alberi non sono solo spazi di gioco per bambini, ma veri e propri luoghi abitabili progettati per adulti, ideali per chi cerca un contatto profondo con l'ambiente naturale. Le case sull'albero di Baumraum, tra cui la rinomata Treehouse Solling, sono caratterizzate da un design contemporaneo e innovativo, che integra la struttura con l'ambiente circostante in modo armonioso. La Treehouse Solling, ad esempio, è una costruzione a due piani situata su un piccolo stagno, con una terrazza che si estende fino agli alberi circostanti. La struttura principale è sostenuta da pilastri in acciaio, il che permette di mantenere un impatto minimo sul terreno. Gli interni sono progettati per offrire comfort, con una zona notte al piano superiore accessibile tramite una scala esterna. Le ampie finestre e i lucernari permettono di godere appieno della vista sul paesaggio e delle stelle durante la notte. L'uso di materiali di alta qualità, come legno certificato e acciaio, garantisce durata e sostenibilità, mentre il design curato offre un'esperienza abitativa immersiva, dove natura e comfort si incontrano. La versatilità delle case sull'albero di Baumraum le rende adatte a vari contesti, dai rifugi privati a strutture ricettive, mantenendo sempre un equilibrio tra estetica e funzionalità.

La costruzione di una Casa sull'albero richiede un team di 4-6 persone e può essere completata in 4-6 settimane. Questo tempo dipende dalla complessità del design, dal sito specifico e dalle condizioni ambientali. Le case sull'albero di Baumraum sono progettate con grande attenzione ai dettagli e richiedono un lavoro artigianale specializzato, soprattutto per l'installazione delle strutture in acciaio e delle finiture in legno. Il processo prevede sia la preparazione del sito che l'assemblaggio della struttura, spesso eseguito direttamente in loco per garantire un'integrazione perfetta con l'ambiente circostante.



Progetto - 9

INFORMAZIONI

Realizzazione: Andreas Wenning

Cliente: -

Utenti primari: -

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 15-30m²

Peso: -

Tipologia di struttura: pilastri in acciaio

Tipologia di rivestimento: legno certificato

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di legno certificato e acciaio per costruire in armonia con l'ambiente, impatto ambientale moderato. 4/5

Fattore Sociale: progetto che offre un'esperienza abitativa unica, in contatto con la natura, migliorando il benessere psicofisico. 4.5/5

Fattore Governance: progetto trasparente, ben gestito, con una forte attenzione al dettaglio e all'integrazione ambientale. 4/5

Valutazione complessiva: 4.2/5

Progetto - 10

INFORMAZIONI

Realizzazione: Atelier2

Cliente: INURBE

Utenti primari: rifugiati in transizione

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 80m²

Peso: -

Tipologia di struttura: telaio in acciaio

Tipologia di rivestimento: pannello sandwich con rivestimento metallico e poliuretano di spessore 80-100 mm

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: materiali riutilizzabili, basso impatto trasporto, ma poliuretano non ecologico. 3/5

Fattore Sociale: supporto per rifugiati, rapido montaggio, miglioramento condizioni di vita. 4/5

Fattore Governance: progetto trasparente, collaborazione pubblico-privato, ma limitata documentazione sui processi decisionali. 3/5

Valutazione complessiva: 3.5/5

Maison Parasol

Colombia, 2000

Descrizione

Il progetto della tenda Maison Parasol nasce dalla richiesta dell'INURBE (Instituto Nacional Para Vivienda), l'agenzia governativa colombiana per l'edilizia abitativa, che fornisce case per i "desplazados" (sfollati). Anche se il progetto non è stato realizzato completamente, è stato costruito un prototipo in collaborazione con l'azienda Metecno. I moduli sono organizzati in cinque diverse case, su due piani. I pannelli sandwich utilizzati hanno spessori variabili, da 40 a 80 mm, a seconda dei carichi e delle lunghezze necessarie. Il sistema è protetto da una copertura in metallo ondulato realizzata in acciaio zincato, disponibile in vari colori scelti dall'utente. Il tetto offre la possibilità di inserire un doppio strato per ottenere una copertura ventilata, oltre a quattro aperture per garantire la ventilazione naturale. Questa soluzione abitativa temporanea è progettata per essere facilmente trasportabile e montabile rapidamente, rendendola ideale per situazioni di emergenza e contesti di spostamento forzato. La collaborazione con Metecno ha permesso di creare un prototipo che dimostra la fattibilità del progetto, evidenziando l'importanza di soluzioni abitative flessibili e sostenibili per rispondere alle esigenze abitative di popolazioni in difficoltà. La leggerezza del sistema, che pesa solo 10-15 kg/m², facilita il trasporto in contenitori e garantisce un montaggio rapido. Questa caratteristica è particolarmente utile per strutture di emergenza e temporanee dove è cruciale una rapida implementazione. Inoltre, il design della struttura permette una facile smontaggio e rimontaggio, rendendola altamente adattabile per il riutilizzo in contesti diversi. Questa riutilizzabilità non solo offre benefici economici, ma contribuisce anche alla sostenibilità riducendo i rifiuti e promuovendo l'uso efficiente dei materiali. La combinazione di portabilità, montaggio rapido e riutilizzabilità rende questo sistema una scelta eccellente per varie applicazioni di



Figura 2.11d.10 Maison Parasol

Super Adobe

Iran, Khuzestan, 1995

Descrizione

Il progetto di rifugio SuperAdobe in Khuzestan, Iran, del 1995, è stato sviluppato da Nader Khalili e il CalEarth Institute per fornire ripari temporanei ai rifugiati provenienti dall'Iraq. Questo metodo utilizza sacchi di sabbia riempiti con terra locale, disposti in strati e rinforzati con filo spinato per creare strutture a cupola e a volta. I rifugi sono stati costruiti in modo da essere economici, resistenti ai terremoti e agli uragani, e isolati termicamente grazie all'uso della terra come materiale principale. Le fondamenta sono state realizzate utilizzando macerie degli edifici distrutti, coperte con un pavimento tradizionale in fango, che fornisce un buon isolamento contro le inondazioni. La costruzione di questi rifugi non richiede competenze specializzate, permettendo ai rifugiati stessi di partecipare alla costruzione con un minimo di formazione. Questo approccio non solo riduce i costi, ma favorisce anche l'empowerment delle comunità coinvolte. I rifugi SuperAdobe sono stati progettati per essere durevoli e facilmente costruibili in tempi brevi. Ogni struttura è composta da un grande spazio a cupola principale, con aree accessorie per cucinare e servizi igienici. Questo metodo di costruzione è stato successivamente utilizzato in vari altri contesti globali, dimostrando la sua efficacia come soluzione abitativa sostenibile e resiliente.

Il trasporto e il montaggio dei rifugi SuperAdobe sono progettati per essere semplici e accessibili. I materiali principali, come sacchi di sabbia e filo spinato, sono facilmente reperibili localmente e possono essere trasportati in loco senza l'uso di attrezzature pesanti. Il montaggio richiede una squadra di sei persone, che può completare un rifugio in 7-11 giorni. Il processo di costruzione coinvolge il riempimento dei sacchi di sabbia con terra, la loro disposizione in strati circolari e il rinforzo con filo spinato. Questo metodo permette di costruire strutture robuste e resistenti ai disastri naturali con una formazione minima.



Progetto - 11

INFORMAZIONI

Realizzazione: Nader Khalili

Cliente: UNDP-UNHCR

Utenti primari: rifugiati transitori (orfani)

Status: in corso

DATI TECNICI

Dimensione: 37m²

Peso: -

Tipologia di struttura: sacchi di sabbia riempiti con terra locale

Tipologia di rivestimento: sacchi di sabbia riempiti con terra locale

VALUTAZIONE ESG

Fattore Ambientale: uso di terra locale e sacchi di sabbia, minimo impatto ambientale, materiali naturali. 4/5

Fattore Sociale: supporto ai rifugiati, costruzione partecipativa, resistente a disastri naturali. 5/5

Fattore Governance: progetto trasparente, gestione efficiente, coinvolgimento comunitario. 4/5

Valutazione complessiva: 4.5/5

2.2 | Analisi e sintesi delle tipologie di unità abitativa per l'emergenza

L'analisi e la sintesi delle tipologie di unità abitative per l'emergenza permettono di confrontare le soluzioni progettuali adottate in contesti emergenziali, di transizione e post-emergenziali. Ogni tipologia è stata esaminata in base a parametri oggettivi quali i materiali impiegati, le tecnologie costruttive, l'adattabilità ai contesti locali e l'impatto in termini ambientali, sociali e gestionali.

Le **unità abitative emergenziale**, o **tent**, queste rappresentano una soluzione tecnologica nelle operazioni di soccorso umanitario, offrendo un rifugio temporaneo a popolazioni sfollate a causa di conflitti, disastri naturali o altre emergenze. La progettazione e l'implementazione di queste strutture richiedono una profonda comprensione delle necessità immediate e delle condizioni ambientali, oltre a una considerevole attenzione ai dettagli tecnici e logistici. Innanzitutto, le tende emergenziali devono essere progettate per offrire un rifugio sicuro e resistente, in grado di proteggere gli occupanti dagli elementi naturali e dalle condizioni climatiche avverse. Per raggiungere questo obiettivo, i materiali utilizzati devono garantire durabilità e resistenza. Ad esempio, il telo esterno di molte tende è realizzato in una miscela di poliestere e cotone, che offre un buon compromesso tra impermeabilità e traspirabilità, essenziale per evitare l'accumulo di condensa all'interno della tenda. Il pavimento, invece, è solitamente composto da un foglio di plastica conforme agli standard per il rivestimento, che fornisce una barriera efficace contro l'umidità e i parassiti². In situazioni di emergenza, il tempo è un fattore determinante, e le unità abitative emergenziali devono essere montate rapidamente, spesso da personale non specializzato. Per questo motivo, i progetti di tende, come quelli descritti nel catalogo UNHCR, includono istruzioni dettagliate e semplici da seguire, con tutti i componenti necessari inclusi nel pacchetto. Le tende possono essere assemblate in circa trenta minuti da tre persone, il che rappresenta un enorme vantaggio in contesti di crisi. Le dimensioni delle tende sono un altro elemento di primaria importanza. Devono essere sufficientemente spaziose da ospitare una famiglia, fornendo al contempo una certa privacy e comfort. La tenda standard UNHCR³, ad esempio, ha una superficie interna principale di 16 metri quadrati, con ulteriori 7 metri quadrati distribuiti in due vestiboli, che possono essere utilizzati per lo stoccaggio o come aree di transizione. Questa configurazione permette di massimizzare l'uso dello spazio disponibile, garantendo allo stesso tempo una ventilazione adeguata, un aspetto essenziale in climi caldi per evitare il surriscaldamento⁴. Le unità abitative emergenziali devono anche essere versatili per adattarsi a diverse condizioni climatiche. Per questo motivo, vengono spesso forniti kit opzionali come reti d'ombra per climi caldi o kit

² UNHCR (2024). Shelter Design Catalogue. Tratto da https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/2024-01/unhcr_shelter_design_catalogue_january_2016.pdf (ultimo accesso 10 agosto 2024).

³ Ibidem

⁴ Ibidem

di "invernizzazione" per climi freddi. Questi ultimi includono rivestimenti isolanti, partizioni, manicotti per camini e tappetini isolanti, tutti progettati per migliorare l'isolamento termico e mantenere una temperatura interna confortevole anche in condizioni di freddo estremo. Tali caratteristiche non solo migliorano il comfort degli occupanti, ma sono anche cruciali per la loro sicurezza e salute, prevenendo il rischio di ipotermia. Il peso e il volume delle tende sono parametri fondamentali nella logistica delle operazioni umanitarie. Le tende devono essere abbastanza leggere da poter essere trasportate facilmente, ma sufficientemente robuste da resistere a condizioni difficili. Ad esempio, una tenda standard può pesare circa 55 kg, con un volume di circa 0,20 metri cubi, il che la rende trasportabile via terra, aria o mare senza difficoltà eccessive. Questa combinazione di leggerezza e robustezza è il risultato di una progettazione meticolosa che tiene conto delle esigenze operative sul campo⁵.

Dal punto di vista economico, il costo delle tende emergenziali deve essere contenuto per permettere l'acquisto e la distribuzione su larga scala. Tuttavia, il prezzo non può compromettere la qualità del prodotto, che deve garantire una durata minima di un anno, anche in condizioni climatiche moderate. Una tenda familiare, come quella standard UNHCR, ha un costo indicativo di circa 420 dollari americani, esclusi i costi di trasporto, il che rappresenta un investimento significativo, ma necessario, per fornire un rifugio adeguato in situazioni di emergenza. Le tende emergenziali devono inoltre tenere conto delle esigenze culturali e sociali delle popolazioni a cui sono destinate. Ad esempio, la configurazione interna della tenda deve permettere una divisione degli spazi in modo da rispettare le necessità di privacy, soprattutto in contesti culturali dove la separazione degli spazi tra uomini e donne è fondamentale. Le tende a struttura autoportante con partizioni interne rispondono a queste esigenze, offrendo un rifugio più adatto alle diverse tradizioni e abitudini sociali⁶.

Le tende devono essere resistenti al fuoco e alle intemperie, con una struttura che possa resistere a venti forti e carichi di neve significativi, come previsto dalle normative europee. Per prevenire incidenti, è importante che all'interno della tenda siano rispettate rigorose misure di sicurezza, come evitare l'uso di fiamme libere o garantire una distanza adeguata tra le tende e i sistemi di riscaldamento. Inoltre, devono essere previsti accorgimenti per la ventilazione e la gestione del calore, soprattutto nelle aree in cui le temperature possono diventare estremamente elevate. Dal punto di vista della sostenibilità, le tende emergenziali devono essere progettate per un uso prolungato e, se possibile, prevedere la possibilità di manutenzione. La vita media di una tenda varia, ma con una manutenzione adeguata, può estendersi ben oltre il periodo minimo di un anno, riducendo così la necessità di sostituire frequentemente il materiale e contribuendo alla sostenibilità ambientale delle operazioni umanitarie⁷.

Le tende analizzate si distinguono per la loro modularità e l'utilizzo di materiali leggeri, come teli in poliestere-cotone o PVC. Questa scelta progettuale non è casuale: tali materiali offrono un equilibrio tra resistenza, impermeabilità e leggerezza, rendendo le tende facili da trasportare e montare. Ad esempio, la **Tuareg Tent (Tent-1)**, utilizzata in Algeria, sfrutta un design tradizionale combinato con materiali moderni per garantire

⁵ Manfield, P., Ashmore, J., & Corsellis, T. (2004). Design of humanitarian tents for use in cold climates. *Building Research & Information*, 32(5), 368-378.

⁶ UNHCR 2024, Op. cit.

⁷ Alshoubaki, H. (2017). The temporary city: The transformation of refugee camps from fields of tents to permanent cities. *Housing Policies and Urban Economics*, 7, 5-15.

una protezione efficace in contesti desertici, dove il trasporto rapido e l'assemblaggio semplice sono essenziali. Allo stesso modo, la **Family Tent (Tent-2)**, ampiamente impiegata in zone di rifugiati temporanei, adotta teli rinforzati che offrono una buona durabilità in condizioni climatiche moderate. Un'altra caratteristica chiave delle tende emergenziali è la possibilità di adattarle a diversi climi mediante kit aggiuntivi. La **Tuareg Shelter (Tent-3)**, progettata per il Burkina Faso, integra soluzioni che migliorano la ventilazione e la protezione dal surriscaldamento, rendendola particolarmente adatta a climi aridi. In climi freddi, invece, kit opzionali come rivestimenti isolanti sono essenziali per garantire una temperatura interna adeguata e ridurre il rischio di ipotermia.

Dal punto di vista ambientale, il processo produttivo delle tende presenta un impatto relativamente contenuto, grazie all'utilizzo di materiali industriali standardizzati e a tecniche di produzione efficienti. Tuttavia, la breve durata di queste strutture rappresenta una criticità: al termine del loro utilizzo, le tende vengono spesso smaltite come rifiuti non biodegradabili, contribuendo all'inquinamento ambientale. Ad esempio, la **Montana Tent (Tent-4)**, pur essendo robusta e facile da montare, ha una vita utile limitata, il che implica la necessità di riciclo o smaltimento sostenibile.

Sul piano sociale, le tende emergenziali forniscono un rifugio rapido e temporaneo, rispondendo alle necessità immediate di protezione. Tuttavia, questa soluzione presenta alcune limitazioni. Le tende, pur offrendo una protezione fisica, non sempre soddisfano esigenze più complesse, come il comfort, la privacy o la separazione degli spazi interni. La **Centro di Transizione (Tent-8)**, utilizzata in Polonia durante il conflitto in Ucraina, include partizioni interne che migliorano il rispetto della privacy e la gestione degli spazi, rispondendo meglio alle esigenze sociali delle famiglie sfollate. In termini di governance, le tende emergenziali rappresentano una soluzione standardizzata che facilita le operazioni logistiche. La collaborazione tra organizzazioni internazionali, come l'UNHCR, e i governi locali garantisce una distribuzione efficiente e coordinata delle tende, minimizzando ritardi e inefficienze.

La **Suspenden tent (Tent-5)**, un prototipo destinato a contesti antropici, ha dimostrato l'efficacia della standardizzazione nel semplificare le operazioni di montaggio e ridurre i tempi di risposta nelle emergenze.

Nonostante queste limitazioni, le tende emergenziali rimangono una componente indispensabile nella prima fase della risposta umanitaria. La loro rapidità di installazione e il basso costo le rendono un elemento fondamentale nelle strategie di emergenza. Tuttavia, il loro ruolo non si limita al fornire un riparo immediato: esse possono essere considerate un punto di transizione verso soluzioni abitative più stabili e sostenibili. Ad esempio, la **Lightweight Tent (Tent-7)**, utilizzata in Congo (Ituri), è progettata per essere integrata in strategie di lungo termine, fungendo da base per interventi successivi che prevedono la costruzione di rifugi più duraturi. Le unità abitative di transizione, conosciute anche come "**shelter**", rappresenta una soluzione essenziale e temporanea per le popolazioni sfollate a causa di disastri naturali, conflitti o altre emergenze umanitarie. Questi rifugi sono progettati per colmare il divario tra l'emergenza immediata e la ricostruzione definitiva delle abitazioni, fornendo un luogo

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Valutazione ESG
Tent-1	Tuareg Tent	Antropico	4/5
Tent-2	Family Tent	Antropico/Generale	4/5
Tent-3	Tuareg Shelter	Antropico	4.5/5
Tent-4	Montana Tent	Generale	4/5
Tent-5	Suspended tent	Antropico	4.5/5
Tent-6	Lightweight Emergency	Generale	3.5/5
Tent-7	Lightweight Tent	Generale	3.5/5
Tent-8	Centro di Transizione	Guerra	4/5

Tabella 2.2.1 - Unità abitative emergenziali (Tent) 2.1.1d

in cui vivere per periodi che possono variare da pochi mesi a diversi anni. La progettazione e l'implementazione di tali strutture richiede una conoscenza approfondita delle esigenze delle comunità sfollate, nonché una considerazione attenta delle condizioni climatiche, culturali e logistiche. La scelta dei materiali per le unità abitative di transizione è uno degli aspetti più critici nella progettazione di questi rifugi. Idealmente, i materiali devono essere facilmente reperibili a livello locale, sia per ridurre i costi di trasporto che per garantire la sostenibilità del progetto. Ad esempio, in molte regioni vengono utilizzati il bambù e il legno per la costruzione del telaio, in quanto questi materiali sono non solo economici e facilmente accessibili, ma anche adatti al clima locale. In aree dove il bambù è abbondante, viene spesso utilizzato per la costruzione delle pareti e del pavimento, mentre il tetto può essere realizzato con lamiere ondulate galvanizzate, un materiale che offre una buona protezione dalle intemperie e che può essere facilmente trasportato e montato⁸. Un altro elemento cruciale nella progettazione degli shelter è la loro resistenza alle condizioni climatiche estreme. Ad esempio, nei campi profughi situati in regioni desertiche o esposte a forti venti, le unità abitative devono essere progettate per resistere a tali condizioni. Le strutture possono includere tetti a due falde per migliorare la ventilazione, proteggendo così gli abitanti dal calore eccessivo. Inoltre, in contesti di alta piovosità, è fondamentale che i rifugi siano sopraelevati dal suolo, con fondazioni in cemento armato, per prevenire l'allagamento e garantire la durabilità della struttura. La modularità e la flessibilità degli shelter sono altre caratteristiche essenziali. Le unità abitative di transizione devono poter essere facilmente modificate o ampliate in base alle esigenze della famiglia che vi risiede. Un esempio di questa flessibilità è l'adozione di un formato kit per il rifugio, che permette un trasporto e uno stoccaggio più semplici, oltre alla possibilità di aggiungere estensioni o modifiche in seguito, a seconda delle necessità emergenti.

⁸ UNHCR 2024, Op. cit.

⁹ Oxfam, G. B. (2005). *Transitional settlement: displaced populations*. Oxfam.

¹⁰ UNHCR 2024, Op. cit.

¹¹ Brogden, L., & Kennedy, R. (2021). A humanitarian shelter terminology framework. In *Enhancing disaster preparedness* (pp. 3-22). Elsevier.

Questa caratteristica è particolarmente utile in contesti in cui lo spazio abitativo deve essere adattato per accogliere famiglie numerose o per creare spazi comuni per la comunità⁹. La durata delle unità abitative di transizione è un altro aspetto che richiede attenzione. Sebbene queste strutture siano concepite come soluzioni temporanee, devono comunque offrire una vita utile che può estendersi da due a quattro anni, a seconda delle condizioni ambientali e della manutenzione. Un esempio è il rifugio T-Shelter progettato per il campo di Azraq in Giordania (Shelter 03), costruito con strutture in acciaio interbloccate e rivestimenti in lamiera ondulata con isolamento in schiuma di alluminio, capace di resistere alle condizioni climatiche estreme del deserto e di offrire protezione contro i forti venti e la polvere. L'aspetto culturale è un altro elemento che non può essere trascurato nella progettazione degli shelter. È essenziale che il design del rifugio rispetti le tradizioni e le abitudini locali, fornendo al contempo un senso di normalità e dignità agli sfollati. Ad esempio, in contesti in cui la separazione degli spazi per uomini e donne è culturalmente significativa, i rifugi possono essere progettati con partizioni interne per garantire la privacy e rispettare le norme sociali. Allo stesso modo, la configurazione delle finestre e delle porte deve tener conto della necessità di ventilazione e luce naturale, senza compromettere la sicurezza e la privacy degli abitanti¹⁰. La sicurezza è un altro aspetto fondamentale nella progettazione delle unità abitative di transizione. I rifugi devono essere in grado di proteggere gli occupanti da rischi naturali come tempeste, alluvioni o terremoti, oltre a garantire la sicurezza contro intrusioni o atti di violenza.

Le strutture devono essere robuste e ancorate saldamente al terreno, con porte e finestre rinforzate per prevenire accessi non autorizzati. In alcuni contesti, come i campi profughi in aree remote, è importante anche considerare l'integrazione di soluzioni per l'energia rinnovabile, come pannelli solari, per garantire un minimo di autosufficienza energetica agli abitanti. La facilità di costruzione degli shelter è un ulteriore fattore determinante. In situazioni di emergenza, il tempo e le risorse sono spesso limitati, pertanto le strutture devono poter essere montate rapidamente e senza l'ausilio di attrezzature complesse o personale altamente specializzato. Ad esempio, le unità abitative progettate per essere assemblate in poche ore da una squadra di tre o quattro persone offrono un vantaggio significativo in termini di rapidità di risposta e adattabilità sul campo. La capacità di riparare e mantenere la struttura utilizzando competenze e materiali locali è anch'essa cruciale, in quanto riduce la dipendenza da forniture esterne e aumenta la sostenibilità a lungo termine del progetto¹¹.

La logistica gioca un ruolo chiave nella distribuzione e implementazione delle unità abitative di transizione. Le dimensioni e il peso dei kit di rifugio devono essere ottimizzati per facilitarne il trasporto, sia su strada che per via aerea o marittima. Inoltre, la progettazione modulare dei rifugi permette una maggiore flessibilità nell'adattamento delle unità alle diverse condizioni di terreno e spazio disponibili nei campi profughi. In contesti in cui il terreno è irregolare o scosceso, l'utilizzo di estensori per le gambe della struttura facilita l'erezione dei rifugi, garantendo

stabilità e sicurezza anche in condizioni difficili. Infine, la sostenibilità ambientale è un tema sempre più rilevante nella progettazione delle unità abitative di transizione. L'utilizzo di materiali riciclabili o biodegradabili, la riduzione dell'impatto ambientale durante la produzione e il trasporto, e l'implementazione di soluzioni energetiche rinnovabili sono tutti aspetti che devono essere considerati per garantire che questi rifugi non solo soddisfino le esigenze immediate delle popolazioni sfollate, ma anche contribuiscano alla salvaguardia dell'ambiente a lungo termine. La progettazione e l'implementazione di tali strutture richiede una sinergia tra competenze tecniche, sensibilità culturale e considerazioni ambientali, per creare soluzioni che siano non solo funzionali, ma anche rispettose del contesto in cui vengono inserite¹².

Le **unità abitative di transizione (Shelter)** rappresentano una soluzione intermedia tra le tende emergenziali e le abitazioni permanenti, offrendo una maggiore stabilità e durabilità rispetto ai rifugi temporanei. Progettati per durare mesi o anni, questi shelter sono concepiti per garantire uno spazio abitativo sicuro e modulare, adattabile a contesti climatici, culturali e logistici diversificati. Ad esempio, il **Bamboo Shelter (Shelter-1)**, impiegato nei campi profughi di Dollo Ado in Etiopia, utilizza bambù e materiali locali per creare strutture resistenti e sostenibili, dimostrando come l'integrazione di risorse locali possa ridurre i costi e migliorare la resilienza strutturale.

A differenza delle tende, gli shelter sono costruiti con materiali più robusti, come legno, bambù, acciaio o pannelli prefabbricati, che offrono una maggiore durabilità e capacità di resistere a condizioni climatiche estreme. Ad esempio, il **Azraq T-Shelter (Shelter-3)**, realizzato in Giordania, è progettato con acciaio interbloccato e rivestimenti in lamiera ondulata isolata, garantendo protezione contro i venti e le polveri del deserto. In contesti sismici, come l'Indonesia, il **Bamboo Frame (Shelter-9)** combina bambù e cemento per assicurare flessibilità strutturale e resistenza ai terremoti, riducendo i rischi di collasso.

Un aspetto distintivo degli shelter è la loro modularità, che consente di adattare e ampliare gli spazi abitativi in base alle esigenze delle famiglie o delle comunità. Nei campi profughi di Cox's Bazar, Bangladesh, gli **shelter Kutapalong A e B (Shelter-5, Shelter-6)** sono stati progettati per resistere ai monsoni e per essere facilmente riparati o migliorati utilizzando risorse locali come bambù e teli plastici dell'UNHCR. Questa flessibilità è fondamentale in contesti in cui le condizioni iniziali possono evolversi rapidamente, richiedendo modifiche o ampliamenti alle strutture esistenti. Dal punto di vista ESG (ambientale, sociale e governance), gli shelter offrono un equilibrio tra sostenibilità, impatto sociale e gestione. Sul piano ambientale, il loro utilizzo di materiali naturali o riciclati, come nei casi del **Pallet House (Shelter-21)** in Kosovo, contribuisce a ridurre l'impatto ecologico rispetto alle soluzioni temporanee. Tuttavia, in alcuni progetti, l'impiego di materiali prefabbricati, come acciaio o pannelli isolanti, può comportare un costo ambientale iniziale maggiore, compensato però dalla durabilità delle strutture.

¹² Wagemann, E. (2015, July). Transition from shelter to home. In proceedings of SECED 2015 Conference: Earthquake Risk and Engineering towards a Resilient World (pp. 9-10).

Sul piano sociale, gli shelter rappresentano un passo avanti significativo rispetto alle tende, garantendo un livello di comfort e sicurezza superiore. La possibilità di personalizzare gli spazi interni, come dimostrato dal **Liina Shelter (Shelter-13)** in Finlandia, aumenta l'accettabilità sociale di queste soluzioni, rispettando le esigenze culturali e familiari. La configurazione modulare degli spazi e l'attenzione al comfort abitativo migliorano la qualità della vita degli abitanti, promuovendo dignità e benessere.

In termini di governance, la costruzione degli shelter richiede una pianificazione accurata e il coinvolgimento delle comunità locali. Progetti come il **Trans Lieu (Shelter-22)** in Somalia dimostrano come il coinvolgimento delle popolazioni sfollate nella scelta dei materiali e nella realizzazione delle strutture possa aumentare la sostenibilità del progetto a lungo termine, promuovendo il senso di appartenenza e responsabilità. Gli shelter si collocano quindi come una soluzione essenziale nelle strategie di risposta alle emergenze prolungate. La loro capacità di adattarsi a contesti diversi e di integrare risorse locali li rende un modello versatile e replicabile, come dimostrato dal **Lombok Shelter (Shelter-20)** in Indonesia, progettato per rispondere a esigenze specifiche legate ai disastri geofisici. Questa versatilità, combinata con il loro impatto positivo sulle condizioni di vita, li rende fondamentali per migliorare la resilienza delle comunità colpite.

Le unità abitative permanenti, denominate “**housing**”, rappresenta un punto culminante nelle strategie di assistenza umanitaria e di ricostruzione post-crisi, in quanto forniscono soluzioni stabili e a lungo termine per le popolazioni che hanno subito sfollamenti forzati a causa di conflitti, disastri naturali o altre emergenze. Queste strutture non solo offrono un rifugio sicuro e dignitoso, ma diventano anche il fulcro attorno al quale si può ricostruire una vita comunitaria, con tutte le complessità e le esigenze che ne derivano. La progettazione delle unità abitative permanenti deve prendere in considerazione una molteplicità di fattori che spaziano dalla resistenza strutturale all'adattamento culturale, passando per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale. A differenza delle soluzioni abitative temporanee, che sono pensate per rispondere alle necessità immediate e spesso urgenti, le unità permanenti devono essere progettate per durare nel tempo, rispondendo non solo alle esigenze attuali ma anche a quelle future delle comunità¹³.

Uno degli aspetti nella realizzazione di queste strutture è la scelta dei materiali da costruzione. Mentre le unità abitative di transizione possono fare affidamento su materiali leggeri e facilmente trasportabili, le unità abitative permanenti richiedono materiali più robusti e duraturi. In molti contesti, il cemento armato e i mattoni cotti rappresentano la scelta più comune, grazie alla loro resistenza agli agenti atmosferici e alla loro longevità. Tuttavia, in contesti dove queste risorse non sono facilmente accessibili, si potrebbe optare per materiali locali, come la terra battuta o il legno, sempre che vengano trattati adeguatamente per resistere al degrado e garantire una lunga durata. La sostenibilità energetica è un altro pilastro fondamentale nella costruzione delle unità abitative permanenti.

¹³ UNHCR 2024, Op. cit.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Valutazione ESG
Shelter-1	Bamboo Shelter	Antropico	4.5/5
Shelter-2	Paper Log House	Antropico	4/5
Shelter-3	Azraq T-Shelter	Antropico	4.5/5
Shelter-4	Emergency	Antropico	3.5/5
Shelter-5	Kutapalong A	Climatologico	3/5
Shelter-6	Kutapalong B	Climatologico	4/5
Shelter-7	Paper Emergency	Antropico	4/5
Shelter-8	Wooden Gable	Antropico	4/5
Shelter-9	Bamboo Frame	Terremoto	4/5
Shelter-10	Steel Frame	Meteorologico	4/5
Shelter-11	Dadaab Shelter A	Antropico	3.5/5
Shelter-12	Paper Log House	Geofisico	4/5
Shelter-13	Liina Shelter	Climatologico	4.2/5
Shelter-14	Diogene	Generale	4/5
Shelter-15	Timber Frame A	Geofisico	3.8/5
Shelter-16	Timber Frame B	Geofisico	3.8/5
Shelter-17	Steel Frame A	Geofisico	3.3/5
Shelter-18	Steel Frame B	Geofisico	3.8/5
Shelter-19	Steel Frame C	Meteorologico	3.7/5
Shelter-20	Lombok Shelter	Geofisico	4.3/5
Shelter-21	Pallet House	Antropico	4/5
Shelter-22	Trans Lieu	Antropico	4.2/5
Shelter-23	Shelter A	Climatologico	3.5/5
Shelter-24	Shelter B	Climatologico	4/5
Shelter-25	Transitional shelter ikea	Antropico e naturale	4.3/5

Tabella 2.2.2 - Unità abitative di transizione (Shelter) 2.1.1d

¹⁴ Mercader-Moyano, P., & Porras-Pereira, P. (2023). Analysis of Contemporary Emergency Housing. In *Circular Economy in Emergency Housing: Eco-Efficient Prototype Design for Subaşı Refugee Camp in Turkey and Maicao Refugee Camp in Colombia: A Research Strategy of Climate Change* (pp. 47-66). Cham: Springer Nature Switzerland.

¹⁵ Ibidem

¹⁶ Dalal, A. (2022). The refugee camp as urban housing. *Housing Studies*, 37(2), 189-211.

Non si tratta solo di garantire che le abitazioni siano durevoli, ma anche di assicurarsi che siano energeticamente efficienti e rispettose dell'ambiente. Ad esempio, l'integrazione di sistemi solari per l'energia e il riscaldamento dell'acqua può ridurre significativamente l'impronta ecologica delle abitazioni, oltre a fornire una fonte di energia autonoma alle comunità che potrebbero non avere accesso a reti elettriche stabili. Inoltre, l'uso di tecniche di costruzione bioclimatica, come l'orientamento strategico delle case per massimizzare la luce naturale e la ventilazione, contribuisce a migliorare il comfort degli abitanti e a ridurre la dipendenza da fonti energetiche esterne¹⁴.

L'adattamento culturale è un altro aspetto essenziale nella progettazione delle unità abitative permanenti. Le case devono rispecchiare le tradizioni e le usanze locali, non solo per garantire che siano accettate dalle comunità, ma anche per favorire un senso di continuità e identità culturale. In molti casi, ciò significa progettare case con spazi comuni per la socializzazione o con configurazioni che rispettino le gerarchie familiari e le pratiche religiose. Ad esempio, in alcune culture, è importante avere spazi separati per uomini e donne, o aree dedicate alla preghiera e alla meditazione. Dal punto di vista logistico, la costruzione di unità abitative permanenti rappresenta una sfida significativa, specialmente in contesti post-crisi dove le infrastrutture possono essere danneggiate o del tutto inesistenti. Il trasporto dei materiali da costruzione, la formazione della manodopera locale e la gestione dei tempi di costruzione sono tutti elementi che richiedono una pianificazione accurata e una gestione efficiente. In alcuni casi, può essere necessario creare infrastrutture temporanee per supportare il processo di costruzione, come strade di accesso o depositi per i materiali¹⁵.

Un altro elemento critico è la partecipazione della comunità locale nel processo di costruzione delle unità abitative permanenti. Coinvolgere gli abitanti nella progettazione e nella realizzazione delle loro case non solo favorisce l'adozione e la cura delle strutture, ma rafforza anche il senso di appartenenza e responsabilità. In molti progetti di ricostruzione post-crisi, la formazione di manodopera locale è stata fondamentale per garantire la sostenibilità del progetto, permettendo alle comunità di acquisire competenze tecniche che possono essere utilizzate anche dopo la fine del progetto. La resistenza strutturale delle unità abitative permanenti è forse l'aspetto più fondamentale da considerare, specialmente in aree soggette a disastri naturali ricorrenti come terremoti, inondazioni o uragani. Le abitazioni devono essere progettate per resistere a tali eventi, utilizzando tecniche di costruzione antisismiche o materiali resistenti all'acqua, come il cemento impermeabilizzato. In alcune regioni, potrebbe essere necessario elevare le case su palafitte per proteggerle dalle inondazioni, o rinforzare le fondamenta per prevenire il crollo in caso di terremoto¹⁶.

L'aspetto economico non può essere trascurato nella realizzazione di unità abitative permanenti. Sebbene l'obiettivo sia di fornire case sicure e durature, è importante che i costi rimangano contenuti per garantire che un numero maggiore di famiglie possa beneficiarne. In molti casi, ciò significa trovare un equilibrio tra la qualità dei materiali e le tecniche di costruzione adottate e il budget disponibile. Ad esempio, potrebbe

essere preferibile utilizzare materiali locali meno costosi ma abbondanti, piuttosto che importare materiali più costosi che aumenterebbero i costi di costruzione. Infine, l'integrazione delle unità abitative permanenti nel tessuto urbano esistente rappresenta un'ulteriore sfida. Le nuove abitazioni devono essere progettate in modo tale da non creare segregazioni o ghettizzazioni, ma piuttosto per favorire l'integrazione delle nuove comunità nel contesto esistente. Ciò può comportare la necessità di pianificare non solo le abitazioni, ma anche le infrastrutture e i servizi associati, come scuole, cliniche, spazi verdi e vie di comunicazione. In molti casi, è opportuno adottare un approccio partecipativo alla pianificazione urbana, coinvolgendo sia i nuovi abitanti che le comunità esistenti per garantire che le nuove costruzioni rispondano alle esigenze di tutti¹⁷.

¹⁷ Ibidem

Le unità abitative permanenti (**Housing**) rappresentano una soluzione definitiva e duratura nelle strategie di ricostruzione post-emergenziale. Progettate per garantire stabilità e sicurezza a lungo termine, queste strutture vanno oltre la semplice funzione di riparo, integrandosi nel contesto culturale e urbano delle comunità colpite. Ciò favorisce la normalizzazione della vita quotidiana, promuove la coesione sociale e contribuisce alla ripresa economica delle aree interessate. Ad esempio, il progetto **Container Housing (Housing-1)**, sviluppato a Onagawa, in Giappone, combina la resistenza strutturale dei container marittimi con l'adattabilità alle condizioni climatiche locali, rappresentando una soluzione pragmatica in un contesto geofisico complesso.

A differenza delle soluzioni temporanee, gli housing sono progettati per durare nel tempo e sono costruiti utilizzando materiali resistenti come il cemento armato, i mattoni cotti o risorse locali, tra cui l'adobe e il legno. Questa scelta garantisce protezione contro eventi climatici estremi, come piogge intense, venti forti o temperature elevate. In contesti sismici, come in Giappone o Cile, vengono adottate tecnologie antisismiche che migliorano significativamente la sicurezza degli abitanti. Il progetto **Shelter C (Housing-2)**, implementato in Congo, combina tecniche costruttive tradizionali con materiali moderni, dimostrando come l'integrazione di approcci locali e innovativi possa migliorare la resilienza strutturale.

Un altro elemento cruciale degli housing è la loro capacità di adattarsi alle esigenze delle comunità. Progetti come il **Turkana Type A (Housing-4)**, sviluppato in Kenya, coinvolgono le popolazioni locali nella fase di progettazione e costruzione, integrando tradizioni architettoniche con innovazioni tecnologiche. Questo approccio partecipativo non solo aumenta l'accettabilità culturale, ma promuove anche un senso di appartenenza e responsabilità. In questo caso, l'utilizzo di tecniche tradizionali per il telaio, combinato con materiali moderni per il rivestimento, ha permesso di creare abitazioni che rispondono sia alle esigenze climatiche locali che alle abitudini culturali della comunità Turkana.

Dal punto di vista ESG (ambientale, sociale e governance), gli housing offrono vantaggi significativi. L'aspetto ambientale è spesso positivo grazie all'impiego di materiali locali e tecniche costruttive a basso impatto. Soluzioni come l'**One Room (Housing-3)** in Pakistan dimostrano come l'uso di mattoni e pietra possa ridurre l'impatto ambientale complessivo e garantire un'adeguata protezione contro le condizioni climatiche

Tabella 2.2.3 - Unità abitative permanenti (Housing)
2.1.1d

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Valutazione ESG
Housing-1	Container Housing	Geofisico	4/5
Housing-2	Shelter C	Climatologico	4/5
Housing-3	One Room	Climatologico	3.5/5
Housing-4	Turkana Type A	Guerra Civile	4.5/5
Housing-5	Dadaab Shelter B	Antropico	4/5

avverse. Inoltre, l'integrazione di sistemi per l'efficienza energetica, come pannelli solari e raccolta dell'acqua piovana, riduce la dipendenza dalle infrastrutture esterne, migliorando la sostenibilità complessiva del progetto.

Sul piano sociale, gli housing rappresentano un passo avanti cruciale rispetto alle soluzioni transitorie, garantendo non solo un miglioramento delle condizioni di vita, ma anche un impatto positivo sulla stabilità economica e sociale delle comunità. La possibilità di personalizzare gli spazi interni e di integrare infrastrutture comunitarie, come scuole e centri sanitari, rafforza ulteriormente l'accettabilità e l'efficacia di queste soluzioni. Il progetto **Dadaab Shelter B (Housing-5)**, implementato in Kenya, dimostra l'importanza di integrare le abitazioni permanenti con il tessuto sociale locale, creando un ambiente che favorisca la coesione comunitaria.

In termini di governance, la realizzazione degli housing richiede una collaborazione stretta tra enti pubblici, organizzazioni internazionali e comunità locali. Questa sinergia garantisce trasparenza nella gestione delle risorse e promuove una sostenibilità a lungo termine. Progetti come il **Container Housing (Housing-1)** evidenziano come un coordinamento efficace possa ottimizzare i tempi di realizzazione e migliorare l'efficacia complessiva delle soluzioni abitative. Le unità abitative permanenti non sono semplicemente rifugi, ma strumenti di ricostruzione sociale ed economica. Grazie alla loro durabilità, flessibilità e capacità di integrarsi nel tessuto urbano, gli housing rappresentano una risposta completa e sostenibile alle sfide poste dalla ricostruzione post-emergenziale. Progetti come il **One Room (Housing 3)** o il **Turkana Type A (Housing 4)** con il loro approccio culturale e ambientale, pongono le basi per modelli replicabili in futuri interventi, offrendo soluzioni che rispondono sia alle necessità immediate che alle prospettive a lungo termine.

L'ultima tipologia è rappresentata dalle unità abitative **sperimentali** che rappresentano un campo di innovazione nel panorama delle soluzioni per le emergenze abitative. A differenza delle altre tipologie, queste soluzioni non si limitano a soddisfare esigenze immediate di rifugio, ma esplorano nuove possibilità progettuali, materiali e tecnologiche, ponendosi come strumenti di ricerca per migliorare l'efficacia, la sostenibilità e la replicabilità delle abitazioni future. Spesso nate dalla collaborazione tra architetti, ingegneri, designer e ricercatori, le unità sperimentali vengono

testate in contesti pilota o in situazioni particolarmente critiche, come aree desertiche, remote o a rischio elevato, per valutarne il potenziale prima di un'applicazione su larga scala.

Una caratteristica distintiva di queste unità è l'impiego di materiali non convenzionali o locali, come i sacchi di sabbia riempiti di terra, i tubi di cartone pressato o i container marittimi riciclati. Questi materiali vengono scelti non solo per la loro sostenibilità ambientale e la disponibilità sul territorio, ma anche per la possibilità di lavorarli con risorse semplici e tecniche a basso costo. L'innovazione non si ferma ai materiali: molte di queste unità integrano tecnologie avanzate, come pannelli solari per l'energia, sistemi di raccolta dell'acqua piovana e soluzioni di ventilazione passiva per regolare il microclima interno, riducendo così la dipendenza dalle infrastrutture esterne. Un ulteriore elemento centrale è la flessibilità progettuale. Le unità sperimentali sono spesso modulari e facilmente adattabili, pensate per rispondere a esigenze diverse in termini di spazio, clima e configurazione familiare. Questa caratteristica permette di modificarle o ampliarle, rendendole versatili e adatte a contesti in continua evoluzione. Al tempo stesso, grande attenzione viene posta sulla sostenibilità: attraverso l'uso di materiali riciclati, tecniche costruttive a basso impatto energetico e strategie per l'efficienza delle risorse, queste unità cercano di ridurre l'impronta ecologica, integrandosi armoniosamente con il contesto ambientale.

Le unità abitative sperimentali rappresentano un campo di innovazione e ricerca all'interno delle soluzioni abitative per contesti di emergenza e post-emergenza. A differenza delle tipologie consolidate, questi progetti si concentrano sull'esplorazione di materiali, tecnologie e configurazioni architettoniche non convenzionali. L'obiettivo principale è quello di introdurre nuove idee, spesso testate in situazioni pilota, che abbiano il potenziale di influenzare le pratiche future. Progetti come la **Future Shack (Progetto-6)** di Sean Godsell, realizzata con container riciclati, dimostrano come sia possibile trasformare risorse esistenti in spazi abitativi modulari, flessibili e adatti a diverse situazioni di emergenza.

Una caratteristica distintiva dei progetti sperimentali è l'impiego di materiali innovativi o non tradizionali, spesso scelti per la loro sostenibilità e disponibilità locale. Ad esempio, il **SuperAdobe (Progetto-11)** di Nader Khalili utilizza sacchi di sabbia riempiti di terra locale per creare strutture autoportanti e resistenti, particolarmente adatte a climi aridi. In modo analogo, il **Container (Progetto-5)**, impiegato in contesti antropici come Iraq e Afghanistan, sfrutta container marittimi riciclati per offrire una soluzione abitativa robusta e facilmente trasportabile. Questi materiali non solo riducono i costi e l'impatto ambientale, ma rendono i progetti adattabili a un'ampia gamma di contesti. L'innovazione non si limita ai materiali: molti di questi prototipi integrano tecnologie avanzate per migliorare la qualità abitativa e ridurre la dipendenza dalle infrastrutture esterne. Il **Maison Parasol (Progetto-10)**, concepito per climi tropicali, combina tecnologie passive per la ventilazione naturale con materiali leggeri e modulari, rendendolo particolarmente efficace in contesti climatici complessi. Inoltre, sistemi di autosufficienza energetica, come pannelli solari o turbine eoliche, sono spesso integrati per garantire una maggiore

sostenibilità. Progetti come la **Casa sull'Albero (Progetto-9)**, realizzata in Germania, sfruttano materiali certificati e tecnologie avanzate per ridurre al minimo l'impatto ambientale, senza compromettere il comfort abitativo. Dal punto di vista progettuale, i progetti sperimentali pongono un forte accento sulla modularità e sulla flessibilità, permettendo di adattare gli spazi abitativi alle esigenze specifiche delle comunità. Ad esempio, il **Das Park Hotel (Progetto-7)**, sviluppato in Austria, utilizza moduli prefabbricati in cemento per creare alloggi temporanei che possono essere ampliati o riconfigurati facilmente. Questa flessibilità rende i progetti sperimentali adatti a rispondere a una vasta gamma di emergenze, dai disastri naturali agli sfollamenti prolungati.

L'analisi ESG (ambientale, sociale e governance) evidenzia sia punti di forza che criticità nei progetti sperimentali. Dal punto di vista ambientale, l'uso di materiali riciclati e tecnologie sostenibili, come nel caso del **Vinyl Milford (Progetto-1)** a New York, riduce significativamente l'impronta ecologica rispetto alle soluzioni tradizionali. Tuttavia, alcuni progetti richiedono una produzione iniziale più complessa, che potrebbe comportare un costo ambientale maggiore nel breve termine. Sul piano sociale, i progetti sperimentali migliorano il comfort abitativo e offrono soluzioni che tengono conto delle esigenze culturali e locali. **Lucy House (Progetto-8)**, sviluppata in Alabama, combina l'uso di materiali riciclati con configurazioni interne progettate per rispondere alle esigenze delle famiglie, dimostrando l'importanza dell'integrazione tra innovazione e cultura.

Per quanto riguarda la governance, la sperimentazione pone sfide significative in termini di scalabilità e replicabilità. La necessità di ulteriori test e adattamenti prima di un'applicazione su larga scala è evidente in progetti come il **Modulo Infinito (Progetto-4)**, che si distingue per la sua configurazione altamente personalizzabile ma che richiede un processo di produzione complesso.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Valutazione ESG
Progetto-1	Vinyl Milford	Generale	3.5/5
Progetto-2	Wagon Station	Generale	3.5/5
Progetto-3	Casa Gonfiabile	Generale	3.5/5
Progetto-4	Modulo Infinito	Generale	3.7/5
Progetto-5	Container	Antropico	4.2/5
Progetto-6	Future Shack	Generale	4/5
Progetto-7	Das Park Hotel	Generale	3.5/5
Progetto-8	The Lucy House	Antropico	4.3/5
Progetto-9	Casa sull'Albero	Generale	4.2/5
Progetto-10	Maison Parasol	Generale	3.5/5
Progetto-11	SuperAdobe	Antropico	4.5/5

Tabella 2.2.4 - Unità abitative sperimentali (Progetti) 2.1.1d

Nonostante queste sfide, i progetti sperimentali rappresentano un contributo fondamentale all'evoluzione delle soluzioni abitative per le emergenze. Non si limitano a rispondere alle necessità immediate, ma pongono le basi per un futuro in cui l'architettura e l'ingegneria possano affrontare con maggiore creatività ed efficacia le sfide globali dell'abitare. Progetti come il **SuperAdobe** o il **Future Shack** offrono un esempio tangibile di come l'innovazione possa trasformare le crisi in opportunità, influenzando positivamente le pratiche e le strategie di risposta alle emergenze.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Bellomo, M., Saeli, M., Colajanni, S. Architettura emergenziale: buone pratiche esecutive. In E. Dassori, R. Morbiducci (a cura di), *Memoria e Innovazione - Memory and Innovation*, EdicomEdizioni, 2022.

Corsellis, T., & Vitale, A. *Transitional Settlement: Displaced Populations*. Oxfam Publishing, 2005.

Davis, I., Alexander, D. *Recovery from Disaster*. Routledge Taylor & Francis Group, 2016.

Felix, D., Branco, J.M., Feio, A. "Temporary housing after disasters: a state of the art survey." Habitat International, 2013.

Galanti, E. Il metodo Augustus. DPC INFORMA, n. 4, 1997.

Global Shelter Cluster. *Sustainable Shelter in Humanitarian Response*. Global Shelter Cluster, 2018.

Hanga, F. *Global Shelter Cluster Satisfaction Survey*. Global Shelter Cluster, 2022.

Hubbard, B., et al. *Rethinking Refugee Shelter*. UNHCR, 2018.

IKEA Foundation. *Better Shelter: Modular Solutions for Refugees*. IKEA Foundation, 2016.

Jastram, K., Achiron, M. *Protezione dei rifugiati - Guida al diritto internazionale del rifugiato*. Inter-Parliamentary Union, 2001.

Lechner, N. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. Wiley, 2014.

Lobos, J. *Architecture Humanitarian Emergencies*. KADK Copenhagen, 2012.

Martin, C., Cross, J., Verhoeven, A. "Shelter as Cladding: Resourcefulness, Improvisation and Refugee-Led Design." In *Structures of Protection?: Rethinking Refugee Shelter*, 2020.

Médecins Sans Frontières. *Providing Shelter in Emergencies: Lessons from Practice*. 2018.

Minke, G. *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser, 2006.

Pirjevec, A. *The Shelter and Sustainability Overview*. UNHCR, 2021.

Quarantelli, E.L. *Disaster Recovery and Reconstruction*. Disaster Research Center, 2003.

Rapoport, A. *House Form and Culture*. Prentice-Hall, 1969.

xSalvalai, G., Imperadori, M., Scaccabarozzi, D., Pusceddu, C. "Thermal performance measurement and application of a multilayer insulator for emergency architecture." Applied Thermal Engineering, 2015.

Shigeru Ban. Paper Emergency Shelter. Progetto per UNHCR, Giappone, 1995.

Sphere Project. Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. Sphere, 2018.

Turner, J.F.C. Freedom to Build: Dweller Control of the Housing Process. Macmillan, 1972.

UNHCR. Global Report 2021. UNHCR, Ginevra, 2021.

UNHCR. Shelter and Settlement Section, Shelter Design Catalogue. United Nations High Commissioner for Refugees, 2016.

UNHCR. Tent for Family Use: Technical Specifications. Western Shelter, 2024.

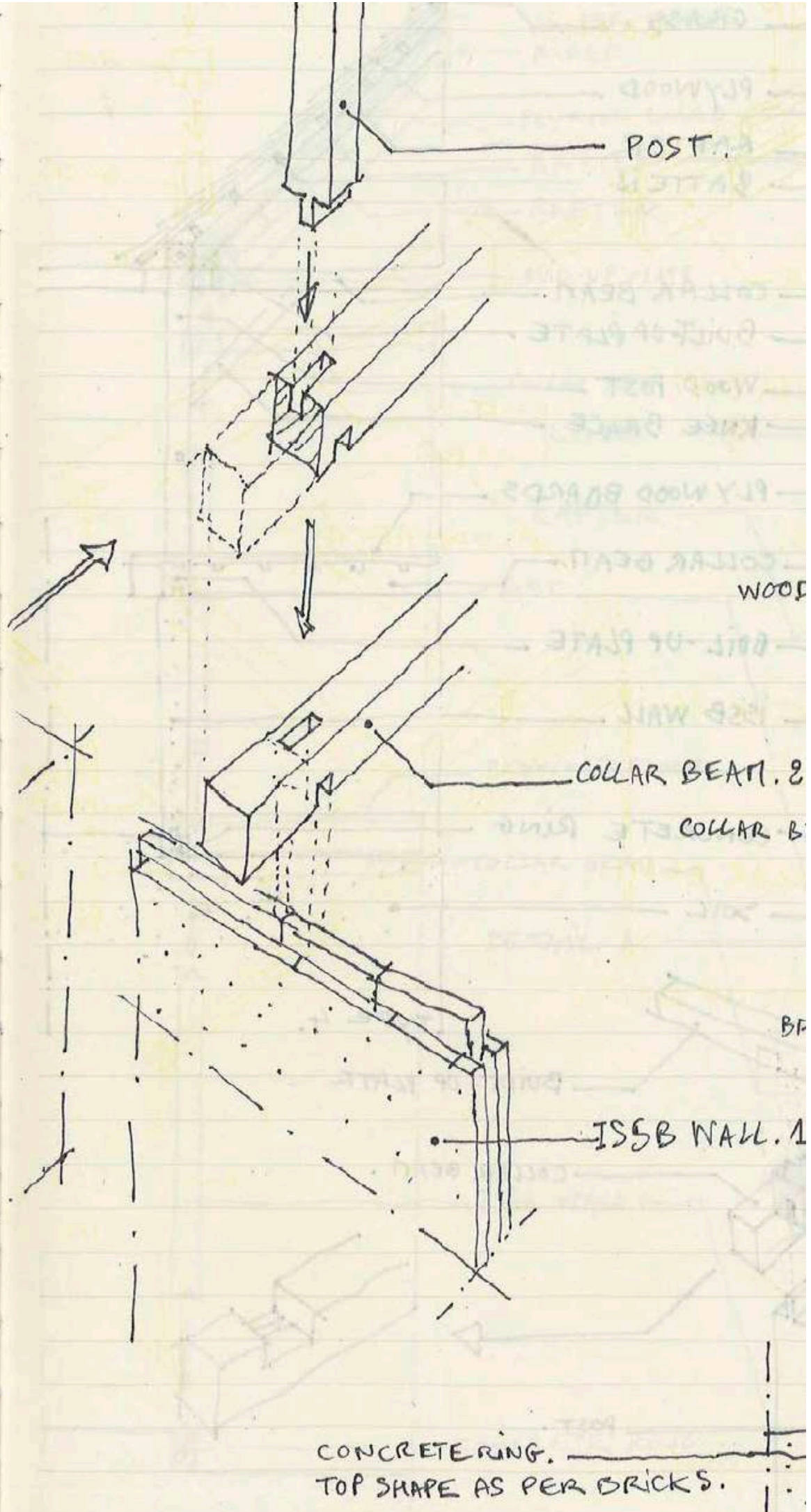
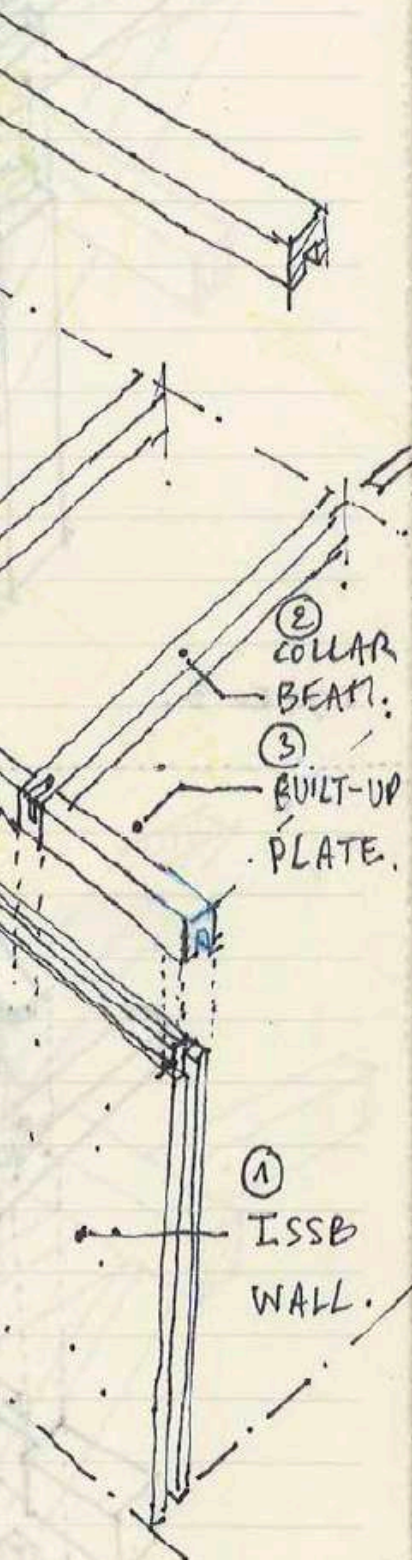
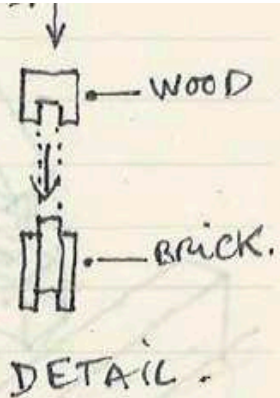
UNHCR. Transitional Shelter: Azraq T-Shelter Overview. UNHCR, Giordania, 2014.

UNHCR. Emergency Handbook. United Nations High Commissioner for Refugees, 2019.

Western Shelter. Lightweight Emergency Tent: Technical Overview. Congo, 2019.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. Routledge, 2004.

Zetter, R. Shelter in Crisis: The Role of Housing in Post-Disaster Recovery. Oxford Brookes University, 2011.



CAPITOLO 3

Individuazione delle pratiche green di progettazione tecnologica e sostenibile

Abstract

Il capitolo analizza l'integrazione di strategie progettuali sostenibili e soluzioni tecnologiche nell'ambito delle emergenze abitative, con particolare attenzione all'impiego di materiali a basso impatto ambientale e all'equilibrio tra sostenibilità ambientale, economica e sociale. L'approccio metodologico si basa sull'applicazione del protocollo Active House a un insieme selezionato di casi studio, al fine di valutarne le prestazioni in termini di comfort interno, efficienza energetica e qualità dell'ambiente costruito.

I progetti esaminati – One Room Shelter in Pakistan, Lombok Shelter in Indonesia e Turkana House in Kenya – dimostrano l'efficacia di soluzioni che integrano innovazione tecnica e saperi costruttivi locali. L'utilizzo di materiali naturali e rinnovabili, quali bambù, terra cruda e carta riciclata, contribuisce alla riduzione dell'impronta ecologica e favorisce il coinvolgimento diretto delle comunità locali, promuovendo pratiche di autocostruzione e valorizzando le competenze artigianali.

La prefabbricazione e il design modulare emergono come strumenti fondamentali per incrementare la rapidità di esecuzione, razionalizzare le risorse e garantire la flessibilità spaziale. Casi come il Better Shelter sviluppato da IKEA e il Das Park Hotel in Austria evidenziano il potenziale dell'uso creativo di materiali riciclati per la realizzazione di unità abitative economiche, replicabili e adattabili a diversi contesti.

L'indagine sottolinea il ruolo strategico della partecipazione delle comunità locali nei processi di progettazione e costruzione, con ricadute positive sulla durabilità, manutenzione e adattabilità degli interventi. Tale approccio integrato, che mette in relazione esigenze ambientali, innovazione tecnologica e dimensione sociale, si configura come un modello operativo efficace per affrontare le sfide abitative contemporanee in contesti di emergenza.

3.1 | Impatto delle normative e dei protocolli internazionali sulle pratiche di intervento

Le normative e i protocolli internazionali rappresentano strumenti fondamentali per guidare la progettazione e l'implementazione di soluzioni abitative in contesti di emergenza e post-emergenza. Questi riferimenti normativi forniscono criteri chiari per garantire che gli interventi rispondano ai requisiti di sicurezza, dignità e sostenibilità, bilanciando le necessità immediate delle popolazioni colpite con l'obiettivo di promuovere la resilienza a lungo termine.

A livello globale, documenti come il **Progetto Sphere** definiscono standard minimi per la risposta umanitaria, in particolare per ciò che riguarda gli spazi abitativi, l'accesso ai servizi essenziali e la protezione degli sfollati. Parallelamente, protocolli ambientali ed energetici, quali **LEED**, **BREEAM** e **QSAND**, sono utilizzati per valutare e ottimizzare l'impatto ambientale delle soluzioni abitative, promuovendo l'uso di materiali sostenibili e tecnologie innovative.

A livello locale, normative nazionali e regolamenti specifici, come il **Codice della Protezione Civile** in Italia, forniscono una base legislativa per pianificare e realizzare interventi che rispettino le specificità territoriali e culturali. Questi strumenti normativi si intrecciano con gli standard internazionali, creando un quadro di riferimento che garantisce coerenza ed efficacia nelle azioni intraprese.

Sebbene i protocolli energetici e ambientali non siano applicati sistematicamente a tutti i progetti analizzati, i principi del **Progetto Sphere** sono spesso considerati implicitamente, influenzando scelte progettuali come la dimensione degli spazi abitativi, la ventilazione, la distribuzione delle unità nel contesto territoriale e l'accesso ai servizi essenziali. L'uso combinato di normative e protocolli consente di rispondere in modo strutturato e consapevole alle molteplici sfide poste dalle emergenze, assicurando che le soluzioni siano efficaci, resilienti e rispettose dei diritti umani¹. L'implementazione delle normative ambientali rappresenta un aspetto cruciale nel guidare i progetti verso una sostenibilità, dove l'attenzione alla conservazione delle risorse naturali e alla mitigazione dell'impatto ambientale è elevata a principio cardine. L'esperienza del **One Room in Pakistan** (Housing 3) ne è un esempio paradigmatico, dove l'adesione rigorosa agli standard nazionali del cluster per i rifugi ha permesso non solo la creazione di soluzioni abitative efficaci, ma anche il rispetto per il contesto ambientale locale. Le linee guida imposte dalle autorità hanno prescritto l'uso di materiali autoctoni come mattoni e pietra, materiali che, oltre a essere abbondanti e facilmente reperibili, presentano un ridotto impatto ecologico in termini di estrazione e lavorazione. Questo approccio non si limita alla mera scelta dei materiali, ma abbraccia una visione più ampia, in cui la sostenibilità viene intesa come un processo integrato che coinvolge l'intero ciclo di vita del progetto, dal

¹ The Sphere Project (2004). Carta Umanitaria e Norme minime di risposta in caso di disastri. Tratto da https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Italian_Handbook2.pdf [ultimo accesso 2 aprile 2024].

Figura 3.1.1 Progetto 'One Room': struttura in fase di costruzione utilizzando materiali locali e tecniche tradizionali, con particolare attenzione all'impatto sull'ecosistema circostante e all'aderenza alle normative locali



concepimento alla realizzazione, fino alla fase di dismissione, senza mai perdere di vista l'impatto sull'ecosistema circostante.

In tale contesto, il progetto **Lombok Shelter in Indonesia** (Shelter 20) si distingue per la sua adesione scrupolosa alle normative locali, che promuovono l'utilizzo di materiali naturali e sostenibili, quali il bambù, un materiale che, oltre a essere rinnovabile, presenta proprietà intrinseche di resistenza e flessibilità, ideali per le strutture situate in zone sismiche. L'impiego del bambù, fortemente radicato nelle tradizioni costruttive locali, non solo ha ridotto l'impatto ambientale, minimizzando la necessità di trasporti a lunga distanza e l'utilizzo di risorse energetiche, ma ha anche favorito un dialogo armonioso tra l'architettura moderna e il patrimonio culturale indonesiano. Questa simbiosi tra innovazione e tradizione non solo ha generato un prodotto finale esteticamente apprezzabile, ma ha anche rafforzato il senso di appartenenza e l'appropriazione da parte delle comunità locali, le quali si sono sentite parte attiva del processo costruttivo. Nel progetto **Turkana House in Kenya** (Housing 4a), l'applicazione delle

Figura 3.1.2 Lombok Shelter: rifugio temporaneo realizzato con materiali naturali locali e tecniche costruttive semplici. Il progetto valorizza l'impiego delle risorse disponibili sul territorio, promuovendo soluzioni sostenibili e partecipative in contesti emergenziali.

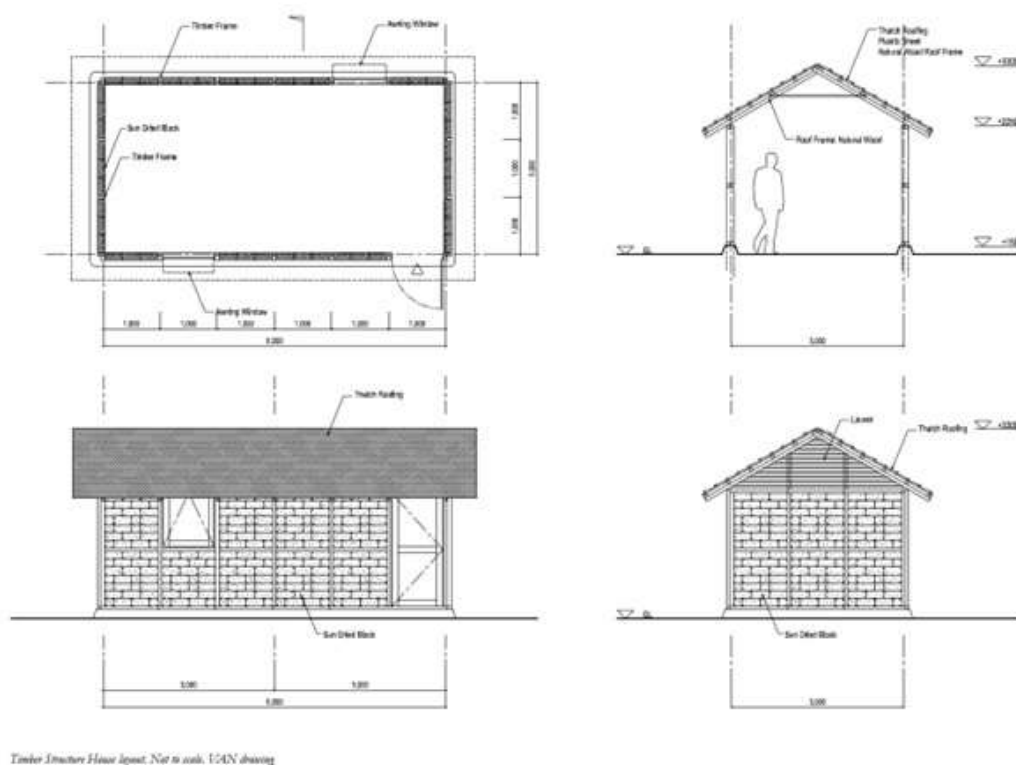


normative ambientali ha condotto a soluzioni innovative, come l'uso di tubi di carta riciclata per la costruzione delle strutture portanti. Questa scelta, dettata non solo dalla disponibilità limitata di risorse convenzionali ma anche dall'imperativo di ridurre al minimo l'impatto ambientale, ha dimostrato come sia possibile coniugare sostenibilità e funzionalità, rispondendo in modo adeguato alle esigenze abitative di una popolazione in stato di emergenza prolungata. L'implementazione delle normative locali è stata essenziale per garantire che le tecniche costruttive impiegate fossero non solo rispettose dell'ambiente, ma anche capaci di rispondere alle specifiche sfide climatiche e geologiche della regione, rendendo i rifugi non solo sostenibili, ma anche resilienti.

L'adozione delle normative ambientali assume un significato ancora più profondo quando viene considerata nel quadro delle emergenze globali, dove l'intervento rapido e sostenibile diventa essenziale per prevenire ulteriori catastrofi ecologiche.

In questo senso, la **Family Tent** sviluppata dall'UNHCR (Tent 2) si configura come un modello esemplare di come le normative internazionali possano essere tradotte in pratiche operative concrete.

Progettata per essere una soluzione abitativa temporanea, questa tenda non solo risponde alle esigenze immediate di rifugio, ma lo fa in un modo che minimizza l'impatto ambientale grazie all'uso di materiali ignifughi e resistenti, capaci di sopportare condizioni climatiche estreme senza la necessità di frequenti sostituzioni. La scelta di utilizzare un tessuto



Turkana House (Modello A) @TurkanahouseShigeruBan - disegni tecnici del rifugio temporaneo con struttura portante in legno e pareti realizzate con blocchi essiccati al sole. La copertura è composta da elementi naturali intrecciati, garantendo leggerezza e protezione dagli agenti atmosferici.

Figura 3.13 Turkana House (Modello A) @TurkanahouseShigeruBan - disegni tecnici del rifugio temporaneo con struttura portante in legno e pareti realizzate con blocchi essiccati al sole. La copertura è composta da elementi naturali intrecciati, garantendo leggerezza e protezione dagli agenti atmosferici.

trattato per essere impermeabile e resistente ai raggi UV non è solo una risposta funzionale alle condizioni ambientali, ma riflette anche un impegno verso la riduzione dei rifiuti e l'ottimizzazione delle risorse, in linea con le normative ambientali vigenti.

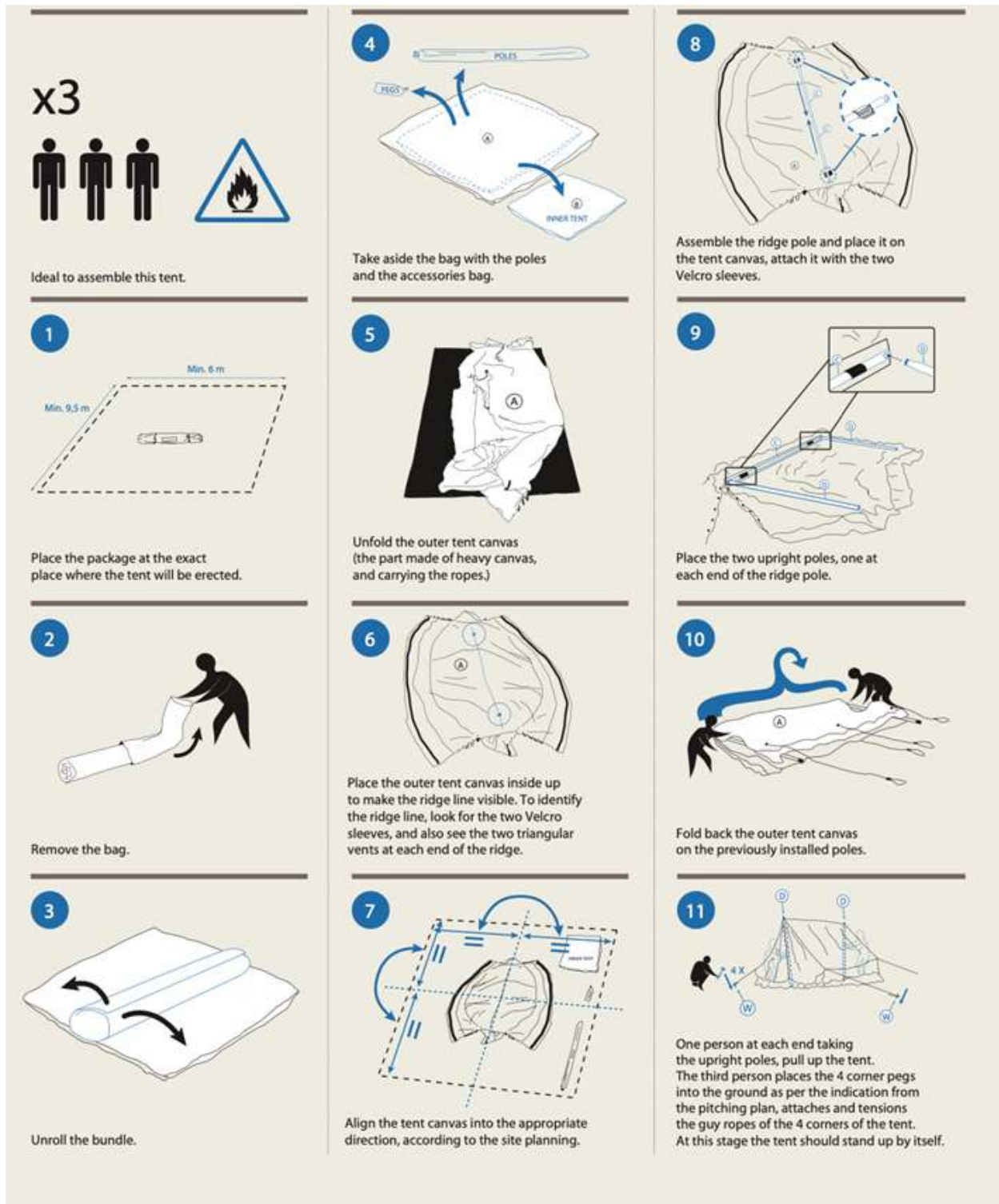


Figura 3.14 Family Tent @UNHCR - L'immagine fornisce istruzioni dettagliate, suddivise in 11 fasi, per il montaggio di una Family Tent, una tipologia di tenda progettata per offrire riparo temporaneo in contesti di emergenza. Il processo è ottimizzato per essere eseguito da tre persone e si basa su un assemblaggio semplice, suddiviso in passaggi chiari e illustrati. Le operazioni includono il posizionamento della confezione sul sito designato, l'apertura e il dispiegamento del telo esterno, il montaggio dei pali principali e l'allineamento della struttura.

La normativa ambientale, dunque, si configura non solo come un insieme di regole e prescrizioni, ma come un vero e proprio strumento di progettazione, capace di guidare le scelte progettuali verso soluzioni che siano rispettose dell'ambiente, funzionali per gli utenti, e sostenibili nel lungo termine. Attraverso l'implementazione di normative rigorose, i progetti descritti non solo hanno risposto alle esigenze immediate delle popolazioni colpite da emergenze, ma lo hanno fatto in modo tale da garantire una riduzione dell'impatto ambientale, un'efficienza nell'uso delle risorse, e un rispetto per il contesto naturale e culturale in cui sono inseriti, dimostrando che la sostenibilità non è solo una questione di tecnologie o materiali, ma anche di visione e responsabilità etica.

L'adesione rigorosa ai protocolli internazionali rappresenta un elemento essenziale per garantire che i progetti, soprattutto in contesti emergenziali o di sviluppo sostenibile, siano conformi a standard globali di sostenibilità, favorendo soluzioni che siano al contempo rispettose dell'ambiente e capaci di rispondere alle esigenze umanitarie. Il progetto **Paper Emergency Shelter** di Shigeru Ban (Shelter 7), realizzato in Ruanda, si allinea perfettamente a questa filosofia, seguendo fedelmente i protocolli stabiliti dall'UNHCR per ridurre la deforestazione e l'impatto ambientale attraverso l'utilizzo innovativo di tubi di carta. Questo materiale, prodotto localmente, non solo abbassa significativamente

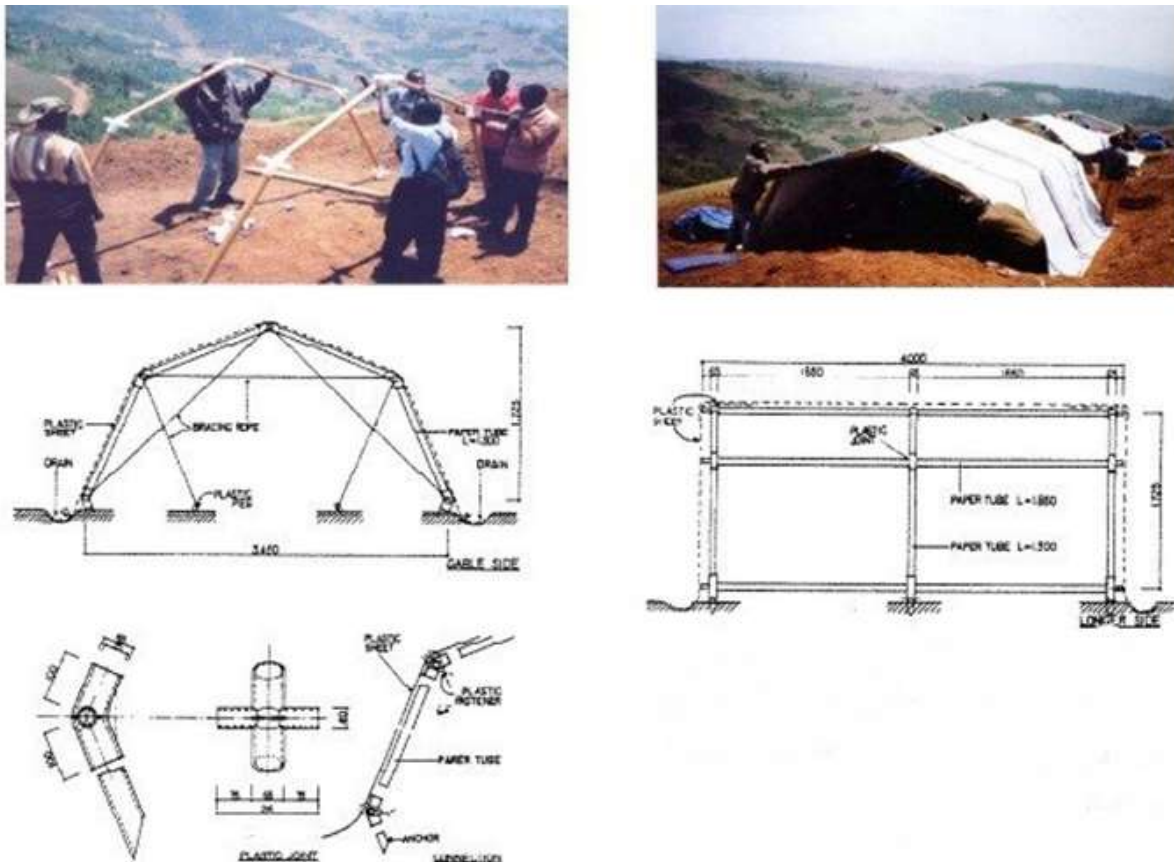


Figura 3.15 Paper Emergency Shelter @ShigeruBan - L'immagine mostra un esempio di Paper Emergency Shelter, una soluzione abitativa temporanea progettata per rispondere rapidamente alle emergenze. La figura include sia fotografie del processo di assemblaggio che disegni tecnici della struttura. La fase iniziale (foto in alto a sinistra) evidenzia il montaggio della struttura portante, realizzata utilizzando tubi di carta come elemento principale, un materiale economico, leggero e facilmente reperibile. La foto in alto a destra mostra il rifugio completo, coperto con un telo impermeabile per garantire protezione dagli agenti atmosferici. I disegni tecnici nella parte inferiore illustrano i dettagli costruttivi della struttura: la vista laterale e frontale specifica le dimensioni dei componenti principali, mentre i particolari costruttivi mettono in evidenza l'impiego di giunzioni in plastica e corde di rinforzo per assicurare stabilità. La modularità della struttura e l'uso di materiali a basso costo rendono questa soluzione facilmente assemblabile, adattabile e sostenibile, particolarmente adatta per contesti di emergenza in cui sono disponibili risorse limitate.

² H. Zuckerman Jacobson, C. Bruderlein, Shigeru Ban: Humanitarian Architecture, Aspen Art Museum, 2014

i costi di trasporto, riducendo l'impronta di carbonio associata alla logistica, ma offre anche una soluzione sostenibile e resiliente in contesti dove le risorse sono limitate e le condizioni climatiche possono essere estreme. L'idea di impiegare il cartone pressato, un materiale rinnovabile e facilmente reperibile, non solo rispetta le norme internazionali che promuovono l'uso di risorse sostenibili, ma dimostra anche come sia possibile integrare tecnologia, design e sostenibilità in un unico progetto che risponde efficacemente alle necessità abitative di una popolazione vulnerabile². Nel contesto delle emergenze climatiche, lo **Shelter (modello C)** in Congo (Shelter 23) rappresenta un altro esempio significativo di come i protocolli internazionali possano guidare la progettazione verso soluzioni sostenibili e resilienti. Questo rifugio, progettato per resistere a condizioni climatiche estreme, utilizza materiali locali come canniccio e fango rinforzato con paglia, in conformità con i protocolli che promuovono l'uso di risorse naturali e sostenibili. La scelta di questi materiali non solo rispetta l'ambiente, ma migliora anche il comfort abitativo, offrendo un isolamento termico efficace che riduce la necessità di riscaldamento o raffreddamento artificiale, diminuendo così l'impatto ambientale complessivo del progetto. L'aderenza ai protocolli internazionali non solo ha garantito la sostenibilità del rifugio, ma ha anche facilitato il coinvolgimento delle comunità locali nella costruzione, rafforzando il legame tra innovazione architettonica e tradizione costruttiva.

L'adozione e l'adattamento ai protocolli internazionali dimostrano come sia possibile creare soluzioni abitative sostenibili che rispondano alle esigenze umanitarie e ambientali del nostro tempo. Attraverso l'uso di materiali riciclati, la promozione di tecnologie sostenibili e l'implementazione di design modulari, i progetti descritti non solo rispettano i protocolli internazionali, ma offrono anche nuove prospettive su come affrontare le sfide abitative globali in modo sostenibile ed efficiente. L'esperienza di questi progetti sottolinea l'importanza di un approccio integrato e globale alla progettazione architettonica, dove l'aderenza ai protocolli internazionali non è solo una questione di conformità, ma una opportunità per innovare e migliorare la qualità della vita delle persone, riducendo al contempo l'impatto ambientale³.

³ Pirjevec A., UNCHR, The Shelter and Sustainability Overview, UNHCR, 2021

EMERGENCY SHELTER

MODEL III



The third model of the Emergency Shelter is here composed by a rectangular wooden structure. The floor is covered by UNHCR tarpaulin; and walls composed by thatch cladding.

The gable roof of the unit is covered by corrugated iron sheets and a metallic ridge cap. The shelter has a covered living area of 12m² (4x3 m) and a minimum height of 1,7m.



BILL OF QUANTITIES

Item	Specifications	Unit	Qty	Unit Cost US\$	Total US\$
UNHCR plastic sheeting	4 m x 5 m	pieces	1	12	12
Local poles with bracket	2 m length, Ø 8-15 cm	pieces	8	2	16
Local poles with bracket	3 m length, Ø 8-15 cm	pieces	2	2	4
Local poles	4,2 m length, Ø 8-15 cm	pieces	2	2,50	5
Local poles (rafters)	2,2 m length, Ø 8-15 cm	pieces	6	2	12
Local poles (trusses)	0,8 m length, Ø 6-8 cm	pieces	4	1	4
Bush sticks	3 m length, Ø 2-3 cm	bundle	8	2,50	20
Thatch cladding	2 m length	bundle	14	2	24
Corrugated galvanized iron	0,92 m x 3 m	sheets	6	5	30
Metallic roof cap	0,2 m x 0,3 m	pieces	20	2	40
Local rope / tire	5 mm	bundle	12	1	12
Nails	100 mm	Kg	3	2	6
Nails	75 mm	kg	3	1,5	4,5
Nails (roofing)	64 mm; with rubber washer	kg	3	2	6
Local door	bush sticks braiding , 0,9 x 1,7 m	pieces	1	5	5
Local window	bush sticks braiding , 0,6 x 0,4 m	pieces	2	2,5	5

* these costs are based on a 2012 market survey in South Sudan

Sub total	206 \$
Transport cost 15%	31 \$
Labour cost 30%	62 \$
Total estimated cost *	299 \$

Figura 3.1.6 Shelter (Modello C) - Scheda catalogo - Shelter (Modello C) dell'UNHCR: struttura temporanea realizzata con telaio in legno e rivestimento in materiali naturali locali. Il modello combina leggerezza strutturale con una copertura resistente, offrendo una soluzione abitativa semplice ed efficace in contesti emergenziali

3.2 | Sostenibilità ambientale: Integrazione delle scelte tecnologiche per l'efficienza energetica e la riduzione di CO₂

La necessità di ridurre l'impronta di carbonio costituisce un principio fondamentale nel perseguimento della sostenibilità ambientale, dove la progettazione di dettagli tecnici e la scelta dei materiali diventa essenziale per minimizzare gli impatti negativi sull'ecosistema. Inoltre, la riduzione dell'impronta di carbonio attraverso una progettazione consapevole e mirata rappresenta un elemento cruciale per la sostenibilità ambientale, specialmente in un contesto di crescente consapevolezza riguardo all'esaurimento delle risorse naturali e agli effetti devastanti delle emissioni di gas serra. Nel panorama delle pratiche architettoniche contemporanee, emerge con forza la necessità di adottare materiali e soluzioni costruttive che non solo minimizzino l'impatto ambientale durante la fase di costruzione, ma che estendano tale beneficio lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio, dalla sua realizzazione fino alla dismissione o al riciclo.

Il **Wagon Station Encampment** di Andrea Zittel (Progetto 2), situato nel deserto della California, è un esempio di come la scelta accurata dei materiali possa influire profondamente sull'impatto ambientale di un progetto. L'impiego di acciaio e alluminio è stato frutto di una valutazione ponderata che ha tenuto conto dell'intero ciclo di vita delle strutture, dalla produzione alla loro eventuale dismissione. Questi materiali, noti per la loro durabilità, non solo assicurano una lunga vita utile alle strutture, ma offrono anche vantaggi significativi in termini di sostenibilità ambientale. L'acciaio, sebbene richieda un notevole dispendio energetico durante la fase di produzione, ha il grande vantaggio di poter essere riciclato indefinitamente senza perdita di qualità. Questo significa che, una volta terminato il suo ciclo di vita iniziale, l'acciaio può essere riutilizzato in nuovi progetti senza la necessità di estrarre nuove risorse, contribuendo così a ridurre l'impronta di carbonio complessiva del progetto. In un contesto desertico come quello californiano, dove le risorse naturali sono limitate e il trasporto di materiali da costruzione può avere un impatto ecologico significativo, l'acciaio si dimostra una scelta particolarmente strategica. L'alluminio, pur richiedendo anch'esso un processo di estrazione energivoro, offre vantaggi simili. Una volta prodotto, può essere riciclato con un impiego di energia molto inferiore rispetto alla produzione originale, contribuendo a mantenere basso l'impatto ambientale. Questo materiale, come l'acciaio, è stato scelto non solo per la sua resistenza e leggerezza, ma anche per la sua capacità di essere riciclato e riutilizzato, allineandosi perfettamente ai principi dell'economia circolare. La capacità di questi materiali di essere riutilizzati e riciclati significa che le strutture del Wagon Station Encampment possono essere smontate e riposizionate in altri contesti

senza generare rifiuti significativi, minimizzando così l'impatto ambientale complessivo. Un altro aspetto chiave del progetto è la modularità delle strutture. Grazie alle proprietà dell'acciaio e dell'alluminio, le unità del Wagon Station Encampment possono essere facilmente adattate e ricollocate in diverse situazioni senza la necessità di nuove costruzioni. Questa flessibilità riduce ulteriormente l'impronta ecologica associata al progetto, poiché elimina la necessità di utilizzare nuove risorse ogni volta che si rende necessario un cambiamento. Inoltre, la modularità delle strutture permette di limitare i rifiuti da demolizione, un problema comune nei progetti temporanei, contribuendo a un approccio più sostenibile e circolare. Il Wagon Station Encampment non è solo un esempio di architettura sostenibile, ma rappresenta anche una visione innovativa della progettazione orientata alla riduzione dell'impatto ambientale. L'uso di materiali durevoli e riciclabili come l'acciaio e l'alluminio non solo prolunga la vita utile delle strutture, ma promuove anche un modello di costruzione responsabile che riduce al minimo i rifiuti e massimizza l'efficienza delle risorse. Questo approccio non si limita a soddisfare le esigenze immediate del progetto, ma predispone le strutture per un futuro sostenibile, in cui nulla viene sprecato e tutto può essere rigenerato e riutilizzato.

Il **Das Park Hotel** in Austria (Progetto 7) è un esempio significativo di come la progettazione architettonica possa ridurre l'impronta di carbonio attraverso un uso intelligente e sostenibile dei materiali. Questo progetto innovativo utilizza tubi di cemento prefabbricati, originariamente destinati a scopi infrastrutturali, per creare stanze di hotel, dimostrando come il riuso creativo di materiali esistenti possa ridurre l'estrazione di nuove risorse e minimizzare i rifiuti da costruzione. Il cemento, conosciuto per la sua durabilità e resistenza, è una scelta strategica che offre una lunga vita utile alle strutture, diminuendo la frequenza delle manutenzioni necessarie e, di conseguenza, l'impatto ambientale legato all'intero ciclo di vita dell'edificio. L'utilizzo di materiali prefabbricati nel Das Park Hotel non solo accelera il processo di costruzione, riducendo i tempi di cantiere



Figura 3.27 Wagon Station Encampment: unità abitativa temporanea progettata per contesti desertici, caratterizzata da una struttura prefabbricata leggera e modulare. La configurazione aperta favorisce ventilazione naturale e funzionalità, adattandosi alle esigenze dell'utente in ambienti estremi.

⁴ Asfour O.S., Learning from the past: temporary housing criteria in conflict areas with reference to thermal comfort, Int. J. Disas. Risk Reduc. 38, 2019

e le emissioni di CO₂ associate, ma rappresenta anche un modello di economia circolare, dove l'accento è posto sul riuso e sulla sostenibilità. La prefabbricazione dei tubi in cemento consente di ottimizzare l'efficienza del processo costruttivo, riducendo il consumo di risorse e l'energia necessaria per la produzione di nuovi materiali⁴. Questo approccio, che integra considerazioni ambientali in ogni fase del processo, promuove una filosofia di progettazione dove la sostenibilità non è solo una questione di materiali, ma anche di come questi vengono impiegati e riutilizzati. Questo tipo di progettazione non solo riduce l'impatto ambientale, ma evidenzia anche il potenziale del riuso come strategia per promuovere uno sviluppo sostenibile. Il cemento, per la sua natura robusta, richiede interventi di manutenzione minimi, contribuendo ulteriormente a ridurre

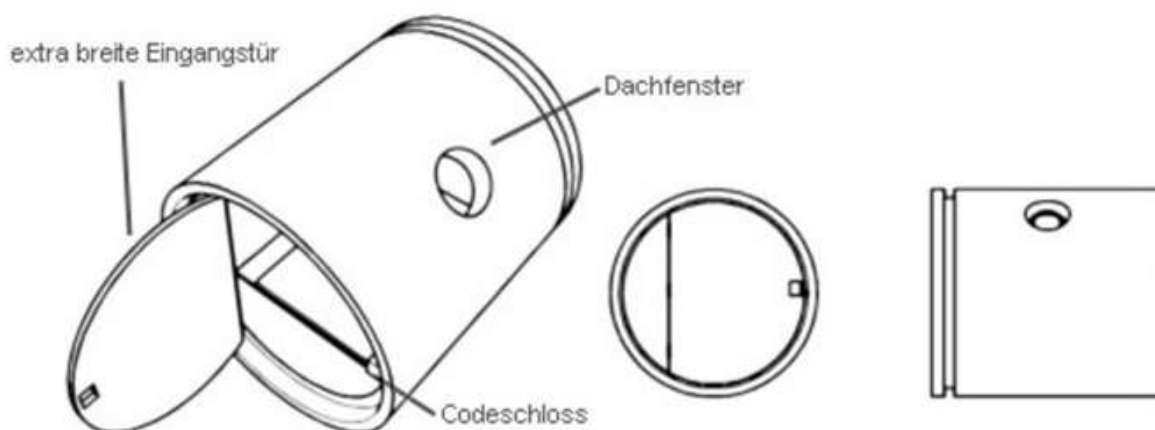


Figura 3.2.8 Le Das Park Hotel - "Das Park Hotel: Soluzione di micro-ospitalità che utilizza tubi di cemento prefabbricati come camere d'albergo. La figura mostra l'interno accogliente e funzionale delle unità, con un letto matrimoniale, illuminazione e decorazioni artistiche. I disegni tecnici illustrano la struttura, dotata di porta extra larga, lucernario (Dachfenster) per l'aerazione e serratura a codice (Codeschloss), evidenziando il design essenziale e modulare del progetto."

l'impronta di carbonio del progetto. Un altro vantaggio dell'utilizzo di materiali prefabbricati è la possibilità di costruire in modo rapido ed efficiente. Questo approccio dimostra che la sostenibilità non dipende solo dalla scelta dei materiali, ma anche dall'efficienza del processo costruttivo e dalla capacità di ridurre al minimo l'energia e le risorse impiegate. Il Das Park Hotel rappresenta un esempio paradigmatico di come la sostenibilità possa essere integrata in ogni fase del processo di progettazione e costruzione. L'uso di tubi di cemento prefabbricati non solo consente di ridurre i costi e i tempi di costruzione, ma promuove anche un modello di progettazione circolare, dove i materiali vengono riutilizzati in modo creativo per massimizzare la loro durata e minimizzare l'impatto ambientale. Questo progetto dimostra che la sostenibilità può essere raggiunta non solo attraverso l'uso di materiali ecologici, ma anche mediante un approccio innovativo e responsabile alla progettazione, che considera l'intero ciclo di vita delle strutture. Inoltre, la riduzione dell'impronta di carbonio attraverso la progettazione può essere osservata anche nel Vinyl Milford (Progetto 1), un progetto che utilizza un capanno prefabbricato rivestito in vinile per creare una piccola e funzionale guest house. Sebbene il vinile non sia generalmente considerato un materiale ecologico a causa della sua origine petrolchimica, l'approccio adottato nel Vinyl Milford si distingue per l'efficienza con cui sfrutta lo spazio disponibile, riducendo così la necessità di nuove costruzioni e, di conseguenza, l'impatto ambientale complessivo. Il design intelligente, che incorpora mobili estraibili direttamente dalle pareti, massimizza l'utilizzo dello spazio e minimizza la quantità di materiali necessari per creare un ambiente abitativo confortevole.

La scelta dei materiali e il design orientati alla riduzione dell'impronta di carbonio sono fondamentali per promuovere la sostenibilità ambientale nei progetti architettonici. Utilizzare materiali riciclabili e durevoli, adottare un design modulare che consenta il riuso e l'adattamento delle strutture, e impiegare soluzioni prefabbricate che riducono i tempi di costruzione e i rifiuti sono tutte strategie efficaci per minimizzare l'impatto ambientale delle costruzioni. Questi approcci dimostrano che è possibile creare spazi abitativi che non solo soddisfano le esigenze funzionali degli utenti, ma lo



Figura 3.2.9 Vinyl Milford rifugio temporaneo realizzato con pannelli in vinile e componenti integrati. La struttura è progettata per massimizzare lo spazio abitativo, con arredi estraibili che ottimizzano la funzionalità e riducono l'uso di materiali, offrendo una soluzione efficiente e confortevole in contesti emergenziali.

fanno in modo ecologico, riducendo le emissioni di CO₂ e contribuendo alla lotta contro il cambiamento climatico.

La riduzione dell'impronta di carbonio attraverso la progettazione non si limita alla scelta dei materiali, ma richiede un approccio che consideri l'intero ciclo di vita delle strutture, dalla produzione dei materiali fino alla loro dismissione o riciclo. I progetti descritti offrono esempi concreti di come la progettazione possa ridurre le emissioni di CO₂ e promuovere un uso efficiente delle risorse naturali. Attraverso l'uso di materiali durevoli e riciclabili, il riuso creativo di componenti esistenti e l'integrazione di tecnologie sostenibili, è possibile realizzare soluzioni abitative funzionali, durature e rispettose dell'ambiente. Questi esempi di buone pratiche green forniscono una guida preziosa per i futuri progetti architettonici, dimostrando che la sostenibilità non è solo una tendenza, ma una necessità imperativa per il benessere del pianeta e delle generazioni future.

Nell'ambito della ricerca sulle strategie sostenibili, è stata condotta un'analisi su una selezione di casi studio relativi a rifugi abitativi temporanei, appartenenti a due fasce climatiche specifiche: tropicale e arida, identificate tramite il sistema di classificazione di Köppen (tab 3.2.1). L'obiettivo era valutare il livello di comfort interno, considerando vari parametri legati alla sostenibilità e al benessere abitativo. A tal fine, è stato adottato il protocollo Active House, un sistema di valutazione che consente di integrare aspetti legati all'efficienza energetica, alla qualità ambientale e al comfort interno, con un approccio olistico centrato sul benessere dell'utente.

Il protocollo si articola in tre macro-aree: Comfort, Energia e Ambiente. All'interno di ciascuna area, vengono misurati indicatori chiave quali la qualità dell'aria interna, l'illuminazione naturale, il comfort acustico e la stabilità termica, parametrizzati attraverso simulazioni dinamiche e dati climatici georeferenziati. La valutazione si basa sull'Active House Radar, una rappresentazione grafica radiale che restituisce per ciascun parametro un punteggio da 1 (massimo) a 5 (minimo), consentendo una lettura immediata delle prestazioni complessive dell'unità abitativa. Questa metodologia si è rivelata particolarmente adatta al contesto emergenziale, grazie alla sua flessibilità e alla capacità di adattarsi a condizioni estreme e imprevedibili, a differenza di altri protocolli più rigidi come LEED o BREEAM.

Attraverso l'analisi dei casi studio, il protocollo ha permesso di correlare le prestazioni indoor con la qualità dei materiali impiegati, le soluzioni progettuali adottate e le specifiche condizioni climatiche di ciascun sito. Sono stati considerati parametri come l'apporto di luce diurna (Daylight Factor), la concentrazione di CO₂ per valutare la qualità dell'aria, e la capacità dell'involucro edilizio di mantenere una temperatura stabile. Questa integrazione ha fornito un quadro comparativo utile per individuare le configurazioni più efficaci, evidenziando, ad esempio, come l'impiego di materiali naturali, aperture correttamente dimensionate e tecniche costruttive passive possa migliorare significativamente il comfort percepito, anche in assenza di sistemi impiantistici.

Caso studio	Anno	Zona Climatica (Köppen)	Struttura	Involucro	Dimensioni (mq)
Emergency Shelter A	2019	Tropical (Af)	Wood frames	PVC tarpaulins	10
Emergency Shelter B	2019	Tropical (Af)	Wood frames	Earthen walls	10
Lombok Shelter	2018	Tropical (Af)	Wood frames	Bamboo strips	15
Kutapalong B	2017	Tropical (Am)	Wood frames	Bamboo strips	17.5
Wooden Gable Frame Shelter	2013	Tropical (Aw)	Wood frames	Bamboo	21
Steel Frame Shelter	2004	Tropical (Aw)	Steel frame	Plywood	20
Compact Bamboo Shelter	2013	Arid (BSh)	Wood frames	Bamboo	21
Tuareg Tent	2012	Arid (BWh)	Wood frames	PVC tarpaulins	49
Timber Frame A	2017	Arid (BSh)	Wood frames	Bolayna wood	12
Timber Frame B	2017	Arid (BSh)	Wood frames	Eucalyptus wood poles	12
Dadaab Shelter A	2000	Arid (BSh)	Wood frames	PVC tarpaulins	19
Dadaab Shelter B	2000	Arid (BWh)	Wood frames	Wattle & daub with straw	19

Gli shelter analizzati sono stati selezionati per la loro rappresentatività in termini di materiali utilizzati, tecnologie costruttive e caratteristiche progettuali. I rifugi includono strutture costruite con materiali naturali, come il bambù e la terra cruda, e materiali industriali, come PVC e acciaio. Nella tabella seguente vengono elencati i casi studio, con dettagli sulla loro zona climatica e configurazione strutturale.

Per analizzare il comfort interno di questi shelter, sono stati valutati i seguenti indicatori, come definiti dal protocollo Active House:

- Illuminazione naturale: Misurazione della qualità e quantità di luce solare naturale all'interno della struttura.
- Qualità dell'aria interna: Valutazione della ventilazione e del ricambio d'aria naturale.
- Comfort acustico: Capacità della struttura di isolare dai rumori esterni e garantire tranquillità interna.

I risultati, rappresentati in una scala da 1 (ottimo) a 5 (scarso), sono riportati nella tabella 3.2.2.

Tabella 3.2.1 Tabella dei casi studio sottoposti all'analisi Active House

Caso studio	Illuminazione Naturale (1-5)	Qualità dell'Aria Interna (1-5)	Comfort Acustico (1-5)
Emergency Shelter A	4	5	4
Emergency Shelter B	3	2	3
Lombok Shelter	1	1	1
Kutapalong B	2	2	2
Wooden Gable Frame Shelter	2	3	2
Steel Frame Shelter	4	4	4
Compact Bamboo Shelter	1	1	1
Tuareg Tent	3	4	3
Timber Frame A	4	3	4
Timber Frame B	4	3	4
Dadaab Shelter A	5	5	5
Dadaab Shelter B	3	2	3

Tabella 3.2.2 Tabella valori Active House

Questo approccio si è dimostrato particolarmente efficace per mettere in relazione materiali, tecniche costruttive e condizioni ambientali, fornendo una valutazione olistica e comparabile delle performance dei rifugi. I risultati hanno evidenziato che i materiali naturali e locali, come bambù e terra cruda, garantiscono prestazioni superiori rispetto ai materiali industriali in termini di qualità dell'aria e comfort acustico. Ad esempio, il Compact Bamboo Shelter ha ottenuto i punteggi migliori grazie all'utilizzo di bambù e alla progettazione per una ventilazione passiva ottimale. I rifugi progettati con ventilazione naturale e materiali traspiranti presentano un miglioramento significativo nella qualità dell'aria interna, riducendo lo stress termico e migliorando le condizioni di vita, soprattutto nei climi aridi. Al contrario, i materiali sintetici e industriali, come il PVC utilizzato in alcuni rifugi, mostrano limitazioni significative: la scarsa traspirabilità e l'effetto serra interno riducono il comfort, evidenziando la necessità di soluzioni alternative o integrate.

Inoltre, la modularità e la facilità di montaggio risultano fattori chiave per il successo delle strutture in contesti di emergenza. Rifugi come il Steel Frame Shelter dimostrano come l'utilizzo di materiali prefabbricati possa accelerare i tempi di costruzione e garantire una buona durabilità, pur con limitazioni in termini di comfort.

Questa analisi ha avuto un duplice obiettivo: da un lato, fornire un quadro comparativo delle soluzioni esistenti; dall'altro, definire linee guida per lo sviluppo di rifugi più sostenibili e confortevoli. L'adozione del protocollo Active House ha permesso di integrare aspetti ambientali, energetici e sociali, valorizzando il potenziale dei materiali locali e promuovendo un design adattabile ai contesti specifici. L'approccio evidenziato suggerisce che è fondamentale adottare una progettazione contestualizzata, che tenga conto delle risorse disponibili, delle condizioni climatiche e delle esigenze culturali delle popolazioni coinvolte.

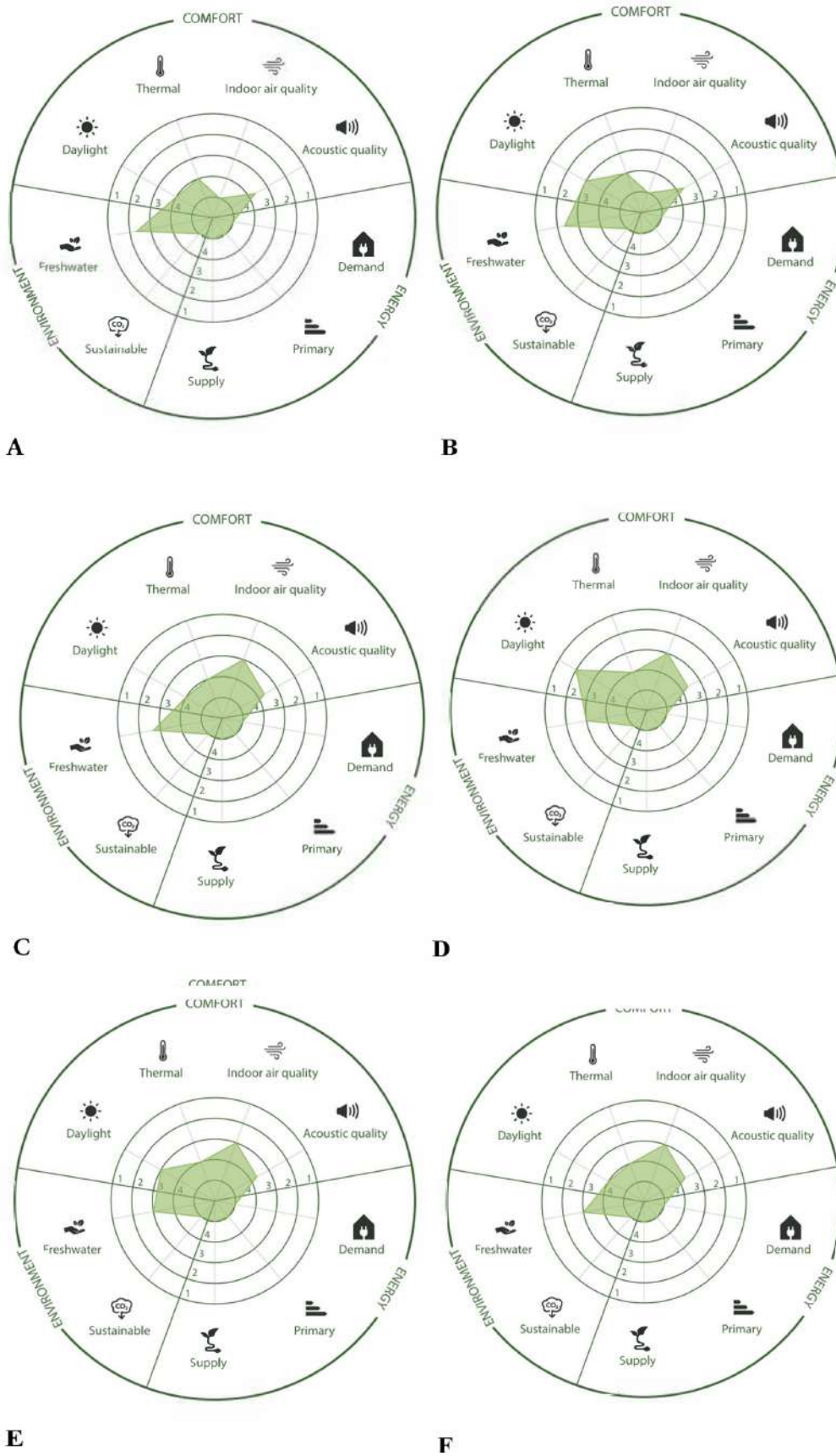


Figura 3.2.10 - Active House radar, risultati del gruppo A - A - Emergency shelter; B - Emergency shelter ; C - Kutapalong; D - Wooden Gable Frame Shelter; E - Steel Frame - Vietnam; F - Lombok Shelter.



A



B



C



D



E



F

Figura 3.2.11 - Active House radar gruppo B: A: Compact Bamboo Shelter, B: Tuareg Tent, C: Timber Frame A IFRC, D: Timber Frame B IFRC, E: Dadaab Shelter A, F: Dadaab Shelter B.

L'uso di materiali locali e tecnologie tradizionali può non solo migliorare il comfort interno ma anche ridurre l'impatto ambientale e i costi di trasporto e produzione. Inoltre, la valutazione sistematica del comfort abitativo attraverso indicatori come quelli proposti da Active House permette di individuare soluzioni migliorative in modo scientifico e replicabile.

L'analisi rappresenta un passo significativo verso una progettazione più consapevole dei rifugi temporanei, ma emergono alcune sfide e direzioni future. L'integrazione di tecnologie innovative con materiali tradizionali potrebbe rappresentare una soluzione ottimale per coniugare sostenibilità e prestazioni. È necessario sviluppare ulteriori strumenti di valutazione, complementari al protocollo Active House, per includere parametri legati alla resilienza strutturale e al ciclo di vita dei materiali. Infine, il coinvolgimento attivo delle comunità locali nella progettazione e costruzione deve essere considerato un elemento centrale per garantire il successo a lungo termine delle soluzioni adottate.

Caso Studio	Nome	Köppen Climate Group	Luogo	Dimensioni (m2)	Costi(USD)	Anno di costruzione
1	Emergency Shelter A	Group A - Tropical	Congo	10.0	\$420,00	2019
2	Emergency Shelter B	Group A - Tropical	Congo	10.0	\$420,00	2019
3	Lombok Shelter	Group A - Tropical	Indonesia	15.0	\$1.000,00	2018
4	Kutapalong B	Group A - Tropical	Bangladesh	17.5	\$500,00	2017
5	Wooden Gable Frame Shelter	Group A - Tropical	South Sudan	21.0	\$1.500,00	2013
6	Steel Frame Shelter	Group A - Tropical	Vietnam	20.0	\$2.000,00	2004
7	Compact Bamboo Shelter	Group B - Arid	Ethiopia	21.0	\$1.000,00	2013
8	Tuareg Tent	Group B - Arid	Burkina Faso	49.0	\$500,00	2012
9	Timber Frame A IFRC	Group B - Arid	Peru	12.0	\$1.000,00	2017
10	Timber Frame B IFRC	Group B - Arid	Peru	12.0	\$1.000,00	2017
11	Dadaab Shelter A	Group B - Arid	Kenya	19.0	\$800,00	2000
12	Dadaab Shelter B	Group B - Arid	Kenya	19.0	\$800,00	2000

Tabella 3.2.3 Tabella confronto valori di costo dei rifugi analizzati

3.3 | Sostenibilità economica: analisi economica e valutazione del rapporto costi/benefici

L'adozione di materiali locali nelle pratiche edilizie emergenziali rappresenta una strategia non solo pragmatica, ma anche profondamente radicata nelle dinamiche socio-economiche e ambientali del contesto in cui si opera. La scelta di privilegiare risorse locali risponde a una logica di sostenibilità che si manifesta tanto nella riduzione dei costi di trasporto quanto nella valorizzazione delle economie locali, garantendo al contempo una diminuzione dell'impatto ambientale. In questo senso, progetti come il Bamboo Shelter in Etiopia (Shelter 1) e il Future Shack di Sean Godsell (Progetto 6) emergono come paradigmi di un approccio contestualizzato alla costruzione di rifugi sostenibili ed economici.

Il Bamboo Shelter, progettato per far fronte alle necessità abitative delle popolazioni in transito in Etiopia, si distingue per l'utilizzo del bambù, una risorsa abbondante e rinnovabile nella regione.

L'impiego del bambù non solo riduce drasticamente i costi complessivi del progetto, ma sostiene direttamente l'economia locale, creando opportunità di lavoro e sviluppando competenze artigianali tra gli abitanti. Questo approccio consente una risposta rapida ed efficace alle emergenze, garantendo allo stesso tempo un minimo impatto ambientale grazie all'utilizzo di materiali naturali e biodegradabili, che si integrano perfettamente con il paesaggio circostante e con le tecniche costruttive tradizionali della regione. Il bambù, grazie alla sua rapidità di crescita e alla facilità con cui può essere lavorato, rappresenta una scelta ottimale non solo dal punto di vista economico, ma anche ambientale, poiché riduce la necessità di trasportare materiali da costruzione su lunghe distanze, con conseguente riduzione delle emissioni di gas serra.



Figura 3.3.13 Future Shack @SeanGodsell - rifugio modulare prefabbricato progettato per contesti emergenziali. La struttura è dotata di pannelli solari per l'autosufficienza energetica e di spazi interni funzionali che includono area living e servizi essenziali, offrendo una soluzione abitativa sostenibile e immediatamente operativa.

Il progetto **Future Shack** di Sean Godsell (Progetto 6), sebbene inizialmente concepito in un contesto differente, rappresenta un altro esempio di come l'uso di materiali locali possa contribuire alla riduzione dei costi e al rafforzamento delle comunità locali. Realizzato con container marini riciclati, è stato adattato con materiali locali come fango e paglia, riducendo significativamente i costi di produzione e trasporto. Questo progetto, pur inserendosi in un contesto di emergenza, evidenzia la capacità di coniugare efficienza economica e sostenibilità ambientale attraverso l'uso di risorse locali, che minimizzano l'impatto ambientale e promuovono l'autosufficienza delle comunità coinvolte. L'adozione di tecniche tradizionali, come l'uso del fango per l'intonacatura, non solo garantisce una migliore integrazione del rifugio nel contesto locale, ma fornisce anche una risposta sostenibile dal punto di vista termico, riducendo la necessità di sistemi di riscaldamento o raffreddamento artificiali e, di conseguenza, i costi energetici.

L'adozione di tali pratiche, oltre a favorire un'economia circolare locale, dimostra una profonda sensibilità verso le dinamiche ambientali e culturali del territorio. L'uso di materiali locali riduce non solo le emissioni derivanti dal trasporto di materiali pesanti e non locali, ma garantisce anche una maggiore adattabilità delle strutture alle condizioni climatiche e geografiche specifiche.

Un esempio significativo di questo approccio, come accennato in precedenza, è rappresentato dal progetto delle case Turkana in Kenya (Housing 4a), dove l'uso di materiali locali come il cartone pressato e la legna per le fondazioni non solo ha permesso di ridurre i costi di costruzione, ma ha anche facilitato l'integrazione della comunità locale nel processo costruttivo. Questo modello partecipativo ha mostrato come la scelta di materiali disponibili in loco possa influenzare positivamente il risultato finale del progetto, rendendo le strutture più sostenibili e accettabili per le popolazioni che le utilizzano.

Questo tipo di approccio trova ulteriori esempi nel progetto delle case Tuareg in Burkina Faso (Tent 1), dove l'uso di materiali locali come l'argilla e la paglia, combinato con tecniche costruttive tradizionali, ha permesso di creare rifugi che si integrano perfettamente con l'ambiente desertico,



Figura 3.3.14 Tuareg Shelter @UNHCR - : struttura abitativa tradizionale realizzata con un telaio in legno intrecciato. Il rifugio, caratterizzato da leggerezza e facilità di montaggio, risponde alle esigenze di mobilità e adattabilità delle comunità nomadi in contesti climatici estremi.

offrendo al tempo stesso un eccellente isolamento termico. L'argilla, facilmente reperibile e lavorabile, riduce la necessità di materiali importati e, quindi, i costi di trasporto, mentre la paglia, utilizzata per rinforzare le pareti e per la copertura, offre una soluzione sostenibile e a basso costo che rispetta l'ecosistema locale. Il coinvolgimento delle comunità Tuareg nella costruzione di queste case ha inoltre garantito che le strutture fossero non solo economicamente accessibili, ma anche culturalmente appropriate, rafforzando il senso di appartenenza e la sostenibilità a lungo termine del progetto.

L'adozione di materiali locali in questi progetti non solo contribuisce alla riduzione dei costi di costruzione, ma promuove anche una maggiore sostenibilità ambientale, riducendo l'impronta ecologica delle strutture attraverso l'uso di risorse rinnovabili e a basso impatto ambientale. L'integrazione di tecniche costruttive tradizionali con materiali locali permette di sviluppare soluzioni abitative che non solo rispondono alle esigenze immediate delle popolazioni, ma che contribuiscono anche alla conservazione delle tradizioni culturali e alla valorizzazione delle competenze locali. Questi progetti dimostrano come l'uso di materiali locali possa essere una strategia efficace non solo per ridurre i costi e l'impatto ambientale, ma anche per sostenere le economie locali e promuovere lo sviluppo sostenibile in contesti vulnerabili. Attraverso un'attenta selezione e l'impiego di risorse locali, è possibile sviluppare soluzioni abitative che non solo rispondono alle esigenze immediate delle popolazioni colpite, ma che contribuiscono a un più ampio processo di recupero e sviluppo sostenibile. L'uso di materiali locali emerge quindi come una componente cruciale nella costruzione di rifugi emergenziali sostenibili ed economici, in grado di ridurre i costi e l'impatto ambientale, rafforzando al contempo le economie locali e promuovendo la partecipazione comunitaria.

La modularità e la prefabbricazione, elementi cardine delle moderne pratiche architettoniche sostenibili, rappresentano una risposta efficace e concreta alle sfide economiche e ambientali poste dalla costruzione di abitazioni in contesti di emergenza o nelle aree con risorse limitate. Questi due approcci, sebbene distinti nelle loro applicazioni pratiche, convergono verso l'obiettivo comune di ottimizzare i processi costruttivi, ridurre i costi e migliorare l'efficienza generale dei progetti. L'utilizzo di unità prefabbricate, combinate in sistemi modulari, consente infatti di rispondere rapidamente alle esigenze abitative, riducendo significativamente non solo i tempi di realizzazione ma anche i costi complessivi, grazie alla produzione su larga scala e all'utilizzo di materiali locali, che oltre a minimizzare l'impatto ambientale, sostengono le economie locali.

Il progetto **Container Housing**, sviluppato da Wes Jones (Progetto 10) per l'utilizzo in contesti militari e umanitari in Iraq e Afghanistan, è un esempio paradigmatico di come la modularità e la prefabbricazione possano essere applicate con successo in situazioni di crisi. In questo caso, l'impiego di container ISO standard, opportunamente rinforzati e adattati per esigenze abitative, ha permesso di creare una soluzione abitativa versatile, resistente e, soprattutto, economica. I container, originariamente progettati per il trasporto merci, sono stati riconvertiti in moduli abitativi capaci di resistere a condizioni ambientali estreme.



Figura 3.3.15 Container Housing @ShigeruBan - L'immagine rappresenta una soluzione abitativa temporanea basata sul Container Housing, un sistema progettato per rispondere rapidamente a contesti di emergenza e post-emergenza. La planimetria mostra un'organizzazione modulare costituita da unità abitative realizzate con container, disposte in file parallele per ottimizzare lo spazio disponibile. La configurazione include spazi comuni centrali e aree di servizio, suggerendo un'organizzazione funzionale e pianificata per garantire accessibilità, ordine e praticità d'uso.

Questa soluzione non solo ha ridotto i costi legati alla produzione di nuove unità abitative, ma ha anche permesso di sfruttare risorse già esistenti, riducendo l'impatto ambientale associato alla costruzione di nuove strutture. Il successo del Container Housing risiede nella sua capacità di essere rapidamente implementato in qualsiasi contesto geografico, grazie alla modularità intrinseca dei container, che possono essere facilmente trasportati, assemblati e configurati secondo le necessità specifiche del momento.

L'efficienza economica derivante dall'adozione di soluzioni modulari e prefabbricate si manifesta anche nella possibilità di utilizzare materiali riciclati o di recupero. L'impiego di container riciclati, originariamente destinati al trasporto di merci, non solo ha ridotto i costi di produzione, ma ha anche contribuito a una gestione più sostenibile delle risorse, limitando la necessità di nuove materie prime e riducendo la quantità di rifiuti generati dal settore delle costruzioni.

Questo approccio non ha solo un impatto positivo sull'ambiente, ma consente anche di rispondere rapidamente alle esigenze abitative in contesti di emergenza, dove la disponibilità di risorse e il tempo sono fattori critici.

L'adozione di tecnologie di prefabbricazione avanzate, unite all'uso di materiali riciclati, offre quindi una risposta concreta ed efficace alle sfide poste dall'edilizia sostenibile, garantendo al contempo una riduzione dei costi e un miglioramento dell'efficienza generale dei progetti.

Allo stesso modo, il progetto **Maison Parasol** in Colombia (SP1) rappresenta un ulteriore esempio di come la modularità e la prefabbricazione possano essere sfruttate per creare soluzioni abitative economiche e sostenibili. In questo esempio, i moduli prefabbricati sono stati progettati per essere facilmente trasportabili e assemblabili sul posto, riducendo i tempi di costruzione e i costi associati.

L'uso di pannelli sandwich, composti da strati di materiali leggeri e isolanti, ha permesso di ottimizzare l'efficienza energetica delle abitazioni, garantendo al contempo un elevato livello di comfort per gli occupanti.

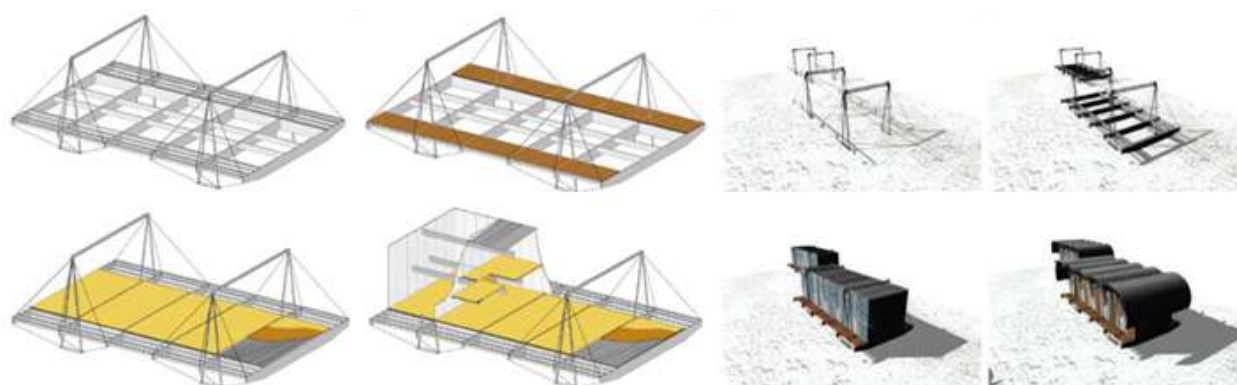


Figura 3.3.16 Maison Parasol @ Dubosc Associés, Atelier 2 - sequenze costruttive di una struttura modulare prefabbricata, caratterizzata da elementi leggeri e facilmente assemblabili. Il design ottimizza la sostenibilità e la rapidità di realizzazione, garantendo flessibilità nella manutenzione e nell'espansione delle unità.

La scelta di materiali prefabbricati non solo ha accelerato il processo di costruzione, ma ha anche contribuito a ridurre i costi di produzione, mantenendo un'attenzione particolare alla sostenibilità ambientale.

Un altro aspetto fondamentale della modularità e della prefabbricazione è la possibilità di facilitare la manutenzione e l'espansione delle strutture. I moduli prefabbricati, essendo facilmente smontabili e riasssemblabili, possono essere aggiornati o ampliati con il minimo impatto sui costi e sull'ambiente. La capacità di integrare nuove tecnologie o di modificare l'assetto abitativo con facilità e a costi contenuti rende la modularità una scelta ideale per la gestione delle emergenze abitative e per la realizzazione di progetti di sviluppo sostenibile a lungo termine.

Il progetto Maison Parasol (Progetto 10), con la sua attenzione alla sostenibilità e all'efficienza energetica, dimostra come l'uso di materiali prefabbricati possa contribuire a creare abitazioni economiche, confortevoli e rispettose dell'ambiente. L'impiego di pannelli sandwich, combinati con tecniche costruttive modulari, non solo riduce i costi di costruzione, ma garantisce anche un'ottimizzazione dell'efficienza energetica, riducendo i consumi e migliorando il comfort degli occupanti. Questo approccio integrato alla progettazione e alla costruzione rappresenta un modello da seguire per il futuro dell'edilizia sostenibile, in grado di rispondere alle esigenze abitative moderne con soluzioni innovative, flessibili e accessibili. Da quanto detto in precedenza, risulta evidente come la modularità e la prefabbricazione si affermano come strumenti indispensabili per affrontare le sfide poste dal settore edilizio in un'epoca caratterizzata da una crescente attenzione alla sostenibilità e all'efficienza economica. I progetti Container Housing e Maison Parasol illustrano chiaramente come queste tecniche possano essere applicate con successo in contesti diversi, offrendo soluzioni abitative rapide, economiche e sostenibili. La capacità di ridurre i costi, migliorare l'efficienza e promuovere la sostenibilità rende questi approcci fondamentali per il futuro dell'architettura e delle soluzioni abitative, soprattutto in un mondo sempre più caratterizzato da crisi umanitarie e sfide ambientali. L'adozione di tecnologie modulari e di prefabbricazione, unitamente all'utilizzo di materiali riciclati e sostenibili, rappresenta dunque una risposta efficace alle necessità del nostro tempo, capace di coniugare innovazione, sostenibilità e accessibilità in un unico, coerente approccio progettuale⁵.

⁵ Felix D., Branco J.M., Feio A., Temporary housing after disasters: a state of the art survey, Habitat Int., 2013

3.4 | Sostenibilità sociale: coinvolgimento delle comunità locali nelle decisioni di intervento

Il coinvolgimento attivo delle comunità locali nella costruzione dei rifugi è una strategia cruciale non solo per garantire l'efficacia e la sostenibilità degli interventi, ma anche per promuovere un forte senso di ownership e di responsabilità tra gli stessi beneficiari. Tale approccio è particolarmente importante in contesti emergenziali o in aree dove le risorse economiche sono limitate e l'integrazione di conoscenze locali diventa essenziale per la riuscita del progetto. La partecipazione delle comunità locali consente infatti di adattare le soluzioni abitative alle specificità culturali, sociali e ambientali del contesto, riducendo al contempo i costi di costruzione e migliorando la qualità e la durata dei rifugi. Inoltre, bisogna considerare anche come l'empowerment delle comunità locali, attraverso la formazione, si configura come un pilastro fondamentale per garantire la sostenibilità sociale nei progetti di costruzione di rifugi, specialmente in contesti di emergenza o ricostruzione post-disastro. La formazione non si limita infatti a fornire competenze tecniche necessarie per la costruzione dei rifugi, ma rappresenta anche un'opportunità per rafforzare le capacità di autosufficienza e resilienza delle comunità coinvolte, trasformando gli interventi temporanei in soluzioni a lungo termine. In questo contesto, il processo di formazione diventa un mezzo per trasferire conoscenze e competenze che possono essere utilizzate dalle comunità locali non solo per mantenere le strutture esistenti, ma anche per migliorare la loro capacità di risposta a futuri eventi avversi⁶.

Un esempio significativo di queste pratiche è rappresentato dal sopracitato **One Room** (Housing 3) in Pakistan, un progetto sviluppato in risposta alle devastanti inondazioni che colpirono il Paese nel 2010, che si focalizzò sulla costruzione di rifugi semplici, ma robusti, destinati a fornire un riparo sicuro e durevole per le famiglie sfollate. Il successo del progetto fu in gran parte dovuto alla partecipazione attiva delle comunità locali, che furono coinvolte in ogni fase del processo costruttivo. Le famiglie locali contribuirono con la loro manodopera, in particolare per l'intonacatura e la rifinitura degli interni, riducendo così i costi di manodopera e favorendo un senso di appartenenza e responsabilità nei confronti dei rifugi. Inoltre, il progetto rispettò rigorosamente gli standard nazionali del cluster per i rifugi, assicurando che le strutture fossero costruite in modo da offrire una protezione adeguata contro future calamità naturali. Questo esempio dimostra come il coinvolgimento comunitario non solo riduca i costi, ma migliori anche la resilienza delle strutture, adattandole meglio alle necessità e alle realtà locali.

Un altro progetto che evidenzia l'importanza del coinvolgimento delle comunità locali è il **Tuareg Shelter** in Burkina Faso (Tent 1). Questo progetto

⁶ Davis I., Alexander D., *Recovery from disaster*, Routledge Taylor & Francis Group, 2016

fu concepito per rispondere alle esigenze dei rifugiati maliani, molti dei quali appartenevano a popolazioni nomadi, come i Tuareg. La progettazione dei rifugi rifletteva la necessità di creare strutture che fossero mobili e facilmente smontabili, in linea con lo stile di vita nomade di questi gruppi. Le comunità locali furono profondamente coinvolte nel processo di costruzione, in particolare le donne, che svolsero un ruolo chiave nella realizzazione dei rifugi. Questo non solo rispettò le tradizioni culturali dei Tuareg, ma rafforzò anche la coesione sociale all'interno delle comunità di rifugiati, promuovendo un ambiente di solidarietà e mutuo supporto. La gestione della distribuzione dei materiali e la selezione dei beneficiari furono affidate alle strutture sociali e tribali esistenti, il che garantì una distribuzione equa e una maggiore accettazione del progetto da parte delle comunità locali. La partecipazione attiva delle donne e l'integrazione delle tradizioni culturali nel processo costruttivo dimostrarono come un progetto abitativo potesse contribuire non solo a fornire un riparo, ma anche a rafforzare il tessuto sociale e culturale della comunità.

L'utilizzo di materiali locali e di tecniche costruttive tradizionali si rivela essenziale per il successo dei progetti di costruzione in contesti emergenziali. Un esempio emblematico di questa strategia è il sopracitato **Lombok Shelter** (Shelter 20) in Indonesia, realizzato a seguito dei devastanti terremoti del 2018. In questo progetto, si è fatto largo uso di bambù, un materiale naturale e abbondante, per costruire rifugi temporanei. Questa scelta non solo ha permesso di ridurre significativamente i costi di costruzione, ma ha anche promosso un forte coinvolgimento delle comunità locali nella realizzazione e manutenzione delle strutture. La decisione di impiegare il bambù e altri materiali naturali presenti sul territorio ha contribuito alla sostenibilità economica del progetto, riducendo l'impatto ambientale e, contemporaneamente, sostenendo l'economia locale. Questo approccio ha dimostrato come le risorse disponibili a livello locale possano essere utilizzate in modo efficace per rispondere a situazioni di emergenza, garantendo al contempo un impatto positivo sulle comunità coinvolte. Un aspetto fondamentale del Lombok Shelter è stata l'integrazione delle tradizioni locali con una formazione mirata, volta a insegnare agli abitanti come trattare e utilizzare efficacemente i materiali locali. La formazione si è svolta direttamente nelle comunità, attraverso sessioni pratiche che hanno permesso agli abitanti di acquisire competenze non solo nella costruzione, ma anche nella manutenzione e nella gestione sostenibile delle risorse naturali. Questo processo ha portato a un significativo rafforzamento delle capacità locali, creando una comunità più resiliente e meglio preparata per affrontare future emergenze. L'integrazione tra la formazione e le tradizioni locali non solo ha garantito l'efficacia del progetto, ma ha anche contribuito a costruire una comunità più forte e coesa, capace di affrontare con maggiore sicurezza le sfide future. Dunque, il progetto Lombok Shelter rappresenta un modello di successo nell'uso di materiali locali e tecniche tradizionali, con benefici che vanno ben oltre la semplice costruzione di rifugi, coinvolgendo le comunità in un processo di crescita e sviluppo sostenibile.

La modularità e la possibilità di smontare e rimontare i rifugi rappresentano un aspetto cruciale per garantire la sostenibilità e la flessibilità dei progetti

abitativi in contesti di emergenza. Questo è particolarmente evidente nel caso del **Tuareg Shelter** (Tent 3), dove la mobilità della struttura consentì ai rifugiati di adattarsi facilmente ai cambiamenti ambientali e sociali, mantenendo al contempo un forte legame con le proprie tradizioni culturali. La partecipazione attiva delle comunità nella costruzione e gestione dei rifugi non solo migliorò la qualità della vita dei rifugiati, ma favorì anche la creazione di un ambiente più coeso e solidale, in cui i beneficiari potevano contribuire attivamente al proprio benessere e a quello della comunità.

Il progetto **Pallet House** in Kosovo (Shelter 21) rappresenta un esempio paradigmatico del successo ottenuto attraverso il coinvolgimento comunitario nella costruzione di rifugi in contesti di emergenza. Questo progetto, sviluppato in risposta alla crisi dei rifugiati nei Balcani, ha dimostrato come un approccio basato sulla partecipazione attiva delle comunità locali possa portare a risultati non solo efficaci ma anche sostenibili nel lungo termine. La scelta di utilizzare pallet riciclati come materiale principale per la costruzione dei rifugi si è rivelata una soluzione innovativa che ha unito sostenibilità, economicità e facilità di reperimento dei materiali, rendendo il progetto particolarmente adatto a contesti di emergenza. Uno degli aspetti più rilevanti del Pallet House è stato l'approccio formativo adottato, che ha trasformato un progetto di costruzione emergenziale in un'opportunità di sviluppo locale. Le comunità locali non sono state semplici beneficiarie di un intervento esterno, ma sono state coinvolte attivamente nel processo costruttivo, acquisendo competenze che avrebbero potuto utilizzare anche in futuro. Questo approccio ha promosso l'autosufficienza e l'empowerment delle comunità, che hanno guadagnato un maggiore controllo sui propri mezzi di sussistenza e una maggiore consapevolezza dell'importanza della sostenibilità e dell'uso efficiente delle risorse disponibili.



Figura 3.3.17 Pallet House @i-beam - Pallet House: struttura abitativa modulare realizzata utilizzando pallet di legno riciclati. Il design semplice e sostenibile consente la rapida costruzione di rifugi temporanei, promuovendo il riuso dei materiali e la riduzione dell'impatto ambientale

⁷ Pirjevec A., UNCHR, The Shelter and Sustainability Overview, UNHCR, 2021

La distribuzione di un manuale di autocostruzione (catalogo UNHCR), concepito in modo accessibile e corredato di illustrazioni dettagliate, è stata una componente fondamentale del progetto⁷. Questo strumento ha reso possibile la partecipazione anche dei non specialisti, democratizzando il processo di costruzione e riducendo la dipendenza dalle competenze esterne. Le sessioni formative, organizzate in collaborazione con le autorità locali e le organizzazioni non governative, hanno facilitato l'apprendimento delle tecniche costruttive necessarie, promuovendo al contempo la coesione sociale e il lavoro di squadra all'interno delle comunità. Questo processo di formazione ha avuto un duplice effetto positivo: da un lato, ha contribuito a ridurre i costi complessivi del progetto, poiché le comunità potevano costruire autonomamente i propri rifugi; dall'altro, ha rafforzato il senso di appartenenza delle comunità, aumentando la loro resilienza di fronte a future emergenze. L'utilizzo di materiali riciclati, come i pallet, ha dimostrato che è possibile realizzare progetti abitativi sostenibili e a basso costo, capaci di rispondere alle necessità immediate senza compromettere la qualità o la durabilità delle strutture. Questo progetto ha evidenziato come la semplicità e la versatilità delle soluzioni adottate possano rendere possibile la replicabilità del modello in altri contesti di emergenza, estendendo così l'impatto positivo del Pallet House ben oltre i confini del Kosovo. Inoltre, l'integrazione della formazione con l'impiego di materiali facilmente reperibili ha reso il progetto non solo sostenibile dal punto di vista economico, ma anche adattabile a diverse situazioni, rafforzando la capacità delle comunità di gestire autonomamente la costruzione e la manutenzione dei propri rifugi.

La formazione delle comunità locali, dunque, non si limita all'insegnamento delle tecniche costruttive, ma comprende anche aspetti legati alla gestione delle risorse naturali e al mantenimento delle strutture nel lungo periodo. Nel caso del Lombok Shelter, ad esempio, la formazione ha incluso sessioni specifiche sul trattamento del bambù per garantirne la durabilità e la resistenza agli agenti atmosferici. Questa attenzione ai dettagli tecnici ha permesso di costruire rifugi che, pur utilizzando materiali naturali e locali, fossero in grado di garantire una protezione adeguata nel tempo. Inoltre, il progetto ha promosso l'uso sostenibile delle risorse, incoraggiando la piantumazione di bambù come parte integrante del ciclo di costruzione e manutenzione dei rifugi. Questo ha non solo ridotto l'impatto ambientale del progetto, ma ha anche creato nuove opportunità economiche per le comunità locali, che hanno potuto avviare attività legate alla coltivazione e alla vendita del bambù. La sostenibilità sociale, in questo ambito, non si esaurisce con la costruzione dei rifugi, ma si estende alla capacità delle comunità di mantenere e adattare le strutture nel tempo, rispondendo a nuove esigenze e sfide. La formazione, dunque, non rappresenta solo un mezzo per ridurre i costi o migliorare l'efficienza del progetto, ma diventa un vero e proprio strumento di empowerment, che conferisce alle comunità le competenze e la fiducia necessarie per gestire autonomamente le proprie risorse e infrastrutture. Questo approccio contribuisce a creare un ciclo virtuoso di sviluppo, in cui le comunità, rafforzate dalle competenze acquisite, sono in grado di affrontare in modo più efficace e autonomo le

sfide future, migliorando la propria resilienza e qualità della vita. Dunque, risulta evidente come l'integrazione delle comunità locali nei processi di costruzione va oltre la sostenibilità economica, toccando il rispetto delle tradizioni culturali e la promozione dell'autonomia e della coesione sociale. L'uso di materiali locali, tecniche tradizionali e il coinvolgimento attivo delle comunità non solo riduce i costi e migliora l'efficienza dei progetti, ma garantisce soluzioni abitative adatte alle esigenze e aspettative delle popolazioni. Progetti come il Lombok Shelter e il Pallet House mostrano come l'empowerment attraverso la formazione possa trasformare le comunità in protagoniste attive del proprio sviluppo, favorendo una crescita sostenibile e resiliente a lungo termine. La formazione, quindi, diventa un catalizzatore di cambiamento, promuovendo non solo la sostenibilità ambientale ed economica, ma anche sociale, e contribuendo a creare comunità più forti, coese e resilienti.



Figura 3.3.18 Pallet House @i-beam - Pallet House: struttura abitativa modulare realizzata utilizzando pallet di legno riciclati. Il design semplice e sostenibile consente la rapida costruzione di rifugi temporanei, promuovendo il riuso dei materiali e la riduzione dell'impatto ambientale

3.5 | Valutazione delle tipologie, delle soluzioni tecnologiche e dei materiali attualmente in uso

L'analisi dei casi studio rivela un panorama articolato di soluzioni progettuali adottate nei contesti di emergenza, transizione e ricostruzione. Le soluzioni abitative si differenziano in base alla tipologia (emergenziali, transitorie, permanenti e sperimentali), ai contesti climatici e culturali, nonché alle risorse disponibili. Questa sezione mira a individuare le caratteristiche principali delle soluzioni tecnologiche e dei materiali utilizzati, con particolare attenzione alla loro funzionalità, sostenibilità e adattabilità. Le **unità abitative emergenziali** si caratterizzano per la necessità di essere montate e smontate rapidamente, privilegiando materiali leggeri e facilmente trasportabili. I rivestimenti di queste soluzioni sono progettati per resistere a condizioni meteorologiche avverse, pur garantendo un isolamento minimo e una protezione di base. Al contrario, le **unità di transizione** rappresentano una soluzione intermedia, combinando materiali locali e tecniche più robuste per garantire maggiore durabilità e adattabilità⁸.

Le **unità abitative permanenti**, invece, si distinguono per l'uso di materiali resistenti, come pietra, cemento e legno, spesso integrati con tecnologie innovative per migliorare il comfort abitativo e ridurre l'impatto ambientale. Infine, i **progetti sperimentali** esplorano nuove tecnologie e materiali, come il superadobe o i container riciclati, per testare soluzioni sostenibili e replicabili.

Questa analisi si concentra sulle caratteristiche strutturali e sui materiali di rivestimento utilizzati, evidenziando come le scelte progettuali siano influenzate dalle esigenze funzionali, dal contesto geografico e dalla disponibilità di risorse. In particolare, si analizzano:

- La funzionalità delle soluzioni tecnologiche adottate per ogni tipologia.
- La sostenibilità e il potenziale di riutilizzo dei materiali.
- L'adattabilità dei rifugi alle condizioni ambientali e culturali.

L'analisi delle unità abitative emergenziali, comunemente identificate come tent, si concentra sui materiali e sulle tecnologie adottate per soddisfare i requisiti fondamentali di leggerezza, trasportabilità e protezione. Le strutture portanti sono realizzate principalmente con materiali leggeri e facilmente assemblabili, come bambù, legno, acciaio e tubolari in fibra di vetro. Questi materiali sono scelti per la loro capacità di garantire stabilità con un peso ridotto, facilitando la logistica di trasporto e il montaggio in contesti di emergenza. Ad esempio, il Tuareg Tent utilizza strutture in bambù e legno, materiali naturali facilmente reperibili e adatti a contesti aridi, mentre il Family Tent privilegia l'uso di pali metallici, che garantiscono una maggiore resistenza e durata.

⁸ El-Anwar O., El-Rayes, Elnashai K. A., Disasters: optimizing large-scale temporary housing arrangements after natural disasters, Comput. Civil Eng. 23 (2), 2009

I rivestimenti, elemento cruciale per la protezione dagli agenti atmosferici, comprendono tessuti tecnici trattati per l'impermeabilità e la resistenza ai raggi UV. Tra i materiali più utilizzati vi sono il polietilene e il poliestere, apprezzati per la loro leggerezza, impermeabilità e facilità di manutenzione. Questi tessuti sono spesso rinforzati con trame ripstop per prevenire strappi e danni. Nel caso della Montana Tent, il rivestimento è realizzato con una tela sintetica rivestita che combina durabilità e protezione termica, mentre il Tuareg Tent utilizza tessuti misti cotone-poliestere per offrire una combinazione di comfort termico e resistenza meccanica.

Le tecnologie adottate per queste unità mirano a ottimizzare la modularità e la capacità di adattamento alle condizioni ambientali specifiche. Molti progetti includono elementi prefabbricati che riducono i tempi di assemblaggio e garantiscono una maggiore uniformità delle prestazioni. Tuttavia, l'efficacia delle soluzioni è spesso influenzata dal contesto climatico e dalla disponibilità di risorse locali, come dimostrato nel Tuareg Shelter, dove i materiali naturali vengono combinati con tecnologie semplici per una maggiore integrazione culturale e ambientale.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Struttura/Rivestimento
Tent-1	Tuareg Tent	Antropico	Algeria, 2012	Bambù, legno o metallo / Tela per esterni e tessuto misto
Tent-2	Family Tent	Antropico/Generale	Zone rifugiati, 2016	Pali metallici / Tessuto in polietilene
Tent-3	Tuareg Shelter	Antropico	Burkina Faso, 2012	Legno / Tappeti di paglia, sintetici e teloni di plastica
Tent-4	Montana Tent	Generale	Italia, -	Struttura in tubo d'acciaio / Tessuto impermeabile ignifugo
Tent-5	Suspended tent	Antropico	Italia 2014	Struttura in tubo d'acciaio / Tessuto impermeabile ignifugo
Tent-6	Lightweight Emergency	Generale	Italia, -	Tubo in fibra di vetro / Tessuto ignifugo in poliestere
Tent-7	Lightweight Tent	Generale	Congo, Ituri, 2019	Pali metallici / Tessuto in poliestere con trama ripstop
Tent-8	Centro di Transizione	Guerra	Polonia, Chelm, 2022	Tubolari in cartone pressato / Teli in tessuto

Tabella 3.5.1 Casi studio Tent con categorizzazione strutture e rivestimento

Le unità abitative di transizione, o shelter, rappresentano un passo intermedio tra le soluzioni emergenziali e quelle permanenti, progettate per garantire maggiore durabilità, comfort e adattabilità. Questi rifugi si distinguono per l'uso di materiali e tecnologie che combinano praticità e robustezza, adattandosi ai contesti locali e alle risorse disponibili. Le strutture portanti spaziano da materiali naturali, come bambù e legno, a materiali industriali, come acciaio zincato e tubi di cartone, offrendo soluzioni diversificate in base alle esigenze climatiche, culturali e logistiche. Tra i materiali strutturali più utilizzati troviamo il bambù, spesso impiegato in contesti tropicali per la sua leggerezza e resistenza. Nel Bamboo Shelter (Shelter-1), ad esempio, il bambù e l'eucalipto costituiscono una soluzione economica e facilmente reperibile, con un rivestimento in lamiera ondulata per garantire protezione dagli agenti atmosferici. Similmente, nel Kutapalong Shelter A e B (Shelter-5 e Shelter-6) in Bangladesh, il bambù è integrato con teli di plastica dell'UNHCR o stuoie intrecciate per offrire una protezione temporanea ma efficace contro le piogge monsoniche.

In alternativa, materiali industriali come l'acciaio zincato e i pannelli prefabbricati vengono utilizzati in contesti dove è richiesta una maggiore resistenza strutturale. Nel caso dello Steel Frame Shelter (Shelter-10 e Shelter-19) in Vietnam, l'acciaio zincato è combinato con compensato e lastre ondulato per garantire stabilità in condizioni meteorologiche estreme. Progetti come l'Azraq T-Shelter (Shelter-3) in Giordania dimostrano l'efficacia di strutture in acciaio ad incastro, abbinate a pannelli isolanti per migliorare il comfort termico. I rivestimenti, fondamentali per garantire isolamento e protezione, includono materiali tradizionali come stuoie di bambù intrecciate, paglia e intonaco di fango, utilizzati nel Wooden Gable Shelter (Shelter-8), e materiali moderni come pannelli sandwich in poliuretano e teli impermeabili. Progetti innovativi come il Paper Log House (Shelter-2 e Shelter-12) utilizzano tubi di cartone e cartone riciclato, dimostrando come i materiali riciclati possano essere impiegati efficacemente in soluzioni sostenibili. In contesti urbani, progetti come il Pallet House (Shelter-21) in Kosovo sfruttano pallet riciclati per creare strutture modulari che possono essere facilmente assemblate e smontate. Allo stesso tempo, soluzioni più sperimentali, come il Diogene Shelter (Shelter-14) in Germania, combinano telai in acciaio con pannelli in legno lamellare e alluminio per creare un rifugio altamente efficiente e adatto a climi temperati. Infine, l'impiego di materiali locali è cruciale per garantire sostenibilità e coinvolgimento delle comunità. Nel Lombok Shelter (Shelter-20) in Indonesia, il bambù viene utilizzato sia per la struttura che per il rivestimento, dimostrando come materiali naturali possano essere adattati per garantire comfort e durabilità.

Un esempio emblematico nel panorama delle soluzioni abitative transitorie è il Better Shelter sviluppato da IKEA. Questo progetto rappresenta una soluzione modulare e prefabbricata, progettata per garantire un rifugio sicuro, resistente e facile da montare in tempi rapidi. Realizzato principalmente in acciaio zincato e pannelli in polipropilene riciclato, il Better Shelter combina leggerezza e durabilità, rispondendo alle esigenze di trasportabilità e adattabilità.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Struttura/Rivestimento
Shelter-1	Bamboo Shelter	Antropico	Etiopia, Dollo Ado Camp, 2013	Eucalipto e bambù / Lamiere ondulate
Shelter-2	Paper Log House	Antropico	Giappone, Yamanashi, 1995	Tubi di cartone / Cartone riciclato
Shelter-3	Azraq T-Shelter	Antropico	Giordania, Azraq, 2014	Acciaio ad incastro / Rivestimento IBR con isolamento
Shelter-4	Emergency	Antropico	Romania, Bucarest, 2013	Acciaio tubolare / Pannelli sandwich in poliuretano
Shelter-5	Kutapalong A	Climatologico	Bangladesh, Cox's Bazar, 2017	Bambù non trattato / Teli di plastica dell'UNHCR
Shelter-6	Kutapalong B	Climatologico	Bangladesh, Cox's Bazar, 2017	Bambù non trattato / Stuoie di bambù intrecciate e lamiere
Shelter-7	Paper Emergency	Antropico	Ruanda, 1999	Tubi di carta / Teli di plastica
Shelter-8	Wooden Gable	Antropico	Sud Sudan, Ajuong Thok, 2013	Legno e bambù / Paglia, teloni, intonaco di fango
Shelter-9	Bamboo Frame	Terremoto	Indonesia, West Java, 2009	Bambù e cemento / Stuoie di bambù
Shelter-10	Steel Frame	Meteorologico	Vietnam, 2004	Acciaio zincato / Compensato e lamiera ondulata
Shelter-11	Dadaab Shelter A	Antropico	Kenya, Garissa, 1990-2000	Legno a timpano / Teli di plastica e lamiere ondulate
Shelter-12	Paper Log House	Geofisico	India, Gujarat, 2001	Tubi di cartone e bambù / Cartone riciclato e bambù
Shelter-13	Liina Shelter	Generale	Finlandia, 2011	Legno lamellare / Compensato e PVC
Shelter-14	Diogene	Generale	Germania, 2013	Telaio in acciaio / Pannelli in legno lamellare e alluminio
Shelter-15	Timber Frame A	Geofisico	Perù, 2007	Telaio in legno Bolaina / Tavole di legno e fibrocemento
Shelter-16	Timber Frame B	Geofisico	Perù, 2007	Legno di eucalipto / Stuoie di palma e teli di plastica
Shelter-17	Steel Frame A	Geofisico	Haiti, 2010	Acciaio galvanizzato / Pannelli di plastica e lamiere ondulate
Shelter-18	Steel Frame B	Geofisico	Indonesia, Ache, 2004	Acciaio zincato a caldo / Legno e lamiere metalliche
Shelter-19	Steel Frame C	Meteorologico	Vietnam, 2004	Acciaio zincato / Compensato e lastre ondulate di acciaio
Shelter-20	Lombok Shelter	Geofisico	Indonesia, Lombok, 2018	Bambù / Pannelli di tessuto e fogli di plastica
Shelter-21	Pallet House	Antropico	Kosovo, 2008	Pallet riciclati / Poliestere o materiali locali
Shelter-22	Trans Lieu	Antropico	Somalia, 2022	Legno trattato o bambù / Teli impermeabili o lamiere ondulate
Shelter-23	Shelter A	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	Legno / Teli di plastica dell'UNHCR
Shelter-24	Shelter B	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	Legno / Canniccio e fango con teli di plastica dell'UNHCR
Shelter-25	Transitional shelter ikea	Antropico	Svezia, 2016	Struttura ad incastro in acciaio / Pannelli in polipropilene

Tabella 3.5.2 Casi studio Shelter con categorizzazione strutture e rivestimento

Figura 3.5.18 Better Shelter di IKEA @Bettershelterfoundation - Better Shelter di IKEA: struttura modulare prefabbricata progettata per contesti emergenziali. Autonoma e versatile, integra soluzioni innovative come pannelli solari per l'illuminazione interna, adattandosi a diversi climi e condizioni culturali per migliorare la qualità della vita dei beneficiari.



⁹ Johnson, N. (2015). IKEA produces 10,000 flat-pack shelters for UN refugees. Tratto da <https://www.architectureanddesign.com.au/news/ikea-produces-10-000-flat-pack-shelters-for-un-ref> (ultimo accesso 10 novembre 2024).

¹⁰ UNHCR, Shelter and Settlement Section, Shelter Design Catalogue, United Nations High Commission for Refugees, 2016

La struttura, autoportante e modulare, permette configurazioni diverse, adattandosi a differenti contesti climatici e culturali. Inoltre, integra soluzioni tecnologiche innovative come pannelli solari per l'illuminazione interna, migliorando le condizioni di vita dei beneficiari⁹.

L'analisi dei materiali e delle tecnologie utilizzate per le unità abitative permanenti evidenzia un'attenzione particolare alla durabilità, al comfort abitativo e alla capacità di adattamento ai contesti specifici. Tra le soluzioni analizzate, i materiali strutturali spaziano dai container riciclati, utilizzati nel **Container Housing** (Housing-1) in Giappone, ai tubolari di cartone pressato impiegati nel **Turkana Type A** (Housing-4) in Kenya. Questi ultimi rappresentano un esempio di innovazione sostenibile, grazie alla leggerezza e alla facilità di assemblaggio¹⁰.

Le tecnologie costruttive variano in funzione delle risorse disponibili e delle condizioni climatiche. **Nello Shelter C** (Housing-2) in Congo, la struttura in legno si integra con pareti in canniccio e fango rinforzato, offrendo un isolamento termico adeguato e un'elevata reperibilità dei materiali. Similmente, il **One Room Housing** (Housing-3) in Pakistan utilizza mattoni e pietra per la struttura portante, combinati con un tetto in tegole ceramiche e intonaco, per una soluzione robusta e resistente ai climi estremi.

I rivestimenti adottati riflettono un approccio misto tra tradizione e modernità. Nel caso del **Dadaab Shelter B** (Housing-5) in Kenya, le pareti in compensato e lamiera garantiscono una protezione efficace contro le intemperie, mentre nel progetto del **One Room**, l'intonaco e le tegole ceramiche migliorano l'isolamento e la durabilità. La scelta di container marittimi per il **Container Housing** dimostra l'efficacia del riuso di materiali industriali, che coniugano modularità e resistenza.

I progetti sperimentali si distinguono per la loro natura innovativa e per l'utilizzo di materiali non convenzionali, finalizzati a testare nuove soluzioni progettuali in termini di sostenibilità, modularità e replicabilità. L'analisi di questa tipologia mette in evidenza un forte focus sull'uso di materiali riciclati e sulla sperimentazione tecnologica, spesso legata a contesti di emergenza e a necessità abitative a basso impatto ambientale.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Struttura/Rivestimento
Housing-1	Container Housing	Geofisico	Giappone, Onagawa, 2011	Container marittimi impilati / Tetto in legno compensato
Housing-2	Shelter C	Climatologico	Congo, Ituri, 2019	Struttura in legno / Pareti in canniccio e fango rinforzato
Housing-3	One Room	Climatologico	Pakistan, Sindh, 2010	Mattoni e pietra / Tetto in tegole ceramiche e intonaco
Housing-4	Turkana Type A	Guerra Civile	Kenya, Kalobeyei, 2017	Tubolari in cartone pressato / Rivestimento in cartone
Housing-5	Dadaab Shelter B	Antropico	Kenya, Garissa, 1990-2001	Telaio in acciaio zincato / Pareti in compensato e lamiera

Tabella 3.5.3 Casi studio Housing con categorizzazione strutture e rivestimento

Dal punto di vista strutturale, si osserva un'ampia varietà di materiali, che spaziano dal cemento, utilizzato per strutture prefabbricate come nel **Das Park Hotel** (Progetto-7), ai container riciclati, impiegati sia come moduli abitativi nel **Future Shack** (Progetto-6), sia come unità di rifugio nei contesti di guerra come l'Iraq e l'Afghanistan (**Container**, Progetto-5). Questi materiali offrono una base solida e resistente, garantendo al tempo stesso la possibilità di riuso e riciclo, caratteristiche fondamentali per progetti orientati alla sostenibilità. I rivestimenti adottati variano in funzione delle esigenze di isolamento, estetica e protezione. Progetti come la **Casa Gonfiabile** (Progetto-3), realizzata interamente in PVC, dimostrano l'efficacia dei materiali sintetici per creare strutture leggere, impermeabili e facilmente trasportabili¹¹. Allo stesso tempo, la **Maison Parasol** (Progetto-10) utilizza pannelli sandwich in poliuretano per garantire isolamento termico, mostrando come le tecnologie moderne possano integrarsi in progetti innovativi. Materiali naturali come la terra, utilizzata nel **SuperAdobe** (Progetto-11), combinano sostenibilità e adattabilità al contesto locale, rappresentando un modello replicabile per comunità rurali o in contesti desertici. Un altro aspetto chiave di questi progetti è l'utilizzo creativo dei materiali riciclati. **Lucy House** (Progetto-8), ad esempio, sfrutta piastrelle di moquette riciclata per la struttura e il rivestimento, offrendo un'opzione economica e sostenibile. Similmente, nel **Das Park Hotel**, tubi in cemento prefabbricati vengono riutilizzati per creare unità abitative minimaliste e durature. Infine, la modularità e la personalizzazione caratterizzano molti di questi progetti. Il **Vinyl Milford** (Progetto-1) e il **Modulo Infinito** (Progetto-4) esplorano soluzioni flessibili e scalabili, utilizzando materiali compositi e metalli leggeri per strutture facili da assemblare e adattabili a diverse esigenze.

L'analisi condotta ha evidenziato un panorama complesso di tecnologie e materiali utilizzati per la realizzazione di pannelli nei progetti abitativi per emergenze e post-emergenze. Attraverso un confronto sistematico, è stato possibile individuare cinque tipologie principali di pannelli che si distinguono per sostenibilità e adattabilità alle esigenze progettuali e ambientali.

¹¹ Cornaro C., Saporì D., Bucci F., Pierro M., Giammanco C., Thermal performance analysis of an emergency shelter using dynamic building simulation, *Energy Build.* 88, 2015

¹² Ahmed K.I., Charlesworth E.R., An evaluation framework for assessing resilience of post-disaster housing, Publ. Cover Int. J. Disaster Resil. Built Environ. 6: 300-312, 2015

Questi pannelli – in legno, terra cruda, fibrocemento, poliuretano e polycarbonato – rappresentano un insieme di approcci diversificati capaci di adattarsi a contesti climatici e culturali differenti, fornendo soluzioni equilibrate tra durabilità, impatto ambientale e facilità di utilizzo. I pannelli in legno, utilizzati in progetti come il "Timber Frame A" in Perù e il "Wooden Gable Shelter" in Sud Sudan, offrono un'alternativa sostenibile e versatile. La possibilità di impiegare specie legnose locali riduce costi di trasporto e impatto ambientale, rendendoli ideali per strutture temporanee o di transizione. Tuttavia, per garantire una lunga durata, è necessario un trattamento specifico contro agenti atmosferici e parassiti, soprattutto in contesti climatici difficili. Gli involucri in terra cruda, come quelli utilizzati nel "SuperAdobe", rappresentano una soluzione estremamente sostenibile grazie alle eccellenti prestazioni termiche e all'utilizzo di materiali reperibili localmente. Questa scelta riduce i costi e la dipendenza da risorse esterne, ma richiede competenze tecniche per assicurare stabilità strutturale e resistenza alle intemperie¹².

I pannelli in fibrocemento, utilizzati in progetti come "Timber Frame A" e "Dadaab Shelter B", si distinguono per leggerezza e resistenza a umidità, fuoco e parassiti, rendendoli particolarmente adatti per contesti con condizioni climatiche estreme o per strutture che richiedono una manutenzione ridotta. Sebbene la loro produzione richieda un maggiore dispendio energetico, la lunga durata e le basse esigenze di manutenzione li rendono una soluzione equilibrata. I pannelli in polipropilene, utilizzati nel "Better Shelter" progettato da IKEA, rappresentano una soluzione innovativa per rifugi di emergenza e transizione. Questi pannelli, combinati con una struttura in acciaio zincato, garantiscono leggerezza, modularità e facilità di montaggio, rendendo l'intera struttura adatta a contesti in cui è necessario un rapido dispiegamento.

Infine, i pannelli in polycarbonato, utilizzati in progetti come il "Modulo Infinito", combinano trasparenza, resistenza agli agenti atmosferici e isolamento termico, permettendo di sfruttare l'illuminazione naturale per ridurre il consumo energetico passivo. Sebbene la loro produzione sia ad alta intensità energetica, rappresentano una soluzione innovativa per contesti con forte esposizione solare, offrendo flessibilità progettuale e durabilità.

Questi pannelli, analizzati nei progetti considerati, riflettono un equilibrio complesso tra esigenze strutturali, ambientali e operative. Nel capitolo successivo, l'applicazione di un approccio multicriterio consentirà di valutare in modo sistematico le diverse soluzioni, considerando variabili chiave come durabilità, costo, impatto ambientale e adattabilità, per fornire una guida più strutturata nella scelta dei materiali più sostenibili.

Codice	Nome Progetto	Categoria di Disastro	Luogo e Data	Struttura/Rivestimento
Progetto-1	Vinyl Milford	Generale	New York, 1994	Metallo / Vinile
Progetto-2	Wagon Station	Generale	California, 2000	Acciaio e alluminio / Alluminio
Progetto-3	Casa Confiabile	Generale	New York, 1994	PVC / PVC
Progetto-4	Modulo Infinito	Generale	- , -	Laminato composito / Materiali compositi opachi o trasparenti
Progetto-5	Container	Antropico	Iraq/Afghanistan, 1999	Acciaio corten / Piastre di acciaio
Progetto-6	Future Shack	Generale	Australia, 2001	Container marino riciclato in acciaio / Pannelli isolanti in legno
Progetto-7	Das Park Hotel	Generale	Austria, 2004	Cemento / Cemento
Progetto-8	The Lucy House	Generale	Alabama, 2002	Piastrelle di moquette riciclata / Piastrelle di moquette riciclata
Progetto-9	Casa sull'Albero	Generale	Germania, 2009	Pilastri in acciaio / Legno certificato
Progetto-10	Maison Parasol	Generale	Colombia, 2000	Telaio in acciaio / Pannello sandwich in poliuretano
Progetto-11	SuperAdobe	Antropico	Iran, Khuzeestan, 1995	Sacchi di sabbia riempiti con terra / Terra locale

Tabella 3.5.4 Casi studio Progetti con categorizzazione strutture e rivestimento

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Abbas K.; Barenstein, Jennifer Duyne; Phelps, Priscilla M.; Pittet, Daniel; Sena, Stephen, Safer Homes, Stronger Communities: A Handbook for Reconstructing after Natural Disasters, World Bank, 2019

Ahmed K.I., Charlesworth E.R., An evaluation framework for assessing resilience of post-disaster housing, *Publ. Cover Int. J. Disaster Resil. Built Environ.* 6: 300-312, 2015

Amin Hosseini S.M., Farahzadi L., Pons O., Assessing the sustainability index of different post-disaster temporary housing unit configuration types, *Journal of Building Engineering* 42, 2021

Asfour O.S., Learning from the past: temporary housing criteria in conflict areas with reference to thermal comfort, *Int. J. Disas. Risk Reduc.* 38, 2019

Assemblea Generale delle Nazioni Unite, Dichiarazione universale dei diritti umani, art14, 1948

Boano C., Hunter W., Architecture at Risk: The Ambivalent Nature of Post-disaster Practice, 2012

Burck L., Kong M., Januário P., Paper architecture inspired in Origami and emergency temporary architecture, ACE, 2015

Consiglio economico e sociale delle Nazioni Unite, Convenzione internazionale sui diritti economici, sociali e culturali, 1976

Cornaro C., Saporì D., Bucci F., Pierro M., Giammanco C., Thermal performance analysis of an emergency shelter using dynamic building simulation, *Energy Build.* 88, 2015

D'Orazio M., Maracchini G., An experimental investigation on the indoor hygrothermal environment of a reinforced-EPS based temporary housing solution, *Energy Build.* 204, 2019

Davis E., The l'Aquila Earthquake of 6 April 2009 and Italian Government Policy on Disaster Response, *Journal of Natural Resources Policy Research* Vol. 2, No. 4, 325-342, 2010

Davis I., Alexander D., Recovery from disaster, Routledge Taylor & Francis Group, 2016

Edginton D., Planning for Earthquakes and Tsunamis: Lessons from Japan for British Columbia, Canada, *Progress in Planning*, 2021

El-Anwar O., El-Rayes, Elnashai K. A., Disasters: optimizing large-scale temporary housing arrangements after natural disasters, *Comput. Civil Eng.* 23 [2], 2009

Felix D., Branco J.M., Feio A., Temporary housing after disasters: a state of the art survey, *Habitat Int.*, 2013

Galanti E., Il metodo Augustus, DPC INFORMA, n. 4, 1997

H. Yi, J. Yang, Research trends of post-disaster reconstruction: the past and the future, *Habitat Int.* 42, 21–29, 2014

H. Zuckerman Jacobson, C. Bruderlein, Shigeru Ban: Humanitarian Architecture, Aspen Art Museum, 2014

Hanga F., Global Shelter Cluster Satisfaction Survey, 2022

Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile, Legge n.225 del 24 febbraio 1992

Jastram K., Achiron M., UNHCR, Protezione dei rifugiati – guida al diritto internazionale del rifugiato, Inter-Parliamentary Union, 2001

Łątka F., Jasiołek A., Karolak A., Niewiadomski P., Noszczyk P., Klimek A., Zielińska S., Misiurka S., Jezierska D., Properties of paper-based products as a building material in architecture – An interdisciplinary review, *Journal of Building Engineering*, 2022

Lobos J., Architecture humanitarian emergencies, KADK Copenhagen, 2012

Obyn S., Moeseke G.V., Virgo V., Thermal performance of shelter modelling: improvement of temporary structures, *Energy Build.* 89, 2015

Pirjevec A., UNCHR, The Shelter and Sustainability Overview, UNHCR, 2021

Rivolta E., Gritti S., Protezione civile: Manuale da campo, Regione Lombardia, 2010

Salvai G., Imperadori M., Scaccabarozzi D., Pusceddu C., Thermal performance measurement and application of a multilayer insulator for emergency architecture, *Appl. Therm. Eng.* 85, 2015

UNHCR, Global Report 2021, Ginevra, 2021

UNHCR, Shelter and Settlement Section, Shelter Design Catalogue, United Nations High Commission for Refugees, 2016

SITOGRAFIA

Global Shelter Cluster, <https://sheltercluster.org/>

IFRC, Definition of disaster, <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>. [Accessed 2 March 2020].

Johnson, N. (2015). IKEA produces 10,000 flat-pack shelters for UN refugees. Tratto da <https://www.architectureanddesign.com.au/news/ikea-produces-10-000-flat-pack-shelters-for-un-ref> (ultimo accesso 10 novembre 2024).

UNCHR, <https://www.unhcr.org/refugee-statistics/>

Analisi multicriterio e applicazione delle soluzioni conformi ad un caso studio

CAPITOLO 4

Individuazione di un caso studio: i centri di prima accoglienza

Abstract

Questo capitolo analizza lo stato dell'arte delle strutture di prima accoglienza in Sicilia, con un focus specifico sui centri destinati ai lavoratori stagionali e sui sistemi di accoglienza per migranti e rifugiati. Attraverso lo studio approfondito delle diverse tipologie di centri e delle loro caratteristiche principali, sono emerse criticità ricorrenti, tra cui il sovraffollamento, le carenze infrastrutturali e tecnologiche, e le difficoltà legate all'integrazione sociale.

La ricerca si concentra sul caso studio del campo per lavoratori stagionali di Campobello di Mazara, selezionato per la sua significativa rilevanza in termini tipologici, climatici e tecnologici. Questa scelta è motivata dalla sua coerenza con gli obiettivi del Programma Operativo Nazionale (PON) "Ricerca e Innovazione", che pone l'accento sull'importanza di affrontare le problematiche locali attraverso soluzioni innovative e sostenibili.

La Prefettura di Trapani, in collaborazione con altre istituzioni, ha trasformato un ex frantoio confiscato alla mafia in un campo per lavoratori stagionali, dotato di moduli prefabbricati progettati per rispondere alle esigenze abitative temporanee.

Sono state analizzate le caratteristiche tecniche del campo, con particolare attenzione all'impiego di moduli leggeri e prefabbricati dotati di soluzioni energetiche integrate. Allo stesso tempo, sono state valutate le criticità riscontrate, come la limitata disponibilità di spazio, l'assenza di aree comuni adeguate e le problematiche legate alla gestione climatica e igienica. L'obiettivo principale dell'analisi è stato quello di identificare le esigenze specifiche dei lavoratori stagionali, superando le attuali condizioni precarie dei campi spontanei privi di infrastrutture di base, e sviluppando strategie di intervento mirate a migliorare il comfort ambientale e favorire l'integrazione sociale.

Il caso studio di Campobello di Mazara ha messo in luce i punti di forza e le criticità dell'approccio istituzionale adottato. I risultati di questa analisi hanno contribuito all'elaborazione di un modello abitativo flessibile, arricchito da soluzioni tecnologiche sostenibili. In particolare, il caso studio ha fornito una base solida per l'analisi multicriterio descritta nel capitolo successivo, mirata a individuare i materiali e le tecnologie più efficaci per la progettazione di involucri abitativi sostenibili, pensati per contesti emergenziali.

4.1 | Analisi dei Unità abitative di transizione (shelter) per la costituzione dei centri di prima accoglienza

Le unità abitative di transizione, comunemente note come shelter, rappresentano una delle soluzioni più diffuse nei contesti emergenziali grazie alla loro capacità di rispondere in modo rapido ed efficace alle esigenze abitative immediate. All'interno dei sistemi di accoglienza, gli shelter assumono un ruolo fondamentale, fornendo un riparo temporaneo implementabile in tempi brevi, garantendo al contempo sicurezza e dignità per gli occupanti. Questi rifugi sono stati scelti come oggetto di studio per il loro ampio utilizzo nei centri di accoglienza, sia a livello internazionale che nazionale, dove rispondono alle necessità di migranti, rifugiati e persone senza fissa dimora. La progettazione degli shelter si basa su materiali leggeri e modulari, come pannelli prefabbricati, legno o acciaio, che consentono una rapida installazione di strutture resistenti agli agenti atmosferici, offrendo un livello minimo ma essenziale di comfort abitativo.

La decisione di focalizzare l'analisi sugli shelter di transizione nei centri di accoglienza italiani scaturisce non solo dalla loro rilevanza operativa, ma anche dalla necessità di soddisfare i requisiti specifici del tema di ricerca, che impone un'applicazione contestualizzata alla realtà italiana. I centri di accoglienza, infatti, costituiscono sistemi complessi in cui gli shelter si integrano con una rete articolata di servizi essenziali, tra cui assistenza sanitaria, supporto legale e infrastrutture di base, configurandosi come nodi strategici per la gestione delle emergenze abitative.

Gli shelter si distinguono per la loro flessibilità e adattabilità a diversi contesti climatici e culturali. Ad esempio, in aree caratterizzate da climi caldi, possono essere implementati sistemi di ventilazione naturale o dispositivi per la creazione di ombreggiature, mentre in regioni con climi freddi è possibile adottare rivestimenti isolanti e sistemi di riscaldamento dedicati. Tuttavia, emergono alcune criticità intrinseche, tra cui la limitata capacità di garantire un comfort abitativo prolungato e la necessità di interventi manutentivi costanti, aspetti che ne riducono l'efficacia operativa nel lungo periodo.

Il ruolo degli shelter all'interno dei centri di prima accoglienza italiani assume una duplice funzione: da un lato, rispondere alle esigenze immediate derivanti da problematiche quali il sovraffollamento e l'insufficienza di infrastrutture; dall'altro, fungere da piattaforma per lo sviluppo di soluzioni abitative più sostenibili e integrate. L'analisi di queste strutture consente di identificare i loro punti di forza e le loro criticità, offrendo un contributo significativo alla comprensione delle dinamiche progettuali e gestionali che caratterizzano i contesti di accoglienza temporanea.

4.2 | Individuazione e valutazione dei centri di prima accoglienza in Europa e Italia

I Centri di Prima Accoglienza (CPA), denominati anche Centri di Identificazione e Accoglienza (CIA), costituiscono una componente fondamentale del sistema di gestione dei flussi migratori in molte nazioni, con particolare rilevanza nei paesi del Mediterraneo, come l'Italia, che rappresentano principali punti di ingresso per migranti e rifugiati in Europa.

Queste strutture possono essere classificate in diverse tipologie in base alla loro funzione e alla durata di utilizzo, includendo centri di transito temporanei, strutture di accoglienza a medio e a lungo termine. I materiali e le tecniche costruttive impiegati per la loro realizzazione variano in relazione alla tipologia: dalle strutture modulari leggere e prefabbricate, progettate per un rapido montaggio e smontaggio, agli edifici più permanenti costruiti con tecniche tradizionali o materiali sostenibili, quali legno, fibrocemento o pannelli a secco.

Le principali criticità che affliggono i CPA riguardano problematiche quali

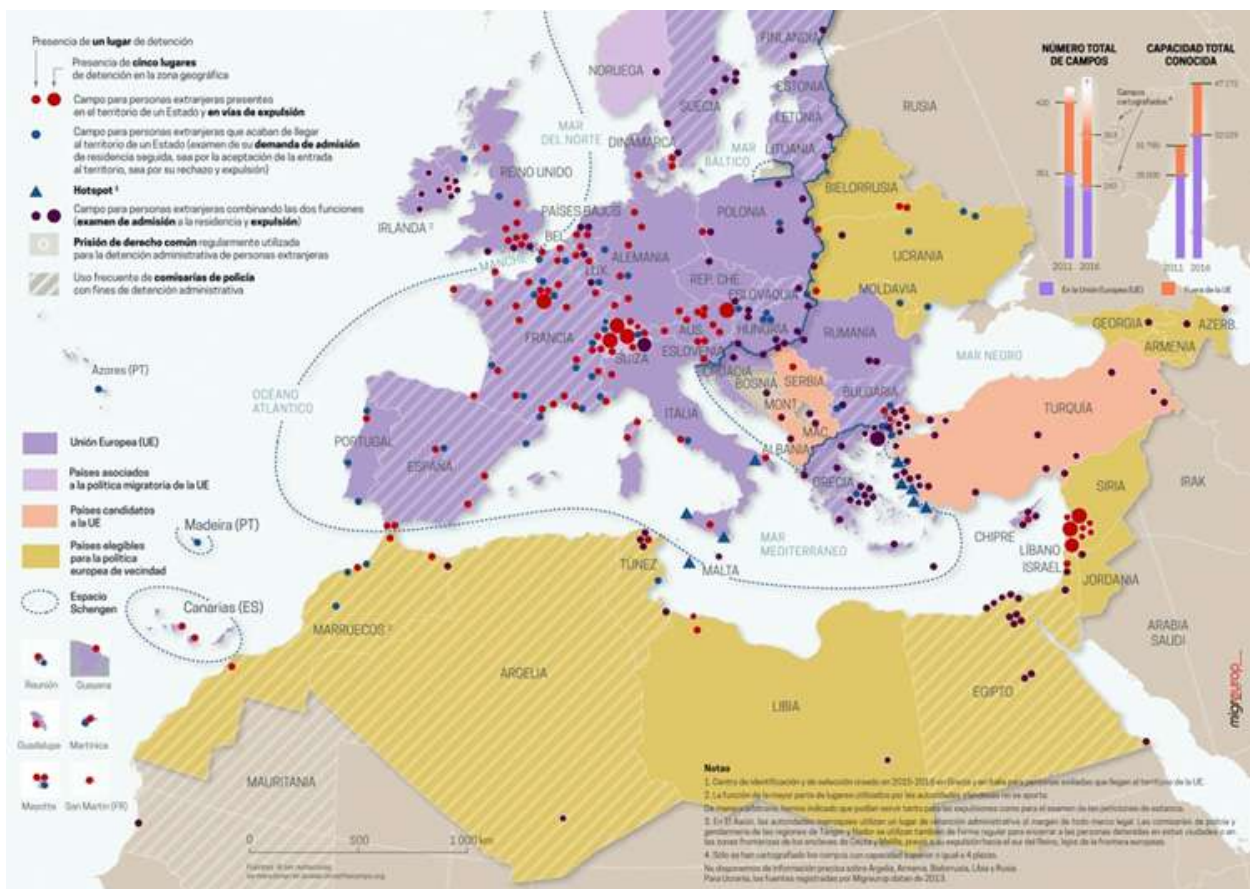


Figura 4.2.1 Centri di prima accoglienza in Europa @meltingpot - Centri di prima accoglienza in Europa: mappa che mostra la distribuzione dei centri di accoglienza, campi per migranti e luoghi di detenzione nei Paesi europei e nelle aree limitrofe. I dati evidenziano la capacità totale e il numero di strutture presenti tra il 2011 e il 2016

il sovraffollamento, le difficoltà nel garantire standard igienico-sanitari adeguati e la necessità di adattare le strutture alle specifiche condizioni climatiche locali. Ulteriori sfide includono la promozione dell'integrazione sociale, che richiede un bilanciamento tra l'accoglienza dei migranti e il coinvolgimento delle comunità locali, con l'obiettivo di favorire la coesione sociale e la sensibilizzazione.

Queste strutture, generalmente collocate in prossimità dei punti di sbarco o delle aree di confine, rivestono un ruolo fondamentale nelle operazioni di primo intervento umanitario, nella registrazione e nell'identificazione delle persone appena arrivate. Il processo di accoglienza è organizzato per garantire il rispetto dei diritti umani fondamentali, fornendo alloggi temporanei, assistenza sanitaria di base e supporto legale preliminare. Tuttavia, la qualità e l'efficienza di tali servizi possono variare significativamente in funzione delle risorse disponibili e della capacità gestionale delle autorità locali.

Questi centri rappresentano il punto di primo contatto tra i migranti e il sistema di asilo del paese ospitante. La fase iniziale di accoglienza comprende procedure strutturate di identificazione e registrazione, che includono il rilevamento delle impronte digitali, la raccolta di dati personali e, se necessario, lo svolgimento di screening sanitari per individuare eventuali problematiche di salute.

I CPA operano dunque come un filtro preliminare, finalizzato a distinguere tra richiedenti asilo, migranti motivati da ragioni economiche e altre categorie vulnerabili, come vittime di guerra e sfruttamento o minori non accompagnati. In questo contesto, la configurazione e la descrizione dei CPA si articolano su diversi livelli, ciascuno dei quali risponde a esigenze specifiche e a normative precise¹.

Dal punto di vista giuridico, i CPA operano nel rispetto di un articolato quadro normativo che integra disposizioni internazionali, europee e nazionali, mirate alla gestione dei flussi migratori. La Convenzione di Ginevra del 1951² sullo status dei rifugiati, il Regolamento Dublino III³ e la Direttiva 2013/33/UE⁴, che stabilisce standard minimi per l'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale, rappresentano i principali riferimenti normativi internazionali e comunitari per il funzionamento di queste strutture. In Italia, tale quadro normativo è ulteriormente rafforzato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2015, n. 142⁵, che disciplina l'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale e l'adeguamento delle procedure d'asilo, definendo nel dettaglio le modalità operative e i requisiti strutturali dei CPA.

Dal punto di vista logistico, i centri di prima accoglienza devono essere strutturati per rispondere a esigenze operative complesse e variabili. Tali strutture devono garantire la capacità di accogliere un numero variabile di persone, in grado di aumentare rapidamente in risposta a flussi migratori improvvisi. È imprescindibile che i centri dispongano di spazi adeguati per il soggiorno, aree dedicate alla distribuzione di pasti, servizi igienici in numero sufficiente, locali per la consulenza legale e psicologica, oltre a spazi attrezzati per il trattamento sanitario.

La gestione quotidiana dei CPA richiede una pianificazione accurata e un coordinamento efficace tra diversi attori, tra cui operatori umanitari,

¹ Wojtalewicz, C., Kirby, A., & Dietz, J. E. (2014). Implementation and Modeling of a Regional Hub Reception Center (RHRC) during Mass Evacuation Operations. *J Emerg Manag*, 12(3), 197-21.

² Cannizzaro, E. (2001). L'armonizzazione delle politiche di asilo in sede comunitaria e la Convenzione di Ginevra sui rifugiati del 1951. *Rivista di diritto internazionale*, 84(2), 440-442.

³ Tomai, G. (2017). Tutela del minore, Regolamento di Dublino III e diritto all'unità familiare. *Minori giustizia: rivista interdisciplinare di studi giuridici, psicologici, pedagogici e sociali sulla relazione fra minorenni e giustizia*: 3, 2017, 117-127.

⁴ Direttiva 2013/33/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 giugno 2013, recante norme relative all'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale (rifusione)

⁵ Decreto legislativo 18 agosto 2015, n. 142 Attuazione della direttiva 2013/33/UE recante norme relative all'accoglienza dei richiedenti protezione internazionale, nonché della direttiva 2013/32/UE, recante procedure comuni ai fini del riconoscimento e della revoca dello status di protezione internazionale.

personale sanitario, forze dell'ordine e organizzazioni non governative. La capacità di armonizzare gli interventi di questi soggetti è cruciale per garantire il rispetto dei diritti fondamentali e la qualità dei servizi offerti. L'aspetto umanitario costituisce un elemento centrale nella definizione e gestione dei CPA, poiché questi luoghi rappresentano spesso il primo rifugio sicuro per individui che hanno affrontato viaggi estremamente pericolosi e condizioni di vita precarie. Pertanto, l'approccio umanitario deve permeare ogni ambito della gestione di tali strutture, assicurando il rispetto dei diritti fondamentali e della dignità dei migranti. Le condizioni di vita offerte all'interno dei centri devono garantire standard adeguati di sicurezza e benessere, creando un ambiente protetto e accogliente per gli ospiti. Tuttavia, nella prassi operativa, tali condizioni possono variare significativamente in funzione delle risorse disponibili e delle pressioni generate da flussi migratori improvvisi e consistenti.

Dal punto di vista sociale, i CPA si configurano come luoghi di interazione tra culture e percorsi di vita differenti. Le dinamiche relazionali che si sviluppano al loro interno, sebbene spesso influenzate da incertezze e difficoltà, possono generare sia conflitti che esperienze di solidarietà e mutuo supporto. In questo contesto, il ruolo degli operatori diventa cruciale: essi devono essere adeguatamente formati per gestire tali dinamiche, promuovendo un ambiente inclusivo e rispettoso delle diversità culturali e religiose.

La gestione delle differenze culturali costituisce un elemento cruciale nella quotidianità dei CPA, richiedendo non solo competenze specialistiche e una profonda sensibilità interculturale⁶, ma anche strutture adeguatamente progettate per rispondere a tali esigenze.

Dal punto di vista psicologico, l'accoglienza in un centro di prima accoglienza può esercitare un impatto significativo sugli individui ospitati. Molti migranti giungono dopo aver affrontato traumi di natura fisica e psicologica, derivanti sia dalle difficoltà del viaggio sia dalle situazioni di conflitto o persecuzione vissute nei paesi di origine. È pertanto essenziale che le strutture siano dotate di servizi adeguati di supporto psicologico e psicosociale, al fine di aiutare gli ospiti a elaborare i traumi subiti e ad adattarsi alla nuova realtà.

La presenza di professionisti qualificati, quali psicologi, assistenti sociali e mediatori culturali, risulta cruciale per garantire un sostegno adeguato, nonché per promuovere l'integrazione dei migranti nel contesto sociale del paese ospitante.

Dal punto di vista economico, la gestione dei CPA costituisce una sfida di notevole complessità. I costi associati includono le spese per il personale, la manutenzione delle infrastrutture, la fornitura di beni di prima necessità e i servizi di assistenza sanitaria e legale. La sostenibilità economica di queste strutture dipende in larga misura dai finanziamenti statali, integrati dai contributi di organizzazioni internazionali e non governative. Tuttavia, una gestione efficiente e oculata delle risorse risulta imprescindibile per assicurare che i servizi erogati siano di qualità adeguata e rispondano alle necessità degli ospiti. Modelli di finanziamento e strategie gestionali variano significativamente tra paesi e regioni, incidendo sulla capacità operativa dei CPA.

⁶ Kirby, A., Dietz, J. E., & Wojtalewicz, C. (2012, November). Modeling of a Regional Hub Reception Center to improve the speed of an urban area evacuation. In 2012 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security (HST) (pp. 476-482). IEEE.

Le dinamiche geopolitiche esercitano un'influenza determinante sul funzionamento di queste strutture. Le crisi migratorie sono spesso il risultato di instabilità politiche, conflitti armati o disastri naturali in diverse aree del mondo. In questo contesto, la posizione strategica dell'Italia nel bacino del Mediterraneo la rende un punto di approdo centrale per migliaia di migranti in fuga da situazioni di estrema difficoltà in Africa e Medio Oriente. Le politiche di asilo e immigrazione dell'Unione Europea e dei singoli stati membri sono continuamente sotto pressione per adattarsi alle evoluzioni dei flussi migratori, creando un contesto normativo e operativo in costante trasformazione.

I CPA operano in un contesto altamente politicizzato, dove le decisioni politiche, sia a livello nazionale che internazionale, incidono profondamente sulle loro attività quotidiane. Tali scelte influenzano non solo la disponibilità delle risorse e le modalità di gestione, ma anche la capacità operativa delle strutture nel rispondere alle emergenze umanitarie⁷.

In Europa, i CPA sono state concepiti per rispondere alle esigenze legate ai flussi migratori e alle emergenze umanitarie. Tali strutture, progettate per essere temporanee o semi-permanenti, si caratterizzano per l'impiego di tecnologie innovative e materiali sostenibili, con un alto grado di adattabilità alle diverse condizioni locali e climatiche.

⁷ Ibidem

Un esempio emblematico è rappresentato dal **Moria Camp in Grecia**, una struttura temporanea progettata per accogliere 3.000 persone, ma frequentemente sovraffollata con oltre 13.000 migranti. Costruita utilizzando pannelli prefabbricati in acciaio e coperture in lamiera ondulata zincata, la struttura ha affrontato problematiche significative, tra cui sovraffollamento, inefficienza termica e difficoltà legate al drenaggio delle acque meteoriche. Per mitigare tali criticità, sono stati implementati sistemi di ventilazione passiva e aggiunti moduli abitativi leggeri, con l'obiettivo di ridurre la densità abitativa e migliorare le condizioni complessive. I centri di accoglienza e identificazione (**Reception and Identification Centres, RIC**) situati a Ceuta e Melilla, in **Spagna**, rappresentano un modello di strutture semi-permanenti progettate per affrontare le sfide climatiche locali e garantire un adeguato comfort abitativo. Le pareti realizzate in fibrocemento e gli interni in legno trattato offrono durabilità e adattabilità alle condizioni ambientali avverse. Inoltre, l'integrazione di pannelli solari per il riscaldamento e di sistemi per il recupero dell'acqua piovana rappresentano soluzioni tecnologiche mirate a gestire la scarsità idrica caratteristica del clima desertico, migliorando così la sostenibilità delle strutture. Il **Centro di Accoglienza di Ritsona in Grecia** rappresenta un esempio di insediamento temporaneo che integra moduli prefabbricati in acciaio con tecnologie sostenibili, come impianti fotovoltaici per garantire l'autosufficienza energetica e sistemi di raccolta delle acque piovane. Questo approccio progettuale ha consentito una gestione più efficiente delle risorse in un contesto caratterizzato da alta densità abitativa, contribuendo a migliorare significativamente le condizioni di vita dei residenti. In **Germania**, l'ex aeroporto di **Tempelhof** è stato riconvertito in una struttura temporanea per l'accoglienza di emergenza. L'utilizzo di

partizioni interne mobili e di un sistema di riscaldamento centralizzato ha reso possibile la creazione di ambienti funzionali per l'alloggio, affrontando con successo le complessità legate all'adattamento di spazi originariamente non residenziali.

In **Francia**, l'insediamento di **Grande-Synthe** utilizza unità abitative in legno certificate FSC, appositamente progettate per resistere a condizioni climatiche difficili. Soluzioni tecnologiche come sistemi di riscaldamento a biomassa e pannelli solari per la produzione di acqua calda migliorano significativamente il comfort abitativo, mentre l'impiego di materiali sostenibili contribuisce a ridurre l'impatto ambientale della struttura.

Dal punto di vista tecnologico, le strutture temporanee per l'accoglienza umanitaria si basano principalmente sull'utilizzo di moduli prefabbricati per assicurare una rapida installazione, mentre le soluzioni semi-permanenti e permanenti impiegano materiali come fibrocemento e legno trattato, offrendo un equilibrio tra sostenibilità, durabilità e comfort. Questi approcci progettuali e gestionali evidenziano l'impegno nell'affrontare le emergenze umanitarie con soluzioni flessibili e adattabili alle diverse esigenze operative.

In **Italia**, Il sistema di accoglienza per i migranti è organizzato secondo una struttura gerarchica complessa, concepita per rispondere in modo efficace alle diverse esigenze operative, legali e sociali derivanti dai flussi migratori. Tale sistema si articola in più livelli, ciascuno caratterizzato da funzioni specifiche e da un ruolo chiave nel percorso dei migranti, dalla prima identificazione fino all'integrazione o all'eventuale espulsione⁸:

⁸ Accorinti, M. (2015). Centri di accoglienza: varietà tipologica e dibattito collegato. *Rivista delle Politiche Sociali*, 2{3}, 179-200.

1. Hotspot

Centro	Tipologia	Materiali principali	Sfide principali	Soluzioni adottate
Moria Camp (Grecia)	Temporaneo	Pannelli in acciaio, lamiera ondulata	Sovraffollamento, isolamento inefficace	Ventilazione passiva, moduli leggeri aggiuntivi
RIC (Ceuta e Melilla)	Semi-permanente	Fibrocemento, legno trattato	Clima desertico, scarsità idrica	Pannelli fotovoltaici, recupero acqua piovana
Centro di Ritsona (Grecia)	Temporaneo	Moduli prefabbricati in acciaio	Gestione risorse in alta densità	Fotovoltaico, raccolta acqua piovana
Tempelhof (Germania)	Temporaneo	Partizioni mobili, riscaldamento centralizzato	Adattamento di spazi non residenziali	Riorganizzazione interna, efficienza energetica
Grande-Synthe (Francia)	Semi-permanente	Legno FSC, materiali isolanti ecologici	Clima difficile, comfort abitativo	Riscaldamento a biomassa, pannelli solari

Tabella 4.2.1 Caratteristiche principali e soluzioni adottate nei principali centri di accoglienza temporanei e semi-permanenti in Europa

Gli hotspot costituiscono il primo punto di contatto per i migranti, collocati strategicamente nei principali luoghi di sbarco. In queste strutture si svolgono le attività preliminari di registrazione e identificazione, che includono il rilevamento delle impronte digitali e lo screening sanitario. Generalmente costruite con materiali prefabbricati e progettate per la gestione rapida di un elevato numero di persone, gli hotspot rappresentano una risposta immediata e transitoria alle emergenze.

2. **Centri di Prima Accoglienza**

Le strutture di accoglienza primaria accolgono i migranti dopo il passaggio negli hotspot, fornendo supporto immediato, assistenza sanitaria e soluzioni abitative temporanee. Questi spazi, concepiti per soddisfare le necessità iniziali, rappresentano una fase di transizione fondamentale all'interno del sistema di accoglienza.

3. **Hub Regionali**

Gli hub regionali svolgono un ruolo centrale nella gestione logistica dell'accoglienza, fungendo da punti di coordinamento per la distribuzione dei migranti verso strutture specifiche, come quelle del Sistema di Accoglienza e Integrazione (SAI) o i Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS). La loro funzione primaria è ottimizzare il flusso migratorio a livello regionale.

4. **Centri di Identificazione ed Espulsione (CIE)**

I CIE, oggi denominati CPR (Centri di Permanenza per il Rimpatrio), sono destinati a migranti che non soddisfano i requisiti per la richiesta di asilo o protezione internazionale. All'interno di queste strutture vengono avviate le procedure legali necessarie per l'identificazione e il rimpatrio dei migranti.

5. **Sistema di Accoglienza e Integrazione (SAI)**

Il Sistema di Accoglienza e Integrazione (precedentemente SPRAR) rappresenta un modello di accoglienza diffusa, realizzato con il coinvolgimento dei comuni italiani. Queste strutture offrono programmi personalizzati per l'integrazione, fornendo servizi legali, educativi e sanitari volti a favorire l'inserimento socioeconomico dei migranti.

6. **Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS)**

I CAS sono strutture temporanee attivate in situazioni di emergenza per far fronte a necessità improvvise. Utilizzano spesso edifici adattati o moduli prefabbricati per garantire una risposta immediata, accogliendo i migranti in attesa di trasferimento o di una decisione relativa alla loro domanda di asilo.

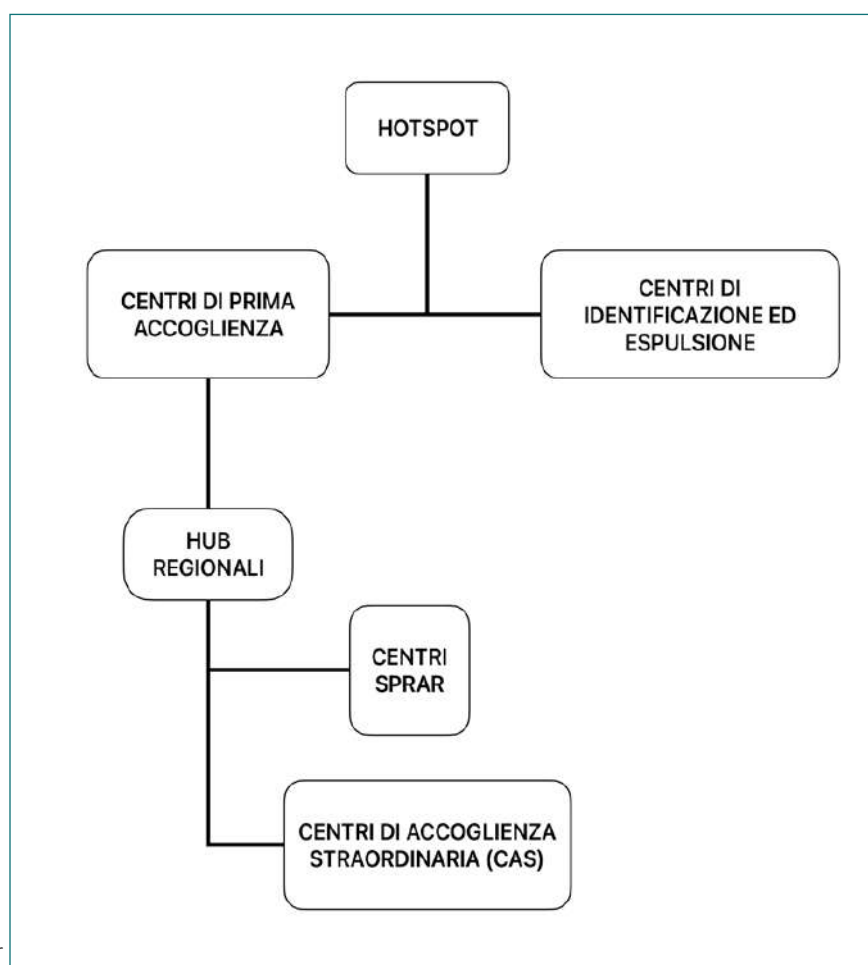


Figura 4.2.2 Schema della rete di accoglienza per migranti in Italia - Schema della rete di accoglienza per migranti in Italia: rappresentazione grafica dei diversi livelli del sistema di accoglienza, che include hotspot, centri di prima accoglienza, centri di identificazione ed espulsione, hub regionali, centri SPRAR e centri di accoglienza straordinaria (CAS)

In Italia, il sistema di accoglienza per i migranti è articolato per rispondere in maniera efficiente alle diverse esigenze che emergono lungo le varie fasi del percorso migratorio. Le tipologie di centri, insieme ai materiali e alle tecnologie impiegati, sono progettate per adattarsi a necessità che variano dal supporto immediato all'integrazione a lungo termine.

Queste strutture svolgono un ruolo fondamentale nella gestione dei flussi migratori, ma si trovano spesso ad affrontare criticità sistemiche quali il sovraffollamento, l'insufficienza delle risorse disponibili e le disuguaglianze nei servizi erogati. Per garantire condizioni di vita dignitose e conformi ai principi dei diritti umani, risulta imprescindibile un approccio integrato che includa la collaborazione tra istituzioni pubbliche, organizzazioni del terzo settore e comunità locali.

Interventi mirati, come il miglioramento delle infrastrutture, un finanziamento adeguato, la formazione adeguata del personale e l'implementazione di strategie per favorire l'integrazione sociale, rappresentano elementi chiave per la costruzione di un sistema di accoglienza inclusivo e sostenibile⁹. Di seguito viene presentata una panoramica di esempi rilevanti di strutture situate sul territorio italiano, ad esclusione di quelle presenti in Sicilia.

⁹ Marchetti, C. (2016). Le sfide dell'accoglienza: passato e presente dei sistemi istituzionali di accoglienza per richiedenti asilo e rifugiati in Italia. Le sfide dell'accoglienza: passato e presente dei sistemi istituzionali di accoglienza per richiedenti asilo e rifugiati in Italia, 121-143.

Gli hotspot, come quello situato a Taranto, costituiscono il primo punto di contatto per i migranti al loro arrivo. Progettati per facilitare una rapida identificazione e registrazione, questi centri utilizzano strutture modulari leggere, tra cui tende e container prefabbricati, che offrono flessibilità operativa e rapidità di installazione, rispondendo efficacemente alle esigenze di primo intervento.

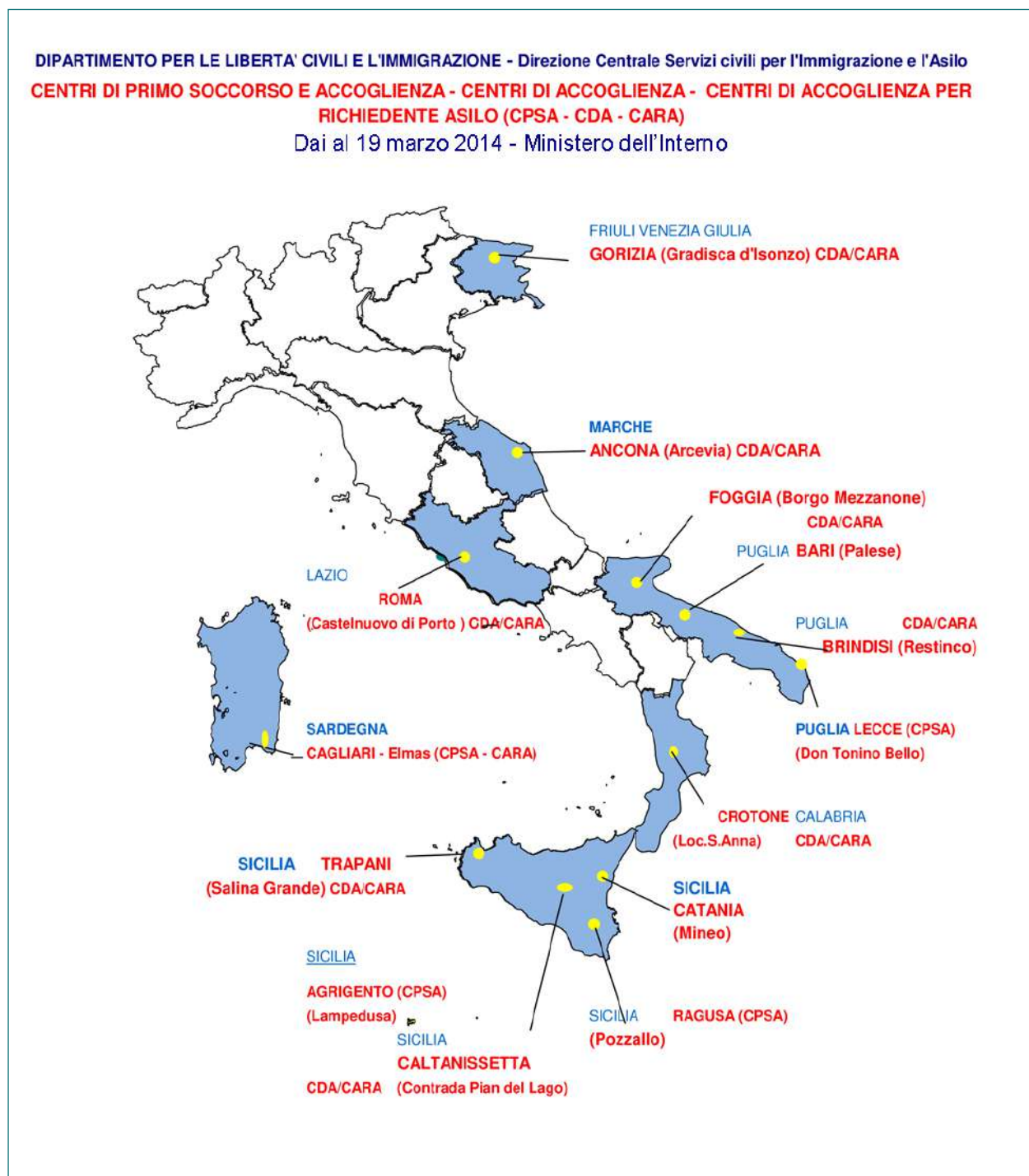


Figura 4.2.3 Mappa degli Hotspot e dei Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS) in Italia: rappresentazione geografica delle strutture di primo soccorso e accoglienza, centri di accoglienza per richiedenti asilo (CPSA, CDA, CARA) e dei principali hotspot distribuiti sul territorio nazionale. Fonte: Ministero dell'Interno (2014)

I **CPA**), come quello di **Gorizia**, forniscono supporto immediato e alloggi temporanei per i migranti trasferiti dagli hotspot. Queste strutture impiegano prefabbricati in acciaio e pannelli sandwich, selezionati per garantire un adeguato isolamento termico e facilità di manutenzione. Esse offrono un ambiente sicuro e transitorio, predisposto per la permanenza iniziale prima dell'assegnazione a soluzioni di accoglienza più stabili.

Gli **Hub Regionali**, come quello di **Bologna**, svolgono un ruolo logistico strategico all'interno del sistema di accoglienza. Realizzati spesso attraverso il riadattamento di edifici preesistenti, questi centri fungono da punti di smistamento verso altre tipologie di strutture. Dotati di tecnologie moderne, quali sistemi di riscaldamento centralizzato e ventilazione, gli hub garantiscono condizioni ambientali confortevoli e una gestione funzionale del flusso migratorio.

I **Centri di Identificazione ed Espulsione (CIE)**, oggi denominati CPR (Centri di Permanenza per il Rimpatrio), come quello di **Roma Ponte Galeria**, si occupano dei migranti che non soddisfano i requisiti per l'ottenimento dell'asilo o della protezione internazionale. Questi centri utilizzano materiali resistenti, come calcestruzzo armato e pannelli prefabbricati, integrati con avanzati sistemi di controllo e misure di sicurezza, al fine di garantire un ambiente conforme alle esigenze operative.

Le strutture del **Sistema di Accoglienza e Integrazione (SAI)**, precedentemente SPRAR), come quella di **Riace**, rappresentano un modello di accoglienza diffusa e sostenibile. Spesso basate sul recupero di edifici abbandonati nei piccoli borghi, queste strutture impiegano materiali tradizionali, tra cui mattoni e legno locale, e promuovono l'integrazione sociale e culturale attraverso programmi specifici volti a favorire l'inclusione e l'autonomia dei beneficiari.

Infine, i **Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS)**, come quelli di **Milano**, sono concepiti per rispondere a situazioni di emergenza temporanea. Queste strutture utilizzano edifici riadattati e materiali economici, come il cartongesso, per creare spazi funzionali e facilmente adattabili alle esigenze variabili. I CAS rappresentano una soluzione rapida per ospitare i migranti in attesa di trasferimento o di una sistemazione definitiva. Questi esempi evidenziano la varietà di approcci adottati in Italia, con una particolare attenzione alla funzionalità e all'adattabilità delle strutture, sviluppate per rispondere alle differenti esigenze operative e per garantire il rispetto dei diritti umani e la dignità dei migranti.

Categoria	Sito	Materiali principali	Tecnologie utilizzate	Note principali
Hotspot	Hotspot di Taranto (Puglia)	Tende e container prefabbricati	Sistemi di ventilazione naturale, moduli modulari	Punto operativo per identificazione e primo screening sanitario, progettato per flussi temporanei.
Centri di Prima Accoglienza	CPA di Gorizia (Friuli-Venezia Giulia)	Prefabbricati in acciaio, pannelli sandwich	Sistemi di climatizzazione e isolamento termico	Struttura di transito per migranti appena arrivati, con capacità media e servizi di supporto immediato.
Hub Regionali	Hub di Bologna (Emilia-Romagna)	Edifici esistenti riadattati	Impianti di riscaldamento centralizzato, ventilazione	Centro logistico per il trasferimento e la gestione dei migranti verso altre strutture.
Centri di Identificazione ed Espulsione (CIE)	CIE di Roma Ponte Galeria (Lazio)	Calcestruzzo armato, pannelli prefabbricati	Sistemi di sorveglianza e controllo degli accessi	Struttura con misure di sicurezza avanzate, progettata per gestire procedure di rimpatrio.
Centri SPRAR (ora SAI)	Centro SPRAR di Riace (Calabria)	Mattoni tradizionali, legno locale	Soluzioni energetiche integrate, reti comunitarie	Modello innovativo di accoglienza diffusa basata sulla riqualificazione di edifici abbandonati.
Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS)	CAS di Milano (Lombardia)	Edifici temporanei riadattati, cartongesso	Sistemi di illuminazione e riscaldamento temporanei	Struttura flessibile per accogliere migranti in attesa di una sistemazione definitiva.

Tabella 4.2.2 Tipologie principali di strutture per l'accoglienza dei migranti in Italia

4.3 | Individuazione e valutazione dei centri di prima accoglienza in Sicilia

I centri di prima accoglienza in Sicilia rivestono un ruolo cruciale nel sistema di gestione dei flussi migratori verso l'Europa, configurandosi come le strutture di primo approdo per i migranti che giungono sulle coste dell'isola. La posizione geografica strategica della Sicilia, situata al crocevia delle rotte migratorie del Mediterraneo centrale, pone questa regione in una posizione centrale nell'accoglienza e nella gestione delle persone in movimento.

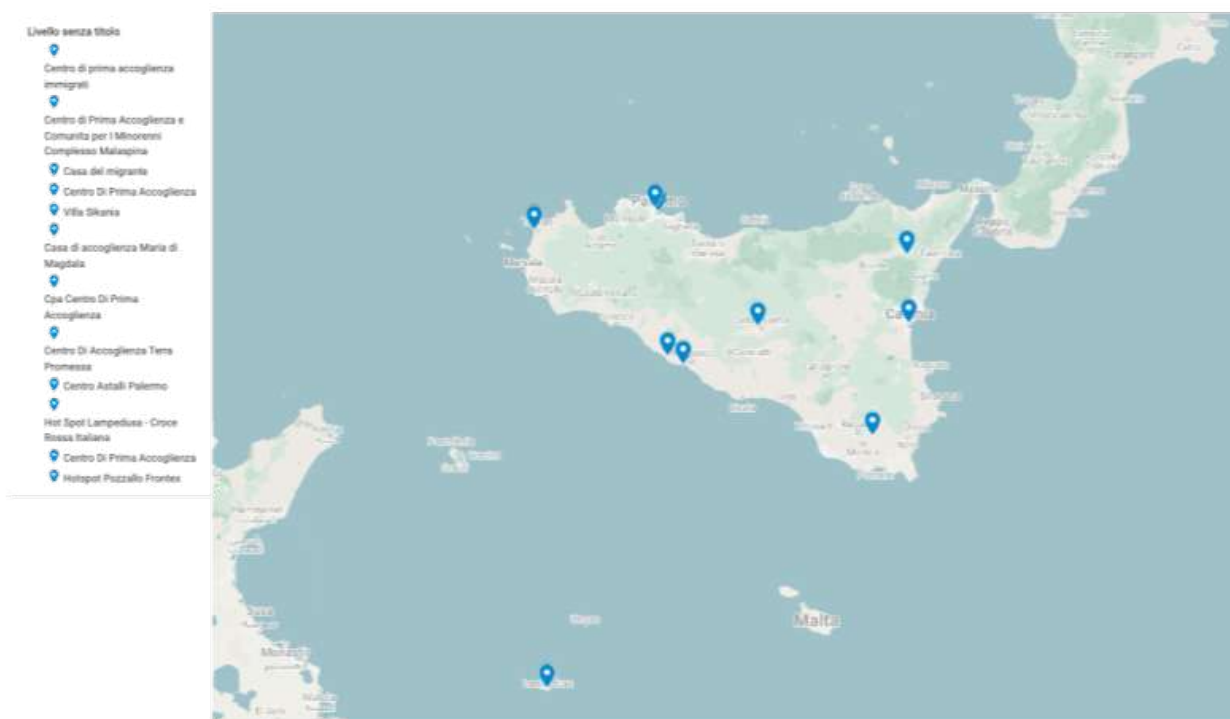
Il contesto siciliano si caratterizza per una complessità intrinseca, determinata dall'intreccio di fattori geopolitici, socio-economici e culturali, che incidono profondamente sulle capacità operative e sull'efficacia delle risposte offerte dai centri di accoglienza. Un'analisi di queste strutture richiede un approccio sistematico e interdisciplinare, volto a indagare gli aspetti logistici, le dinamiche umanitarie, il quadro normativo di riferimento e le sfide operative specifiche che emergono in un contesto territoriale così peculiare¹⁰.

I centri di prima accoglienza, spesso, tendono a trasformarsi in insediamenti permanenti con caratteristiche assimilabili a quelle di baraccopoli. In tali contesti, i rifugi non possono essere concepiti come elementi isolati, ma devono essere progettati e gestiti in modo da favorire la ricostituzione di un sistema sociale, considerando sia l'organizzazione dell'insediamento sia il contesto culturale delle persone sfollate. In questo scenario, l'architettura non si limita alla progettazione e costruzione di strutture fisiche, ma assume il ruolo di una scienza sociale, apportando conoscenze e competenze professionali essenziali per ridefinire le priorità e le strategie delle azioni umanitarie.

L'architettura in contesti di emergenza e post-emergenza affronta sfide complesse, tra cui la necessità di fornire rifugi sicuri e confortevoli, promuovere la coesione sociale e rispettare le caratteristiche culturali dei gruppi sfollati. Nell'ambito degli interventi di ripresa, molte agenzie umanitarie, tra cui l'UNHCR, hanno identificato il rifugio di transizione come una soluzione ottimale per la riorganizzazione delle persone sfollate. Questa scelta risulta cruciale per bilanciare le esigenze a breve termine con le considerazioni di lungo periodo, poiché ogni catastrofe segue un ciclo tipico che inizia con la fase di emergenza immediata, prosegue con la fase di ripresa e culmina nella ricostruzione.

I rifugi di transizione devono essere progettati in modo tale da essere facilmente implementabili e adattabili alle condizioni in evoluzione, garantendo al contempo la possibilità di trasformarsi in soluzioni di lungo termine, qualora necessario. Questa flessibilità progettuale consente di rispondere efficacemente alle esigenze immediate senza pregiudicare gli obiettivi di sviluppo a lungo termine, contribuendo così a una gestione

¹⁰ Costantini, O. (2021). Ammalarsi nell'accoglienza. Il disagio mentale in un centro di transito nel Sud della Sicilia. *Antropologia*, 8(1 NS), 63-803.



sostenibile delle crisi umanitarie¹¹. Al 31 dicembre 2022, la Sicilia ospitava un totale di 68 centri di prima accoglienza, con una capacità complessiva di 2.929 posti. Queste strutture erano suddivise in due categorie principali: 38 Centri di Accoglienza Straordinaria (CAS) e 30 appartenenti al Sistema di Protezione per Richiedenti Asilo e Rifugiati (SPRAR). Tale distinzione riflette differenti approcci gestionali e tipologie di servizi offerti agli ospiti.

I CAS sono progettati principalmente per affrontare situazioni di emergenza, adottando un approccio prevalentemente transitorio e focalizzato sulla risposta immediata ai bisogni primari. Al contrario, i centri SPRAR si caratterizzano per un modello di accoglienza integrata e prolungata, finalizzato a promuovere l'inclusione sociale e l'autonomia dei beneficiari. Di seguito si riportano i principali centri di prima accoglienza per migranti operanti sul territorio siciliano, con un'analisi delle loro caratteristiche e del loro ruolo nel sistema regionale di gestione dell'accoglienza¹²:

• SPRAR di Palermo

Parte del Sistema di Protezione per Richiedenti Asilo e Rifugiati (SPRAR), il centro di Palermo è ospitato in un edificio di proprietà comunale riqualificato per l'accoglienza. Le strutture, costruite in **muratura tradizionale**, presentano finiture interne in **legno trattato** per garantire un ambiente accogliente e sostenibile. **Soluzioni energetiche integrate**, come pannelli solari per il riscaldamento dell'acqua, contribuiscono all'efficienza operativa del centro, riducendo i costi di gestione. Con una capacità di 200 posti, il centro si distingue per il focus sull'integrazione sociale, offrendo supporto legale, assistenza sanitaria, istruzione e formazione professionale. Tuttavia, permangono sfide legate al finanziamento e alla gestione a lungo termine.

Figura 4.3.4 Posizione dei centri di accoglienza straordinaria in Sicilia

¹¹ Kiwan, S. M., Alhassan, M. A., & Hamad, B. M. (2022). Development of a simple sustainable camping shelter for addressing the needs of refugees in Jordan. Results in Engineering, 14, 1004043.

¹² Kiwan, S. M., Alhassan, M. A., & Hamad, B. M. (2022). Development of a simple sustainable camping shelter for addressing the needs of refugees in Jordan. Results in Engineering, 14, 1004043.

- **SPRAR di Trapani**

Ospitato in un ex convento, il centro SPRAR di Trapani rappresenta un esempio virtuoso di riutilizzo del patrimonio architettonico. Le facciate restaurate utilizzano **pietre naturali**, mentre gli interni presentano divisori in **fibrocemento** e pavimenti in **legno certificato FSC**, scelti per la loro durabilità e il comfort abitativo. Con una capacità di 150 posti, la struttura integra tecnologie sostenibili, tra cui **pannelli fotovoltaici** per la produzione di energia e sistemi di raccolta delle acque piovane. Questo approccio combina sostenibilità ambientale e rispetto del contesto storico, garantendo un'accoglienza dignitosa e integrata

- **CAS di Mineo (Catania)**

Il Centro di Accoglienza Straordinaria di Mineo, situato nella provincia di Catania, è stato il più grande centro di prima accoglienza in Sicilia, con una capacità massima di 1.000 posti. Originariamente concepito come villaggio residenziale per le famiglie dei militari statunitensi, è stato successivamente riconvertito per accogliere migranti e richiedenti asilo. La struttura comprende abitazioni in **muratura** e **cemento armato**, con tetti a falda rivestiti in tegole. Tuttavia, il centro ha affrontato gravi criticità, tra cui sovraffollamento, condizioni igieniche precarie e infiltrazioni della criminalità organizzata. La mancanza di manutenzione e l'inadeguatezza tecnologica hanno ulteriormente peggiorato la situazione, portando alla chiusura definitiva nel 2019, durante il governo Conte. Questo caso ha evidenziato i limiti dei grandi centri e ha sollevato dubbi sull'efficacia dell'uso di complessi residenziali su larga scala per l'accoglienza.

- **CAS di Caltanissetta**

Situato in una ex caserma, il CAS di Caltanissetta dispone di una capacità di 500 posti ed è destinato a fornire alloggi temporanei ai migranti in attesa di trasferimento o dell'elaborazione delle richieste di asilo. La struttura utilizza una combinazione di **cemento armato** e **acciaio prefabbricato** per la costruzione dei dormitori e degli spazi comuni. Gli interni sono dotati di **sistemi di climatizzazione** e pannelli isolanti per migliorare il comfort abitativo. Nonostante queste caratteristiche, il centro ha affrontato problemi ricorrenti di sovraffollamento, insufficienza dei servizi igienico-sanitari e difficoltà di manutenzione, accentuate dall'elevata densità abitativa.

- **CAS di Lampedusa**

Il Centro di Accoglienza Straordinaria di Lampedusa, situato in contrada Imbriacola, è una struttura chiave per la gestione dei flussi migratori nel Mediterraneo centrale. Progettato per ospitare circa 400 persone, il centro supera spesso la capacità nominale, registrando picchi superiori a 800 presenze. La struttura combina edifici permanenti in **muratura** con moduli prefabbricati in **acciaio** dotati di **pannelli sandwich isolanti**, scelti per la loro facilità di installazione e il comfort termico minimo garantito. Nonostante gli spazi dedicati allo screening sanitario, alla mediazione culturale e all'assistenza legale, il centro continua a soffrire di problemi di sovraffollamento e degrado delle condizioni igienico-sanitarie, aggravati

dall'elevata pressione migratoria.

• Centro per rimpatri veloci di Pozzallo

Situato in una delle principali aree di sbarco della Sicilia, il centro di Pozzallo utilizza container prefabbricati in acciaio, dotati di pannelli sandwich isolanti per garantire rapidità di installazione e comfort termico. Le coperture resistenti agli agenti atmosferici e i sistemi di ventilazione naturale migliorano la funzionalità del centro. La struttura è stata ampliata con moduli aggiuntivi per far fronte al sovraffollamento e dispone di spazi destinati a screening sanitario, mediazione culturale e assistenza legale, riflettendo un approccio integrato alla gestione dei flussi migratori¹³.

Questi centri offrono un panorama eterogeneo delle modalità di accoglienza in Sicilia, evidenziando approcci distinti e le relative criticità nel contesto delle politiche migratorie italiane.

¹³ Arduino, G., & Canuto, C. (2018). L'accoglienza dei migranti in Sicilia. Proposta di un sistema innovativo Hotspot-Hub per Pozzallo. JUNC| Journal of UNiversities and international development COoperation, 2(1-2).

Centro	Tipologia	Materiali principali	Tecnologie utilizzate	Note principali
CAS di Mineo (Catania)	Straordinario	Muratura, cemento armato, tetti in tegole	Strutture residenziali adattate	Ex villaggio residenziale per militari; chiuso nel 2019 a causa di criticità gestionali e infiltrazioni criminali.
CAS di Caltanissetta	Straordinario	Cemento armato, acciaio prefabbricato	Climatizzazione, isolamento acustico	Ex caserma adattata; difficoltà nella gestione del sovraffollamento e dei servizi igienico-sanitari.
SPRAR di Palermo	Semi-permanente	Muratura tradizionale, legno trattato	Pannelli solari, soluzioni energetiche integrate	Modello sostenibile e orientato all'integrazione sociale; 200 posti disponibili.
SPRAR di Trapani	Semi-permanente	Pietre naturali, fibrocemento, legno FSC	Pannelli fotovoltaici, raccolta acqua piovana	Recupero architettonico di un ex convento; sostenibilità e rispetto del contesto storico.
CAS di Lampedusa	Straordinario	Muratura, acciaio prefabbricato, pannelli sandwich	Ventilazione naturale, coperture resistenti	Criticità legate al sovraffollamento e alle condizioni igienico-sanitarie; progettato per 400 posti ma spesso sovraccarico.
Centro per Rimpatri Veloci di Pozzallo	Straordinario	Acciaio prefabbricato, pannelli sandwich	Ventilazione naturale, coperture resistenti	Moduli aggiuntivi per gestire flussi; spazi dedicati a screening sanitario e mediazione culturale.

Tabella 4.3.3 Panoramica di alcune strutture di accoglienza straordinarie e semi-permanenti

Nel contesto del sistema di accoglienza in Italia, un aspetto di crescente rilevanza è rappresentato dai centri di accoglienza destinati ai lavoratori stagionali, che accolgono sia migranti richiedenti protezione internazionale sia lavoratori extracomunitari impiegati temporaneamente nel settore agricolo. Questi centri assumono un ruolo fondamentale nel fornire alloggi temporanei, servizi essenziali e supporto logistico a lavoratori che, per esigenze economiche e opportunità lavorative, si spostano frequentemente tra diverse aree rurali del Paese.

• I centri di accoglienza per **lavoratori stagionali** sono concepiti per garantire condizioni abitative dignitose e sicure, rispondendo alle necessità di chi è impiegato in lavori agricoli stagionali caratterizzati da una natura transitoria e spesso localizzati in aree isolate o scarsamente urbanizzate. Tuttavia, queste strutture devono affrontare numerose criticità, tra cui sovraffollamento, carenza di servizi di base e inadeguatezza delle infrastrutture, elementi che possono incidere negativamente sulla qualità della vita dei residenti.

Un caso emblematico di tali problematiche è rappresentato dal centro di accoglienza di **Campobello di Mazara**, in Sicilia. Durante le stagioni di raccolta agricola, l'afflusso di un numero significativo di lavoratori stagionali ha evidenziato la necessità di migliorare le condizioni abitative e organizzative di queste strutture, con l'obiettivo di garantire un'accoglienza conforme agli standard di dignità e ai diritti umani. Nel capitolo successivo, verrà analizzato in dettaglio il caso di Campobello di Mazara, esaminando sia le soluzioni adottate sia le criticità persistenti. Tale analisi offrirà spunti di riflessione utili per una gestione più efficiente e umana di questi spazi, proponendo strategie volte a migliorare l'efficacia e la sostenibilità dei centri di accoglienza per lavoratori stagionali¹⁴.

¹⁴ Cipolla, R (2021) L'ABITARE MINIMO NECESSARIO TRA TEMPORANEITÀ E PERMANENZA, il progetto degli alloggi per i lavoratori stagionali di Campobello di Mazara (TP) Tesi di Dottorato.



Figura 4.3.5 Veduta aerea del CPR di Trapani Milo, situato nella periferia meridionale della città siciliana. Il complesso è costituito da una serie di moduli abitativi disposti in maniera ordinata all'interno di una recinzione perimetrale, con percorsi di accesso controllati e sistemi di videosorveglianza. Le pareti perimetrali e interne, evidenziate da pannelli metallici verniciati di giallo, rafforzano la percezione di segregazione spaziale. Le coperture piane ospitano impianti di climatizzazione per ciascuna unità, mentre la disposizione seriale e l'omogeneità architettonica evidenziano l'approccio standardizzato e contenitivo dell'infrastruttura. Il CPR di Trapani Milo rappresenta una delle principali strutture italiane dedicate alla detenzione amministrativa dei migranti in attesa di rimpatrio.

4.4 | Inquadramento del caso studio di Campobello di Mazara: centro di prima accoglienza dei lavoratori stagionali

In linea con le priorità delineate dal Programma Operativo Nazionale (PON), che evidenzia l'urgenza di affrontare problematiche specifiche del contesto italiano, questa ricerca si concentra sul campo di accoglienza per lavoratori stagionali di Campobello di Mazara. Tale scelta, oltre a garantire coerenza con gli obiettivi del finanziamento, consente di approfondire una questione concreta e altamente rappresentativa delle criticità legate ai contesti di accoglienza temporanea.

Il caso di Campobello di Mazara rappresenta un'opportunità unica per esaminare le condizioni abitative dei lavoratori stagionali, con un focus specifico sulla sostenibilità degli involucri edilizi sotto il profilo tipologico, tecnologico e climatico. Questo approccio consente di identificare e valutare soluzioni che potrebbero essere adattate o replicate in contesti simili, contribuendo allo sviluppo di modelli abitativi più resilienti e sostenibili.

Campobello di Mazara, situato nella provincia di Trapani, è un importante centro agricolo, rinomato per la produzione di olive, olio e vini di qualità. Durante la stagione della raccolta, in particolare tra settembre e novembre, il paese attira un numero significativo di lavoratori stagionali, molti dei quali provenienti dal Nord Africa e da altri paesi extra-comunitari. Questo massiccio afflusso di manodopera esercita una forte pressione sul sistema abitativo locale, portando alla formazione di insediamenti informali, spesso definiti "campi spontanei".

Questi insediamenti, costruiti con materiali di fortuna, includono **tende improvvisate**, rifugi realizzati con **lamiera ondulata**, pannelli di **legno di scarto** e **teloni in plastica** utilizzati come coperture temporanee. Le strutture, prive di qualsiasi standard abitativo, non offrono una protezione adeguata dagli agenti atmosferici né un isolamento termico efficiente, lasciando i residenti esposti a condizioni climatiche estreme, dal caldo estivo alle basse temperature notturne. Spesso collocati in aree periferiche o abbandonate, tali insediamenti si caratterizzano per condizioni igienico-sanitarie gravemente insufficienti, sovraffollamento e mancanza di infrastrutture essenziali. Sebbene illegali, questi campi rappresentano per molti lavoratori stagionali l'unica opzione abitativa accessibile, con gravi ripercussioni sulla qualità della vita e sulla dignità dei residenti.

L'analisi del caso di Campobello di Mazara permette dunque di esplorare le problematiche strutturali e organizzative che caratterizzano questi contesti, offrendo una base per la proposta di soluzioni innovative volte a migliorare le condizioni di accoglienza per i lavoratori stagionali, nel rispetto dei principi di sostenibilità e diritti umani.



Figura 4.4.5 Campo informale di lavoratori stagionali nelle vicinanze di Campobello di Mazara. L'immagine illustra le condizioni abitative estremamente precarie e la totale assenza di infrastrutture adeguate.

Per affrontare le criticità legate alle condizioni abitative dei lavoratori stagionali, la Prefettura di Trapani, in collaborazione con il Comune di Campobello di Mazara, ha avviato un **progetto per la realizzazione di un campo organizzato per l'accoglienza**. La struttura è stata sviluppata utilizzando un ex frantoio confiscato alla criminalità organizzata, un intervento di forte valenza simbolica che evidenzia l'impegno istituzionale nella promozione della legalità e nel riutilizzo di beni sottratti per finalità sociali.

Il campo è costituito da moduli abitativi prefabbricati, forniti in parte dalla **IKEA Foundation** e progettati per rispondere alle esigenze delle emergenze umanitarie. Questi moduli rappresentano un'alternativa più sicura e dignitosa rispetto ai campi informali, garantendo standard abitativi minimi e una maggiore protezione climatica. La configurazione include, oltre alle unità abitative, spazi dedicati ai servizi igienico-sanitari e aree comuni, sebbene quest'ultime rimangano limitate in termini di dimensioni e funzionalità.

Nel 2022, il campo per la raccolta delle olive ha raggiunto una capacità significativa, con l'installazione di **85 moduli abitativi** in grado di ospitare fino a **425 persone** (5 per modulo). La gestione del campo è stata caratterizzata da un approccio organizzato e coordinato, che ha incluso la fornitura di alloggi adeguati e l'erogazione di servizi essenziali, garantendo così un ambiente sicuro e supportato per i residenti. Questo intervento ha richiesto una pianificazione dettagliata e una collaborazione sinergica tra molteplici attori, tra cui la Prefettura, la Croce Rossa Italiana e la IKEA Foundation, evidenziando l'importanza di un approccio integrato per affrontare le sfide dell'accoglienza dei lavoratori stagionali.

La Prefettura ha assunto il coordinamento degli aspetti logistici e finanziari del progetto, mentre la Croce Rossa Italiana ha fornito il supporto



Figura 4.4.6 Veduta aerea del campo lavoratori stagionali di Campobello di Mazara: una panoramica che evidenzia la distribuzione spaziale e l'organizzazione delle strutture all'interno del campo.

operativo necessario per l'installazione e la gestione dei moduli abitativi. La IKEA Foundation ha contribuito con la fornitura di moduli prefabbricati, progettati specificamente per soddisfare i requisiti di abitazioni temporanee che combinano comfort, funzionalità e sostenibilità.

I moduli abitativi installati nel campo sono strutture prefabbricate innovative, progettate per garantire un ambiente sicuro e funzionale in contesti di emergenza. La struttura portante è costituita da **acciaio galvanizzato**, configurata attraverso un sistema modulare di tubi verticali, giunti metallici e cavi di rinforzo incrociati, che conferiscono stabilità e resistenza a sollecitazioni esterne. La configurazione strutturale è certificata per resistere a **venti fino a 65 km/h**. Un sistema di ancoraggio, composto da piedini e piastre di fissaggio al suolo, assicura ulteriore stabilità anche in condizioni ambientali avverse.

Le pareti e il tetto dei moduli sono realizzati con **pannelli di plastica semi-rigida**, prodotti in **poliolefine rinforzate** (un polimero) con uno spessore di 5 mm. Questi pannelli sono impermeabili e trattati per resistere ai raggi UV, garantendo protezione contro la pioggia, l'umidità e il deterioramento derivante da esposizione prolungata al sole.

Ogni modulo abitativo è progettato per coprire una superficie di **17,5 m²**, con una capacità massima di accoglienza fino a cinque persone. La configurazione interna è ottimizzata per massimizzare l'utilizzo dello spazio senza compromettere la funzionalità e il comfort abitativo. L'arredamento include un **letto singolo** e **due letti a castello**, una soluzione che consente di garantire un'organizzazione spaziale efficiente pur rispettando le esigenze di abitabilità. La pavimentazione, integrata nella struttura prefabbricata, contribuisce significativamente al miglioramento delle condizioni igieniche, offrendo una superficie stabile, facilmente pulibile e più confortevole.



Figura 4.4.7 Moduli abitativi IKEA all'interno del campo lavoratori stagionali di Campobello di Mazara: soluzioni temporanee progettate per garantire funzionalità e comfort essenziali in contesti emergenziali

Un componente tecnologico chiave integrato nei moduli abitativi è il pannello solare fotovoltaico, installato sul tetto. Questo sistema è progettato per fornire energia sufficiente ad alimentare una lampada LED interna e consentire la ricarica di dispositivi elettronici a bassa tensione, come telefoni cellulari.

La capacità del pannello garantisce fino a 6 ore di elettricità giornaliera, offrendo una soluzione energetica sostenibile e adattabile alle esigenze dei residenti, particolarmente rilevante in contesti caratterizzati da accesso limitato a fonti di energia convenzionali. Un componente tecnologico chiave integrato nei moduli abitativi è il **pannello solare fotovoltaico**, installato sul tetto.

Questo sistema è progettato per fornire energia sufficiente ad alimentare una lampada LED interna e consentire la ricarica di dispositivi elettronici a bassa tensione, come telefoni cellulari. La capacità del pannello garantisce fino a 6 ore di elettricità giornaliera, offrendo una soluzione energetica sostenibile e adattabile alle esigenze dei residenti, particolarmente rilevante in contesti caratterizzati da accesso limitato a fonti di energia



Figura 4.4.8 Dettagli del modulo abitativo IKEA Better Shelter: struttura prefabbricata con telaio in acciaio, pannelli in polipropilene, sistema di ventilazione regolabile e illuminazione a energia solare, progettata per garantire sicurezza e comfort in contesti emergenziali.*

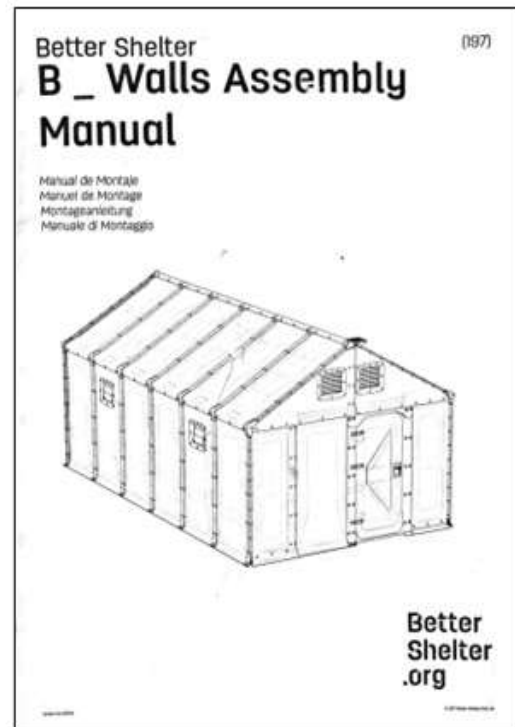
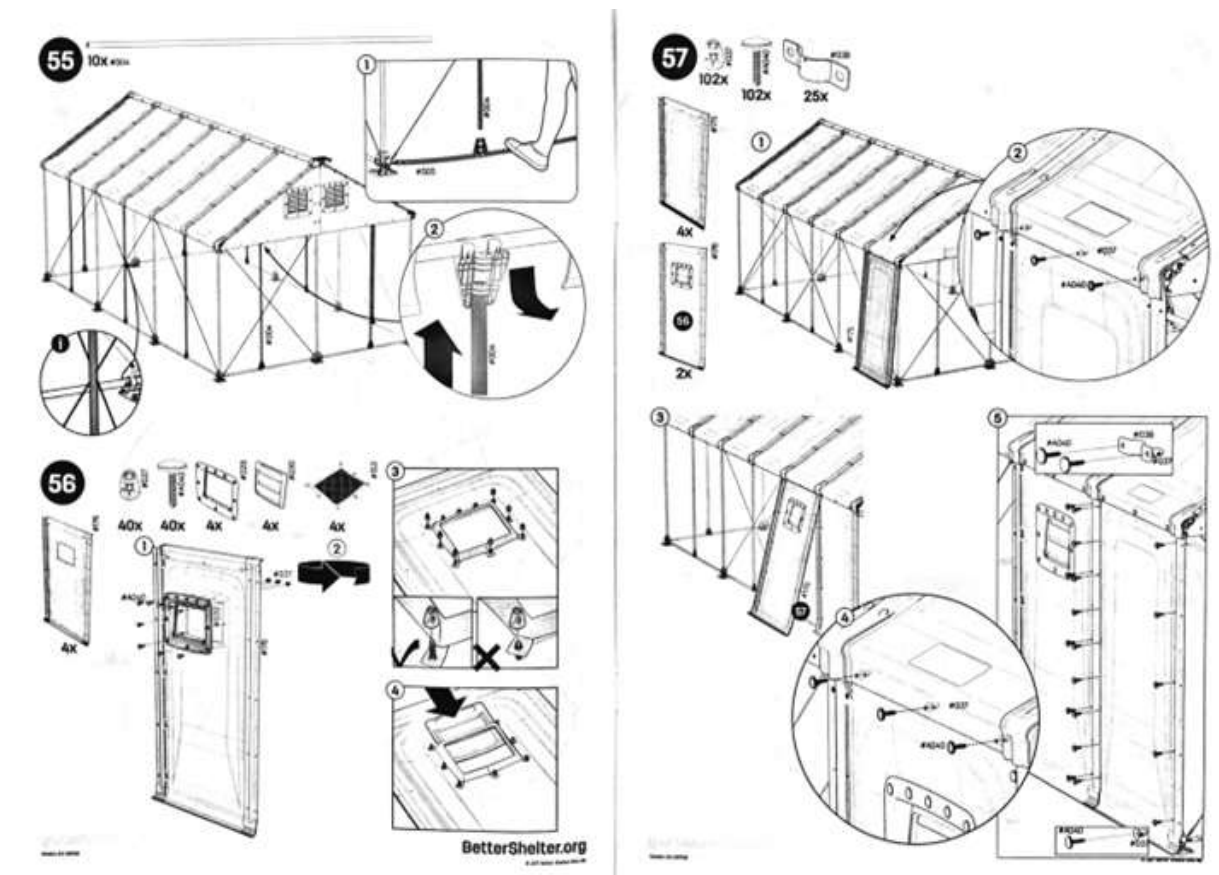


Figura 4.4.9 Dettagli del modulo abitativo IKEA Better Shelter: struttura prefabbricata con telaio in acciaio, pannelli in polipropilene, sistema di ventilazione regolabile e illuminazione a energia solare, progettata per garantire sicurezza e comfort in contesti emergenziali.

Il sistema di energia rinnovabile integrato nei moduli abitativi contribuisce a ridurre la dipendenza da fonti energetiche esterne, migliorando l'autonomia operativa della struttura. Con un peso totale di **161 kg** e un volume di trasporto pari a **1,13 m³**, i moduli sono progettati per garantire una logistica di trasporto efficiente e una rapida installazione. Il processo di assemblaggio, caratterizzato da un design modulare e intuitivo, richiede il coordinamento di quattro operatori e un tempo stimato di 5-6 ore per unità.

Nonostante i numerosi vantaggi offerti dai moduli abitativi, permangono alcune criticità che influenzano negativamente la qualità della vita quotidiana dei lavoratori stagionali. Una delle principali problematiche riguarda la configurazione interna dei moduli, progettati per ospitare fino a cinque persone in un unico ambiente. Questa disposizione limita significativamente la privacy, generando potenziali difficoltà nella gestione delle dinamiche interpersonali, specialmente quando i ritmi di vita e lavoro degli occupanti non coincidono. La mancanza di spazi dedicati alla separazione tra la sfera privata e quella comune amplifica queste tensioni.

L'assenza di **aree comuni** adeguatamente progettate rappresenta un ulteriore elemento di criticità. Attualmente, i campi non includono spazi destinati al relax, alla socializzazione o alle attività ricreative, costringendo i lavoratori a trascorrere il proprio tempo libero all'interno dei moduli abitativi. Questa condizione non solo riduce le opportunità di svago e interazione sociale, ma contribuisce anche a un senso di isolamento

Caratteristica	Dettaglio
Struttura portante	Telaio in acciaio galvanizzato, tubi verticali, giunti metallici e cavi di rinforzo.
Resistenza al vento	Fino a 65 km/h.
Materiale pareti e tetto	Pannelli di plastica semi-rigida in poliolefine rinforzate (spessore 5 mm).
Proprietà dei pannelli	Impermeabili, trattati UV, con isolamento termico moderato.
Area coperta	17,5 m ² (capacità fino a 5 persone).
Configurazione interna	Un letto singolo, due letti a castello, pavimentazione inclusa.
Alimentazione energetica	Pannello solare integrato (lampada LED e ricarica dispositivi).
Autonomia energetica	Fino a 6 ore di elettricità al giorno.
Peso	161 kg per modulo.
Volume di trasporto	1,13 m ³ (due pacchetti).
Tempo di montaggio	5-6 ore (richiede 4 persone).
Durata stimata	36 mesi con manutenzione; 18 mesi senza manutenzione.

Tabella 4.4.4 Caratteristiche tecniche e dettagli costruttivi di un modulo iKee

forzato. Tali limitazioni possono avere un impatto significativo sul benessere mentale e psicologico dei lavoratori stagionali, favorendo sentimenti di solitudine e alienazione che compromettono ulteriormente la loro qualità di vita. Le condizioni igienico-sanitarie rappresentano una delle principali criticità nei campi per lavoratori stagionali. L'inefficienza nella **gestione dei rifiuti**, aggravata dall'assenza di sistemi automatizzati per la raccolta e lo smaltimento, spesso determina l'accumulo di detriti, creando un ambiente favorevole alla proliferazione di parassiti e aumentando il rischio di malattie infettive. A ciò si aggiungono la carenza di **acqua potabile** e la condivisione obbligatoria di spazi igienici limitati, che ostacolano il mantenimento di standard igienici adeguati e accrescono la vulnerabilità degli occupanti a infezioni. La **densità abitativa elevata** costituisce un ulteriore problema, amplificando i rischi sanitari. Nei periodi di massima capienza, la vicinanza forzata tra gli occupanti aumenta significativamente il pericolo di diffusione di malattie contagiose, in particolare durante emergenze sanitarie come pandemie. L'assenza di misure strutturali per il distanziamento sociale accentua ulteriormente questa vulnerabilità.

Dal punto di vista progettuale, i **moduli abitativi** presentano diverse limitazioni tecniche e materiali. I pannelli polimerici utilizzati per le pareti e il tetto offrono prestazioni termiche inadeguate in condizioni climatiche estreme. Durante i mesi estivi, la scarsa ventilazione interna causa un accumulo eccessivo di calore, rendendo gli spazi abitativi insostenibili. Nei mesi invernali, l'isolamento termico insufficiente non trattiene efficacemente il calore, obbligando gli occupanti a ricorrere a soluzioni di riscaldamento supplementari. Tali inefficienze compromettono il comfort abitativo e incrementano i consumi energetici, aggravando le difficoltà operative. Sotto il profilo dell'**efficienza energetica**, i pannelli fotovoltaici integrati, sebbene utili per l'alimentazione di dispositivi di base e l'illuminazione, spesso non soddisfano le necessità energetiche, specialmente in condizioni climatiche avverse come giornate nuvolose o durante la stagione invernale. Questa insufficienza energetica limita l'uso di apparecchi essenziali, come ventilatori o stufe elettriche, e può compromettere la continuità dell'illuminazione, incidendo negativamente sulla qualità della vita degli occupanti.

La **manutenzione** rappresenta un ulteriore punto critico. I pannelli polimerici, in assenza di installazione accurata o interventi regolari, tendono a deteriorarsi rapidamente, riducendo l'efficacia termica e la durata dei moduli. Inoltre, l'assenza di tecnologie avanzate per il controllo climatico, come sistemi di ventilazione meccanica o sensori per il monitoraggio ambientale, limita le possibilità di migliorare le condizioni interne.

Infine, il **design interno** dei moduli, basato su un unico spazio multifunzionale, non offre margini di personalizzazione o adattamento alle esigenze specifiche degli occupanti. Sebbene tale approccio risponda alle necessità di emergenza, risulta inadeguato per un utilizzo prolungato, compromettendo ulteriormente la vivibilità e il comfort degli spazi.

Il campo di accoglienza di Campobello di Mazara rappresenta un caso studio particolarmente rilevante per l'**applicazione di analisi multicriterio**, in quanto offre un esempio concreto di intervento istituzionale volto al miglioramento delle condizioni abitative per i lavoratori stagionali.

Aspetto	Descrizione
Comportamento termico	Isolamento termico insufficiente in condizioni climatiche estreme; problemi di accumulo di calore o perdita di calore.
Efficienza energetica	Pannelli solari con capacità limitata, insufficiente a garantire alimentazione costante in tutte le condizioni climatiche.
Ventilazione	Mancanza di sistemi di ventilazione meccanica, causando discomfort termico e scarsa qualità dell'aria interna.
Durabilità dei materiali	Necessità di manutenzione regolare; usura dei pannelli polimerici in caso di installazione o gestione non ottimale.
Tecnologie assenti	Assenza di sistemi avanzati per il controllo climatico (ventilazione, sensori ambientali) o di tecnologie di ottimizzazione interna.
Configurazione interna	Design limitato e non personalizzabile, che riduce la fruibilità e il comfort per utilizzi prolungati.

Tabella 4.4.5 Criticità principali del modulo abitativo ikea

Il contesto in cui si inserisce è caratterizzato da pressioni sociali ed economiche significative, rendendolo un banco di prova utile per indagare le dinamiche gestionali e operative legate alla realizzazione di soluzioni abitative temporanee.

Una delle caratteristiche distintive di questo campo è l'impiego di moduli prefabbricati progettati con specifiche tecniche riguardanti i materiali, la tipologia costruttiva e la capacità di adattamento alle condizioni climatiche locali. Questi elementi lo rendono un caso di studio ideale per valutare l'efficienza e la sostenibilità delle soluzioni abitative in relazione a parametri chiave come durabilità dei materiali, efficienza energetica e risposta alle variazioni climatiche. Tali aspetti sono fondamentali per lo sviluppo di approcci progettuali che coniughino funzionalità e sostenibilità. L'analisi del campo di Campobello di Mazara consente inoltre di approfondire questioni critiche legate alla progettazione di involucri abitativi per contesti emergenziali e post-emergenziali.

Attraverso un'analisi multicriterio, è possibile identificare le combinazioni di materiali e configurazioni costruttive più adeguate per garantire prestazioni ottimali in termini di efficienza, sostenibilità e adattabilità.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Agier, M. *Managing the Undesirables: Refugee Camps and Humanitarian Government*. Polity, 2011.

Amnesty International. *The State of Asylum: Challenges and Opportunities in Italy*. 2022.

Architecture sans Frontières. "The impact of design in post-disaster reconstruction." *Journal of Post-Disaster Studies*, 2021.

Bauman, Z. *Wasted Lives: Modernity and its Outcasts*. Polity Press, 2004.

Corsellis, T., & Vitale, A. *Transitional Settlement: Displaced Populations*. Oxfam Publishing, 2005.

Dabaieh, M., Maguid, D., & Trinius, W. "Environmental life cycle assessment of buildings in displacement contexts." *Building and Environment*, vol. 92, 2015.

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., & Sokona, Y. *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge University Press, 2011.

European Commission. *Reception Conditions Directive*. 2015.

Ferrante, A., & Semprini, G. "Sustainable temporary housing: Italian experiences." *Sustainability Journal*, 2017.

Garnier, J. P., & Picot, J. "Prefabricated modular structures in humanitarian contexts." *Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 12, 2020.

Governo Italiano. *Decreto Legislativo 142/2015*. 2015.

IKEA Foundation. *Better Shelter: Modular Solutions for Refugees*. 2019.

Keane, J. "From camps to cities: The social integration of refugees." *Urban Studies*, 2020.

Kilian, A. *Design Like You Give a Damn: Architectural Responses to Humanitarian Crises*. Architecture for Humanity, 2018.

Lechner, N. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. Wiley, 2014.

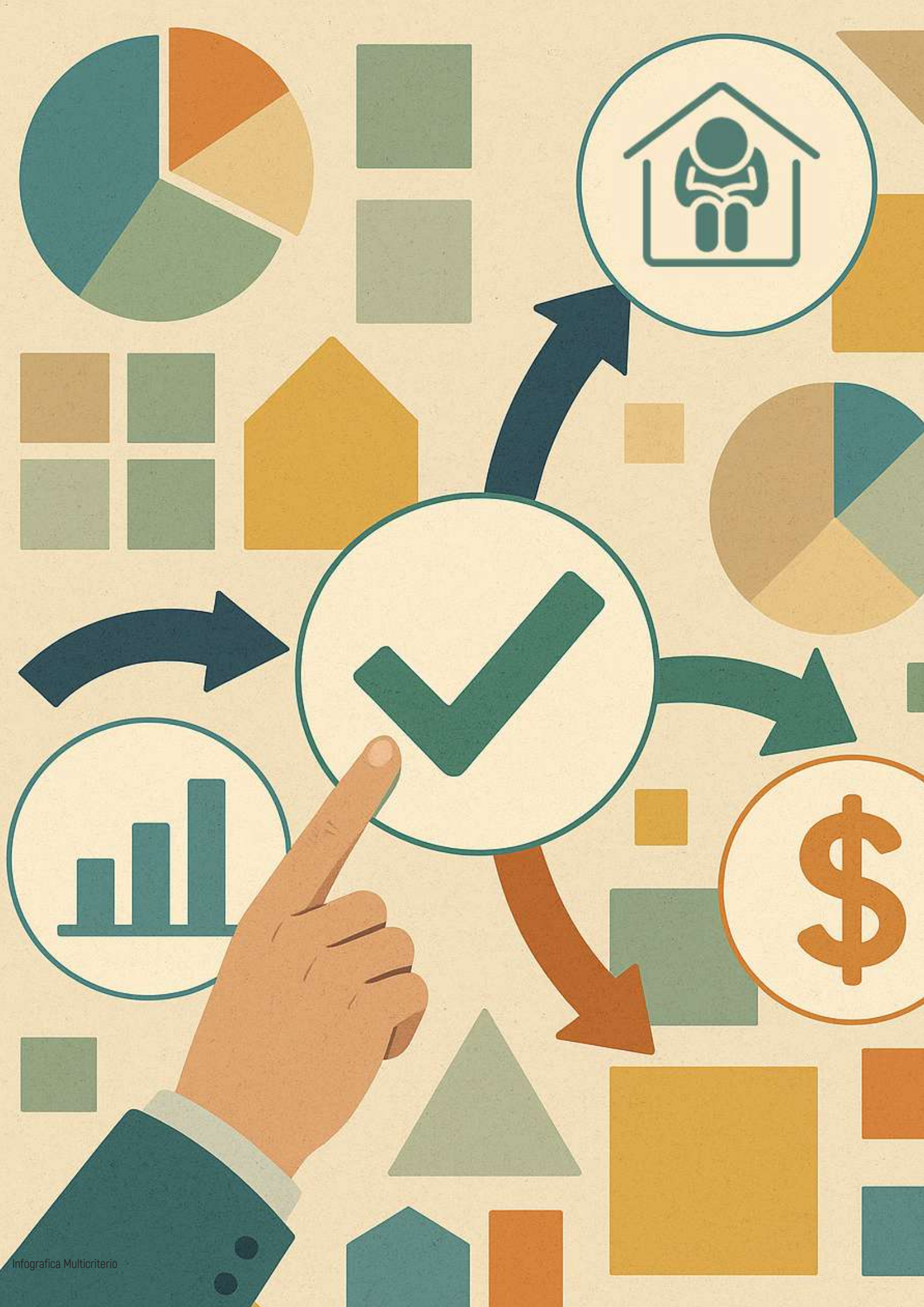
Médecins Sans Frontières. *Providing Shelter in Emergencies: Lessons from Practice*. 2018.

Minke, G. *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser, 2006.

OECD. *Housing for Refugees: Challenges and Opportunities in Europe*. 2018.

Olgyay, V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, 2015.

UNHCR. *Handbook for Emergencies*. United Nations High Commissioner for Refugees, 2016.



CAPITOLO 5

Applicazione dell'analisi Multicriterio al caso studio di Campobello di Mazara

Abstract

Il Capitolo si focalizza sull'applicazione dell'analisi multicriterio come strumento metodologico per valutare e confrontare diverse alternative di involucro per unità abitative di transizione in contesti di emergenza. La ricerca è stata condotta nel contesto del campo di accoglienza per lavoratori stagionali di Campobello di Mazara, scelto per le sue caratteristiche climatiche, tipologiche e sociali, che lo rendono un caso studio ideale per testare soluzioni innovative e sostenibili.

Questa fase di analisi è stata sviluppata durante un periodo di sei mesi all'estero presso l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) di Barcellona, dove è stato applicato il modello MIVES per strutturare un albero dei requisiti che sintetizza criteri economici, ambientali e sociali. L'ambiente di ricerca internazionale dell'UPC ha offerto strumenti avanzati e supporto metodologico per l'applicazione del metodo Delphi, utilizzato per l'assegnazione dei pesi relativi a ciascun criterio, garantendo un'analisi rigorosa e strutturata.

Attraverso l'uso del modello MIVES, il capitolo struttura un albero dei requisiti che sintetizza criteri economici, ambientali e sociali. Questo schema gerarchico permette di analizzare e pesare indicatori quali i costi di costruzione, il consumo energetico, le emissioni di CO₂ e il comfort abitativo, utilizzando il metodo Delphi per assegnare i pesi relativi a ciascun criterio. Cinque alternative di involucro sono state prese in considerazione: pannelli in polipropilene, terra cruda, fibrocemento, polycarbonato e OSB, ognuna delle quali è stata valutata per le sue capacità di rispondere ai requisiti definiti. L'analisi non si limita a una comparazione tecnica, ma integra considerazioni legate all'impatto ambientale, alla sostenibilità economica e al benessere degli utenti finali. I risultati dimostrano come l'uso del MIVES consenta di identificare la soluzione che meglio bilancia le esigenze immediate con obiettivi di sostenibilità a lungo termine. In particolare, emergono considerazioni chiave sull'efficacia delle diverse alternative in termini di adattabilità al contesto locale e di riduzione dell'impatto ambientale. L'approccio presentato sottolinea come strumenti avanzati come l'analisi multicriterio possano guidare la scelta di soluzioni progettuali ottimali, promuovendo modelli abitativi resilienti e adattabili alle sfide contemporanee.

5.1 | Inquadramento e definizione dell'analisi multicriterio

Dallo studio dello stato dell'arte e dalle analisi dei progetti realizzati nel campo dei rifugi post-emergenziali, è emersa la necessità di adottare una metodologia che permettesse di selezionare in modo sistematico l'alternativa più sostenibile per l'involucro di tali strutture. Per questo motivo, si è scelto di applicare l'analisi multicriterio (AMC), una metodologia che consente di confrontare diverse soluzioni progettuali in base a criteri multipli. L'analisi multicriterio nasce negli anni '60 come strumento per supportare decisioni complesse, inizialmente in ambiti come la ricerca operativa e la pianificazione strategica. Tra i pionieri di questa metodologia vi è Thomas L. Saaty, che sviluppò il **Processo Analitico Gerarchico (AHP)**, uno dei primi e più influenti metodi di AMC. L'idea di base era fornire un sistema che potesse aiutare i decisori a valutare opzioni alternative non solo in base a un singolo criterio, ma considerando simultaneamente molteplici aspetti, spesso in conflitto tra loro.

Questo approccio si è rivelato particolarmente utile in ambiti dove le scelte devono bilanciare variabili economiche, tecniche, sociali e ambientali. Nel corso degli anni, l'AMC si è evoluta, integrando nuovi metodi e algoritmi, tra cui il **Metodo delle Opzioni Reali**, il **Metodo di Valutazione Multi-Attributo (MAVT)** e il **MIVES (Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles)**, che è specificamente orientato alla sostenibilità.

Nell'architettura e nella pianificazione urbana, l'AMC trova applicazione in molti contesti, come la valutazione di piani urbanistici, la scelta di materiali per costruzioni sostenibili, e la pianificazione delle infrastrutture. Ad esempio, nel caso della progettazione di un edificio sostenibile, l'AMC permette di confrontare diverse opzioni costruttive tenendo conto non solo del costo e delle prestazioni tecniche, ma anche dell'impatto ambientale, della durata nel tempo, e della capacità di soddisfare le esigenze sociali.

Per rendere più concreto il funzionamento di MIVES, si può considerare l'esempio della scelta di un sistema di isolamento termico per l'involucro di un edificio. Questo metodo permette di confrontare diverse opzioni di materiali isolanti, valutandone la capacità di migliorare l'efficienza energetica, ridurre le perdite di calore, e limitare l'impatto ambientale lungo tutto il ciclo di vita. In questo modo, MIVES aiuta a identificare la soluzione più equilibrata che soddisfi sia le esigenze di comfort termico sia gli obiettivi di sostenibilità e costo-efficacia. Il metodo MIVES, sviluppato presso l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) di Barcellona, è un'estensione di questi principi. MIVES non solo considera i tradizionali criteri economici e ambientali, ma integra anche criteri sociali, fornendo una valutazione più completa delle opzioni progettuali. MIVES è stato utilizzato in vari progetti di costruzione sostenibile, inclusi quelli legati alla gestione delle risorse idriche, alla progettazione di edifici pubblici, e alla pianificazione di infrastrutture urbane.

La formula di base utilizzata in MIVES per calcolare il valore totale V_{tot} di un'alternativa è la seguente:

$$V_{tot} = \sum_{i=1}^n w_i \times V_i(x_i)$$

Dove:

- w_i è il peso assegnato al criterio i , definito attraverso un processo di pesatura come il metodo Delphi;
- $V_i(x_i)$ è la funzione di valore del criterio i , che valuta la performance dell'alternativa rispetto al criterio specifico;
- x_i è il punteggio dell'alternativa sul criterio i .

La funzione di valore $V_i(x_i)$ è spesso normalizzata tra 0 e 1, dove 0 rappresenta la peggiore performance possibile e 1 la migliore. La somma dei pesi w_i deve essere pari a 1 per garantire una valutazione bilanciata. Questo approccio permette di integrare i vari criteri in un unico indice di valore, facilitando il confronto tra le diverse alternative. Ad esempio, in un progetto di costruzione sostenibile, MIVES può aiutare a determinare quale materiale da costruzione offre il miglior compromesso tra costo, impatto ambientale e durata. Il metodo MIVES è stato ampiamente utilizzato in vari contesti architettonici e di ingegneria civile per valutare e selezionare soluzioni progettuali sostenibili. Di seguito vengono riportati alcuni esempi significativi.

Il MIVES è stato applicato nella valutazione della sostenibilità delle facciate di edifici, confrontando diverse soluzioni di involucro tenendo conto di criteri economici, ambientali e sociali. Questo tipo di analisi, cruciale in contesti urbani dove la scelta dei materiali e delle tecnologie di facciata può influire significativamente sull'efficienza energetica e sulla durabilità dell'edificio, ha permesso di identificare l'alternativa con il miglior equilibrio tra costo iniziale, prestazioni energetiche e impatto ambientale. Un esempio di questa applicazione è presente nell'articolo di González-Gaya et al. (2018), dove è stata combinata l'analisi multicriterio MIVES con l'algoritmo Knapsack per la selezione ottimale delle facciate.

Il MIVES è stato utilizzato anche nella pianificazione delle infrastrutture urbane, in particolare per la selezione di materiali e soluzioni tecniche nella costruzione di strade e ponti. I criteri di valutazione hanno incluso la durabilità, il costo a lungo termine, l'impatto ambientale e la facilità di manutenzione. L'applicazione del MIVES ha consentito di identificare soluzioni che minimizzano l'impatto ambientale e massimizzano la durabilità, garantendo al contempo un uso efficiente delle risorse pubbliche. Un esempio di questa applicazione si trova nello studio di Pons et al. (2023), che esplora l'utilizzo di MIVES per la valutazione sostenibile delle tecnologie di alloggi temporanei post-disastro.

Nella progettazione di edifici sostenibili, il MIVES è stato utilizzato per

valutare l'efficienza energetica e l'impatto ambientale di diverse tecnologie di costruzione, inclusi i sistemi di isolamento, i materiali da costruzione e le tecnologie di riscaldamento e raffreddamento. In uno studio specifico, il MIVES ha permesso di confrontare diverse configurazioni di sistemi HVAC (riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria), tenendo conto di criteri come il consumo energetico, i costi operativi e l'impatto ambientale, e identificare la soluzione più efficiente dal punto di vista energetico, con il minor impatto ambientale e il miglior rapporto costo-efficacia. Questo è descritto nell'articolo di López-Gay et al. (2021), che analizza le riparazioni degli alloggi temporanei costruiti da appaltatori locali.

Il metodo MIVES, utilizzato per l'ottimizzazione delle soluzioni architettoniche sostenibili, trova applicazione in diversi contesti, specialmente in quelli legati all'emergenza abitativa post-disastro. Durante il periodo all'estero presso l'Università Politecnica della Catalogna (UPC), insieme al Prof. Oriol Valladares Pons è stata approfondita l'applicazione di questo metodo in scenari di emergenza, con particolare attenzione alla selezione dei materiali e delle tecnologie per la costruzione di alloggi temporanei. Questa ricerca ha permesso di sviluppare un approccio metodologico che integra criteri di sostenibilità, praticità e fattibilità. In questo contesto, il metodo MIVES è emerso come uno strumento efficace per valutare e bilanciare diversi criteri, garantendo che le soluzioni adottate rispondano in modo equilibrato alle esigenze immediate e a lungo termine delle comunità colpite. Tale approccio, basato su un'esperienza concreta di ricerca applicata, offre una base solida per la valutazione e la selezione delle migliori soluzioni architettoniche sostenibili.

5.2 | Principi fondamentali: criteri e indicatori

La costruzione dell'albero dei requisiti rappresenta il primo passo fondamentale nell'analisi multicriterio. Questo strumento permette di visualizzare e organizzare in modo gerarchico i criteri e gli indicatori che saranno utilizzati per valutare le alternative. Ad esempio, nell'ambito della costruzione sostenibile, un albero dei requisiti potrebbe includere criteri come "Impatto Ambientale", "Costo" e "Comfort degli Occupanti", ciascuno suddiviso in indicatori specifici come "Emissioni di CO₂", "Costo di Costruzione per Metro Quadrato" e "Livello di Rumore Interno".

Le funzioni di valore, che trasformano i dati grezzi in punteggi normalizzati, sono uno degli elementi chiave dell'AMC. Queste funzioni permettono di comparare indicatori che altrimenti sarebbero incommensurabili, come il costo e l'efficienza energetica. Ad esempio, nel caso del "Costo per Metro Quadrato", una funzione di valore potrebbe attribuire un punteggio più alto a costi inferiori, riflettendo l'obiettivo di minimizzare le spese. Al contrario,

per l'indicatore "Efficienza Energetica", una funzione di valore potrebbe premiare i valori più alti, favorendo le soluzioni che riducono il consumo energetico.

Albero dei requisiti e definizione dei criteri

La prima fase dell'analisi multicriterio consiste nella costruzione dell'albero dei requisiti, una struttura gerarchica che organizza e identifica i criteri e gli indicatori rilevanti per la valutazione. Questo albero fornisce una base solida per l'analisi, assicurando che tutti gli aspetti critici siano considerati. Ad esempio, si potrebbe considerare un progetto di costruzione sostenibile. In questo caso, alcuni criteri fondamentali potrebbero essere:

- **Costo di costruzione:** Quanto costa realizzare l'opera?
- **Impatto ambientale:** Qual è l'impatto dell'opera sull'ambiente?
- **Durabilità:** Quanto tempo durerà l'opera senza necessità di interventi significativi?

Per ogni criterio, è possibile definire uno o più indicatori specifici. Ad esempio:

- Per il **costo di costruzione**, un indicatore potrebbe essere il "costo per mq".
- Per l'**impatto ambientale**, un indicatore potrebbe essere la "quantità di CO₂ emessa durante la costruzione".

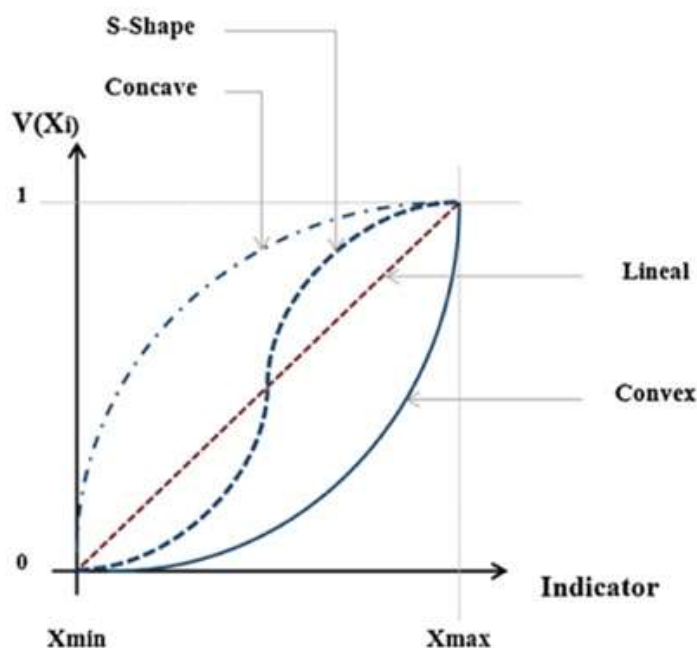


Figura 5.2.1 diagramma delle funzioni di valore

- Per la **durabilità**, un indicatore potrebbe essere il "numero di anni prima che siano necessari interventi di manutenzione".

Un esempio reale di applicazione di questo concetto si trova nello studio di González-Gaya et al. (2018), dove l'albero dei requisiti è stato organizzato intorno a tre dimensioni principali: economica, ambientale e sociale.

All'interno di ciascuna di queste dimensioni, sono stati identificati criteri specifici come il costo di costruzione, il consumo energetico e il comfort degli utenti.

Funzioni di valore

Dopo aver definito i criteri e gli indicatori, si procede alla definizione delle funzioni di valore per ogni indicatore. Le funzioni di valore rappresentano la relazione tra l'indicatore e il livello di soddisfazione che esso fornisce rispetto a un criterio. In pratica, queste funzioni trasformano i valori degli indicatori in un punteggio normalizzato che può essere confrontato tra diversi criteri.

Ad esempio, se consideriamo l'indicatore "costo per metro quadrato", una funzione di valore potrebbe essere definita in modo che un costo inferiore porti a un punteggio più alto, riflettendo una maggiore soddisfazione. La forma della funzione di valore (concava, convessa, lineare, a S) dipende dalla natura dell'indicatore e dalle preferenze espresse dagli esperti.

La formula di base utilizzata in MIVES per calcolare il valore di un indicatore $V_i(x_i)$ è la seguente:

$$V_i(x_i) = A + B \left[1 - e^{-k_i \left(\frac{x_i - x_{min}}{C_i} \right)^{P_i}} \right]$$

Dove:

- A è il valore di risposta (generalmente 0);
- B è un fattore che assicura che la funzione non esca dall'intervallo [0,1];
- k_i è un fattore che determina la rapidità con cui la funzione raggiunge il massimo;
- C_i è un fattore che stabilisce il valore dell'ascissa per il punto di inflessione della curva;
- P_i è un fattore che determina la forma della curva (concava, convessa, lineare o a S).

Applicazione delle funzioni di valore e calcolo del punteggio complessivo

Una volta definite le funzioni di valore per tutti gli indicatori, è possibile calcolare il punteggio complessivo di ogni alternativa. Questo punteggio è ottenuto combinando i punteggi normalizzati degli indicatori con i pesi assegnati ai rispettivi criteri, utilizzando la formula additiva:

$$V_{tot} = \sum_{i=1}^n w_i \times V_i(x_i)$$

Dove:

- w_i è il peso assegnato al criterio i, definito attraverso un processo di pesatura come il metodo Delphi;
- $V_i(x_i)$ è la funzione di valore del criterio i, che valuta la performance dell'alternativa rispetto al criterio specifico;

Questo approccio fornisce una valutazione numerica delle alternative, permettendo di confrontarle e di identificare quella che offre il miglior equilibrio tra i diversi criteri. Ad esempio, nello studio di Pons et al. (2023), questo metodo è stato applicato per valutare diverse tecnologie di alloggi temporanei post-disastro, evidenziando come la scelta di materiali riciclati e locali potesse offrire vantaggi significativi in termini di sostenibilità complessiva.

5.3 | Pesatura dei criteri: metodo Delphi

Nell'analisi multicriterio, la pesatura dei criteri è una fase fondamentale che influisce direttamente sulla valutazione complessiva delle alternative. I criteri variano in importanza a seconda del contesto e degli obiettivi del progetto, e assegnare loro i giusti pesi è cruciale per garantire che l'analisi rifletta accuratamente le priorità del progetto. Il metodo Delphi si distingue come uno degli approcci più efficaci per determinare questi pesi, specialmente in situazioni in cui è necessario raggiungere un consenso tra esperti.

Concetti Generali sulla Pesatura dei Criteri

Il processo di pesatura dei criteri implica l'assegnazione di valori numerici (pesi) a ciascun criterio, rappresentando la loro importanza relativa rispetto agli altri. Ad esempio, in un progetto di costruzione sostenibile, il "costo di costruzione" potrebbe essere considerato più importante dell'"impatto ambientale", e quindi riceverebbe un peso maggiore. Tuttavia, questo equilibrio può cambiare in contesti diversi, ad esempio in un progetto di edilizia sociale, dove la "durabilità" e il "comfort degli occupanti" potrebbero avere un peso maggiore¹.

La scelta dei pesi può essere soggettiva e influenzata da diverse variabili, tra cui la percezione del rischio, l'esperienza personale degli esperti e le priorità strategiche dell'organizzazione. Per ridurre l'influenza della soggettività e garantire una decisione equilibrata, è essenziale utilizzare un metodo strutturato come il Delphi, che aggrega in modo sistematico le opinioni di un gruppo di esperti.

Il metodo Delphi è stato sviluppato negli anni '50 e '60 dalla RAND Corporation come strumento per raccogliere giudizi esperti in contesti di incertezza. Originariamente concepito per scopi militari, il metodo ha trovato rapidamente applicazione in altri settori, inclusi la pianificazione strategica, la politica pubblica e, più recentemente, l'analisi multicriterio. Una delle principali caratteristiche del metodo Delphi è la sua capacità di raccogliere opinioni in modo anonimo e iterativo, riducendo al minimo

¹ Pons-Valladares O. et al., "Approach for sustainability assessment for footbridge construction technologies: Application to the first world D-shape 3D-Printed fiber-reinforced mortar footbridge in Madrid," *Journal of Cleaner Production*, vol. 394, [Mar. 2023].

l'influenza dei bias individuali e delle dinamiche di gruppo. Questo lo rende particolarmente utile in situazioni dove le decisioni devono essere prese su questioni complesse e controverse, come la pianificazione urbana sostenibile o la selezione di tecnologie per rifugi post-emergenziali.

Applicazione del Metodo Delphi nella Pesatura dei Criteri

Il metodo Delphi è una tecnica strutturata che si sviluppa attraverso diverse fasi iterative, con l'obiettivo di ottenere un consenso tra gli esperti. Le fasi principali includono:

1. **Selezione degli Esperti:** La scelta degli esperti è cruciale per il successo del processo Delphi. È importante coinvolgere professionisti con competenze diversificate e rilevanti per il progetto in esame. Nel caso della progettazione di rifugi post-emergenziali, ad esempio, è stato formato un panel composto da architetti, ingegneri civili, esperti di sostenibilità e rappresentanti delle organizzazioni non governative (ONG).
2. **Prima Fase di Raccolta dei Dati:** Agli esperti viene inviato un questionario in cui devono assegnare un peso ai criteri identificati. In questa fase, l'anonimato è fondamentale per garantire che ogni esperto esprima liberamente la propria opinione, senza essere influenzato dagli altri partecipanti.
3. **Analisi dei Risultati Preliminari:** Le risposte vengono raccolte e analizzate per identificare eventuali divergenze significative. I risultati vengono poi restituiti agli esperti sotto forma di un report, che evidenzia le aree di consenso e di disaccordo.
4. **Alterazione:** Gli esperti rivedono le loro valutazioni iniziali alla luce dei risultati del report. Questo processo iterativo può essere ripetuto più volte, fino a raggiungere un livello accettabile di consenso. Ogni iterazione consente di affinare i pesi assegnati, riducendo le discrepanze tra le opinioni degli esperti.
5. **Determinazione Finale dei Pesi:** Al termine delle iterazioni, i pesi finali vengono calcolati in base alle valutazioni aggiornate degli esperti. Questi pesi sono poi utilizzati per la valutazione multicriterio delle alternative.

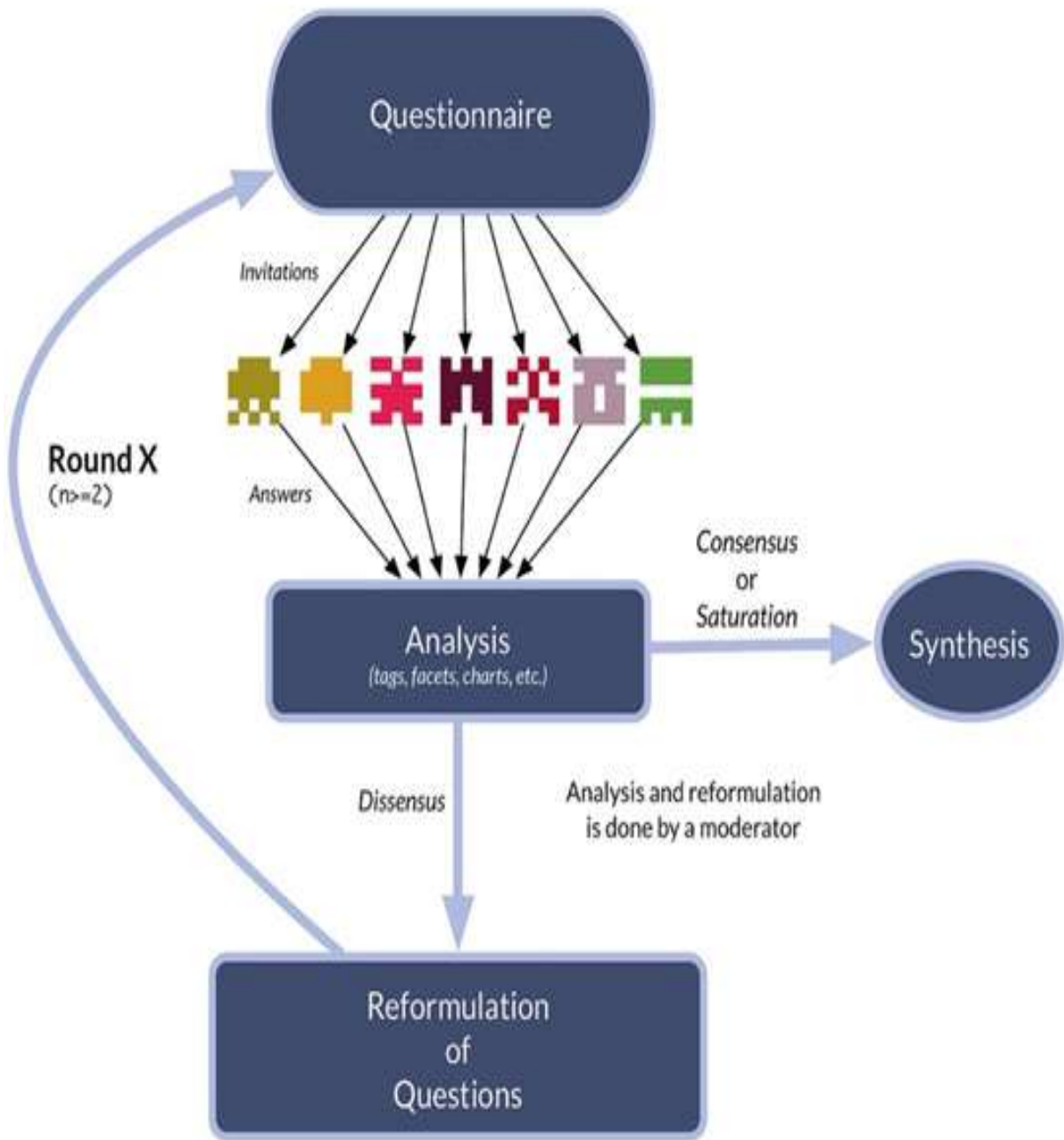


Figura 5.3.2 Delphi method © Martin Erpicum

Esempi di Applicazione del Metodo Delphi

Il metodo Delphi è stato ampiamente utilizzato in vari contesti per determinare i pesi dei criteri nell'analisi multicriterio. Gli esperti coinvolti includevano accademici, professionisti del settore delle costruzioni e rappresentanti di ONG. Questo approccio ha garantito che i pesi assegnati ai criteri riflettessero un equilibrio tra considerazioni tecniche, economiche e sociali.

Un altro esempio significativo riguarda l'uso del metodo Delphi nella pianificazione urbana, dove è stato utilizzato per stabilire le priorità tra criteri come la sostenibilità ambientale, il costo di costruzione e la qualità della vita degli abitanti. In questo contesto, il Delphi ha permesso di raggiungere un consenso tra urbanisti, economisti e rappresentanti delle comunità locali, garantendo che le decisioni finali fossero bilanciate e rispondessero alle esigenze di tutte le parti interessate.

Il paragrafo successivo approfondirà l'applicazione di queste metodologie nel contesto dei centri di accoglienza, con un focus particolare sul caso studio di Campobello di Mazara. Questo caso rappresenta un esempio concreto di come i principi teorizzati possano essere implementati nella pratica, con l'obiettivo di migliorare le condizioni abitative dei lavoratori stagionali attraverso soluzioni architettoniche sostenibili e resilienti. La scelta di Campobello di Mazara non è casuale, ma riflette l'importanza di applicare tali metodi in contesti reali, dove le esigenze delle comunità e le specificità territoriali richiedono un'attenzione particolare e un approccio su misura.

5.4 | Progettazione del modello di studio per la valutazione del caso studio

Il modello di studio per l'analisi multicriterio è stato sviluppato con l'obiettivo di identificare l'alternativa più sostenibile per l'involucro dei rifugi post-emergenziali, specificamente nel contesto del caso studio di Campobello di Mazara.

Il MIVES verrà applicato alla struttura del modulo **Better Shelter RHU**, attualmente presente nel campo di accoglienza di Campobello di Mazara. Questo modulo, sviluppato dalla collaborazione tra IKEA Foundation e UNHCR, è stato scelto come modello di studio per l'analisi multicriterio grazie alle sue caratteristiche strutturali e funzionali, che lo rendono un'opzione valida per l'alloggio temporaneo in contesti di emergenza.

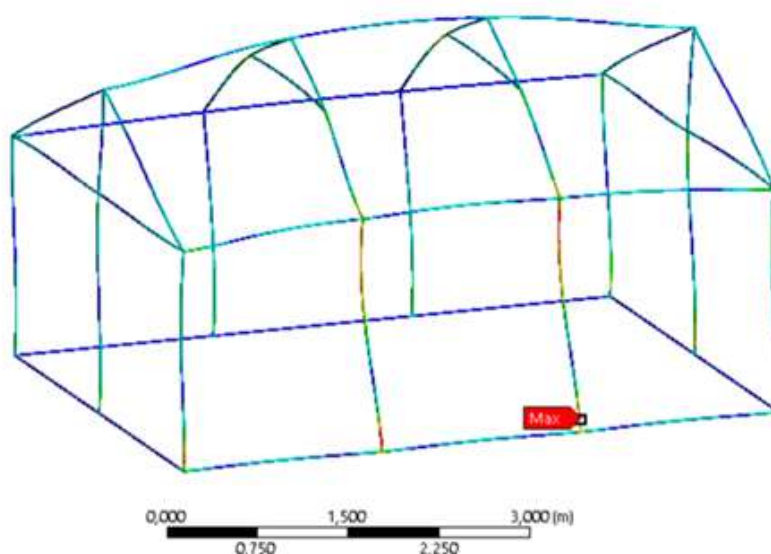
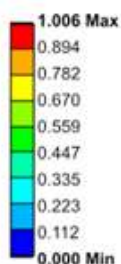
Il Better Shelter RHU è un rifugio prefabbricato, progettato per essere facilmente assemblato sul campo, con una struttura modulare composta da tubi in acciaio e giunti metallici. La sua progettazione è stata sottoposta a un'analisi strutturale approfondita, come documentato nello studio di Martin Hviid e Robert Palm², che ha valutato la resistenza del modulo a vari carichi, tra cui vento, pioggia e neve.

A: Frame analysis

Maximum Combined Stress, Bending+Direct

Type: Maximum Combined Stress

Unit: []·Rm



Questo studio ha confermato che la struttura è in grado di sostenere le sollecitazioni previste, rendendola adatta per l'applicazione di valutazioni multicriterio come il MIVES. Nell'ambito di questa ricerca, l'analisi si concentrerà su un metro quadrato dell'involucro del modulo Better Shelter RHU. L'obiettivo è valutare le soluzioni alternative proposte attraverso il MIVES, tenendo conto dei criteri di sostenibilità, efficienza energetica e impatto sociale, per determinare la configurazione ottimale del rifugio in scenari di emergenza.

Scelta delle alternative dell'analisi multicriterio

Le alternative selezionate sono state scelte in base alla loro rilevanza tecnica, disponibilità e applicabilità ai rifugi post-emergenziali nel contesto di Campobello di Mazara. Questo contesto è caratterizzato da specifiche condizioni climatiche e socioeconomiche che hanno influenzato significativamente la selezione delle tecnologie più adatte. Campobello di Mazara si trova in una zona con clima mediterraneo (csa di Koppen), che richiede soluzioni costruttive in grado di gestire forti escursioni termiche tra giorno e notte e una possibile esposizione a eventi meteorologici estremi. Inoltre, la popolazione locale ha esigenze particolari che richiedono un rapido montaggio e smontaggio delle strutture, nonché l'uso di materiali che possano essere facilmente reperiti o prodotti in loco. L'analisi multicriterio è stata scelta come metodologia per affrontare questa complessità decisionale. Rispetto ad altre metodologie, l'AMC offre il vantaggio di poter integrare e bilanciare criteri diversi – economici, ambientali e sociali – in un unico modello di valutazione. Questo approccio permette di considerare tutte le dimensioni rilevanti per la sostenibilità e la resilienza dei rifugi, fornendo una base solida per prendere decisioni informate.

Figura 5.4.3 Better Shelter RHU

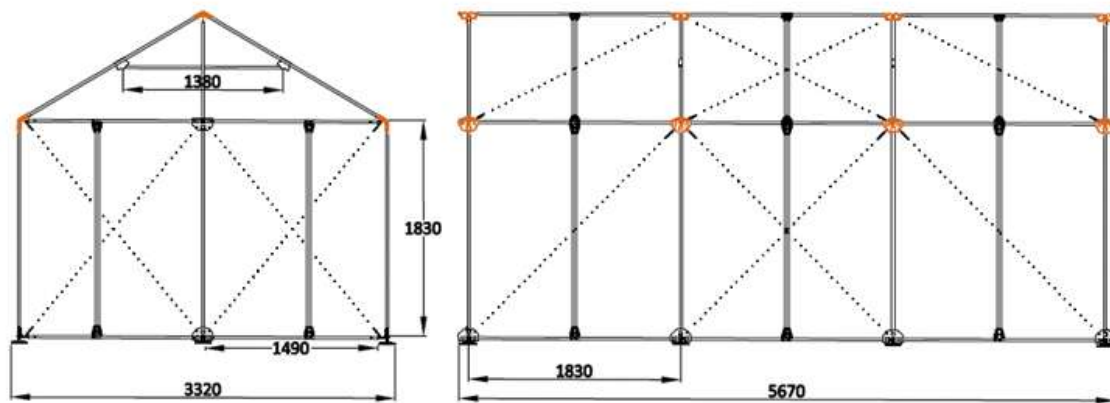


Figura 5.4.4 Discretizzazione struttura e diagramma della deformata

La capacità dell'AMC di strutturare il processo decisionale in modo trasparente e replicabile è stata un altro fattore determinante nella sua scelta. Le scelte progettuali fatte in questo modello avranno un impatto diretto sulla sostenibilità a lungo termine e sulla resilienza dei rifugi. L'uso di materiali locali e sostenibili, per esempio, non solo riduce l'impatto ambientale immediato, ma migliora anche la resilienza dei rifugi, rendendoli più adattabili e duraturi nel tempo. La facilità di montaggio e smontaggio, insieme alla possibilità di riciclare o riutilizzare i materiali, contribuirà a minimizzare i rifiuti e a ridurre i costi operativi a lungo termine. Le alternative considerate nel modello di studio sono:

1. **Pannello in prolipropilene:** Attualmente implementato, rappresenta la soluzione standard per l'involucro dei rifugi.
2. **Pannello in terra cruda:** Utilizza materiali naturali e locali, riducendo l'impatto ambientale e offrendo un buon comfort termico.
3. **Pannello in fibrocemento:** Resistente e duraturo, adatto a diverse condizioni climatiche.
4. **Pannello in polycarbonato a nido d'ape:** Leggero e traslucido, offre un buon isolamento termico.
5. **Pannello in OSB (Oriented Strand Board):** Leggero e facile da montare, con un buon rapporto costo/prestazioni.

Queste alternative sono state selezionate per le loro caratteristiche tecniche e per la loro capacità di rispondere efficacemente alle esigenze di rifugi temporanei in contesti di emergenza. L'analisi dello stato dell'arte ha evidenziato come tali soluzioni possano essere migliorate e adattate per ottimizzare la sostenibilità, la durabilità e la facilità di montaggio.

Strutturazione dell'albero dei requisiti

L'albero dei requisiti è stato strutturato per organizzare in modo chiaro e gerarchico i diversi criteri e indicatori utilizzati nell'analisi multicriterio. Questa strutturazione è fondamentale per garantire che ogni aspetto rilevante venga considerato nella valutazione delle alternative di involucro per i rifugi post-emergenziali.

Il contesto specifico di Campobello di Mazara, caratterizzato da condizioni climatiche mediterranee e da una popolazione con esigenze socio-

economiche particolari, ha influenzato significativamente la definizione dei requisiti. Questi requisiti sono stati suddivisi in tre categorie principali: economici, ambientali e sociali, ciascuna delle quali include criteri e indicatori specifici che riflettono le priorità del progetto. L'albero è strutturato su tre livelli principali:

1. **Requisiti:** Economico, Ambientale, Sociale.
2. **Criteri:** Per esempio, per il requisito Economico, i criteri includono il Costo di Implementazione e il Costo di Manutenzione.
3. **Indicatori:** Ogni criterio è associato a specifici indicatori, come il Costo di Costruzione e il Costo di Riparazione.



Figura 5.4.5 Alternative del multicriterio, A OSB, B Pannello Argilla, C polycarbonato, D fibro cemento, E poliestere rholite

Motivazioni delle Scelte:

Le scelte effettuate nella strutturazione dell'albero dei requisiti sono state motivate dal contesto ambientale, climatico, geografico e sociale di Campobello di Mazara. In particolare, le condizioni climatiche locali, caratterizzate da forti escursioni termiche, hanno reso necessario includere criteri che valutano l'efficienza energetica e la capacità degli involucri di mantenere un comfort interno ottimale. Inoltre, la presenza di migranti e lavoratori stagionali ha imposto l'inclusione di criteri sociali, come il comfort e la sicurezza, che sono fondamentali per garantire condizioni di vita dignitose.

Dal punto di vista economico, la scelta dei materiali e delle tecnologie ha tenuto conto della necessità di ridurre i costi di costruzione e manutenzione, in relazione al contesto economico locale. L'utilizzo eventuale di materiali facilmente reperibili o prodotti in loco è stato un criterio chiave, sia per ridurre i costi che per migliorare la sostenibilità complessiva del progetto.

Requisiti Principali:

1. **Economici:** I criteri associati ai requisiti economici comprendono il costo di costruzione e il costo di manutenzione. Questi criteri sono essenziali per valutare la sostenibilità economica a lungo termine delle alternative.
2. **Ambientali:** I requisiti ambientali sono stati definiti per valutare l'impatto ecologico delle alternative, con particolare attenzione al consumo energetico e alle emissioni di CO₂. Questi criteri riflettono la necessità di minimizzare l'impatto ambientale, in linea con le condizioni climatiche locali.
3. **Sociali:** I requisiti sociali comprendono il comfort interno, la personalizzazione e la resistenza ai rischi. Questi criteri sono stati inclusi per garantire che le alternative siano adatte alle esigenze della popolazione locale, migliorando il benessere degli occupanti e la resilienza delle strutture.

Criteri e Indicatori:

Ogni requisito principale è stato ulteriormente suddiviso in criteri specifici, che a loro volta sono stati associati a indicatori misurabili. Ad esempio, il requisito economico include criteri come il costo di costruzione e il costo di manutenzione, valutati attraverso indicatori come il costo per metro quadrato e il costo annuo di manutenzione.

L'organizzazione gerarchica dell'albero dei requisiti permette una valutazione sistematica e comparativa delle alternative, garantendo che tutte le dimensioni rilevanti per la sostenibilità e la resilienza dei rifugi siano considerate. Questo approccio fornisce una base solida per il processo decisionale, permettendo di identificare l'alternativa più adatta al contesto specifico esaminato.

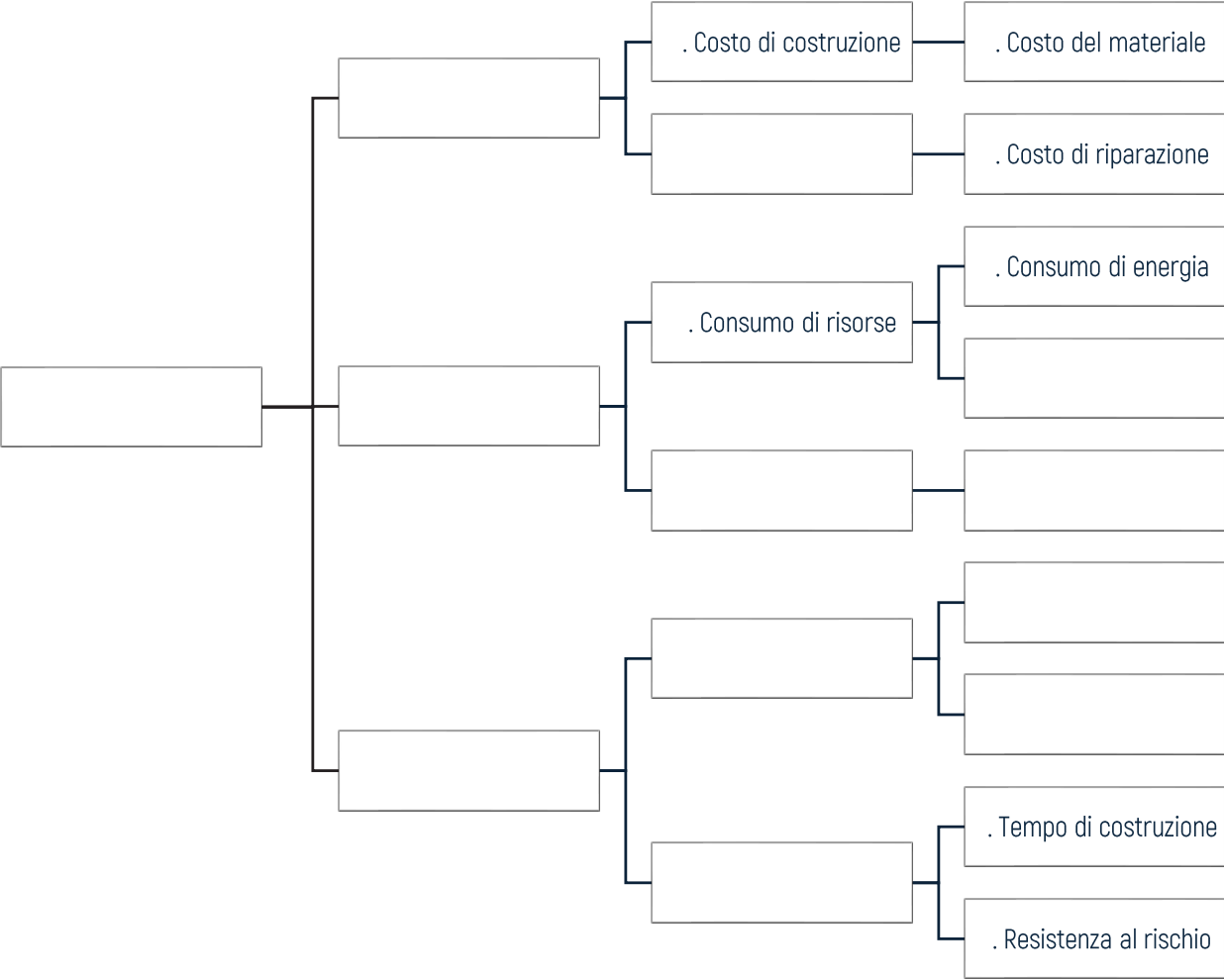


Figura 5.4.6- Lo schema rappresenta l'albero gerarchico dei requisiti, una struttura organizzativa che articola i principali livelli di valutazione in modo chiaro e sistematico. L'albero è suddiviso in tre requisiti principali: economici (R1), ambientali (R2) e sociali (R3). Ciascun requisito è ulteriormente declinato in criteri specifici (C1, C2, ecc.), a loro volta associati a indicatori misurabili (I1, I2, ecc.). Ad esempio, il requisito economico include criteri come il "costo di costruzione" e il "costo di manutenzione", con indicatori quali il "costo del materiale" e il "costo di riparazione". I requisiti ambientali valutano il "consumo di risorse" e le "emissioni", monitorando parametri come il consumo energetico e il materiale di scarto. Infine, i requisiti sociali affrontano aspetti relativi al "comfort" e alla "sicurezza", includendo indicatori quali la "personalizzazione", il "tempo di costruzione" e la "resistenza ai rischi". Questa rappresentazione gerarchica permette di comprendere in maniera chiara le relazioni tra i livelli di valutazione, offrendo un quadro solido per analizzare la sostenibilità complessiva delle alternative progettuali.

Requisiti	Criteri	Indicatori	Unità di Misura
Economici	Costo di Implementazione	Costo di Costruzione	€/m ²
	Costo di Manutenzione	Costo delle Riparazioni	€/anno
Ambientali	Consumo di Risorse	Consumo Energetico	kWh/m ²
		Materiale di Scarto	kg/m ²
	Emissioni	Emissioni di CO ₂	kg CO ₂ equivalente
Sociali	Comfort	Comfort Interno	Differenza T interna/ esterna
		Personalizzazione	Flessibilità configurazioni
	Sicurezza	Tempo di Costruzione	Giorni
		Resistenza ai Rischi	Scala qualitativa

Tabelle 5.4.1 La Tabella 5.4 illustra l'organizzazione sistematica dei requisiti, dei criteri e degli indicatori misurabili utilizzati per valutare le alternative progettuali in termini di sostenibilità e resilienza. I requisiti sono suddivisi in tre macro-categorie principali: economici, ambientali e sociali. Ogni requisito è poi dettagliato attraverso criteri specifici che, a loro volta, sono misurati tramite indicatori oggettivi con unità di misura ben definite. Ad esempio, il requisito economico comprende il "costo di implementazione" e il "costo di manutenzione", misurati rispettivamente in euro per metro quadro (€/mq) e euro all'anno (€/anno). I requisiti ambientali includono criteri come il "consumo di risorse" e le "emissioni", con indicatori quali il consumo energetico (kWh/mq) e le emissioni di CO₂ (kg CO₂ equivalente). Infine, i requisiti sociali coprono aspetti cruciali per il comfort e la sicurezza degli utenti, come il "comfort interno", il "tempo di costruzione" e la "resistenza ai rischi". Questa tabella fornisce una base chiara per il confronto delle alternative in ottica multicriterio.

L'albero dei requisiti è stato strutturato in modo da organizzare e gerarchizzare i diversi livelli di valutazione, articolandosi in requisiti principali, criteri e indicatori specifici.

5.5 | Analisi Multicriterio delle alternative di involucro

L'analisi è stata condotta utilizzando una combinazione di dati quantitativi e qualitativi, raccolti da fonti affidabili e standardizzate, come manuali tecnici, database di energia e carbonio, e linee guida internazionali. Gli indicatori selezionati per ogni requisito sono stati scelti per la loro capacità di rappresentare fedelmente le dimensioni critiche del progetto, e sono stati normalizzati utilizzando curve di valore specifiche. Queste curve, applicate agli indicatori, hanno permesso di trasformare i valori grezzi in punteggi comparabili, facilitando il confronto tra le alternative.

Il processo di analisi è stato strutturato secondo i seguenti passaggi:

1. **Identificazione e selezione degli indicatori:** Per ciascuno dei tre requisiti principali (economico, ambientale, sociale), sono stati definiti criteri

specifici e sono stati associati indicatori che consentono una valutazione quantitativa e qualitativa;

2. **Raccolta e normalizzazione dei dati:** "I dati raccolti per l'analisi multicriterio, comprendenti costi, prestazioni energetiche e parametriche, sono stati ottenuti da fonti bibliografiche tra cui articoli scientifici e cataloghi tecnici, che verranno descritti dettagliatamente nelle sezioni degli indicatori;

3. **Valutazione e confronto delle alternative:** Le alternative sono state valutate rispetto agli indicatori definiti, utilizzando un sistema di pesatura derivato dal metodo Delphi, descritto nella sezione successiva. Questo ha permesso di ottenere un punteggio complessivo per ogni alternativa, facilitando l'identificazione della soluzione più sostenibile.

Nei paragrafi seguenti verranno descritti in dettaglio gli indicatori economici, ambientali e sociali utilizzati in questa analisi, illustrando il metodo di calcolo, le fonti dei dati e le curve di valore applicate. Per il calcolo degli indicatori e dei criteri utilizzati nell'analisi, è stato fondamentale il periodo di tirocinio presso l'azienda ospitante, che ha fornito dati pratici e reali, nonché il periodo di ricerca all'estero presso l'Università Politecnica della Catalogna (UPC), dove ho approfondito le metodologie e gli strumenti di analisi multicriterio.

5.5.1 | Definizione degli indicatori economici

Gli indicatori economici sono stati selezionati per valutare l'efficacia in termini di costo delle diverse alternative di involucro per i rifugi post-emergenziali. In questo indicatore è stato possibile condurre un'analisi economica dettagliata grazie alla collaborazione con l'azienda presso cui ho svolto il mio tirocinio. Le informazioni fornite dall'azienda sono state fondamentali per la raccolta dei dati economici relativi ai costi di costruzione e manutenzione dei materiali analizzati. Questa collaborazione ha permesso di integrare dati empirici reali, migliorando la precisione e la rilevanza dell'analisi economica condotta. Gli indicatori scelti per questa analisi sono:

1. Costo di Costruzione (I_1)
2. Costo di Manutenzione (I_2)

Costo di Costruzione

Il costo di costruzione rappresenta il costo totale per l'installazione dell'involucro su una porzione di 1 mq. Questo include sia il costo dei materiali che della manodopera. Per calcolare questo indicatore, sono

stati raccolti dati da fonti quali manuali tecnici, preventivi forniti dai produttori dei materiali, e database di costruzione. La formula utilizzata per calcolare il costo di costruzione è:

Dove:

- $C_{\text{materiali}}$ rappresenta il costo dei materiali necessari per la costruzione di 1 mq di involucro;
- $C_{\text{manodopera}}$ rappresenta il costo della manodopera per l'installazione dell'involucro.

In particolare, sono stati considerati i prezzi unitari per ciascun materiale e componente strutturale, espressi in euro per metro quadro (€ / m²), al fine di ottenere un valore rappresentativo del costo di installazione per ogni alternativa di involucro. La metodologia ha previsto i seguenti passaggi:

- **Selezione dei materiali:** Sono stati individuati i materiali specifici utilizzati per ciascuna alternativa di involucro (es. terra cruda, OSB, fibrocemento, ecc.).
- **Consultazione di prezzi regionali e listini:** Per garantire l'accuratezza dei costi, sono stati consultati prezzi come il Prezzario Unico Regionale (PUR) o listini delle camere di commercio locali, che offrono una stima affidabile e aggiornata dei costi dei materiali e delle lavorazioni.
- **Calcolo dei costi unitari:** Sono stati calcolati i costi unitari sommando il costo del materiale per unità di superficie e il costo della manodopera, considerando anche le specificità dei lavori di montaggio e assemblaggio richiesti da ciascun materiale.

Costo di Manutenzione

Il costo di manutenzione rappresenta il costo annuo stimato per la manutenzione e la riparazione dell'involucro. Questo indicatore è

$$C_{\text{costruzione}} = C_{\text{materiali}} + C_{\text{manodopera}}$$

fondamentale per valutare la sostenibilità economica a lungo termine di ciascuna alternativa. Il calcolo è stato basato su dati storici e stime raccolte da studi precedenti e preventivi specifici. La formula utilizzata è:

Dove:

- $C_{\text{riparazione}}$ rappresenta il costo stimato delle riparazioni necessarie durante la vita utile dell'involucro;
- n_{anni} è il numero di anni considerato per il ciclo di vita.

Il costo di manutenzione è stato stimato basandosi su un'analisi dei listini di manutenzione annuali, in euro per metro quadro per anno (€ / m² / anno), che includono le spese previste per interventi ordinari e straordinari necessari per mantenere le condizioni dell'involucro. Questo processo ha incluso:

- **Identificazione delle necessità manutentive:** Ogni alternativa di involucro è stata valutata in base alla sua durata stimata e ai requisiti di

manutenzione tipici, come la frequenza di sostituzione o riparazione dei componenti principali (es. rivestimenti, trattamenti protettivi).

- **Utilizzo di listini settoriali e analisi comparativa:** Sono stati utilizzati listini di manutenzione settoriali per calcolare i costi medi di intervento per ogni tipo di materiale. I listini hanno fornito stime dettagliate su costi specifici, come la verniciatura di rivestimenti esterni o la sostituzione di pannelli degradati.
- **Calcolo del costo annuale medio:** È stato quindi ottenuto un valore medio annuo per la manutenzione di ciascun involucro, tenendo conto delle caratteristiche di durabilità e resistenza di ogni materiale. Anche qui, la funzione lineare decrescente (LINx) è stata scelta per questo indicatore, poiché rappresenta in modo efficace la relazione tra il

$$C_{\text{manutenzione}} = \frac{C_{\text{riparazione}}}{n_{\text{anni}}}$$

costo di manutenzione e la durabilità dell'involucro. La funzione lineare decrescente (LINx) è stata scelta per riflettere il principio secondo cui materiali più durevoli e resistenti richiedono minori interventi nel tempo, riducendo quindi i costi di manutenzione annuali.

Tabella dei Costi

La tabella 5.5.1 riassume i costi di costruzione e di manutenzione per le cinque alternative considerate:

Per ogni alternativa analizzata, i valori relativi ai costi sono stati ottenuti calcolando una media tra le diverse stime disponibili, così da garantire un risultato rappresentativo delle condizioni economiche associate alla realizzazione degli involucri.

Fonti Utilizzate

- **Prezzari Regionali delle Opere Pubbliche:** I prezzi medi per la costruzione sono stati stimati sulla base dei prezzari regionali, come quelli della Regione Sicilia, che offrono una panoramica dei costi per materiali e manodopera.
- **DEI - Tipografia del Genio Civile:** I prezzari DEI forniscono una valutazione

Alternativa	Costo di Costruzione (€ per 1 mq)	Costo di Manutenzione (€ all'anno per 1 mq)
Pannello in polipropilene	85-120	7-10
Pannello in terra cruda	70-100	9-8
Pannello in fibrocemento	90-130	10-12
Polycarbonato a nido d'ape	100-140	7-10
OSB	75-110	7-9

accurata dei costi per diverse tecnologie edilizie, e sono stati utilizzati per stimare sia i costi di costruzione che quelli di manutenzione.

- **Rapporti CNA:** Per le piccole e medie imprese, i dati della Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa possono fornire stime pertinenti dei costi.

5.5.2 | Definizione degli indicatori ambientali

Gli indicatori ambientali sono stati selezionati per valutare l'impatto ecologico delle diverse alternative di involucro utilizzate nei rifugi post-emergenziali. In particolare, sono stati presi in considerazione due indicatori principali:

1. **Consumo Energetico**
2. **Emissioni di CO₂**

Consumo Energetico

Il consumo energetico totale rappresenta l'energia impiegata durante l'intero ciclo di vita dell'involucro, dalla produzione alla demolizione. Questo indicatore è cruciale per valutare l'efficienza energetica dell'involucro e il suo impatto ambientale.

- **Fonti dei dati:** I dati sul consumo energetico sono stati raccolti da fonti come il database Inventory of Carbon and Energy (ICE) e rapporti del Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Questi dati includono l'energia utilizzata nella produzione dei materiali, il trasporto, l'installazione e lo smaltimento.

- **Formula di calcolo**

Note: Per il calcolo del consumo energetico, è stata considerata una porzione di 1 mq per ciascuna delle alternative di involucro, con i dati normalizzati utilizzando funzioni di valore lineari.

$$E_{consumo} = \sum_{fasi} (E_{produzione} + E_{trasporto} + E_{installazione} + E_{smaltimento})$$

Materiale di scarto

L'indicatore del materiale di scarto è cruciale per valutare l'impatto ambientale delle diverse alternative di involucro analizzate. Questo indicatore misura la quantità di rifiuti generati durante il ciclo di vita del materiale, dalla produzione alla dismissione. Considerando l'importanza della gestione dei rifiuti nel contesto delle costruzioni post-emergenziali, la minimizzazione del materiale di scarto contribuisce non solo a ridurre

l'impatto ambientale, ma anche a migliorare l'efficienza complessiva del progetto. Il calcolo dell'indicatore del materiale di scarto si basa su dati raccolti da fonti bibliografiche e studi specifici sui materiali utilizzati nelle soluzioni costruttive proposte. Il parametro chiave è la quantità di scarti generati per metro quadrato di materiale impiegato, espressa in chilogrammi (kg/m^2). Per ogni alternativa, sono state considerate le fasi di produzione, trasporto, installazione e smaltimento finale, integrando i dati disponibili da prezzi regionali e manuali tecnici. Secondo l'approccio descritto da Pons et al. (2015), questo indicatore non si limita a quantificare i rifiuti generati durante le fasi di produzione, ma estende l'analisi anche al fine vita dei materiali, includendo la capacità di riciclaggio e riutilizzo. Questa visione olistica è cruciale per ridurre l'impatto ambientale complessivo, promuovendo l'adozione di pratiche costruttive che minimizzano i rifiuti e favoriscono l'economia circolare. Il metodo di calcolo utilizzato da Pons et al. implica una valutazione ponderata delle diverse fasi del ciclo di vita dei materiali, attribuendo un peso maggiore alle fasi che generano più scarti e meno opportunità di riutilizzo. Questo approccio permette di identificare chiaramente le soluzioni più sostenibili in termini di gestione dei rifiuti.

Terra Cruda: La terra cruda è un materiale altamente sostenibile con una produzione minima di scarti. Grazie alla sua origine naturale e alla possibilità di essere riutilizzata, la fase di fine vita genera quasi nessuno scarto. Le strutture in terra cruda possono essere facilmente demolite e reintrodotte nell'ambiente senza lasciare residui nocivi. Gli studi indicano che i rifiuti generati sono biodegradabili e possono essere riutilizzati in nuove costruzioni o semplicemente restituiti al terreno.

Poliestere: Questo materiale sintetico è noto per l'elevata produzione di scarti, in particolare a causa della sua natura non biodegradabile. Quando il polistirene viene utilizzato in edilizia, spesso finisce nelle discariche, dove persiste per centinaia di anni. Sebbene il riciclaggio del polistirene sia tecnicamente possibile, non è ampiamente praticato a causa delle sfide economiche e logistiche. Di conseguenza, l'indicatore del materiale di scarto per il polistirene risulta basso rispetto ad alternative più sostenibili.

Fibrocemento: Le lastre di fibrocemento generano una quantità moderata di scarti, principalmente costituiti da cemento e fibre di cellulosa. Esistono opzioni di riciclo, ma sono meno comuni a causa della miscela di materiali. I rifiuti di fibrocemento possono essere parzialmente riutilizzati come aggregati per l'edilizia o in altre applicazioni, ma il loro smaltimento rappresenta ancora una sfida ambientale, soprattutto per quanto riguarda lo spazio in discarica e il consumo di risorse.

OSB (Oriented Strand Board): L'OSB è realizzato con strati di legno legati insieme con adesivi, il che complica il processo di riciclo. Gli scarti generati dall'OSB sono parzialmente biodegradabili, ma la presenza di adesivi sintetici ne riduce la compatibilità ambientale. Sebbene sia possibile riutilizzare o riproporre gli scarti di OSB, le opzioni sono limitate, rendendolo un contributore moderato ai rifiuti edilizi.

Policarbonato: Il policarbonato è un materiale plastico durevole che,

come il polistirene, non è biodegradabile. Tuttavia, il policarbonato è più comunemente riciclato, specialmente in applicazioni dove le sue proprietà possono essere mantenute. Nonostante ciò, il materiale contribuisce ancora al carico complessivo dei rifiuti a causa delle sfide nel riciclaggio delle plastiche miste e dei fattori economici coinvolti.

Emissioni di CO₂

Le emissioni di CO₂ sono un indicatore chiave per valutare l'impatto ambientale delle soluzioni proposte. Questo indicatore misura il quantitativo di emissioni di anidride carbonica associato alla produzione, trasporto e installazione dei materiali scelti per l'involucro. Per ottenere una valutazione accurata delle emissioni, è stato utilizzato il programma Carbon.Greenly, un software specializzato che permette di calcolare le emissioni di CO₂ basate sull'analisi del ciclo di vita (LCA) dei materiali. Questo strumento ha facilitato la raccolta di dati precisi e aggiornati, garantendo che le valutazioni riflettano fedelmente l'impatto ambientale delle alternative analizzate.

- **Fonti dei dati:** Le emissioni di CO₂ sono state stimate utilizzando dati provenienti dal database Inventory of Carbon and Energy (ICE) e da studi pubblicati in rapporti ambientali e ricerche accademiche. Tali dati tengono conto delle emissioni durante la produzione, il trasporto, l'installazione e lo smaltimento.
- **Formula di calcolo:**

$$CO2_{eq} = \sum_{fasi} (CO2_{produzione} + CO2_{trasporto} + CO2_{installazione} + CO2_{smaltimento})$$

Note: Le emissioni sono state calcolate per una porzione di 1 mq per ciascuna delle alternative, con i valori normalizzati per facilitare il confronto tra le soluzioni.

Materiale	Materiale di Scarto (kg/m ²)	Fonte
Terra Cruda	0,5	Reddy, B.V.V., and Kumar, P. (2011), Journal of Sustainable Engineering
Poliestere	2	Hammond, G., and Jones, C. (2011), Inventory of Carbon and Energy (ICE)
Fibrocemento	1,5	Mahapatra, S., and Vijayalaxmi, J. (2019), Construction and Building Materials
OSB (Oriented Strand Board)	0,8	Wilson, J.B. (2010), Wood Products Life Cycle Analysis, CORRIM
Policarbonato	1,2	Kim, S., and Overcash, M. (2003), International Journal of LCA

Tabelle 5.5.2 Indicatori ambientali - materiale di scarto

Alternativa	Consumo Energetico (kWh/mq)	Emissioni di CO ₂ (kg CO ₂ eq/mq)
Pannello in polipropilene	85-120	5-10
Pannello in terra cruda	70-100	4-8
Pannello in fibrocemento	90-130	6-12
Policarbonato a nido d'ape	100-140	5-10
OSB	75-110	4-9

Tabelle 5.5.3 Indicatori ambientali - materiale di scarto

Tabella Riassuntiva degli Indicatori Ambientali

La seguente tabella riassume i valori stimati per il consumo energetico e le emissioni di CO₂ delle cinque alternative considerate:

Fonti Utilizzate

- **Inventory of Carbon & Energy (ICE):** Per stimare il consumo energetico e le emissioni di CO₂ per ciascun materiale.
- **Database BSRIA:** Per completare i dati relativi all'impatto ambientale dei materiali edilizi, con particolare attenzione all'energia consumata durante la produzione e alle emissioni di CO₂.

Per i dati relativi ai consumi energetici e alle emissioni di CO₂, nel programma MIVES sono stati caricati i valori medi calcolati a partire dalle due stime disponibili

5.5.3 | Definizione degli indicatori sociali

Gli indicatori sociali sono stati selezionati per valutare l'impatto delle diverse alternative di involucro sui futuri occupanti e sulla comunità. I quattro indicatori principali considerati sono: **Comfort Interno**, **Personalizzazione**, **Tempo di Costruzione (Velocità)** e **Resistenza ai Rischi**. Ogni indicatore è stato valutato su una scala da 1 a 10, basandosi su ricerche scientifiche e sull'analisi dello stato dell'arte. La definizione degli indicatori sociali utilizzati nell'analisi è stata supportata sia dall'esperienza acquisita presso l'azienda ospitante durante il tirocinio, sia dal periodo di ricerca all'estero presso l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

"L'approccio utilizzato per valutare l'impatto sociale delle diverse soluzioni abitative combina metodologie consolidate nel campo della sostenibilità sociale con dati empirici raccolti attraverso interviste e questionari somministrati a professionisti del settore. I partecipanti, selezionati per la loro esperienza nel metodo Delphi, hanno contribuito alla definizione

e validazione degli indicatori sociali, basandosi su criteri di rilevanza pratica e scientifica. Questo processo è stato ulteriormente supportato da riferimenti a studi come quello di Pons et al. (2015), che esplora l'uso di indicatori sociali nel contesto della progettazione sostenibile. L'integrazione tra i dati raccolti e le metodologie teoriche ha permesso di sviluppare un quadro di valutazione che riflette in modo accurato le esigenze delle comunità e le sfide tipiche dei contesti post-emergenziali."

Gli indicatori sociali sono stati scelti tenendo conto di criteri chiave come il comfort abitativo, la sicurezza e l'inclusione sociale, fondamentali per garantire la qualità della vita degli abitanti nei rifugi emergenziali. Questi criteri sono stati quantificati utilizzando dati empirici raccolti attraverso questionari, studi sul campo e analisi delle condizioni socioeconomiche dei residenti, con particolare attenzione ai gruppi vulnerabili come migranti e rifugiati.

Tabelle 5.5.2 Indicatori ambientali - materiale di scarto

Grazie alla collaborazione con l'azienda e all'esperienza all'UPC, è stato possibile integrare questi indicatori in un quadro di valutazione più ampio, che considera non solo l'efficacia economica e ambientale delle soluzioni, ma anche il loro impatto sociale. Questo approccio ha permesso di sviluppare un modello di valutazione che riflette in modo più accurato le esigenze delle popolazioni vulnerabili, assicurando che le soluzioni proposte siano non solo sostenibili, ma anche socialmente inclusive.

Comfort Interno

L'analisi del comfort interno dei materiali è stata condotta utilizzando un approccio scientifico che ha integrato dati provenienti da una revisione della letteratura scientifica, normative di riferimento e cataloghi tecnici. Sono stati considerati cinque indicatori principali per valutare il comfort: termico, acustico, igrometrico, visivo e qualità dell'aria interna. I dati raccolti sono stati sottoposti a un processo di standardizzazione, che ha consentito di uniformare le valutazioni e attribuire punteggi su una scala da 1 a 10.

Le prestazioni dei materiali sono state valutate confrontando i valori tecnici riportati nelle fonti con i requisiti minimi definiti dalle normative di settore. Per il comfort termico, ad esempio, sono stati considerati parametri come la conducibilità termica e l'inerzia termica, valutati in conformità con la normativa ISO 10456:2007, che specifica le prestazioni termiche e le proprietà fisiche dei materiali da costruzione. Questo ha permesso di verificare l'efficacia dei materiali nel mantenere un microclima interno stabile. Per il comfort acustico, i punteggi sono stati assegnati sulla base della capacità dei materiali di attenuare il rumore, misurata in decibel e confrontata con le soglie definite dalla norma ISO 717-1:2013, che stabilisce gli standard per l'isolamento acustico in ambienti abitativi. Analogamente, il comfort igrometrico è stato valutato considerando la capacità dei

materiali di regolare l'umidità relativa interna, utilizzando i criteri stabiliti dalla UNI 11146:2005, che descrive le metodologie per l'analisi igrometrica nelle costruzioni.

Per quanto riguarda il comfort visivo, l'analisi si è basata sulla riflessione e distribuzione della luce, facendo riferimento a linee guida tecniche per la progettazione illuminotecnica e ai criteri per l'uso di materiali traslucidi in contesti abitativi. La qualità dell'aria interna, invece, è stata valutata in base alla presenza di emissioni nocive, seguendo le raccomandazioni della normativa EU-LCI [2013], che fornisce linee guida sulle basse emissioni dei prodotti da costruzione.

I cataloghi tecnici e le schede di prodotto hanno fornito informazioni dettagliate sulle proprietà specifiche dei materiali, come conducibilità termica, resistenza meccanica e capacità di isolamento acustico. Questi dati sono stati integrati con le evidenze raccolte dalla letteratura per garantire una valutazione completa e bilanciata. La conformità alle normative è stata utilizzata come criterio per verificare l'idoneità dei materiali nelle diverse categorie di comfort analizzate.

Personalizzazione

La personalizzazione è stata valutata come la capacità dell'involucro di adattarsi alle esigenze specifiche degli occupanti, includendo aspetti come flessibilità, adattabilità e possibilità di modifiche in situ. Per attribuire i valori, è stato utilizzato un metodo basato su una combinazione di valutazioni qualitative e consultazioni con esperti del settore, tra cui architetti, progettisti e tecnici con esperienza nella costruzione di rifugi post-emergenziali. Sono stati identificati tre criteri principali:

- **Flessibilità progettuale:** Possibilità di adattare i materiali e le strutture alle esigenze specifiche del progetto.
- **Adattabilità post-costruzione:** Capacità di apportare modifiche ai materiali o agli spazi una volta completato l'assemblaggio.
- **Autonomia e utilizzo di risorse locali:** Capacità del materiale di supportare personalizzazioni attraverso l'uso di tecnologie e risorse disponibili localmente.

Le valutazioni sono state raccolte attraverso un questionario distribuito a un panel di esperti, che ha espresso il proprio giudizio su una scala da 1 a 10 per ciascun materiale in base ai criteri sopra indicati. I risultati sono stati successivamente mediati per ottenere i punteggi complessivi.

Ad esempio, la terra cruda ha ottenuto un punteggio elevato (8) per la sua elevata flessibilità e adattabilità. Questo materiale può essere facilmente modellato e modificato direttamente in situ, consentendo agli occupanti di personalizzare spazi e dettagli in base alle proprie esigenze. Inoltre, l'uso di risorse locali, tipico della terra cruda, facilita ulteriori personalizzazioni durante la costruzione, riducendo la dipendenza da risorse esterne. Questo aspetto è particolarmente apprezzato in contesti dove la cultura locale gioca un ruolo significativo nella definizione dello spazio abitativo. D'altra parte, materiali più rigidi come il polycarbonato hanno mostrato

Alternativa	Comfort Interno (1-10)	Personalizzazione (1-10)	Tempo di Costruzione (1-10)	Resistenza ai Rischi (1-10)	Riferimenti
Pannello in polipropilene	6	7	8	5	Walker, P., et al. [2018], <i>Materials for Low Impact Buildings</i> , Springer.
Pannello in terra cruda	9	8	5	7	Reddy, B.V.V., and Kumar, P. [2011], <i>Sustainable Building and Construction</i> , Elsevier.
Pannello in fibrocemento	8	6	7	8	Mahapatra, S., and Vijayalaxmi, J. [2019], <i>Construction and Building Materials</i> .
Policarbonato a nido d'ape	5	5	7	4	Kim, S., and Overcash, M. [2003], <i>LCA Framework for Construction Materials</i> , Springer.
OSB (Oriented Strand Board)	7	7	7	7	Wilson, J.B. [2010], <i>Wood Products Life Cycle Analysis</i> , CORRIM.

Tabelle 5.4.3 Indicatori sociali

limitazioni significative, ottenendo un punteggio di 5. La natura preformata e industrializzata del policarbonato rende difficili le modifiche post-produzione senza compromettere l'integrità del materiale. Tuttavia, alcune soluzioni innovative, come l'uso di pannelli modulari prefabbricati, stanno iniziando a offrire una maggiore flessibilità nelle configurazioni finali, anche se al momento tali applicazioni sono ancora limitate. I pannelli in polipropilene hanno ottenuto un punteggio intermedio di 7. Pur essendo personalizzabili durante la fase di fabbricazione, grazie alla possibilità di realizzare forme e dimensioni specifiche, la loro flessibilità diminuisce una volta assemblati. Tuttavia, la loro modularità consente una parziale personalizzazione attraverso l'aggiunta o la sostituzione di componenti, adattandosi così a eventuali cambiamenti nelle condizioni di vita o nelle esigenze degli occupanti.

Il punteggio complessivo per ciascun materiale è stato calcolato come media delle valutazioni fornite dagli esperti per i tre criteri considerati. Questo metodo ha permesso di ottenere una valutazione equilibrata e comparabile, fornendo un quadro chiaro delle capacità di personalizzazione offerte dai diversi materiali.

Tempo di Costruzione

Il tempo di costruzione è un indicatore cruciale nei contesti post-emergenziali, dove la rapidità di assemblaggio rappresenta una priorità assoluta. Per valutare questo aspetto, è stato adottato un approccio basato su una combinazione di analisi documentale e consultazioni dirette con esperti del settore, tra cui rappresentanti della Croce Rossa e dell'UNHCR. Questi interlocutori, con esperienza diretta nella gestione di emergenze abitative, hanno fornito informazioni dettagliate sui tempi medi di costruzione e sui principali fattori che influenzano la rapidità degli

Materiale	ComfortTermico (1-10)	Comfort Acustico (1-10)	Comfort Igrometrico (1-10)	Comfort Visivo (1-10)	Qualità dell'Aria Interna (1-10)	Punteggio Comfort Totale (Media)
Pannello in poli- propilene	7	6	5	6	6	6.0
Pannello in terra cruda	9	8	9	8	10	8.8
Pannello in fi- brocemento	8	7	7	7	7	7.2
Policarbonato a nido d'ape	6	4	5	5	5	5.0
OSB	7	7	6	6	7	6.6

Tabelle 5.4.3 Calcolo media del punteggio criterio del comfort

interventi.

Le valutazioni sono state strutturate attorno a tre criteri principali:

- **Facilità di assemblaggio:** Intesa come rapidità e semplicità delle operazioni di costruzione, inclusa la necessità o meno di competenze tecniche avanzate.
- **Impatto delle condizioni esterne:** Analisi dell'influenza di fattori come clima, logistica e accesso alle risorse sul tempo necessario per completare l'assemblaggio.
- **Disponibilità del materiale:** La facilità di approvvigionamento e trasporto dei materiali sul sito.

I punteggi sono stati attribuiti su una scala da 1 a 10, in base ai dati raccolti da documenti tecnici, casi studio e le informazioni emerse durante le interviste. In particolare, i materiali pretagliati o prefabbricati, come i pannelli in polipropilene e in policarbonato, sono stati valutati positivamente per la loro rapidità di installazione, che richiede un livello minimo di formazione tecnica e consente di completare la costruzione in tempi ridotti. Questi materiali si sono dimostrati particolarmente efficaci in situazioni in cui il tempo rappresenta una risorsa critica.

Al contrario, materiali naturali come la terra cruda, pur offrendo vantaggi in termini di sostenibilità e comfort abitativo, richiedono processi più laboriosi, come l'asciugatura e la modellazione diretta in situ, che possono rallentare significativamente le operazioni. Le valutazioni emerse dai colloqui con gli esperti hanno evidenziato che questi tempi si allungano ulteriormente in condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Materiali intermedi, come il fibrocemento e l'OSB, hanno mostrato un equilibrio tra velocità di costruzione e robustezza operativa. Sebbene non offrano la stessa rapidità dei materiali prefabbricati, si sono dimostrati adeguati in contesti che richiedono una maggiore durabilità rispetto ai

pannelli leggeri. Le interviste con Croce Rossa e UNHCR hanno inoltre sottolineato l'importanza di considerare la logistica e la capacità di adattamento del materiale ai contesti specifici. Questo tipo di confronto ha permesso di attribuire punteggi che non si limitano alle caratteristiche intrinseche dei materiali, ma includono anche la loro effettiva praticabilità in situazioni di emergenza.

Resistenza ai Rischi

La resistenza ai rischi è stata valutata considerando la capacità dell'involucro di resistere a eventi avversi come sismi, incendi e forti venti, elementi di criticità particolarmente rilevanti in contesti post-emergenziali. Per attribuire i punteggi, è stato adottato un approccio basato su criteri qualitativi e quantitativi, con un'analisi che ha integrato dati provenienti da normative tecniche, letteratura scientifica e consultazioni con esperti nel settore della progettazione per l'emergenza.

I criteri di valutazione sono stati definiti in base a tre aspetti principali:

- **Resistenza meccanica:** Capacità del materiale di mantenere l'integrità strutturale sotto carichi dinamici e statici, come nel caso di eventi sismici o venti forti.
- **Comportamento al fuoco:** Risposta del materiale in condizioni di esposizione al fuoco, valutata secondo le classi di reazione al fuoco definite dalle normative.
- **Durabilità in condizioni ambientali estreme:** Capacità del materiale di resistere a umidità, corrosione e variazioni termiche.

Le valutazioni sono state condotte attraverso un confronto con le specifiche tecniche riportate nei cataloghi dei materiali e in documenti normativi, come la **UNI EN 13501-1**, che classifica la reazione al fuoco dei materiali da costruzione, e le linee guida per la progettazione antisismica in contesti di emergenza. Inoltre, sono stati condotti colloqui con esperti del settore per contestualizzare le prestazioni dei materiali in scenari reali. Materiali come il fibrocemento hanno ottenuto valutazioni elevate grazie alla loro robustezza strutturale e alla resistenza al fuoco, che li rendono particolarmente adatti per applicazioni in ambienti a rischio elevato. Al contrario, materiali come il polycarbonato, pur vantando leggerezza e facilità di installazione, hanno dimostrato una capacità limitata di resistere a stress meccanici e termici, ottenendo un punteggio inferiore. La terra cruda, pur essendo un materiale naturale e sostenibile, presenta alcune criticità in condizioni di esposizione prolungata a umidità o carichi sismici intensi, che possono comprometterne la stabilità.

Il processo di attribuzione dei punteggi ha previsto una ponderazione dei criteri in base alla loro rilevanza nei contesti di emergenza, con un focus particolare sulla sicurezza degli occupanti e sulla durabilità delle strutture. Questo approccio ha permesso di identificare i materiali più performanti in termini di resistenza ai rischi, fornendo indicazioni utili per la scelta dei materiali più adatti nelle diverse situazioni.

5.6 | Applicazione del metodo Delphi per il calcolo dei pesi della matrice degli indicatori

La metodologia Delphi è stata adottata in questo studio per determinare i pesi relativi dei criteri utilizzati nell'analisi multicriterio. Questo metodo, largamente utilizzato nelle ricerche qualitative e nella valutazione di scenari complessi, permette di raccogliere le opinioni di esperti attraverso una serie di questionari ripetuti, con l'obiettivo di raggiungere un consenso.

Il metodo Delphi è stato caratterizzato da una serie di fasi iterative, durante le quali un panel di esperti ha risposto a questionari strutturati. Gli esperti sono selezionati in base alla loro competenza e alla rilevanza nel contesto dell'analisi. Le risposte vengono raccolte in modo anonimo, per evitare bias e influenze reciproche tra i partecipanti. Nelle successive iterazioni, gli esperti ricevono un feedback sulle risposte aggregate del gruppo, che permette loro di rivedere e affinare le loro opinioni. Questo processo continua fino a quando si raggiunge un livello accettabile di consenso tra i partecipanti.

Selezione dei Professionisti Coinvolti

Prima dell'avvio delle iterazioni Delphi, è stata inviata a tutti gli esperti coinvolti una presentazione dettagliata del caso studio, che descriveva il contesto specifico di Campobello di Mazara e gli obiettivi del progetto. La presentazione includeva informazioni sui materiali selezionati per i rifugi post-emergenziali, le condizioni climatiche locali, e le esigenze specifiche della popolazione destinataria. Questa introduzione al caso studio è stata fondamentale per garantire che tutti gli esperti avessero una comprensione approfondita del contesto e delle problematiche da affrontare.

Insieme alla presentazione, è stata fornita una tabella da compilare, che rappresentava l'albero dei requisiti strutturato in modo gerarchico. L'albero dei requisiti suddivideva i criteri principali in categorie economiche, ambientali e sociali, ciascuna con i relativi indicatori specifici. Agli esperti è stato richiesto di assegnare pesi relativi ai diversi criteri e indicatori, riflettendo la loro importanza percepita nel contesto del caso studio. La tabella è stata progettata per essere intuitiva e facilmente comprensibile, permettendo agli esperti di inserire i loro giudizi in modo sistematico e strutturato.

Questo approccio ha permesso di ottenere una valutazione equilibrata e informata, poiché gli esperti potevano basare le loro risposte non solo sulla loro esperienza professionale, ma anche sulla conoscenza dettagliata del caso studio. L'invio preliminare della presentazione e della tabella ha

Relazione Generale

Mives per il campo dei lavoratori stagionali a Campobello di Mazara

Il progetto si propone di utilizzare il metodo MIVES per analizzare la soluzione più sostenibile e confortevole per un centro di accoglienza per i lavoratori stagionali a Campobello di Mazara. Questi campi forniscono una sistemazione temporanea ai lavoratori stagionali che si recano nella zona per lavorare nella raccolta di varie colture.

Per far fronte al problema dei campi illegali che creano i lavoratori la Prefettura di Campobello di Mazara ha organizzato un campo in un vecchio frantoio confiscato. I moduli, organizzati e finanziati dalla Prefettura, sono stati montati dalla Croce Rossa durante la stagione della raccolta delle olive e smontati e riposti nel frantoio. Questo campo, situato vicino il paese dove le temperature vanno nel periodo di utilizzo dai 28°C di mattina ai 15°C della sera, è composto da moduli costruttivi a secco progettati da Ikea ed è stato attrezzato con i servizi igienici e docce. Un modulo viene montato in circa 5 ore da due persone, è una stanza sola ed è per 5 persone (un letto singolo e due a castello) e viene usato solo per la notte. Dal punto di vista tecnologico il modulo dell'IKEA inoltre ha la struttura costituita da un telaio in acciaio con pannelli polimerici leggeri e possiede un pannello solare per l'illuminazione interna.

Il campo per la raccolta delle olive del 2022 ha raggiunto il numero di 85 moduli, che per il numero di persone massimo che possono contenere vuol dire una capienza di circa 425 persone.



L'idea è quella di trovare attraverso il calcolo multicriteriale la soluzione più sostenibile in termini di involucro, studiando quattro diversi materiali come: 1) il pannello ikea in polimero (la soluzione corrente), 2) l'OSB, 3) il pannello in fibrocemento, 4) il policarbonato alveolare e 5) pannello in terra cruda

1

garantito che il processo Delphi partisse da una base solida di conoscenze condivise, riducendo il rischio di interpretazioni errate o disallineate tra i partecipanti. Durante le fasi iterative successive del processo Delphi, i pesi iniziali assegnati dagli esperti sono stati raccolti e analizzati per individuare eventuali divergenze significative tra le opinioni. Gli esperti hanno poi ricevuto un feedback sui risultati aggregati e sono stati invitati a rivedere i loro punteggi alla luce delle informazioni fornite, contribuendo a un processo di affinamento che ha portato a un consenso robusto e condiviso.

Figura 5.6.1 Report per gli esperti

Weight requirements (%)	Requirements	criteria weights (%)	Criterios	Indicator Weights (%)	Indicator
	Economic		Implementation Cost	100	Building Cost
			Maintenance Cost	100	Repair cost
	Environmental		Resources Consumption		Energy Consumption
					Waste Material
			Emissions	100	CO₂ Emissions
	Social		Comfort		Indoor Comfort
					Customization
			Safety		Construction Time
					Risk Resistance

Figura 5.6.1 Report per gli esperti - tabella excell per il Delphi

Per questo studio, sono stati coinvolti 20 esperti provenienti da diverse parti del mondo, con competenze specifiche nei settori dell'architettura post-emergenziale, della progettazione sostenibile e degli aiuti internazionali. Il panel è stato composto da:

- **12 Professori Universitari e Ricercatori:** Specializzati in architettura, ingegneria e sostenibilità, questi esperti hanno fornito una prospettiva accademica basata sulle ultime ricerche e studi di settore.
- **6 Professionisti del Settore:** Comprendendo architetti, ingegneri e consulenti con esperienza diretta in progetti di costruzione e pianificazione post-emergenziale.
- **2 Rappresentanti di Imprese e Produttori di Materiali Sostenibili:** Questi stakeholder hanno contribuito con conoscenze pratiche sui materiali e le tecnologie utilizzate nella costruzione di rifugi sostenibili.

La scelta di un panel diversificato è stata fondamentale per garantire che i pesi assegnati ai vari criteri riflettessero un'ampia gamma di prospettive, bilanciando le considerazioni teoriche con le esigenze pratiche del settore.

Applicazione del Metodo Delphi

Una volta selezionati gli esperti, è stato loro inviato un pacchetto di informazioni contenente una scheda riepilogativa in Excel, nella quale erano elencati i criteri e gli indicatori da ponderare. La scheda è stata progettata per essere semplice e intuitiva, permettendo agli esperti di assegnare pesi relativi ai diversi criteri in modo rapido ed efficiente.

Il processo Delphi ha seguito le seguenti fasi:

1. **Prima Fase:** Gli esperti hanno assegnato un primo set di pesi ai criteri proposti. Questi pesi sono stati raccolti e analizzati per individuare eventuali divergenze significative tra le opinioni.
2. **Seconda Fase:** Gli esperti hanno ricevuto un report con i risultati aggregati della prima fase, insieme a una sintesi delle opinioni prevalenti.

		Weights assigned by panellist (%)																				Mean	Median	Median absolute deviation (%)	Consensus		
		R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11	R.12	R.13	R.14	R.15	R.16	R.17	R.18	R.19	R.20							
Requirements, criteria and indicators		R.1	R.2	R.3	R.4	R.5	700	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11	R.12	R.13	R.14	R.15	R.16	R.17	R.18	R.19	R.20						
R1. Economic		45	30	40	30	40	30	25	20	10	30	40	20	20	25	40	30	20	40	40	30	30,3	30	7,25	Sí		
		30	50	20	30	20	30	25	30	20	20	40	30	20	25	30	30	60	20	30	30	29,5	30	6,50	Sí		
		25	20	40	40	40	40	50	50	70	50	20	50	60	50	30	40	20	40	30	40	40,3	40	9,75	Sí		
C1. Implementation Cost		70	30	40	60	60	50	60	30	80	75	80	60	60	65	70	65	70	60	70	60	60,8	60	9,75	Sí		
		30	70	60	40	40	50	40	70	20	25	20	40	40	35	30	35	30	40	30	40	39,3	40	9,75	Sí		
C3. Resources consumption		40	50	35	45	55	60	40	25	40	50	40	45	40	20	55	30	30	25	20		39,5	40	9,00	Sí		
		60	50	65	55	45	30	60	65	60	50	60	55	60	80	45	70	75	80			59,5	60	9,00	Sí		
C4. Emissions		40	40	40	40	40	50	50	60	50	60	20	40	50	35	55	35	60	70	40	50	46,3	45	9,25	Sí		
		60	60	60	60	50	50	40	50	40	80	60	50	65	45	65	40	30	60	50		53,8	55	9,25	Sí		
C6. Safety		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100	0,00	Sí		
		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100	0,00	Sí		
I02. Maintenance/Repair Cost		40	10	35	40	40	40	60	50	65	50	50	60	50	65	70	60	50	60	50	60	50,3	50	9,75	Sí		
		60	90	65	60	60	40	50	35	50	50	40	50	35	30	40	50	40	50	40		49,8	50	9,75	Sí		
I04. Waste Material		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100	0,00	Sí		
		40	90	60	40	60	50	55	70	55	60	60	60	50	60	40	60	40	60	50	50	56,0	60	8,00	Sí		
I06. Indoor Comfort		60	10	40	60	40	40	50	45	30	45	40	40	50	40	60	40	60	40	50	40	44,0	40	8,00	Sí		
		40	30	45	35	40	40	40	60	50	50	60	60	40	40	60	40	60	70	40	60	48,0	42,5	9,50	Sí		
I08. Construction Time		60	70	55	65	60	60	60	60	40	50	50	40	60	60	40	40	30	60	40	30	52,0	57,5	9,50	Sí		

Tabella 5.6.1 Matrice dei pesi

La matrice è organizzata in modo da riflettere i pesi assegnati ai principali requisiti (economici, ambientali, e sociali), ai criteri corrispondenti, e agli indicatori specifici. Ogni esperto ha compilato una scheda Excel, nella quale ha assegnato i pesi relativi a ciascun criterio, basandosi sulla loro importanza percepita nel contesto dei rifugi post-emergenziali.

I pesi assegnati dai singoli esperti sono stati poi aggregati per formare la matrice finale, che riflette la media ponderata delle opinioni del gruppo. Questo processo ha permesso di bilanciare le diverse prospettive, garantendo che il modello finale fosse rappresentativo di una vasta gamma di esperienze e competenze.

Nella matrice finale, ogni criterio e indicatore è stato ponderato in base all'importanza relativa assegnata dagli esperti:

- **Requisiti Economici:** I criteri associati ai costi di costruzione e manutenzione hanno ricevuto un peso significativo, riflettendo l'importanza di mantenere i costi sotto controllo in contesti di emergenza.
- **Requisiti Ambientali:** Le emissioni di CO₂ e il consumo energetico sono stati considerati critici, con pesi elevati assegnati a questi indicatori. Questo riflette la crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale anche in contesti di emergenza.
- **Requisiti Sociali:** Indicatori come il comfort interno e la resistenza ai rischi sono stati altamente ponderati, rispecchiando la necessità di garantire che i rifugi siano sicuri e abitabili.

Analisi dei Risultati

La matrice Delphi mostra come le opinioni degli esperti siano state integrate per fornire una base robusta per il calcolo multicriterio. Ad esempio, la resistenza ai rischi ha ottenuto un peso notevole, poiché molti esperti hanno sottolineato l'importanza di garantire che i rifugi possano resistere a eventi naturali avversi.

Le differenze nei pesi assegnati a ciascun indicatore riflettono le diverse priorità e preoccupazioni degli esperti. Per esempio, alcuni esperti hanno dato maggiore importanza ai costi di costruzione, mentre altri hanno sottolineato l'importanza della sostenibilità ambientale. Queste differenze sono state bilanciate attraverso il processo iterativo Delphi, che ha permesso di raggiungere un consenso su un set di pesi che riflette una visione equilibrata e condivisa.

Diversità di Risposte: È evidente che gli esperti hanno assegnato pesi diversi ai vari requisiti, criteri e indicatori. Ad esempio, per il requisito "R1. Economic", i pesi variano notevolmente tra gli esperti, con alcuni che attribuiscono un peso più alto (come R2 e R3), mentre altri lo considerano meno rilevante (come R9). Questa diversità riflette le differenti priorità e visioni degli esperti, che possono essere influenzate dalla loro esperienza professionale, dalla loro area di competenza, o dalle specifiche sfide che vedono come più critiche in un contesto post-emergenziale.

Trend e Coerenza: Sebbene ci siano variazioni significative, si possono

notare alcuni trend. Ad esempio, il costo di implementazione (C1) tende a ricevere pesi alti da parte di molti esperti, suggerendo un consenso generale sull'importanza di controllare i costi iniziali nei progetti di rifugi post-emergenziali. Tuttavia, il peso assegnato al consumo di risorse (C3) mostra maggiore variabilità, indicando che ci sono opinioni diverse sulla sua rilevanza rispetto ad altri criteri.

Confronto tra Requisiti: Tra i tre principali requisiti (Economic, Environmental, Social), la "Social" (R3) sembra avere una variabilità nei pesi assegnati, con alcuni esperti che gli attribuiscono un peso più elevato rispetto agli altri (ad esempio R3 e R12). Questo potrebbe indicare che per alcuni esperti, gli aspetti sociali sono considerati fondamentali per la riuscita di un progetto di rifugio, mentre altri potrebbero considerare prioritari gli aspetti economici o ambientali.

Indicatori Specifici: Guardando agli indicatori specifici, come "I01. Material/Construction Cost", vediamo che c'è un accordo unanime sull'importanza di questo indicatore, con tutti gli esperti assegnando il massimo peso (100%). Questo suggerisce che, indipendentemente dalle altre variazioni nei pesi, il costo del materiale e della costruzione è considerato universalmente critico.

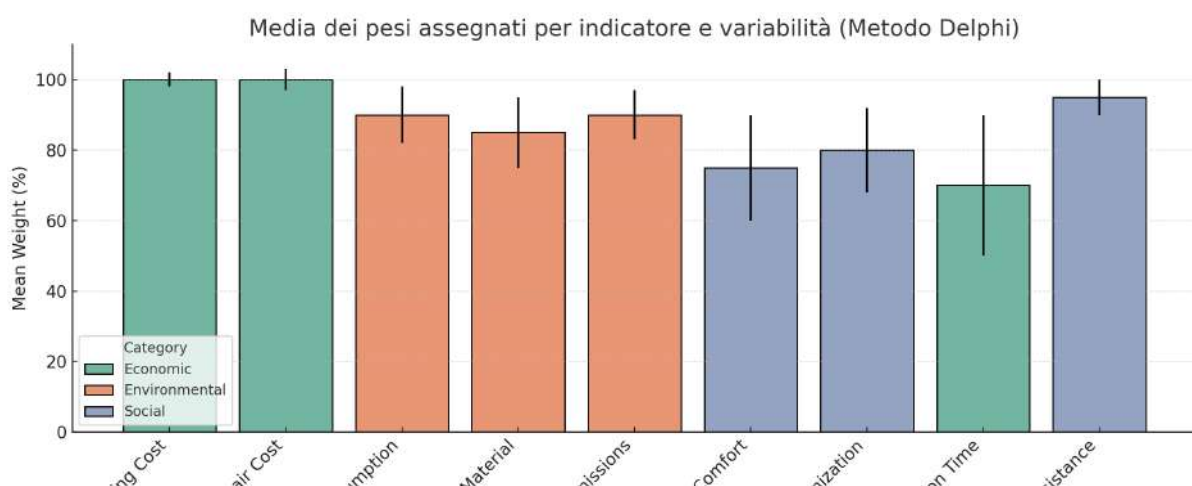


Figura 5.6.2 Media dei pesi assegnati per indicatore

5.7 | Applicazione del modello MIVES per la valutazione di un involucro sostenibile

In questo paragrafo, verrà descritto il processo di applicazione del modello MIVES, con particolare attenzione alle formule e alle funzioni di valore che sono state utilizzate per valutare le diverse alternative. Il MIVES (Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles) è uno strumento di analisi multicriterio che consente di valutare alternative secondo criteri economici, ambientali e sociali.

Interfaccia del programma MIVES

Il software MIVES guida l'utente nella costruzione del processo di valutazione tramite tre moduli principali:

Modulo Programmatore: consente di costruire l'albero dei criteri, definire gli indicatori da utilizzare, assegnare i pesi a ciascun criterio e selezionare la forma della funzione di valore per ciascun indicatore.

Modulo Utente: permette di inserire i dati per ciascuna alternativa progettuale e calcolare il valore finale degli indicatori.

Modulo Report: consente di analizzare i risultati, generare grafici, fare analisi di sensibilità e ottenere report completi.

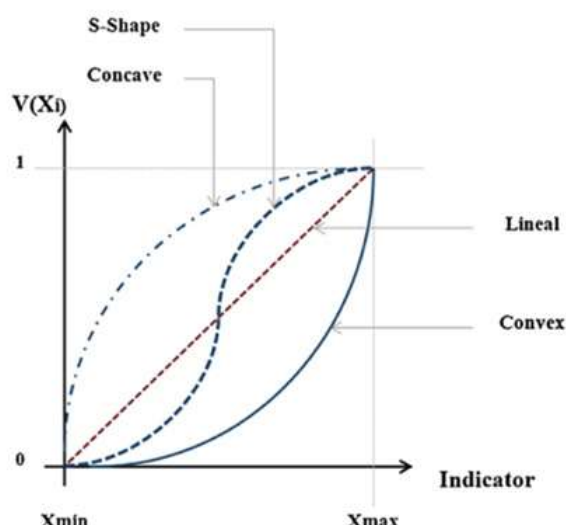


Figura 5.7.6 Diagramma funzioni di valore

Formule e Funzioni di Valore

La forma della funzione dipende dal tipo di relazione tra il valore dell'indicatore e il suo contributo alla sostenibilità (fig. 5.7.6).

Le curve possono essere:

Lineari: l'aumento del valore dell'indicatore comporta un aumento costante della soddisfazione (es. costi).

Concave: la soddisfazione cresce rapidamente all'inizio e poi rallenta (es. comfort minimo indispensabile).

Convesse: la soddisfazione cresce lentamente all'inizio e poi accelera (es. personalizzazione o innovazione).

A forma di S: rappresentano dinamiche complesse in cui la variazione del valore produce effetti più intensi in una zona intermedia.

Formula e calcolo

Il valore di ciascun indicatore viene calcolato con una delle seguenti formule, che trasformano i dati grezzi in valori tra 0 e 1:

Funzione lineare semplice:

$$V(X) = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times (1 - V_{min}) + V_{min}$$

Funzione generalizzata (curva sigmoide o esponenziale):

$$V_i = A + B \left[1 - e^{-k_i \left(\frac{|X_{ind} - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right]$$

Dove i parametri A, B, k, C, e P regolano la forma e la pendenza della curva, in modo da riflettere l'andamento desiderato (crescente, decrescente, lento o rapido).

Combinazione dei risultati

Alla fine, l'indice di valore complessivo di ogni alternativa è calcolato

$$Indice\ di\ Valore = \sum_{i=1}^n w_i \cdot V_i(X)$$

come media ponderata dei valori normalizzati:

Dove:

- w_i è il peso assegnato all'indicatore i-esimo;
- $V_i(X)$ è il valore normalizzato dell'indicatore.

La definizione delle funzioni di valore rappresenta una fase centrale del processo di valutazione nel modello MIVES, in quanto determina il modo in cui ciascun indicatore contribuisce al valore complessivo di sostenibilità di un'alternativa progettuale. In altre parole, la funzione di valore traduce il dato numerico grezzo dell'indicatore (es. costo, emissioni, comfort, ecc.) in un punteggio compreso tra 0 e 1, rappresentando il livello di soddisfazione associato a quel dato.

Tale traduzione non è neutra: implica una riflessione critica su come varia il contributo dell'indicatore al miglioramento della sostenibilità al crescere o al decrescere del suo valore. In alcuni casi, l'interpretazione è immediata: per indicatori come il consumo energetico o le emissioni di CO₂, valori più alti rappresentano chiaramente una condizione peggiorativa, per cui l'associazione è inversa (più è alto il valore, minore è il punteggio). In altri casi, invece, la relazione è più complessa e richiede un ragionamento qualitativo basato sul contesto progettuale e sugli obiettivi della valutazione. Ad esempio, il comfort o la personalizzazione non crescono sempre in modo lineare rispetto alla soddisfazione dell'utente: piccoli miglioramenti iniziali possono avere un impatto limitato, mentre miglioramenti più consistenti possono produrre un salto qualitativo significativo.

Per questo motivo, le funzioni di valore non sono scelte arbitrariamente, ma vengono selezionate in base all'andamento desiderato della soddisfazione rispetto all'indicatore, utilizzando forme lineari, concave, convesse o a S. La scelta della forma è guidata da: la letteratura tecnica e scientifica di riferimento, i criteri di progetto specifici, le opinioni degli esperti (es. tramite il metodo Delphi), l'esperienza progettuale maturata nel contesto di studio.

Stabilire se un indicatore debba avere un impatto crescente o decrescente, lineare o non lineare, implica anche decidere da quale punto di vista si guarda il problema: quello del progettista, dell'utente finale, dell'ente pubblico o dell'ambiente. In sintesi, le funzioni di valore traducono una visione strategica e culturale in un linguaggio numerico comparabile, rappresentando un passaggio critico tra l'analisi tecnica e la decisione progettuale.

Di seguito vengono riportate, per ciascun indicatore utilizzato nell'analisi, le funzioni di valore adottate e la logica sottostante alla loro selezione.

Costo di Costruzione (I1) - Funzione Lineare (LINx): La funzione lineare per il costo di costruzione riflette una proporzionalità diretta tra l'aumento dei costi e la riduzione del valore di sostenibilità dell'indicatore. Questa funzione assegna un punteggio che varia in modo costante e proporzionale, senza cambiamenti nella pendenza, rappresentando l'impatto finanziario di questo indicatore sul punteggio complessivo.

Costo di Manutenzione (I2) - Funzione Lineare (LINx): Anche il costo di manutenzione viene valutato linearmente, implicando una riduzione proporzionale del valore percepito con l'aumento dei costi. La funzione indica una sensibilità lineare e costante verso i costi, con una penalizzazione uniforme lungo l'intervallo di spesa considerato.

Consumo Energetico (I3) - Funzione Lineare (LINx): Per il consumo energetico, la funzione lineare riflette una penalizzazione diretta e costante. Ogni incremento del consumo energetico comporta una riduzione proporzionale nel punteggio di sostenibilità, indicando che la variazione è trattata con una risposta uniforme lungo l'intervallo di consumo.

Materiale di Scarto (I4) - Funzione Lineare (LINx): Questa funzione lineare applicata al materiale di scarto implica che la quantità di rifiuti generati impatta sul punteggio in modo direttamente proporzionale e costante. Aumenti nei materiali di scarto riducono il valore di sostenibilità in modo omogeneo lungo tutto l'intervallo dell'indicatore.

Emissioni di CO₂ (I5) - Funzione Decrescente Convessa (DCX): La funzione decrescente convessa per le emissioni di CO₂ suggerisce che aumenti iniziali nelle emissioni comportano una riduzione più significativa del valore, mentre incrementi successivi hanno un impatto progressivamente minore. Questo andamento rappresenta una penalizzazione più severa per i primi incrementi delle emissioni, con una riduzione dell'intensità della penalizzazione a livelli più elevati.

Comfort Interno (I6) - Funzione Convessa Crescente (ICX): La funzione convessa crescente per il comfort indica che incrementi iniziali dell'indicatore portano a un modesto aumento del valore, ma una volta superata una certa soglia, l'impatto positivo sul valore diventa progressivamente maggiore. Questo andamento riflette l'importanza di

Indicatori		Curve
I ₁	Costo di costruzione	LIN _x
I ₂	Costo di manutenzione	LIN _x
I ₃	Consumo di energia	LIN _x
I ₄	Materiale di scarto	LIN _x
I ₅	CO ₂ Emissioni	DC _x
I ₆	Comfort	IC _x
I ₇	Personalizzazione	ICx
I ₈	Tempo di costruzione	ISx
I ₉	Resistenza al rischio	IC _x

Tabella 5.7.1 Funzioni di valore per ogni indicatore

un comfort adeguato e crescente per il benessere.

Personalizzazione (I7) - Funzione Convessa Crescente (ICX): Per la personalizzazione, la funzione convessa crescente rappresenta un impatto crescente dell'indicatore sul valore, dove le possibilità iniziali di personalizzazione hanno un'influenza limitata, ma a livelli più elevati di personalizzazione il valore aumenta rapidamente, riflettendo l'importanza dell'adattabilità.

Tempo di Costruzione (I8) - Funzione a S (IS): La funzione a S per il tempo di costruzione riflette una variazione inizialmente lenta, che poi accelera

e successivamente si stabilizza. Questo andamento indica che tempi di costruzione rapidi portano benefici crescenti fino a un certo punto, oltre il quale ulteriori riduzioni del tempo non migliorano significativamente il valore complessivo.

Resistenza ai Rischi (I9) - Funzione a S (IS): Anche per la resistenza ai rischi, la funzione a S rappresenta un andamento in cui i livelli iniziali di resistenza non portano a un grande incremento del valore, ma oltre una soglia critica, la resistenza aggiuntiva incrementa rapidamente il punteggio, stabilizzandosi poi su valori elevati per garantire la sicurezza e durabilità dell'involucro.

L'accurata selezione delle funzioni di valore ha permesso di attribuire a ciascun indicatore un significato progettuale chiaro, rendendo il processo valutativo non solo numericamente rigoroso ma anche qualitativamente fondato. Il modello MIVES si è quindi rivelato uno strumento capace di integrare aspetti eterogenei in un indice sintetico ma leggibile, fornendo al decisore strumenti operativi concreti per scegliere soluzioni abitative sostenibili in contesti ad alta vulnerabilità. Il passo successivo è stato verificare la robustezza delle valutazioni attraverso un'analisi di sensibilità.

5.8 | Analisi della sensibilità e verifica dei risultati del modello MIVES

I risultati ottenuti dall'analisi multicriterio tramite il modello MIVES forniscono una chiara valutazione delle diverse alternative di involucro considerate. La tabella seguente sintetizza i pesi assegnati ai criteri e agli indicatori, nonché i punteggi normalizzati per ciascuna alternativa. La tabella 5.8.1 riporta i pesi assegnati ai requisiti principali (Economico, Ambientale, Sociale) e ai rispettivi criteri e indicatori, come determinato dal processo Delphi. Inoltre, in questa tabella sono riportati i punteggi normalizzati ottenuti dalle alternative per ciascun indicatore. Questi punteggi sono il risultato dell'applicazione delle funzioni di valore e dei pesi assegnati. Successivamente, è stata condotta un'analisi di sensibilità sul modello sviluppato, al fine di verificare la robustezza dei risultati ottenuti e identificare eventuali variazioni nei punteggi in relazione ai pesi assegnati ai diversi criteri e indicatori. Tale analisi è stata realizzata grazie al prezioso aiuto e al confronto con i professori Oriol Pons Valladares e la prof.ssa Montserrat Bosch González dell'UPC, il cui contributo ha permesso di affinare ulteriormente il modello e garantire un processo di valutazione rigoroso e scientificamente solido.

Il primo calcolo è stato fatto usando i pesi dati dal Delphi, questo analizza le cinque alternative di materiali per l'involucro di un rifugio utilizzando indicatori ponderati. Gli indicatori principali (i_1 , i_2 , i_3 , etc.) sono accompagnati dai rispettivi pesi (w_1 , w_2 , etc.), stabiliti con il metodo Delphi. Ogni indicatore, moltiplicato per il peso, si collega a un criterio (C_1 , C_2 , etc.), mentre i requisiti (R_1 , R_2 , R_3) derivano dai criteri secondo i pesi assegnati. Al termine dell'analisi, il materiale con il punteggio migliore è la terra cruda, suggerendo la sua superiorità per l'uso come involucro.

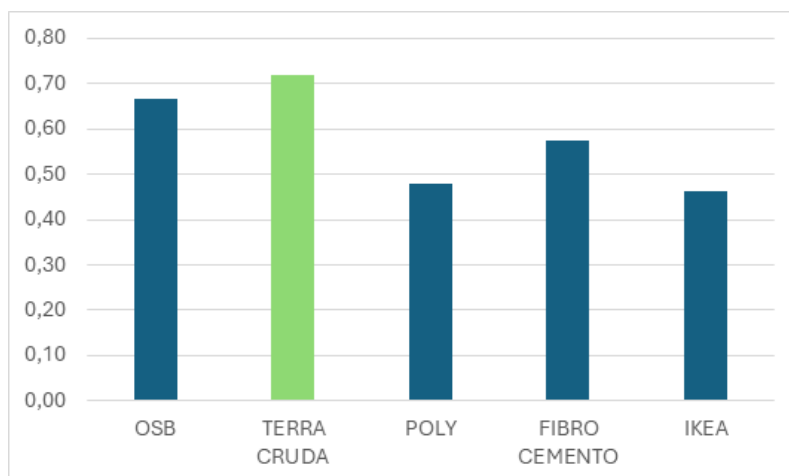


Figura 5.8.7 Grafico comparativo delle cinque alternative di materiali per l'involucro del rifugio, analizzate tramite calcolo multicriterio con il metodo Delphi.

	I1	W1	C1	WC1	I2	W12	C2	WC2	R1	WR1
Alternatives	Cost	Cost	Cost	Cost	Maint	Maint	Cost Maint	Cost maint	Econ	Eco
OSB	0,64	1,00	0,64	0,60	0,79	1,00	0,79	0,40	0,70	0,30
TERRA CRUDA	0,72	1,00	0,72	0,60	0,93	1,00	0,93	0,40	0,80	0,30
POLY	0,29	1,00	0,29	0,60	0,89	1,00	0,89	0,40	0,53	0,30
FIBRO CEMENTO	0,43	1,00	0,43	0,60	0,86	1,00	0,86	0,40	0,60	0,30
IKEA	0,50	1,00	0,50	0,60	0,72	1,00	0,72	0,40	0,59	0,30

	I3	W13	I4	W14	C3	WC3	I5	W15	C4	WC4	R2	WR2
Alternatives	Energy	Energy	Waste	Waste	ResCons	Res Cons	CO2	CO2	Emissions	Emissions	Environmental	Environmental
OSB	0,50	0,50	0,74	0,50	0,62	0,40	0,71	1,00	0,71	0,60	0,67	0,30
TERRA CRUDA	0,56	0,50	0,84	0,50	0,70	0,40	0,79	1,00	0,79	0,60	0,75	0,30
POLY	0,22	0,50	0,60	0,50	0,41	0,40	0,24	1,00	0,24	0,60	0,31	0,30
FIBRO CEMENTO	0,34	0,50	0,50	0,50	0,42	0,40	0,31	1,00	0,31	0,60	0,36	0,30
IKEA	0,39	0,50	0,34	0,50	0,36	0,40	0,16	1,00	0,16	0,60	0,24	0,30

	I6	W16	I7	W17	C5	WC5	I8	W18	I9	W19	C6	WC6	R3	WR3
Alternatives	Comfort	Comfort	Customiz	Customiz	Comfort	Comfort	Constr time	Construct Time	Risk Resist	Risk time	Safety	Safety	Social	Social
OSB	0,61	0,60	0,61	0,40	0,61	0,45	0,83	0,43	0,52	0,58	0,65	0,55	0,64	0,40
TERRA CRUDA	0,88	0,60	0,75	0,40	0,83	0,45	0,59	0,43	0,39	0,58	0,47	0,55	0,63	0,40
POLY	0,35	0,60	0,61	0,40	0,46	0,45	0,83	0,43	0,52	0,58	0,65	0,55	0,56	0,40
FIBRO CEMENTO	0,75	0,60	0,61	0,40	0,69	0,45	0,83	0,43	0,67	0,58	0,74	0,55	0,72	0,40
IKEA	0,48	0,60	0,61	0,40	0,53	0,45	0,91	0,43	0,27	0,58	0,55	0,55	0,54	0,40

Tabella 5.81 Matrice del modello Mives

Per valutare la robustezza dell'albero decisionale sviluppato, sono stati creati diversi scenari in collaborazione con il supervisore, in cui ciascuno enfatizza un requisito specifico³. Lo scopo è verificare se la struttura dell'analisi mantiene risultati coerenti al variare delle priorità, in modo da testare la validità delle conclusioni. Gli scenari sono così strutturati:

- **Scenario 1:** Tutti i requisiti hanno pesi equivalenti, fornendo una base neutrale.
- **Scenario 2:** L'aspetto economico riceve un peso maggiore, analizzando l'efficacia dei materiali in un'ottica di costo.
- **Scenario 3:** Viene enfatizzato il requisito ambientale, per valutare i materiali dal punto di vista della sostenibilità.
- **Scenario 4:** L'accento è posto sul requisito sociale, considerando l'impatto dei materiali sul benessere comunitario.

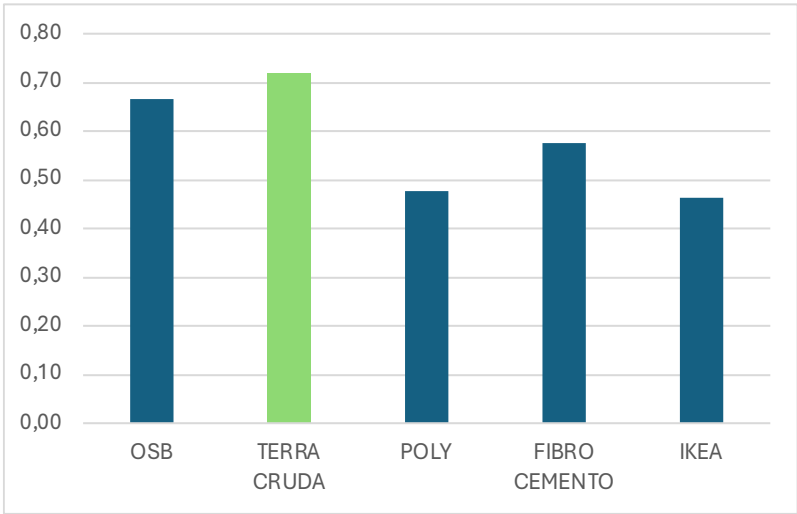
La creazione dei quattro scenari di ponderazione (pesi uguali, economico, ambientale e sociale) si basa sull'approccio consolidato nella letteratura scientifica³ per l'applicazione del metodo MIVES in analisi multicriterio. Gli scenari, infatti, riflettono metodologie comunemente utilizzate per esaminare come variazioni nei pesi dei requisiti influenzino i risultati finali. I pesi scelti per gli scenari economico, ambientale e sociale (10-10-80) derivano direttamente da studi precedenti, che indicano tali distribuzioni come rappresentative per enfatizzare rispettivamente gli aspetti economici, ambientali e sociali.

Scenario 1

Nel primo scenario, i requisiti economico, ambientale e sociale sono stati ponderati in modo equo, con un peso del 33% ciascuno. Questo scenario neutrale è stato impostato per fornire una valutazione bilanciata delle alternative, senza favorire alcun requisito specifico. I risultati dell'analisi mostrano che la terra cruda si conferma come l'opzione più performante, con un punteggio di 0,74, riflettendo il suo equilibrio tra sostenibilità ambientale, costi e comfort abitativo. Segue l'OSB con 0,68, che ottiene un buon punteggio grazie alla sua lavorabilità e diffusione nel settore edilizio. Il fibrocemento registra un valore di 0,58, attestandosi su una performance intermedia tra durabilità e costi di manutenzione. Il polycarbonato (POLY) ottiene un punteggio di 0,51, evidenziando alcune criticità in termini di sostenibilità a lungo termine. Infine, la soluzione IKEA risulta la meno performante con 0,47, probabilmente a causa della minore durabilità e adattabilità rispetto alle altre alternative.

³ Pons-Valladares O. et al., "Approach for sustainability assessment for footbridge construction technologies: Application to the first world D-shape 3D-Printed fiber-reinforced mortar footbridge in Madrid," *Journal of Cleaner Production*, vol. 394, (Mar. 2023).

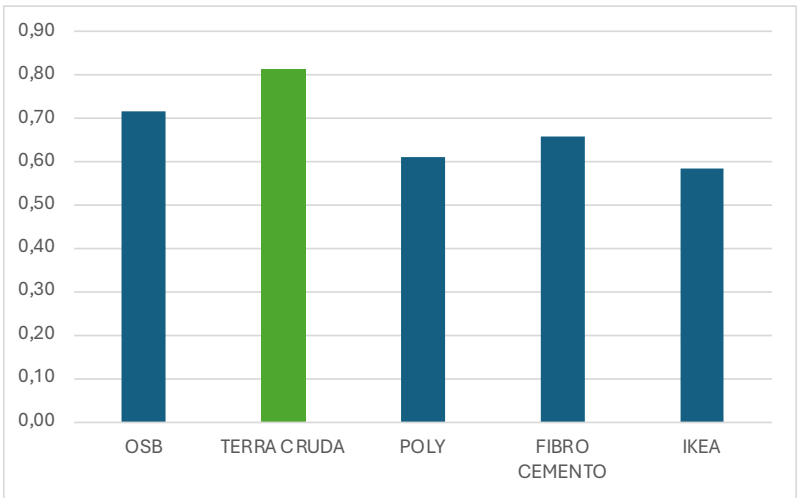
Figura 5.8.8 Scenario 1: analisi dei materiali con requisiti economico, ambientale e sociale ponderati equamente (33%)



Scenario 2

Nel secondo scenario, è stata attribuita una maggiore importanza all'aspetto economico, con un peso più elevato rispetto agli altri criteri. Questa impostazione ha influenzato i risultati dell'analisi, premiando soluzioni che presentano un buon equilibrio tra costo iniziale, manutenzione e durabilità. Anche in questo caso, la terra cruda ottiene il punteggio più alto, con 0,81, confermandosi come l'alternativa più vantaggiosa in termini di sostenibilità economica e prestazioni complessive. L'OSB segue con 0,72, migliorando rispetto allo scenario precedente grazie al suo rapporto qualità-prezzo e alla disponibilità sul mercato. Il fibrocemento si posiziona a 0,66, dimostrando una buona resistenza e un costo di manutenzione contenuto. Il polycarbonato (POLY) registra un punteggio di 0,61, evidenziando una performance migliorata rispetto al primo scenario grazie ai suoi costi relativamente bassi. La soluzione IKEA ottiene 0,59, mostrando un incremento nelle valutazioni rispetto al primo scenario, probabilmente per la sua accessibilità economica e semplicità di installazione.

Figura 5.8.9 Scenario 2: analisi dei materiali con il requisito economico al 80% e requisiti ambientale e sociale al 10%



Scenario 3

Nel terzo scenario, l'analisi ha attribuito un peso maggiore al criterio ambientale, enfatizzando l'impatto ecologico e la sostenibilità dei materiali selezionati. Questa impostazione ha determinato una variazione significativa nei punteggi rispetto agli scenari precedenti, favorendo le alternative con un ridotto impatto ambientale e una maggiore compatibilità con i principi della bioedilizia. La terra cruda continua a ottenere il miglior risultato con un punteggio di 0,75, grazie alla sua totale biodegradabilità, al basso consumo energetico nel ciclo di vita e all'elevata capacità di regolazione termo-igrometrica. L'OSB, con 0,68, si mantiene tra le opzioni migliori, beneficiando della sua origine naturale e della possibilità di riciclo. Il fibrocemento, invece, ottiene un punteggio di 0,43, penalizzato dall'utilizzo di materiali meno sostenibili e da processi produttivi ad alta intensità energetica. Ancora più basso è il punteggio del polycarbonato (POLY), che si attesta a 0,37, evidenziando le criticità legate alla sua derivazione petrolchimica e alla difficoltà di smaltimento. Infine, la soluzione IKEA, con un valore di 0,31, risulta la meno performante in questo scenario, a causa delle limitate caratteristiche di sostenibilità del materiale impiegato.

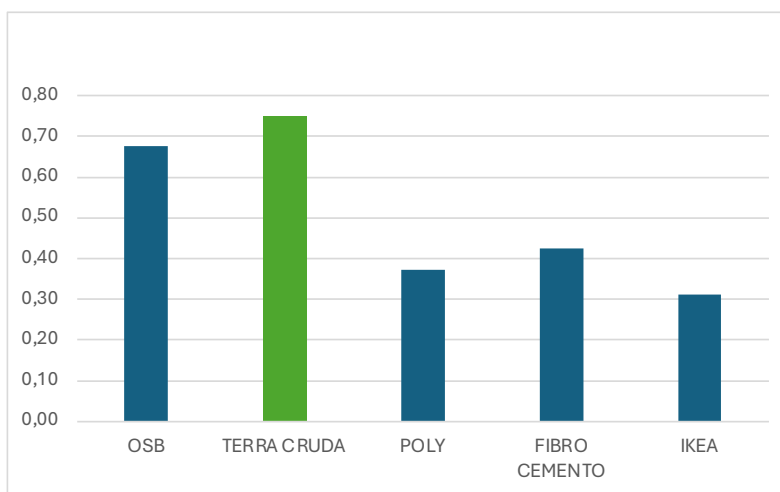


Figura 5.8.10 Scenario 3: analisi dei materiali con il requisito ambientale all'80% e requisiti economico e sociale al 10%.

Scenario 4

Nel quarto scenario, è stato attribuito un peso maggiore al criterio sociale, enfatizzando l'impatto delle soluzioni sul benessere degli utenti, la sicurezza e l'accettabilità da parte della comunità. Questa impostazione ha prodotto una distribuzione dei punteggi più equilibrata rispetto agli scenari precedenti, riflettendo l'importanza dell'abitabilità e della qualità percepita dai fruitori finali. In questo contesto, il fibrocemento ottiene il punteggio più alto, con 0,68, grazie alla sua buona durabilità e alla capacità di garantire

una protezione adeguata con costi relativamente contenuti. Seguono la terra cruda (0,67) e l'OSB (0,66), due materiali che, pur offrendo ottime prestazioni in termini di comfort e salubrità, presentano alcune limitazioni in termini di percezione sociale e accettabilità diffusa. Il polycarbonato (POLY) registra un punteggio di 0,56, mostrando un miglioramento rispetto agli scenari ambientale ed economico, ma restando meno competitivo a causa della sua minore capacità di isolamento termico e comfort abitativo. Infine, la soluzione IKEA, con un valore di 0,54, si posiziona all'ultimo posto, evidenziando alcune criticità nella durabilità e nella percezione qualitativa del materiale rispetto alle altre alternative.

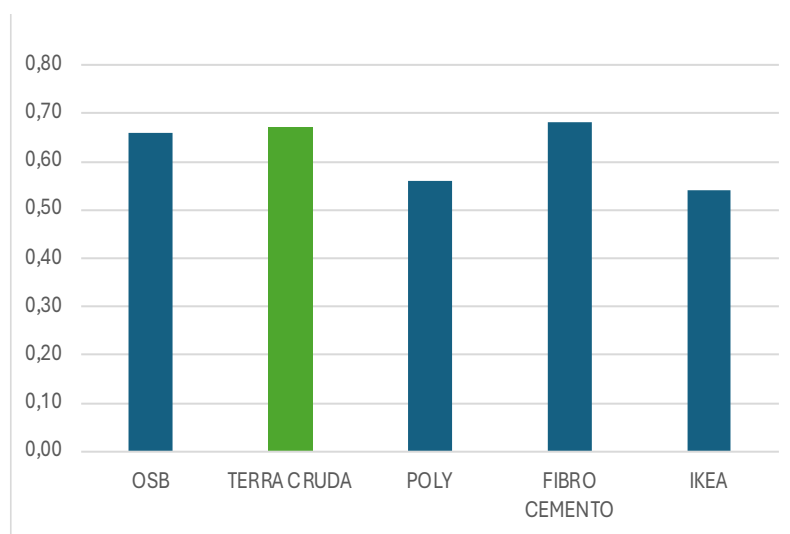


Figura 5.8.11 Scenario 4: analisi dei materiali con il requisito sociale all'80% e requisiti economico e ambientale al 10%.

Scenari per tipologia di unità abitativa d'emergenza

Oltre agli scenari orientati ai singoli requisiti (economico, ambientale, e sociale), è stata condotta un'ulteriore analisi per esaminare la risposta

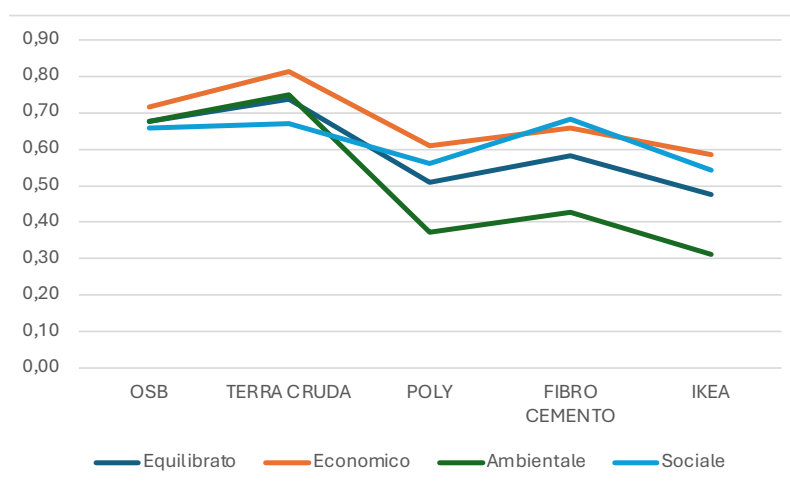


Figura 5.8.12 Analisi multicriterio delle alternative per l'involucro del rifugio nei quattro scenari (Equilibrato, Economico, Ambientale, Sociale)

delle alternative a diverse tipologie di rifugi: **transizionale, emergenziale e permanente**. In questo caso, i pesi dei criteri e requisiti sono stati adattati per riflettere le priorità specifiche di ciascun tipo di rifugio. L'analisi condotta rappresenta un'innovazione nell'utilizzo del modello MIVES per il contesto emergenziale. Per un rifugio transizionale, ad esempio, i requisiti di durabilità e comfort sono stati bilanciati, mentre per un rifugio emergenziale è stato dato maggior peso alla rapidità di costruzione e al contenimento dei costi. Al contrario, per un rifugio permanente, è stata data priorità a requisiti di comfort e sostenibilità a lungo termine.

Questa variazione di pesi nei criteri ha permesso di osservare la flessibilità dell'albero decisionale e la capacità delle alternative di rispondere in modo differenziato a ciascun contesto. La **terra cruda**, ad esempio, ha continuato a ottenere buoni risultati per le tipologie transizionali e permanenti, grazie alle sue proprietà di comfort e sostenibilità, mentre materiali come l'**OSB** e il **fibrocemento** hanno mostrato una maggiore competitività per i rifugi emergenziali, dove rapidità e costo contenuto sono essenziali.

- **Scenario permanente:** Qui il comfort e la durabilità sono prioritari, con un peso significativo assegnato a criteri di comfort e manutenzione (es. un peso dell'80% in alcuni casi). Questo approccio risponde alle necessità di un rifugio che sia durevole e confortevole per un uso a lungo termine. In questo scenario, la **terra cruda** risulta il materiale con il punteggio più alto (0.70991), suggerendo che sia una delle scelte migliori per rifugi a lungo termine, dove comfort e durabilità sono prioritari. L'**OSB** e il **fibrocemento** seguono con valori moderatamente elevati, ma inferiori rispetto alla **terra cruda**.
- **Scenario immediato (emergenza):** I pesi sono fortemente orientati alla velocità e alla facilità di costruzione. L'aspetto della rapidità ha un peso dominante (es. il 95%), riducendo l'importanza di altri aspetti come il comfort. Questo risponde alle necessità di un rifugio da costruire in situazioni di emergenza, dove la priorità è fornire riparo immediato. In un contesto di emergenza, l'**OSB** (0.762364) e l'**IKEA** (0.745542) si dimostrano materiali molto adatti grazie alla facilità e velocità di costruzione. La **terra cruda** ha un punteggio inferiore (0.631224), risultando meno competitiva rispetto ai materiali che consentono una costruzione più rapida.
- **Scenario transizionale:** Questo scenario offre un equilibrio tra la velocità di costruzione e la durabilità, con pesi distribuiti per rispondere a una situazione in cui il rifugio è necessario per un periodo intermedio. I requisiti legati a comfort e manutenzione sono presenti ma con minore enfasi rispetto a uno scenario permanente. Qui la **terra cruda** torna a

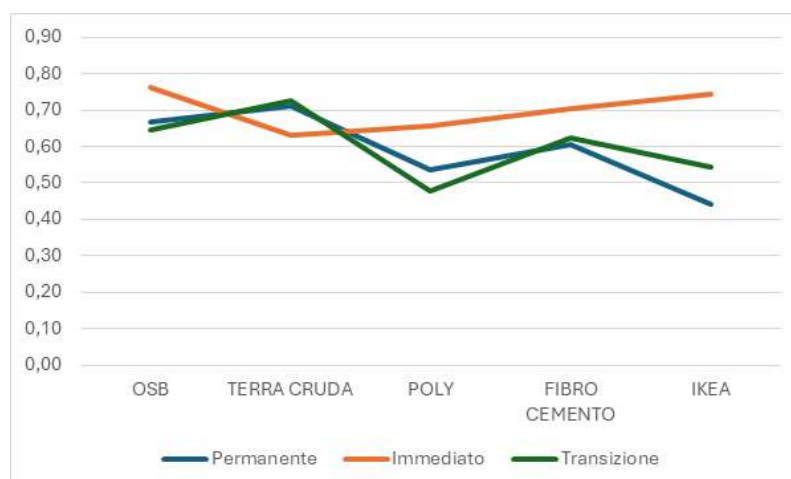


Figura 5.8.13 Analisi delle alternative per l'involucro del rifugio nei tre scenari (Permanente, Immediato, Transizione)

distinguersi (0.725038), rappresentando una scelta valida per una soluzione intermedia. L'OSB segue, ma con un punteggio leggermente più basso (0.644322), confermando la terra cruda come una buona opzione per rifugi temporanei che richiedono equilibrio tra comfort e facilità di costruzione. L'analisi di sensibilità applicata al metodo multicriterio ha permesso di valutare l'efficacia dei materiali considerati per la costruzione di rifugi in diversi contesti e con differenti priorità. La terra cruda si è dimostrata costantemente performante, emergendo come la scelta ottimale in scenari che favoriscono la sostenibilità ambientale, il comfort sociale e, in molti casi, l'efficienza economica. Questo risultato sottolinea la validità della terra cruda come materiale versatile e sostenibile, capace di adattarsi a requisiti variabili.

In scenari specifici, come quello emergenziale, dove la rapidità e la facilità di assemblaggio assumono un peso preponderante, materiali come l'OSB e le strutture prefabbricate IKEA hanno mostrato una maggiore competitività. Tuttavia, la terra cruda ha mantenuto una buona adattabilità anche in contesti meno favorevoli, confermando la sua validità come opzione trasversale. L'analisi ha inoltre evidenziato la robustezza e la flessibilità dell'albero decisionale sviluppato, in grado di rappresentare efficacemente le priorità dei diversi scenari, siano essi legati alla sostenibilità ambientale, alle esigenze economiche o al benessere sociale. L'uso di pesi variabili ha consentito di esplorare soluzioni ottimali per rifugi transizionali, emergenziali e permanenti, dimostrando l'importanza di un approccio progettuale flessibile e adattabile.

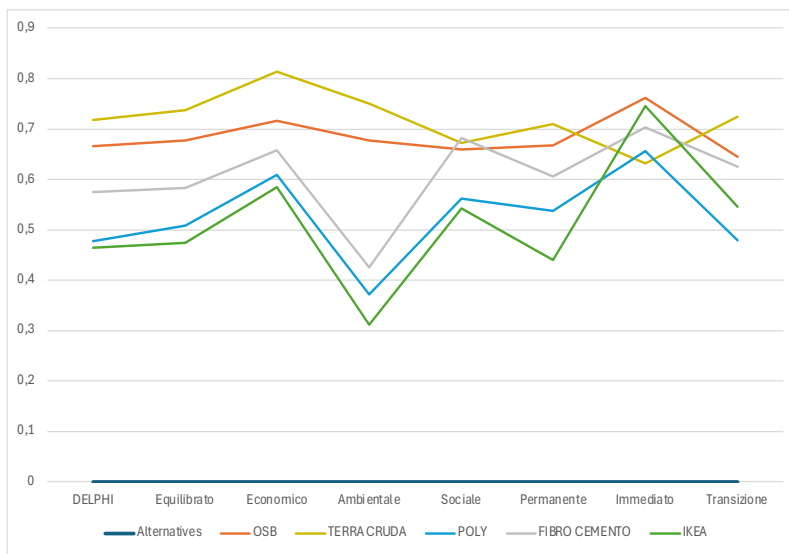


Figura 5.8.15 Analisi di sensibilità per tutte le varianti di peso

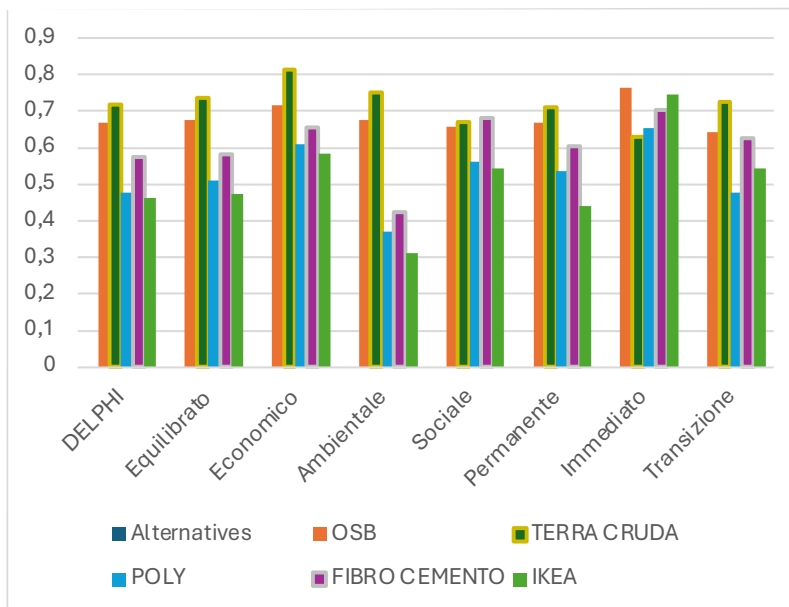


Figura 5.8.14 - Il diagramma mostra l'analisi di sensibilità condotta su diverse varianti di peso applicate ai requisiti per valutare le alternative di materiali da costruzione. Le varianti considerate includono scenari equilibrato, economico, ambientale, sociale, permanente, immediato e transizione, ognuno con un diverso focus sui pesi assegnati ai requisiti. I materiali analizzati sono rappresentati dalle barre colorate e includono OSB, TERRA CRUDA, POLY, FIBRO CEMENTO e IKEA. Dall'analisi emerge chiaramente che la terra cruda (barre gialle) offre prestazioni eccellenti nella maggior parte degli scenari analizzati. In particolare, ottiene valori tra i più elevati nei contesti ambientale, economico, sociale e permanente, confermando le sue qualità in termini di sostenibilità, ridotti impatti economici e comfort sociale. Tuttavia, si nota una leggera flessione dei risultati nella variante immediato, dove la performance della terra cruda scende rispetto alle altre alternative, pur mantenendo valori competitivi. Questo calo può essere attribuito alla natura del materiale, che richiede tempi di costruzione più lunghi rispetto ad altre soluzioni (come OSB o materiali prefabbricati), rendendolo meno adatto nei contesti dove la rapidità di realizzazione è prioritaria.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Alemi-Ardakani M. et al., "A multicriteria experimental analysis of impact on fiber reinforced polymer composite laminates," *Materials Today Communications*, vol. 4, (Sep. 2015), pp. 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2015.02.001>

Alarcon Antonio; Manga Resmundo; Josa Alejandro B. A., "A Value Function for Assessing Sustainability: Application to Industrial Buildings," *Sustainability*, vol. 3, no. 1, (2010), pp. 35–50. <https://doi.org/10.3390/su3010035>

Allen E., *Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods*, vol. NA, no. NA. 1985. <https://doi.org/NA>

Amin Hosseini S. M. et al., "Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003," *Sustainable Cities and Society*, vol. 20, (Jan. 2016), pp. 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.012>

Arslan H., "Re-design, re-use and recycle of temporary houses," *Building and Environment*, vol. 42, no. 1, (2007), pp. 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.032>

Belton, V. & Stewart, T., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Springer, 2002. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>

Bribián Alfonso Aranda; Scarpellini Sabina I. Z. U., "Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification," *Building and Environment*, vol. 44, no. 12, (2009), pp. 2510–2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>

Cascone S. et al., *Sustainable Housing Units for Emergency: Innovative Materials and Construction Techniques*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021.

Collivignarelli, M. C. et al., "The production of sustainable concrete with the use of alternative aggregates: A review," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 19, (2020), pp. 1–34. <https://doi.org/10.3390/SU12197903>

Dakwale Rahul V.; Mandavgane Sachin A. V. A. R., "Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review," *Sustainable Cities and Society*, vol. 1, no. 4, (2011), pp. 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2011.07.007>

Davidson C. et al., "Myths and realities of prefabrication for post-disaster reconstruction."

Davis I., *Shelter after disaster*, vol. NA, no. NA. 1978. <https://doi.org/NA>

Dimoudi, A., & Tompa, C., "Energy and environmental indicators related to construction of office buildings," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 53, no. 1–2, (2008), pp. 86–95.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.09.008>

Félix Jorge M.; Feio A. O. D. B., "Temporary housing after disasters: A state of the art survey," *Habitat International*, vol. 40, no. NA, [2013], pp. 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.habitat-int.2013.03.006>

Kandakoglu M. et al., "A robust multicriteria clustering methodology for portfolio decision analysis," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 174, (Dec. 2022). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108803>

Lall S. V and Deichmann U., *Density And Disasters: Economics Of Urban Hazard Risk*. The World Bank, 2010. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5161>

Long M., *Architectural Acoustics*. Elsevier, 2005.

Quarantelli E. L., "Patterns of sheltering and housing in US disasters," *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, vol. 4, no. 3, [1995], pp. 43–53. <https://doi.org/10.1108/09653569510088069>

Yonetani M. and Morris T., "Global estimates 2012: People displaced by disasters," 2013.

**Sperimentazione di soluzioni
innovative e sostenibili**

CAPITOLO 6

Valutazione e sviluppo di soluzioni per il miglioramento dell'involucro

Abstract

Il capitolo descrive lo sviluppo e la sperimentazione di pannelli prefabbricati composti da terra cruda, trucioli di legno e cladodi di fico d'India, progettati per rispondere alle esigenze dell'edilizia emergenziale e di transizione. La ricerca si è concentrata sulla caratterizzazione delle materie prime, la definizione di mix design ottimizzati e la realizzazione di prototipi. I trucioli di legno, derivati da scarti industriali, sono stati selezionati, puliti e vagliati, mentre i cladodi sono stati sottoposti a triturazione per sostituire l'acqua e ottenere un aggregante funzionale alla miscela.

Le attività sperimentali sono state svolte presso la Isolpan S.r.l., azienda specializzata nella produzione di prefabbricati in legno. Durante questa fase, sono state analizzate le fasi di lavorazione e trasformazione del legno con particolare attenzione alla produzione degli scarti.

Il periodo trascorso in azienda ha consentito di valutare sia le potenzialità che le criticità del processo produttivo. In particolare, è stato possibile individuare nel recupero e nella trasformazione dei trucioli di scarto la possibilità di realizzare di sistemi prefabbricati per l'edilizia sostenibile, ciò rappresenterebbe un significativo potenziale economico per l'azienda, aprendo prospettive per una gestione più efficiente degli scarti e un'eventuale valorizzazione degli stessi all'interno della filiera produttiva.

Durante il tirocinio, è stata sviluppata l'opportunità di lavorare su un pannello isolante che potesse risolvere una problematica specifica dell'azienda legata alla gestione dei trucioli e, al contempo, risultasse utile per l'impiego nei rifugi post-emergenziali. Tale soluzione coniuga l'ottimizzazione delle risorse aziendali con una risposta funzionale e sostenibile alle esigenze abitative in contesti emergenziali attraverso l'applicazione di una metodologia che integra sia aspetti legati allo sviluppo dell'azienda che al miglioramento delle condizioni microclimatiche degli shelter.

La fase sperimentale di trasformazione per il riuso degli scarti si è svolta tra la sede dell'Isolpan srl e il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura dove è stato possibile eseguire parte della caratterizzazione dei materiali costituenti l'ottimizzazione della composizione dei mix design progettati e la verifica delle prestazioni fisiche termiche e meccaniche dei prototipi. I risultati ottenuti mostrano che i pannelli sperimentati soddisfano i requisiti di resistenza a compressione e flessione necessari per applicazioni nell'edilizia di transizione. Le analisi termiche hanno confermato valori di conducibilità contenuti, validando l'efficacia isolante del materiale. L'impiego di risorse naturali e locali ha permesso di ridurre l'impatto ambientale, promuovendo soluzioni orientate all'economia circolare. L'integrazione tra ricerca accademica e attività svolte presso l'azienda ha consentito di sviluppare soluzioni tecniche replicabili e sostenibili, in risposta alle esigenze sia dell'edilizia emergenziale che contemporanea.

6.1 | Individuazione di sistemi di involucro edilizio sostenibile per il miglioramento dell'indoor comfort

Nel panorama della progettazione edilizia contemporanea, gli involucri edilizi rivestono un ruolo fondamentale, influenzando le prestazioni energetiche degli edifici, il comfort abitativo e l'impatto ambientale. La crescente attenzione verso la sostenibilità e la riduzione delle emissioni di CO₂ ha portato a una rivalutazione dei materiali di origine naturale e delle tecnologie tradizionali utilizzate per realizzare questi elementi costruttivi. In particolare, l'isolamento termico è riconosciuto come una delle componenti chiave per il miglioramento delle prestazioni energetiche, riducendo le dispersioni di calore e i consumi energetici legati al riscaldamento e al raffrescamento.

I **Criteri Ambientali Minimi (CAM)**, definiti dal Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017, stabiliscono linee guida specifiche per incentivare l'uso di materiali riciclati o riciclabili, nonché la riduzione dell'impatto ambientale durante il ciclo di vita degli edifici¹. Protocolli internazionali come **LEED** e **Active House**, inoltre, rafforzano questa visione, evidenziando l'importanza di involucri edilizi che favoriscano l'efficienza energetica, la salubrità e la sostenibilità².

Negli ultimi decenni, gli isolanti sintetici hanno dominato il mercato grazie alle loro elevate prestazioni tecniche, alla facilità di installazione e ai costi relativamente bassi. Tuttavia, questi materiali presentano significative criticità dal punto di vista ambientale e sanitario, che ne rendono problematica l'adozione in un'ottica di sostenibilità a lungo termine.

I **materiali isolanti sintetici** come il polistirene espanso (EPS), il poliuretano espanso (PUR) e la lana di roccia offrono eccellenti prestazioni termiche e acustiche, oltre a una lunga durabilità. Tuttavia, presentano importanti criticità dal punto di vista ambientale. La produzione di isolanti sintetici è caratterizzata da un **elevato consumo energetico** in fase di produzione e smaltimento e dall'uso di derivati del petrolio, con conseguente emissione di gas serra. Inoltre, molti di questi materiali non sono biodegradabili, generando rifiuti persistenti a fine vita che non possono essere riciclati. In alcuni casi, durante il ciclo di utilizzo, possono rilasciare **sostanze chimiche** nocive, tra cui i **VOC** (composti organici volatili), che compromettono la qualità dell'aria interna e aumentano i rischi per la salute degli occupanti, come irritazioni delle vie respiratorie e effetti a lungo termine sul sistema nervoso. Un'altra criticità riguarda il consumo idrico durante la produzione di questi materiali. Processi industriali complessi, come la sintesi dei polimeri e la lavorazione delle fibre minerali, richiedono grandi quantità di acqua, contribuendo all'impatto ambientale complessivo. Questo aspetto diventa particolarmente rilevante in un contesto di crescente scarsità delle risorse idriche e necessità di adottare soluzioni a basso impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.

¹ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017 - Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia, Gazzetta Ufficiale n. 259 del 6 novembre 2017.

² USGBC (U.S. Green Building Council), LEED v4 for Building Design and Construction, 2013; Active House Alliance, Active House Specifications 3.0, 2020.

Materiale sintetico	Proprietà principali	Vantaggi	Criticità
Polistirene espanso (EPS)	Leggerezza, isolamento termico elevato	Economico, facile da installare	Non biodegradabile, derivato da petrolio - European Plastics Strategy, European Commission, 2018
Poliuretano espanso (PUR)	Elevato isolamento termico, impermeabilità	Alta efficienza, resistente all'umidità	Emissioni tossiche durante la produzione - EN 14315-1:2013 - Specifiche per i sistemi di isolamento in poliuretano espanso spruzzato
Lana di roccia	Resistenza al fuoco, isolamento acustico	Economico, disponibile	Smaltimento complesso, potenziale rilascio di fibre dannose - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 81 (2002)
Polistirene estruso (XPS)	Elevata resistenza meccanica, impermeabile	Durabilità elevata, buona capacità isolante	Produzione ad alta intensità energetica - Environmental Product Declaration (EPD) for Extruded Polystyrene Insulation (XPS), 2019

Tabella 6.1.1 - Materiali sintetici in commercio
vantaggi e criticità

I **Materiali isolanti naturali** sono sempre più apprezzati grazie alla loro capacità di ridurre l'impatto ambientale del settore edile. Canapa, sughero, fibre di legno e paglia rappresentano alcune delle opzioni più promettenti, grazie alla loro capacità di fornire un isolamento termico efficace, combinata con un basso impatto ecologico. Questi materiali offrono vantaggi significativi come l'impiego di risorse rinnovabili, la capacità di regolare l'umidità interna e la biodegradabilità.

La loro traspirabilità contribuisce inoltre a migliorare la qualità dell'aria interna, riducendo il rischio di formazione di muffe. Tuttavia, il loro utilizzo è spesso limitato da costi più elevati rispetto ai materiali sintetici e dalla difficoltà di reperibilità soprattutto in contesti non prossimi alle fonti di produzione. Essendo di origine organica, inoltre, molti materiali naturali sono soggetti a criticità legate agli attacchi biotici, che ne determinano un rapido deterioramento. Questo problema è particolarmente rilevante in ambienti con elevata umidità relativa, dove la scarsa protezione dei materiali può comprometterne le prestazioni e la durabilità. Per affrontare queste problematiche, è necessario adottare trattamenti specifici, come l'impregnazione con sostanze naturali antifungine o l'uso di barriere fisiche che riducono il contatto con l'umidità e gli agenti biologici. Tuttavia, tali trattamenti possono aumentare i costi e ridurre la biodegradabilità

³ Fassi A., Maina L. (2009). L'isolamento. Coefficienti, guida all'uso dei materiali naturali. Edizioni Ambiente.

Materiale naturale	Proprietà principali	Vantaggi	Criticità	Riferimento
Canapa	Isolamento termico e acustico, traspirabilità	Rinnovabile, regolazione naturale dell'umidità	Costo elevato, disponibilità limitata	Keprďová, Š., & Bydžovský, J. (2014). The External Thermal Insulation Material Made of Technical Hemp. <i>Advanced Materials Research</i> . - https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.897.315
Sughero	Alta resistenza termica e acustica	Biodegradabile, lunga durata	Alto costo iniziale, necessità di lavorazione	Jorge, Sierra-Pérez, Jorge, Sierra-Pérez, Jesús, Boschmonart-Rives, Ana, Cláudia, Dias, Xavier, Gabarrell. (2016). Environmental implications of the use of agglomerated cork as thermal insulation in buildings. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 126:97-107. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.02.146
Fibre di legno	Isolamento termico, regolazione igroscopica	Economico, disponibile	Sensibile all'umidità se non trattato	EN 13171:2012 - Specifiche per prodotti isolanti in fibre di legno per edilizia
Paglia	Bassa conducibilità termica, economico	Materiale locale, basso costo	Richiede protezione contro umidità e incendi	Ashour, T., Georg, H., & Wu, W. (2011). An overview on natural fibre construction materials. <i>Proceedings of the ICE - Construction Materials</i> , 164(2), 65-76. https://doi.org/10.1680/jcoma.2011.164.2.65
Fibra di cellulosa	Isolamento termico, capacità di assorbire umidità	Proveniente da materiali riciclati, economico	Sensibile all'umidità	Kuai, Z., Gao, Y., & Wang, X. (2019). Thermal insulation materials made from recycled waste cellulose fiber. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 233, 243-250. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.052
Lana di pecora	Elevata traspirabilità e isolamento acustico	Rinnovabile, autoprotettiva contro i parassiti	Costo medio-alto	Holmes, T. (2018). Sheep wool insulation in sustainable construction: properties and applications. <i>Journal of Building Engineering</i> , 15, 102-110. https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.10.008
Fibra di lino	Isolamento termico e acustico	Biodegradabile, traspirante	Richiede trattamenti contro muffe e parassiti	El Hage, R., Brosse, N., Chruscijel, L., Sanchez, C., & Siqueira, G. (2014). Mechanical and thermal properties of bio-based composites from flax and lignin for insulation applications. <i>Industrial Crops and Products</i> , 52, 233-243. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.008
Pomice naturale	Resistenza termica, capacità di assorbire umidità	Resistente al fuoco, durevole	Limitata disponibilità geografica	Pavão, S., & Treacy, M. (2006). A comparative study of the durability and behaviour of natural building stones in Ireland. <i>Construction and Building Materials</i> , 20(9), 832-841. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.06.007
Argilla espansa	Leggerezza, isolamento termico	Resistente al fuoco, facile da reperire	Minore efficienza isolante rispetto ad altri	EN 13055:2016 - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e impieghi geotecnici

Tabella 6.12 - Materiali naturali in commercio vantaggi e criticità

³ Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>

⁴ Amin Hosseini S. M. et al., "Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003," *Sustainable Cities and Society*, vol. 20, (Jan. 2016), pp. 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.012>

complessiva dei materiali, rappresentando una sfida per la loro diffusione su larga scala. Oltre ai materiali già noti, la fibra di cellulosa, la lana di pecora, la fibra di lino e materiali minerali come l'argilla espansa offrono ulteriori soluzioni naturali ed eco-efficienti per l'isolamento termico e acustico. Anche questi materiali, però, possono presentare una sensibilità agli attacchi biotici, sottolineando la necessità di progettare soluzioni che bilancino le proprietà naturali con la durabilità nel tempo³.

Tra le alternative naturali, la **terra cruda** si distingue per la sua disponibilità, economicità e versatilità. Questo materiale, ampiamente diffuso in molteplici contesti geografici e culturali, è oggi oggetto di un rinnovato interesse per le sue proprietà termiche, igroscopiche e ambientali. La terra cruda contribuisce a mantenere un microclima interno stabile, riducendo le fluttuazioni termiche e regolando l'umidità, in modo da richiedere un minor apporto di condizionamento di tipo meccanico.

Nell'ambito di questa ricerca si è dimostrato come la terra cruda sia uno dei materiali più promettenti per un involucro edilizio sostenibile, in particolare a seguito dell'**analisi multicriterio** (MIVES) condotta nel precedente capitolo. Si è dimostrato che la terra cruda può offrire un equilibrio ottimale tra efficienza termica, sostenibilità ambientale e accessibilità economica. Questa analisi rafforza l'idea che la terra cruda, opportunamente ottimizzata, possa rappresentare una soluzione innovativa per il settore edilizio contemporaneo⁴.

6.2 | Valutazione di sistemi tecnologici in terra cruda in commercio

La terra cruda, tradizionalmente impiegata in sistemi costruttivi massivi come mattoni e pareti portanti, sta vivendo una riscoperta nell'edilizia contemporanea. Questo rinnovato interesse è sostenuto anche dallo sviluppo di tecnologie innovative che ne permettono l'impiego in soluzioni a secco, come dimostrano le esperienze di Rauch e di diversi produttori che propongono pannelli prefabbricati in terra cruda. Questi sistemi, allegati a fine tesi, rappresentano un'evoluzione significativa nell'uso del materiale, rendendolo più compatibile con le esigenze costruttive attuali. Nel contesto della sostenibilità ambientale e della stratificazione a secco, l'utilizzo della terra cruda sotto forma di **pannelli** rappresenta un passo avanti verso un'edilizia più sostenibile, versatile e adatta a rispondere alle esigenze di comfort abitativo e riduzione dell'impatto ambientale. I sistemi di involucro in terra cruda, spesso realizzati con l'integrazione di materiali vegetali come fibre naturali, si distinguono per le loro proprietà termiche, igroscopiche e meccaniche, che li rendono una valida alternativa ai materiali isolanti convenzionali.

Per comprendere a pieno le potenzialità e criticità è stato analizzato lo stato dell'arte relativo agli utilizzi a secco della terra cruda. Attraverso una rassegna di casi studio, sperimentazioni e applicazioni pratiche, sono

stati evidenziati i vantaggi, le limitazioni e le prospettive future di questo sistema, offrendo una base per ulteriori sviluppi e innovazioni nel settore. L'utilizzo della terra cruda come materiale da costruzione risale a tempi antichissimi, rappresentando una delle tecniche costruttive più diffuse e resilienti nella storia dell'umanità. Le prime testimonianze archeologiche risalgono a oltre 10.000 anni fa, con tracce di abitazioni in terra cruda rinvenute nella Mezzaluna Fertile, dove le condizioni climatiche e la disponibilità di materiali locali favorirono lo sviluppo di questa tecnica. Esempi significativi includono le case di argilla pressata dell'antica Mesopotamia e le strutture in adobe delle civiltà precolombiane⁵.

In epoche successive, l'uso della terra cruda si diffuse in quasi tutti i continenti, adattandosi alle specificità climatiche e culturali dei diversi territori. L'uso della terra cruda nell'architettura ha una storia millenaria e si è sviluppato in diverse parti del mondo con tecniche e approcci specifici alle condizioni climatiche e culturali locali⁶. In Africa, si svilupparono le maestose architetture "in banco", come la Grande Moschea di Djenné, realizzata in Mali nel XIII secolo e costantemente rinnovata dalla comunità locale. In Europa, la terra cruda è stata ampiamente utilizzata per la costruzione di abitazioni rurali e fortificazioni, impiegando tecniche come il pisé de terre (terra battuta), diffuso in Francia e Spagna, e il torchis, una combinazione di argilla e fibre vegetali comune nel centro e nord Europa⁷. In Asia, la terra cruda ha trovato impiego in strutture monumentali come la Grande Muraglia Cinese, la cui costruzione iniziò nel III secolo a.C. con sezioni realizzate in terra battuta, così come nelle tradizionali case a corte dello Xinjiang e nel celebre villaggio di Yingxian, noto per le sue torri in terra battuta risalenti all'epoca Tang. In Medio Oriente, l'architettura in terra cruda ha dato origine a città straordinarie, come Shibam nello Yemen, soprannominata la "Manhattan del deserto" per i suoi grattacieli in mattoni di fango. In Sud America, le civiltà andine perfezionarono la tecnica dell'adobe, utilizzato in edifici residenziali e cerimoniali come quelli di Chan Chan, la più grande città in terra cruda del mondo, costruita dalla civiltà Chimú nel XIII secolo. In Nord America, i nativi americani Hopi e Pueblo svilupparono villaggi in terra cruda con strutture multi-piano, ancora oggi visibili nelle abitazioni di Taos, in New Mexico. Persino in Oceania, le popolazioni indigene australiane hanno utilizzato argilla e terra cruda per costruire abitazioni temporanee e sistemi di conservazione dell'acqua. Con l'avvento dei materiali industriali e delle tecnologie moderne, l'utilizzo della terra cruda ha subito un declino, specialmente nei paesi occidentali. Tuttavia, negli ultimi anni, una crescente consapevolezza ambientale e l'attenzione alla sostenibilità hanno portato a una rivalutazione di questo materiale, non solo per il recupero del patrimonio architettonico, ma anche per la progettazione di edifici contemporanei⁸. Il ritorno della terra cruda nell'architettura contemporanea è sostenuto da ricerche che ne valorizzano le proprietà tecniche e ambientali, dimostrandone l'efficacia in termini di sostenibilità, comfort abitativo e prestazioni strutturali. Questo rinnovato interesse ha portato alla realizzazione di numerosi

⁵ Germanà, M. L. (2011a). Earth as a building material between past and future. In Mecca, S., Briccoli Bati, S., Forlani, M. C., & Germanà, M. L. (Eds.), *Earth/Lands. Earthen*

⁶ Horst, Schroeder. (2016). The Development of Earth Building. 1-46. doi: 10.1007/978-3-319-19491-2_1

⁷ Graziella, Bernardo., Antonella, Guida., Giulio, Pacente. (2022). The sustainability of raw earth: an ancient technology to be rediscovered. *Journal of Architectural Conservation*, 28:89-101. doi: 10.1080/13556207.2022.2061139

⁸ Gallipoli, D., Bruno, A. W., Perlot, C., & Mendes, J. (2017). A geotechnical perspective of raw earth building. *Acta Geotechnica*. <https://doi.org/10.1007/S11440-016-0521-1>

⁹ Milena, Jovanović., Aleksandra, Miric., Goran, Jovanovic., Ana, Momčilović, Petronijević. [2018]. Earth as a material for construction of modern houses. *Facta Universitatis - Series: Architecture and Civil Engineering*, 16(2):175-188. doi: 10.2298/FUACE160823001J

¹⁰ Leo Bodner [2023]. Pareti contropareti soffitti con pannelli d'argilla normali o radianti. Tratto da <https://www.leobodner.it/soluzioni-tecniche/pareti-controsoffitti-argilla-fibrogesso-gesso-fibra/> (ultimo accesso 10 maggio 2024).

¹¹ BC Architects. [2019]. Sustainable schools in Morocco: Earthen architecture for education. *Journal of Green Building*, 14(3), 67-84.

¹² Kéré, F. [2021]. Innovative earth architecture: The Museum of Zam in Burkina Faso. *Architectural Digest Africa*, 32(4), 55-70.

¹³ Ton Gruppe [2024]. KARTONSAN® 22 / KARTONSAN®16. Tratto da <https://ton-gruppe.it/wp-content/uploads/2019/04/ST-KARTONSAN-22-16-v.07-19.04.pdf> (ultimo accesso 10 maggio 2024).

progetti innovativi a livello internazionale⁹. Tra questi, si distingue la METI Handmade School in Bangladesh, progettata da Anna Heringer e Martin Rauch, che utilizza una combinazione di terra cruda e bambù per creare un ambiente didattico ecologico e culturalmente radicato. In Marocco, l'Ecole de l'Eau di BC Architects sfrutta le tecniche tradizionali della terra battuta per migliorare il comfort termico negli edifici scolastici. Un altro esempio emblematico è il Museo di Zam, in Burkina Faso, progettato da Kéré Architecture, che combina mattoni in terra cruda stabilizzata con strategie passive per la ventilazione naturale. Anche in Europa la ricerca sulla terra cruda sta prendendo piede: lo studio spagnolo TerraCruda Taller ha sviluppato residenze unifamiliari in terra battuta, mentre in Francia il Centro Culturale Champollion utilizza murature in pisé per ottenere elevate prestazioni energetiche e un basso impatto ambientale¹⁰.

Una delle principali caratteristiche dei pannelli prefabbricati per l'isolamento in terra cruda, in commercio, è la loro elevata **capacità termica massiva**. Questo parametro è fondamentale per la regolazione del clima interno degli edifici. La capacità termica massiva consente ai pannelli di **assorbire calore durante le ore più calde** della giornata e di **rilasciarlo gradualmente** quando la temperatura esterna si abbassa, contribuendo a mantenere un ambiente interno stabile e confortevole¹¹. Questa proprietà è strettamente legata al concetto di **sfasamento termico**, ossia il ritardo con cui il calore attraversa il materiale, influenzando la temperatura interna degli ambienti. Nei pannelli in terra cruda, lo **sfasamento termico** può raggiungere valori superiori alle 10 ore, a seconda dello spessore e della densità del materiale¹². Questo li rende particolarmente efficaci in climi con forti escursioni termiche giornaliere, poiché permettano di stabilizzare la temperatura interna. Tuttavia, questa capacità non dipende esclusivamente dalle caratteristiche intrinseche del materiale, ma è influenzata anche dalla tecnica di posa e dall'assemblaggio del sistema costruttivo.

La **conducibilità termica** dei pannelli varia in funzione dello spessore e della composizione specifica del materiale. In generale, questi pannelli offrono un isolamento termico efficace, che riduce la necessità di sistemi di riscaldamento e raffreddamento meccanico, contribuendo così alla riduzione del consumo energetico e delle emissioni di CO₂. Per esempio, pannelli con spessori di 16 mm, 22 mm e 40 mm mostrano diverse capacità di isolamento, con conducibilità termiche che vanno da 0,353 W/mK a 0,590 W/mK. Questi valori sono indicativi dell'efficacia dei pannelli nel mantenere un isolamento termico ottimale, permettendo di scegliere lo spessore del pannello in base alle specifiche esigenze climatiche e strutturali¹³.

Un altro aspetto determinante dei pannelli in terra cruda è la loro **resistenza al fuoco**. Classificati come non infiammabili, questi pannelli offrono un elevato livello di protezione in caso di incendio, rendendoli ideali per edifici pubblici, residenziali e strutture temporanee in situazioni di emergenza. La resistenza al fuoco è ulteriormente certificata attraverso varie classificazioni, come EI45, EI90, e EI120⁷, che indicano la capacità

del pannello di mantenere la propria integrità strutturale e di impedire il passaggio del fuoco per periodi di tempo determinati (45 minuti, 90 minuti, o 120 minuti), a seconda della configurazione del pannello¹⁴.

Questa caratteristica è particolarmente importante in contesti di emergenza, dove la sicurezza degli occupanti è una priorità assoluta. L'uso di pannelli con una resistenza al fuoco certificata garantisce che, in caso di incendio, le strutture rimangano sicure per il tempo necessario all'evacuazione e all'intervento dei soccorsi.

Oltre alle eccellenti proprietà termiche, i pannelli in terra cruda offrono anche un **isolamento acustico** di alta qualità. Questa caratteristica li rende particolarmente adatti per applicazioni in ambienti urbani o in edifici che richiedono un controllo del rumore, come uffici, scuole, ospedali e strutture ricettive. L'isolamento acustico, misurato in **decibel (dB)**, dei pannelli in terra cruda può raggiungere valori significativi, come **61 dB** per una parete con uno spessore complessivo di 10 cm e **63 dB** per una parete da 15 cm. Secondo il **D.P.C.M. 5 dicembre 1997** (Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici), i valori di isolamento acustico per pareti interne in edilizia residenziale devono garantire un indice di isolamento acustico standardizzato (**R'_w**) di almeno **50 dB** per soddisfare i requisiti minimi di legge. In edifici adibiti a usi più specifici, come scuole o uffici, il valore può essere superiore, in base alla destinazione d'uso e ai criteri di progettazione¹⁵.

I valori registrati per i pannelli in terra cruda, con **61-63 dB**, superano ampiamente i requisiti normativi minimi per l'edilizia residenziale, posizionandosi tra le soluzioni con prestazioni elevate⁹. Questa capacità di attenuazione del rumore è particolarmente importante per garantire un ambiente interno tranquillo e confortevole, soprattutto in aree urbane o densamente popolate.

¹⁴ Yumpu (2021). NATURACLAY BOARD. Tratto da <https://www.yumpu.com/it/document/read/63426073/guida-naturalia-bau-2020-2021> (ultimo accesso 10 maggio 2024). - Ton Gruppe (2024). KARTONSAN® 22 / KARTONSAN®16. Tratto da <https://ton-gruppe.it/wp-content/uploads/2019/04/ST-KARTONSAN-22-16-v.07-19.04.pdf> (ultimo accesso 10 maggio 2024).

¹⁵ Naturalia Bau (2024). Lemix pannello d'argilla. Tratto da https://www.naturalia-bau.it/fileadmin/pdf_generator/products/LE/IT/Lemix-PANNELLO-D'ARGILLA_IT.pdf?1715220138 (ultimo accesso 10 maggio 2024).

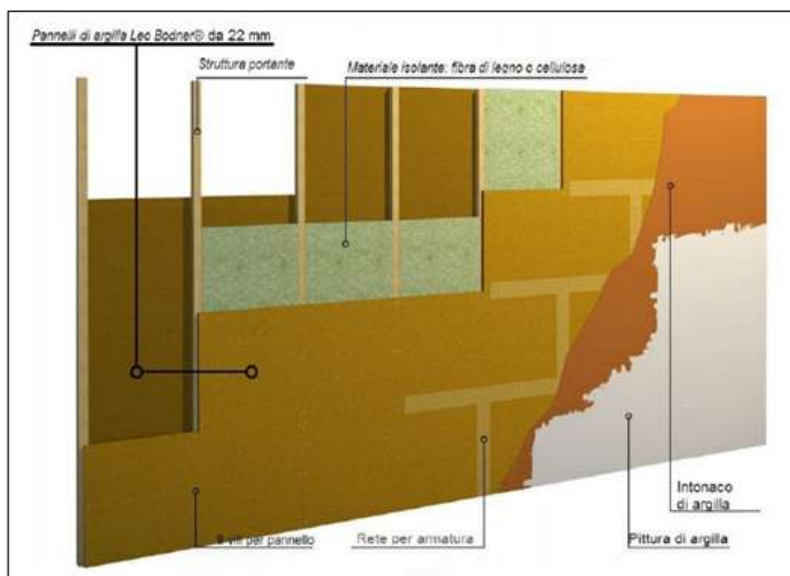
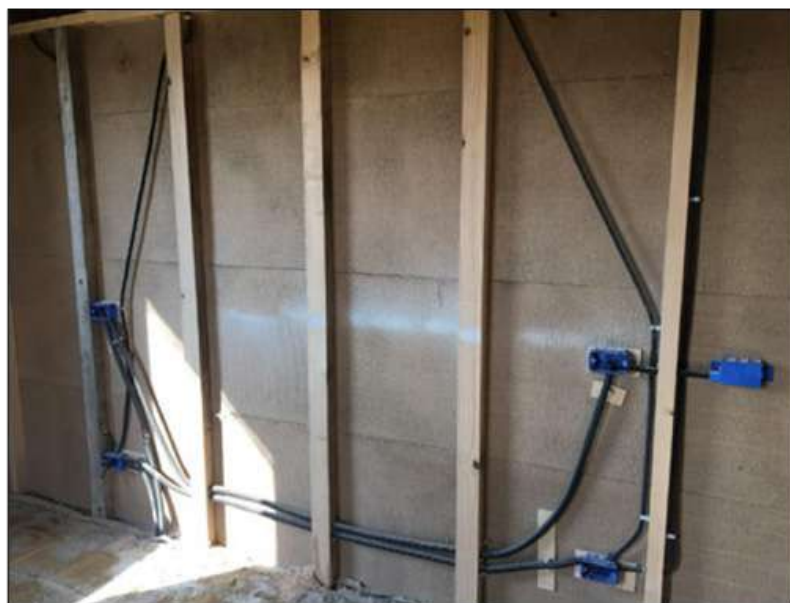


Figura 6.2.2 Stratificazione dei pannelli in terra cruda¹³

Figura 6.2.3 Esempio di posa e fissaggio¹⁵

¹⁶ Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea. (2011). Regolamento (UE) n. 305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.

¹⁷ UNEP (United Nations Environment Programme). (2020). Sand and Sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources.

¹⁸ Giuffrida, Giada., Rosa, Caponetto., Francesco, Nocera. (2019). Hygrothermal Properties of Raw Earth Materials: A Literature Review. Sustainability, 11(19):5342-. doi: 10.3390/SU11195342

Questi valori indicano un'elevata capacità di attenuazione del rumore, che è fondamentale per garantire un ambiente interno tranquillo e confortevole. In contesti di emergenza, dove le strutture possono essere situate in aree affollate o rumorose, l'isolamento acustico offerto da questi pannelli contribuisce notevolmente al comfort abitativo degli occupanti. L'adozione di questi pannelli in progetti di costruzione di transizione temporanea o permanente può migliorare significativamente la qualità della vita all'interno degli edifici, riducendo l'impatto del rumore esterno e creando un ambiente più sereno e produttivo¹⁶.

La capacità di regolazione dell'umidità è un altro vantaggio importante dei **pannelli in terra cruda**, caratterizzati da un **coefficiente di resistenza al vapore** compreso tra 5 e 10, un valore che li rende significativamente più traspiranti rispetto a materiali come il cemento (> 20) o il polistirene (> 100). Inoltre, la loro capacità di assorbimento d'acqua si attesta su $0,1-0,3 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^0,5$, secondo quanto definito dalla norma DIN 18945 per i materiali a base di terra cruda¹⁷.

Questi valori permettono ai pannelli di gestire efficacemente il vapore acqueo, assorbendolo e rilasciandolo in modo da mantenere un'umidità relativa equilibrata tra il 30% e il 50% (umidità di equilibrio). Tali caratteristiche non solo migliorano il comfort abitativo, ma soddisfano anche i requisiti definiti nella norma EN ISO 13788, garantendo una salubrità ottimale degli spazi interni.

I pannelli in terra cruda sono progettati per essere **installati in modo semplice e rapido**, un aspetto fondamentale in situazioni di emergenza dove la velocità di costruzione è cruciale¹⁸. La rigidità dei pannelli facilita l'installazione, che può essere eseguita utilizzando strumenti standard come viti o tasselli per fissarli a strutture in legno o metallo. La posa dei pannelli richiede una certa attenzione per garantire che i giunti tra i pannelli siano sigillati correttamente, utilizzando materiali specifici come

mastici naturali a base di calce o argilla, malte leggere e guarnizioni in fibra vegetale, per garantire una finitura uniforme e duratura¹⁹.

Il sistema di montaggio può variare a seconda del contesto applicativo, ma in generale, i pannelli possono essere fissati sia in orizzontale che in verticale, a seconda delle esigenze progettuali¹². La modularità dei pannelli permette di adattarli a diverse configurazioni architettoniche, rendendoli una scelta flessibile per un'ampia gamma di progetti¹³. Inoltre, la possibilità di rifinire i pannelli con intonaci a base di calce o argilla, integrando reti di armatura, consente di migliorare ulteriormente la resistenza strutturale e le finiture della parete²⁰.

L'installazione dei pannelli in terra cruda non richiede particolari competenze tecniche, il che li rende accessibili anche in contesti dove la manodopera specializzata potrebbe non essere disponibile. Questo è particolarmente utile nelle costruzioni d'emergenza, dove la velocità e la semplicità di installazione sono essenziali per rispondere rapidamente alle esigenze abitative¹⁶⁻¹⁷. La capacità di essere montati rapidamente e senza particolari accorgimenti tecnici rende anche questi pannelli una soluzione ideale per la costruzione di strutture temporanee o permanenti in situazioni di crisi²¹.

Essendo realizzati con materiali naturali e rinnovabili, questi pannelli hanno un **impatto ambientale ridotto** rispetto ai materiali da costruzione convenzionali. La terra cruda e l'argilla sono materiali abbondanti e facilmente reperibili, il che riduce la necessità di trasporti a lunga distanza e l'impatto ambientale associato¹⁸. L'utilizzo della terra cruda riduce fino al **50% le emissioni di CO₂** rispetto ai materiali tradizionali come il cemento¹⁹. La produzione di pannelli in terra cruda richiede inoltre circa **1/10 dell'energia** necessaria per produrre un metro cubo di cemento, contribuendo così in modo significativo alla riduzione delle emissioni globali di gas serra.

Un altro aspetto è l'**assenza di processi di cottura ad alta temperatura**, che caratterizzano la produzione di materiali come mattoni o cemento²⁰. Questo permette di risparmiare enormi quantità di energia, poiché la produzione avviene a temperatura ambiente²².

In numeri concreti, la produzione di un metro cubo di pannelli in terra cruda emette in media circa 30 kg di CO₂, contro i 240 kg di CO₂ per lo stesso volume di cemento. Inoltre, questo materiale rispetta i requisiti del Regolamento UE n. 305/2011, che disciplina la marcatura CE dei prodotti da costruzione, per quanto riguarda la sostenibilità e la gestione delle risorse naturali.

I pannelli in terra cruda sono anche **completamente riciclabili e biodegradabili**, il che significa che, alla fine del loro ciclo di vita, possono essere restituiti all'ambiente senza lasciare residui inquinanti. Questa caratteristica è particolarmente rilevante in un'epoca in cui lo smaltimento sta diventando una priorità sempre più urgente. La capacità di questi pannelli di essere riutilizzati o reintegrati nell'ambiente naturale rappresenta un importante passo avanti nella riduzione dell'impatto ambientale del settore delle costruzioni.

19 3therm [2024]. Scheda Tecnica Prodotto LEHMPLATTE – Pannello in terra cruda. Tratto da https://www.3therm.it/wp-content/uploads/2020/01/ST_LEHMPLATTE-Pannello-in-terra-cruda-2.pdf (ultimo accesso 10 maggio 2024).

20 Yassine, Elias, Belarbi., Mohamed, Sawadogo., Philippe, Poullain., Nabil, Issaadi., Ameer, El, Amine, Hamami., Stéphanie, Bonnet, Rafik, Belarbi. (2022). Experimental Characterization of Raw Earth Properties for Modeling Their Hygrothermal Behavior. *Buildings*, 12(5):648-648. doi: 10.3390/buildings12050648

21 Yuuki, Tachioka. (2023). Environmental Sustainability of Earth-Based Materials for the Carbon Neutrality of the Built Environment. *Springer tracts in civil engineering*, 85-100. doi: 10.1007/978-3-031-

22 Lehne, J., & Preston, F. (2018). Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. Chatham House Report. Disponibile su: <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete> - Canapa Industriale (2017). Ton Gruppe: Terra cruda, canapa e legno per cambiare l'edilizia. Disponibile su: <https://www.canapaindustriale.it/2017/06/16/ton-gruppe-terra-cruda-canapa-e-legno-per-cambiare-edilizia/>

In un contesto di emergenza, dove le strutture possono essere temporanee, la possibilità di smantellare e riciclare i materiali utilizzati senza creare rifiuti tossici è un vantaggio significativo. Questo approccio circolare alla costruzione non solo riduce l'impatto ambientale immediato, ma contribuisce anche a promuovere un uso più responsabile e sostenibile delle risorse naturali.

Limiti applicativi in contesti emergenziali: Sebbene i pannelli in terra cruda offrano numerosi vantaggi in termini di sostenibilità, comfort abitativo e impatto ambientale, presentano alcune limitazioni che ne influenzano l'applicabilità.

Questi limiti emergono principalmente in situazioni di emergenza, dove la rapidità di installazione, la resistenza a condizioni climatiche estreme e la durabilità rappresentano requisiti fondamentali difficili da soddisfare pienamente con l'uso della terra cruda. Si presentano alcune criticità:

1. **Sensibilità all'umidità:** La terra cruda, se non adeguatamente trattata o protetta, può essere soggetta a degrado in ambienti con elevata umidità o esposizione diretta all'acqua. Questo limita il suo utilizzo in contesti con condizioni climatiche estreme dove si rende necessario una ulteriore protezione contro le infiltrazioni.

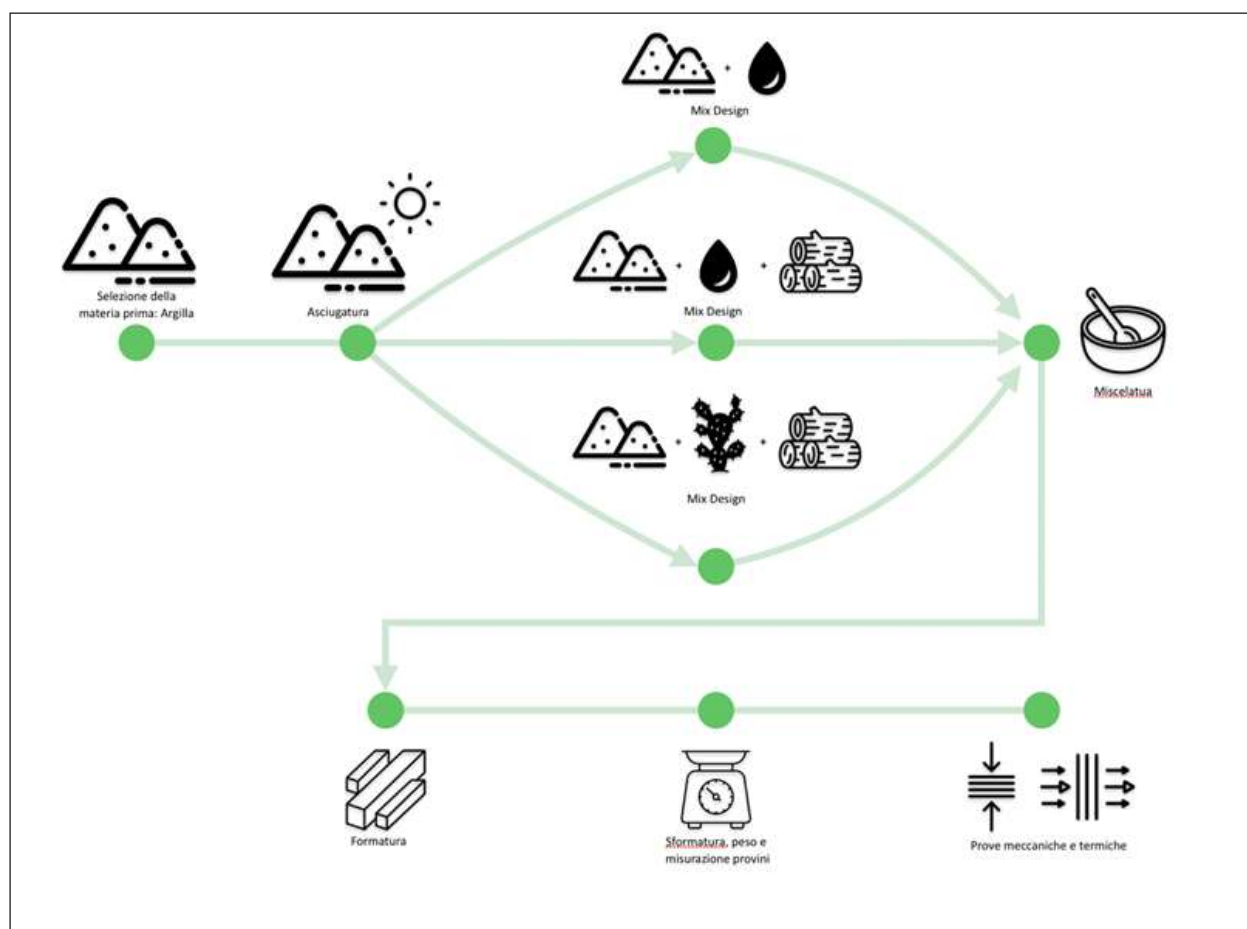


Figura 6.3.1 Infografica del processo produttivo: rappresentazione schematica delle fasi di lavorazione, dalla selezione della materia prima (argilla) alla miscela dei componenti, fino alla formatura e alle prove meccaniche e termiche per la validazione dei materiali.

2. **Resistenza meccanica inferiore:** Rispetto ai materiali convenzionali come il cemento, la resistenza meccanica della terra cruda può risultare insufficiente per applicazioni che richiedono elevate capacità portanti, rendendola più adatta a utilizzi non strutturali o di rivestimento.

3. **Tempi di produzione e asciugatura:** La preparazione e l'asciugatura dei pannelli preparati in loco possono richiedere tempi più lunghi rispetto a soluzioni industriali, influenzando i tempi complessivi di costruzione, specialmente in situazioni di emergenza, dove l'autocostruzione potrebbe risultare difficoltosa.

4. **Variazioni di qualità:** La dipendenza da materiali naturali, come argilla e fibre vegetali, comporta una certa variabilità nelle prestazioni, legata alla qualità e alla provenienza delle materie prime.

5. **Costo iniziale più elevato:** In alcuni casi, l'integrazione di materiali naturali e processi artigianali può comportare un costo iniziale più alto rispetto a soluzioni standardizzate, nonostante i benefici economici che ne potrebbe avere il luogo di applicazione.

Un ulteriore fattore che incide sui costi di implementazione della terra cruda è la limitata disponibilità di imprese edili con esperienza nel settore. La carenza di strumentazioni adeguate, come battitori o presse, e di competenze tecniche specializzate ne ostacola la diffusione su larga scala. In molti casi, si adottano soluzioni ibride, con accorgimenti che non sempre rispettano le proprietà originarie del materiale. Questo evidenzia la necessità di formazione e aggiornamento delle pratiche costruttive per rendere la terra cruda più accessibile anche in ambito industriale.

Per superare queste criticità, la sperimentazione proposta mira a ottimizzare l'impiego della terra cruda combinandola con trucioli di legno e cladodi di fico d'India, migliorandone resistenza meccanica, isolamento termico e adattabilità climatica. Questo approccio rappresenta un passo verso un sistema costruttivo più sostenibile ed efficiente, applicabile sia all'edilizia contemporanea che a quella d'emergenza, in linea con i principi di economia circolare. Inoltre, il sistema potrebbe valorizzare gli scarti di legno dell'azienda **Isolpan s.r.l.**²³, trasformandoli in un'opportunità innovativa e funzionale.



²³ Isolpan S.r.l. è un'azienda con sede a Isola delle Femmine (PA) specializzata nella produzione di prefabbricati per l'edilizia civile, sportiva e turistica. Con oltre 35 anni di esperienza, l'azienda realizza case in bioedilizia a basso consumo energetico e offre una vasta gamma di strutture in legno lamellare. Vedi Appendice 4



Figura 6.3.2 - Fasi del processo produttivo in azienda - Attività di lavorazione dei pannelli presso l'azienda Isolpan S.r.l.: fase di taglio e preparazione del legno, con particolare attenzione alla gestione e selezione dei trucioli di scarto destinati alla sperimentazione.

6.3 | Sviluppo di un sistema di isolamento termico sostenibile in terra cruda

Nel contesto dell'edilizia emergenziale, la scelta dei materiali per l'involucro edilizio finalizzati all'isolamento termo-acustico riveste un ruolo centrale nel raggiungimento del indoor comfort. Le condizioni climatiche spesso estreme richiedono soluzioni costruttive efficienti, facilmente trasportabili e assemblabili senza l'uso di attrezzature complesse o manodopera specializzata. La stratificazione a secco dei pannelli per l'involucro rappresenta una soluzione efficace, consentendo un montaggio rapido, adattabile a contesti climatici e geografici differenti. Inoltre, l'impiego di materiali locali può ridurre i costi di trasporto e l'impatto ambientale, favorendo al contempo l'economia locale.

L'analisi dello stato dell'arte nel campo delle unità abitative emergenziali ha evidenziato la necessità di sviluppare soluzioni sostenibili, economicamente accessibili e adatte a contesti con risorse limitate.

A partire da queste esigenze, la sperimentazione è stata svolta in due contesti distinti: una parte presso **Isolpan S.r.l.**, azienda specializzata nella produzione di case prefabbricate in legno (vedi Appendice 4), con la quale è stata avviata un'innovazione di processo e di prodotto in linea con gli obiettivi della borsa PON, questa collaborazione ha permesso all'azienda di migliorare la gestione degli scarti di produzione e di sviluppare una soluzione, utile sia per le proprie esigenze produttive che per applicazioni nei rifugi post-emergenziali; e l'altra parte presso il **Laboratorio di Edilizia** del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Palermo.

Presso Isolpan S.r.l., l'attività si è focalizzata sulla lavorazione e caratterizzazione dei trucioli di legno, materiali derivati dagli scarti di produzione aziendale che al momento non trovano una valorizzazione come materie primeseconde.

Le attività di trasformazione hanno riguardato la triturazione, la selezione e la vagliatura dei trucioli per ottenere una granulometria idonea, funzionale all'elaborazione di un mix design ottimizzato. L'esperienza ha evidenziato il valore potenziale degli scarti di lavorazione come risorsa riutilizzabile, aprendo la strada a soluzioni costruttive sostenibili. Parallelamente, presso il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura, sono state eseguite le analisi sui mix progettati e la realizzazione dei prototipi. Le attività hanno incluso la caratterizzazione fisico-meccanica e termica dei pannelli attraverso test specifici, con l'obiettivo di verificarne le prestazioni in termini di resistenza strutturale, isolamento termico e capacità di adattamento a contesti abitativi temporanei. Questa duplice sperimentazione ha consentito di integrare competenze accademiche e industriali, valorizzando l'utilizzo di materiali locali e di scarto per sviluppare soluzioni costruttive sostenibili, trasferibili e applicabili in ambiti emergenziali e non emergenziali.

	Palermo 1 %	Palermo 2 %	Palermo 3 %	Media	Contenuto carbonati
Umidità	5,53	5,53	5,39	5,48	
H ₂ O argille	4,7	4,62	4,72	4,68	
CO ₂	3,28	3,39	3,39	3,35	7,61
	Catania 1 %	Catania 2 %	Catania 3 %	Media	
Umidità	0,84	0,84	0,85	0,84	
H ₂ O argille	0,9	1,01	1,00	0,96	
CO ₂	1	0,96	0,96	0,98	

Tabella 6.3.1 - Valori di carbonio nelle Argille

6.3.1 | Individuazione e caratterizzazione dei materiali sostenibili utilizzati per la realizzazione del prototipo

Per la realizzazione dei pannelli prefabbricati sono stati scelti tre materiali principali: argilla, trucioli di legno e cladodi di fico d'India.

Le **argille** utilizzate provengono da due cave situate nelle province di Palermo e Catania, e sono state selezionate per le loro proprietà geotecniche, fondamentali per la lavorazione della terra cruda.

I **trucioli di legno**, forniti dall'azienda ospitante il tirocinio, rappresentano un sottoprodotto della lavorazione locale, scelto per le sue proprietà isolanti e strutturali.

I **cladodi di fico d'India**, una risorsa naturale abbondante in Sicilia, sono stati impiegati per le loro caratteristiche igroscopiche e per la capacità di migliorare le prestazioni termiche del materiale, in sostituzione dell'acqua.

	Palermo			
Elemento	Punto1	Punto2		Media
O	51,55	48,81		50,18
Si	17,82	20,4		19,11
Al	8,12	9,02		8,57
Fe	6,57	8,08		7,325
Sr	9,67	5,68		7,675
Ca	3,15	2,96		3,055
Mg	0,92	0,68		0,8
K	1,45	1,72		1,585
S	0,43	0,4		0,415

Tabella 6.3.2 - Osservazioni al SEM - Elementi presenti nell'argilla di Palermo

	Catania			
Elemento	Punto1	Punto2	Punto3	Media
O	50,76	52,21	47,28	50,08
Si	19,93	19,38	20,22	19,84
Al	10,11	9,76	9,5	9,79
Fe	6,76	4,69	9,45	6,97
Ca	5,96	7,5	4,55	6,00
Na	3,65	3,47	4,55	3,89
Mg	1,65	1,59	1,36	1,53
K	1,17	1,39	1,93	1,50
Ti			1,15	1,15

Tabella 6.3.3 - Osservazioni al SEM - Elementi presenti nell'argilla di Catania - La Tabella riporta i risultati delle osservazioni al SEM (Microscopio Elettronico a Scansione) relative agli elementi chimici presenti nell'argilla della cava di Catania. I dati sono suddivisi in tre punti di analisi del campione, con valori percentuali per ciascun elemento e una media calcolata. Gli elementi principali rilevati sono Ossigeno (O) e Silicio (Si), che presentano le percentuali più elevate (media del 50,08% per l'O e 19,84% per il Si), seguiti da Alluminio (Al) e Ferro (Fe), rispettivamente con medie di 9,79% e 6,97%. Anche il Calcio (Ca) e il Sodio (Na) risultano significativi, mentre elementi come Magnesio (Mg), Potassio (K) e Titanio (Ti) sono presenti in tracce più ridotte. Questi dati forniscono un'indicazione chiara della composizione minerale dell'argilla di Catania, utile per studi sulla sua lavorabilità e impiego in contesti costruttivi.

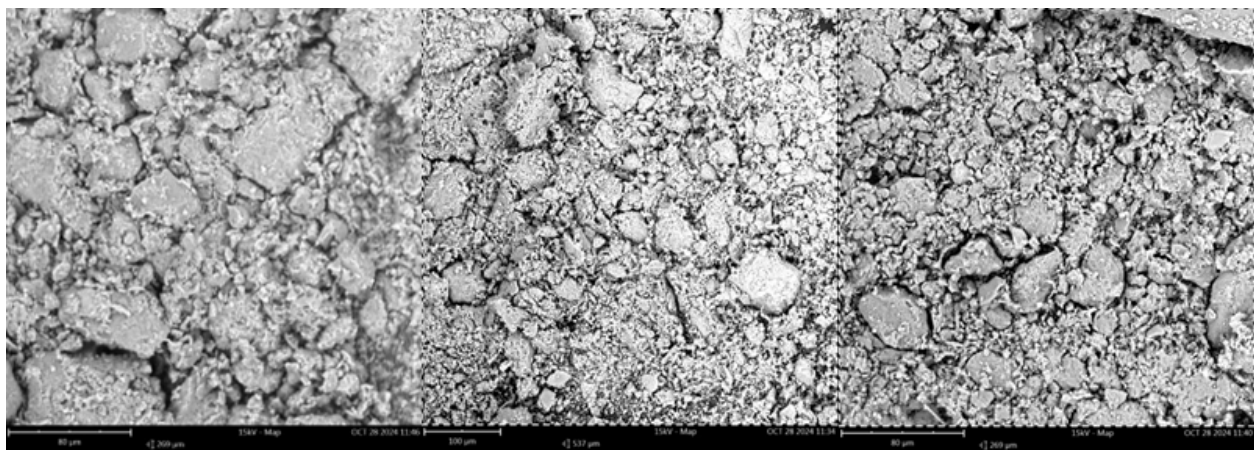


Figura 6.3.1 - Osservazioni al SEM - Campione della cava Palermo - La morfologia delle particelle appare più frammentata e porosa, con una maggiore disomogeneità nella distribuzione dei granuli. Questo tipo di struttura potrebbe indicare una diversa composizione mineralogica e un comportamento meccanico specifico. Le immagini forniscono dettagli preziosi per confrontare i campioni provenienti da diverse aree geografiche, facilitando la valutazione della loro idoneità per applicazioni edilizie e sperimentazioni con materiali naturali.

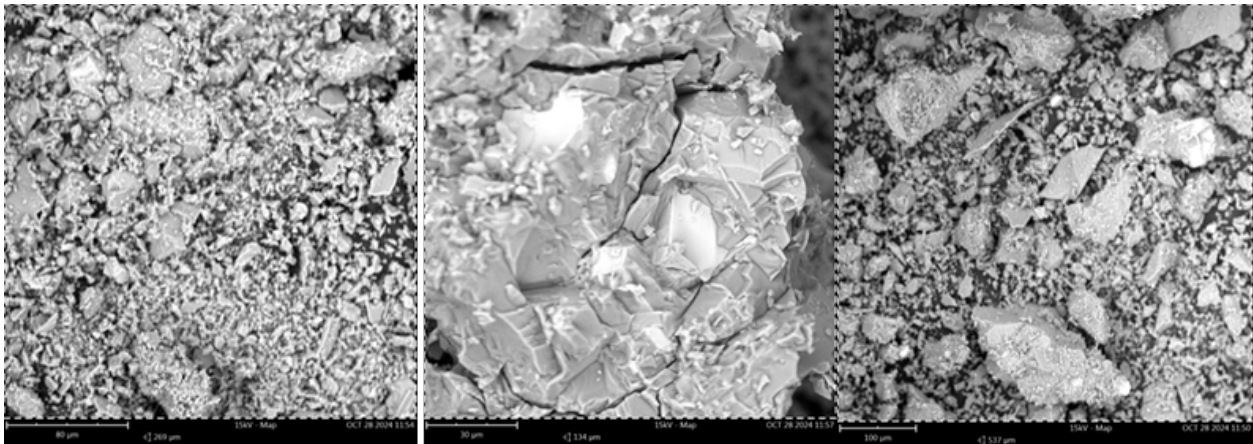


Figura 6.3.2 - Osservazioni al SEM - Campione della cava Catania- Le immagini mostrano in dettaglio la morfologia delle particelle di argilla, evidenziando una struttura composta da aggregati irregolari e particelle fini, con evidenti stratificazioni e cristalli di piccole dimensioni. L'analisi rivela la presenza di minerali tipici delle argille, con una tessitura compatta e porosità ridotta, caratteristiche che influenzano direttamente la capacità del materiale di essere lavorato e utilizzato per scopi costruttivi.

Caratterizzazione delle argille

Per quanto riguarda l'argilla sono state effettuate una serie di analisi sui campioni di argilla provenienti da due cave siciliane, situate rispettivamente nelle province di Palermo e Catania. Queste analisi hanno avuto lo scopo di caratterizzare i materiali dal punto di vista chimico-fisico, mineralogico e termico, al fine di valutarne le potenzialità per applicazioni innovative nel settore edilizio.

Sono state effettuate le seguenti analisi:

1. **Analisi termogravimetrica (TGA):** utilizzata per studiare il comportamento termico dei campioni, valutando la variazione di peso in funzione della temperatura e identificando processi come la perdita di umidità, la decarbonatazione e la stabilità termica.
2. **Osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM):** effettuate per analizzare la composizione elementare dei campioni e identificare la distribuzione degli elementi chimici presenti. Questa tecnica permette di distinguere le differenze tra i campioni in termini di contenuto di silice, allumina e altri componenti.
3. **Caratterizzazione mediante spettroscopia Raman:** utilizzata per identificare la composizione mineralogica e strutturale dei campioni. Questa tecnica è particolarmente utile per rilevare la presenza di componenti ceramici, vetrosi o altre fasi minerali caratteristiche.

La prima analisi, **termogravimetrica**, condotta in un analizzatore termico simultaneo Netzsch Jupiter F1 STA 490, nell'intervallo 30-1000°C a 10°C/min in aria statica, delle argille ha dimostrato un comportamento molto diverso per i due campioni analizzati, in particolare il campione proveniente dalla cava di Catania presenta le caratteristiche di un sistema che ha subito un processo di cottura, con perdite di peso molto ridotte, ottenibili solamente da un'argilla cotta per ottenere un cocciopesto.

Per determinare la perdita di peso dovuta alla decarbonatazione (rilascio di CO_2) dei carbonati, è possibile dividere il valore della perdita di peso per il fattore 0,44 (pari a 44 g per ogni 100 g di CaCO_3 sottoposto a decarbonatazione). Questo rapporto consente di calcolare la percentuale di carbonato di calcio (CaCO_3), che è la specie prevalente, dato che è quella che si decompone alla temperatura considerata. Il risultato viene riportato nell'ultima colonna della tabella 6.3.1. L'obiettivo di questa analisi è quantificare la presenza di carbonati all'interno delle argille, che influisce sulle loro proprietà chimiche e fisiche, come la reattività durante la cottura o la lavorazione in ambito ceramico e industriale. La percentuale calcolata viene riportata nell'ultima colonna della tabella, dove sono confrontati i risultati per i due campioni di argilla analizzati.

Le osservazioni al SEM sono state effettuate con un PHENOM X Pro, SEM da banco con fascio a 15keV e detector ad elettroni retrodiffusi.

Il funzionamento di un SEM si basa sull'interazione di un fascio di elettroni focalizzato con la superficie del campione. In particolare, un cannone elettronico genera un fascio di elettroni primari che viene accelerato e focalizzato attraverso un sistema di lenti elettromagnetiche. Questo fascio scansiona la superficie del campione punto per punto.

Gli elementi qualificanti silicio e alluminio, **Si e Al**, sono presenti in rapporti diversi nei due campioni 2.29 per Palermo e 2.03 per Catania, che quindi presenta un maggiore tenore di Allumina rispetto alla Silice e che ha una quantità di Calcio decisamente superiore e che nel campione Caccamo è accompagnata alla presenza di Stronzio e un tenore non trascurabile di zolfo, segno della probabile presenza di solfati nel campione (lo stronzio spesso è accoppiato al calcio proprio nei solfati, più che nei carbonati). Gli alcali sono presenti in percentuale decisamente maggiore nel campione di Catania, grazie soprattutto all'abbondante presenza di sodio. quantità di Calcio decisamente superiore e che nel campione di Palermo è accompagnata alla presenza di Stronzio e un tenore non trascurabile di zolfo, segno della probabile presenza di solfati nel campione (lo stronzio spesso è accoppiato al calcio proprio nei solfati, più che nei carbonati). Gli alcali sono presenti in percentuale decisamente maggiore nel campione di Catania, grazie soprattutto all'abbondante presenza di sodio.

È stata infine effettuata una caratterizzazione mediante spettroscopia **Raman** BWTek i-Raman Plus con laser a 785nm e filtro notch a 65cm⁻¹.

La spettroscopia Raman è una tecnica basata sull'interazione tra la luce laser monocromatica e le vibrazioni molecolari dei materiali. Quando il laser colpisce il campione, la maggior parte della luce viene diffusa elasticamente (diffusione Rayleigh), mentre una piccola frazione subisce una diffusione anelastica, generando segnali Raman. Questi segnali sono caratteristici dei legami chimici e delle strutture presenti nel materiale, permettendo così la sua identificazione. Le indagini confermano la presenza, sporadica ma riportata nell'esempio ed evidenziata dal cursore, del biossido di Titanio nel campione di Palermo e l'assenza di altri segnali come capita comunemente con i materiali argillosi che sono poco

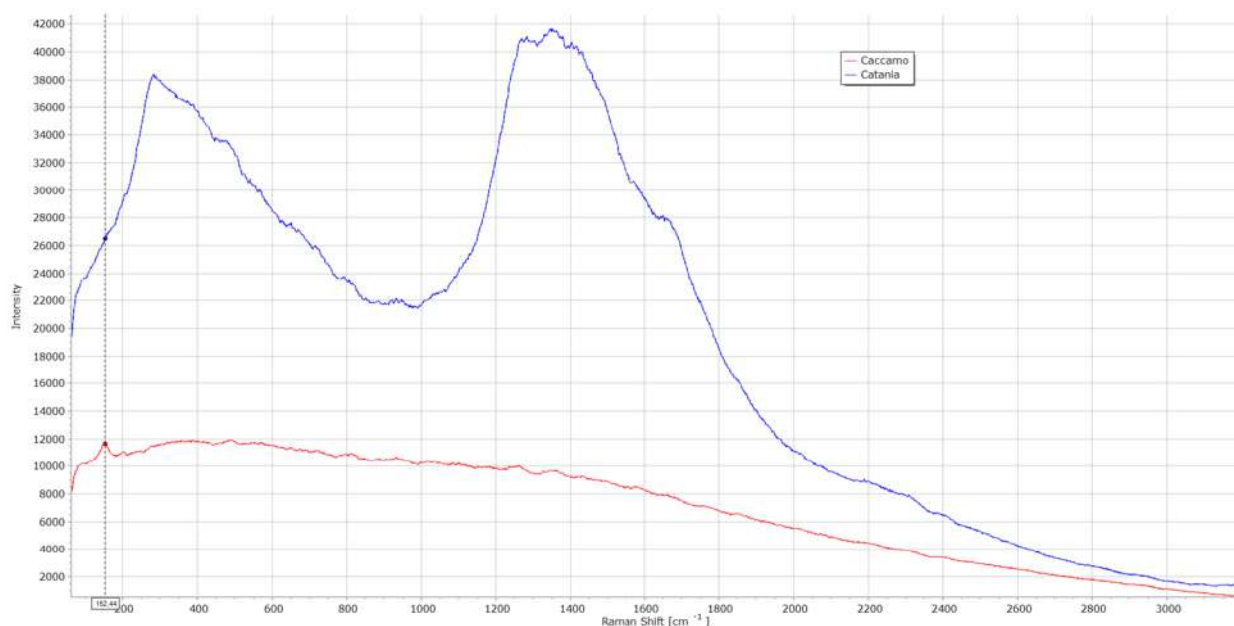


Figura 6.3.3 - Diagramma dello spettroscopio Raman - Dal grafico si osserva che il campione di Catania (linea blu) presenta picchi di intensità significativamente più elevati rispetto al campione di Caccamo (linea rossa), soprattutto nella regione compresa tra 200 cmq e 1600 cmq. Questa differenza indica una maggiore concentrazione di minerali a base di alluminio nel campione di Catania, confermando quanto già rilevato nelle analisi SEM. I picchi principali nel campione di Catania evidenziano la presenza di componenti cristalline tipiche delle argille come alluminosilicati, mentre il campione di Caccamo presenta una risposta più attenuata, suggerendo una differente composizione mineralogica e una minore presenza di allumina.

Raman attivi. La presenza di TiO_2 , anche in basse concentrazioni, può risultare significativa, poiché questo ossido semiconduttore è noto per le sue proprietà fotocatalitiche, che favoriscono processi di autopulizia, abbattimento di inquinanti atmosferici e incremento della resistenza chimica. Tuttavia, affinché tali effetti siano attivati in modo efficace, la concentrazione e la distribuzione del TiO_2 nella matrice del materiale giocano un ruolo determinante. Per il campione di Catania si riconoscono invece due picchi molto slargati, tipici dei materiali ceramici o vetrosi, spettro compatibile con un materiale costituito principalmente da ciocciopesto, lava e solo secondariamente da argilla.

Considerazioni sulle analisi condotte

Differenze chimiche e mineralogiche tra i campioni di argilla:

Il campione prelevato da una cava di Palermo presenta un contenuto significativamente più elevato di carbonati (7,61%) rispetto al campione prelevato da una cava di Catania (2,23%). Questo suggerisce una maggiore presenza di calcite e altri carbonati, rendendolo più adatto a contesti in cui la reattività chimica dei carbonati può essere sfruttata, come nella stabilizzazione delle argille.

La presenza di **stronzio e zolfo** nel campione prelevato dalla cava di Palermo indica la probabile presenza di solfati, che possono influire sulle proprietà meccaniche e sulla durabilità del materiale in particolari condizioni ambientali.

Nel **campione prelevato da una cava di Catania**, il maggiore contenuto di calcio e sodio, insieme alla minore quantità di carbonati, è compatibile con un'origine vulcanica, suggerendo una composizione derivante da miscele di argilla e materiali vulcanici (lava, cocciopesto).

Comportamento termico:

L'**analisi termogravimetrica (TGA)** evidenzia un comportamento distintivo per i due campioni. Il campione di Catania, con perdite di peso ridotte, mostra caratteristiche di un materiale già sottoposto a trattamento termico (cotto), compatibile con la produzione di cocciopesto. Questo conferisce al materiale una maggiore stabilità termica, ma potrebbe ridurre la plasticità e la lavorabilità rispetto al campione prelevato da una cava di Palermo. Il campione prelevato da una cava di Palermo, invece, presenta una maggiore perdita di umidità e acqua legata alle argille, indicando che non è stato precedentemente trattato termicamente. Questo lo rende più adatto per processi che richiedono lavorabilità e modellazione, come la fabbricazione di pannelli o blocchi. Il campione prelevato da una cava di Catania mostra caratteristiche mineralogiche e strutturali tipiche di materiali ceramici e vetrosi, compatibili con la presenza di cocciopesto e lava. Queste proprietà suggeriscono un comportamento termico e meccanico più stabile, rendendolo ideale per applicazioni in ambienti estremi o per la costruzione di elementi con alta resistenza al calore.

Caratteristiche strutturali:

Il **rapporto silicio/alluminio (Si/Al)** è maggiore nel campione prelevato dalla cava di Palermo (2,29) rispetto a quello di Catania (2,03). Questo indica una predominanza della silice nel campione di Palermo, che potrebbe conferire migliori proprietà meccaniche, come resistenza alla compressione, ma minore capacità di legame rispetto al campione di Catania, ricco di allumina. La presenza di biossido di titanio nel campione di Caccamo (Palermo) potrebbe offrire un vantaggio in termini di durabilità e resistenza agli agenti atmosferici, sebbene sia presente solo in quantità sporadiche.

Implicazioni per applicazioni edilizie:

Il **campione prelevato da una cava di Palermo** appare più adatto per applicazioni che richiedono lavorabilità e adattabilità, come la produzione di malte o intonaci, grazie alla sua maggiore umidità residua e alla plasticità. Il **campione prelevato da una cava di Catania**, con caratteristiche che includono resistenza termica, stabilità e composizione ceramica, potrebbe essere preferibile per applicazioni strutturali o in contesti in cui è richiesta una maggiore resistenza al calore e alle sollecitazioni ambientali.

La diversa composizione chimica e mineralogica dei due campioni evidenzia l'importanza della caratterizzazione preliminare per determinare l'uso specifico di ciascuno. Il campione di Palermo potrebbe richiedere

trattamenti aggiuntivi per migliorarne la durabilità in ambienti aggressivi, mentre il campione di Catania potrebbe necessitare di un approccio specifico per ottimizzare la lavorabilità. L'uso combinato di questi materiali, sfruttando i punti di forza di ciascun campione, potrebbe rappresentare una strategia interessante per creare soluzioni miste, capaci di offrire resistenza, lavorabilità e sostenibilità.

Caratterizzazione dei trucioli di legno

I trucioli di legno, impiegati nella produzione dei pannelli, rappresentano un sottoprodotto della lavorazione del legno, generato principalmente dai processi di taglio e rifilatura eseguiti presso l'azienda **Isolpan s.r.l.**, che ha ospitato il tirocinio. L'azienda produce circa mezza tonnellata di trucioli all'anno, derivanti dai propri processi produttivi. I trucioli di legno sono stati selezionati per le loro proprietà di isolamento termico e acustico, oltre che per la loro leggerezza, caratteristiche che li rendono ideali per la produzione di strutture prefabbricate facili da assemblare.

Le attività di caratterizzazione dei trucioli si sono svolte nei locali dell'azienda Isolpan, con il supporto e la supervisione del tutor aziendale, Arch. Sabrina Ricotta, e hanno previsto tre fasi principali:

La **prima fase** ha riguardato la raccolta e la pulizia dei trucioli in purezza privandoli da ulteriori scarti. Durante questa fase, i materiali sono stati vagliati per rimuovere elementi estranei derivanti dal processo produttivo, come chiodi, viti o altri residui metallici, garantendo così l'impiego esclusivo di trucioli di legno.

La **seconda fase** è stata dedicata alla **vagliatura**. Utilizzando setacci conformi alla norma ISO 3310 ²⁴, i trucioli sono stati suddivisi in base alla

²⁴ ISO 3310. Test sieves – Technical requirements and testing. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.



Figura 6.3.3 Foto del laboratorio dell'Isolpan con in basso la produzione dei trucioli provenienti dai di elementi lignei.



Figura 6.3.4 Valutazione della granulometria degli scarti di legno dell'azienda

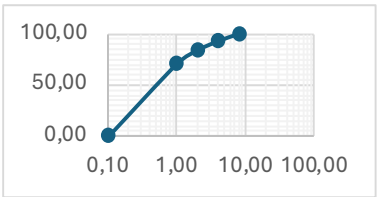


Figura 6.3.5 Curva granulometrica a seguito della prima fase di vaglio - ISO3310

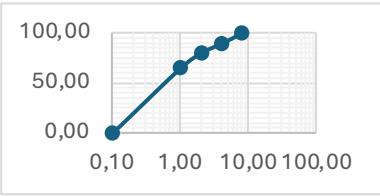


Figura 6.3.5 Curva granulometrica a seguito della seconda fase di vaglio - ISO3310

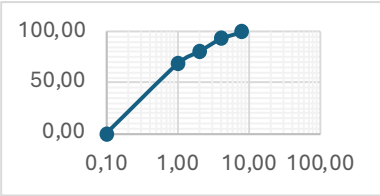


Figura 6.3.5 Curva granulometrica a seguito della terza fase di vaglio - ISO3310

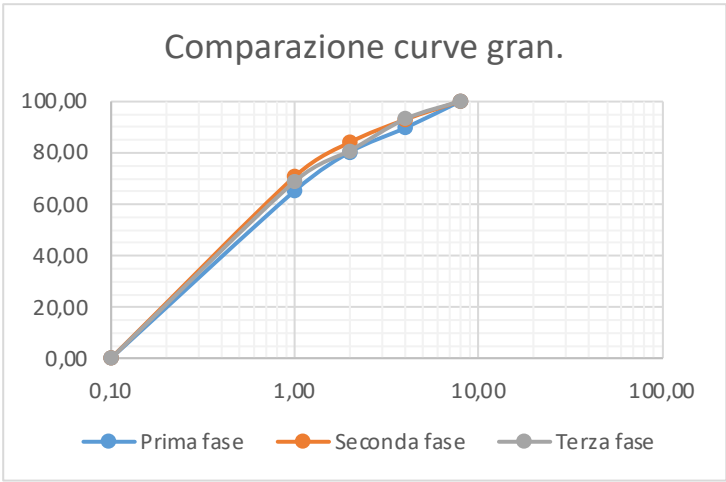
Figura 6.3.6 - Comparazione curve granulometriche di fig.6.3.6

loro dimensione. Questa separazione granulometrica ha consentito di classificare il materiale in frazioni dimensionali precise, fondamentali per la successiva analisi delle loro caratteristiche e prestazioni.

La **terza fase** ha riguardato la **costruzione della curva granulometrica**. I dati raccolti durante la vagliatura sono stati utilizzati per elaborare un grafico rappresentativo della distribuzione granulometrica dei trucioli (tabella 6.3.4). Questo passaggio ha permesso di determinare il mix granulometrico ottimale per garantire al pannello stabilità strutturale, leggerezza e buone proprietà di isolamento termico e acustico.

La **fig. 6.3.5** mostra tre curve granulometriche corrispondenti ai differenti setacci utilizzati durante l'analisi.

- La prima curva granulometrica (Curva n.1) mostra una distribuzione con una prevalenza di particelle di dimensioni comprese tra 0,1 e 2 mm, con una percentuale significativa concentrata nell'intervallo tra 1 e 2 mm.
- La seconda curva granulometrica (Curva n.2) evidenzia una maggiore presenza di particelle di dimensioni più fini, con una concentrazione



SETACCIO	MASSA	% MASSA	TRATTENUTO	PASSANTE
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
8,00		0,00	0,00	100,00
4,00	15,24	10,38	10,38	89,62
2,00	13,77	9,38	19,77	80,23
1,00	22,13	15,08	34,84	65,16
0,10	95,63	65,16	100,00	0,00
TOTALE	146,77	100,00		
8,00		0,00	0,00	100,00
4,00	10,61	7,16	7,16	92,84
2,00	13,10	8,84	16,01	83,99
1,00	19,70	13,30	29,31	70,69
0,10	104,70	70,69	100,00	0,00
TOTALE	148,11	100,00		
8,00		0,00	0,00	100,00
4,00	10,31	6,93	6,93	93,07
2,00	18,37	12,34	19,26	80,74
1,00	17,78	11,94	31,21	68,79
0,10	102,42	68,79	100,00	0,00
TOTALE	148,88	100,00		

elevata nell'intervallo tra 0,1 e 1 mm, mostrando una distribuzione più uniforme rispetto alla prima curva.

La terza curva granulometrica (Curva n.3) mostra una distribuzione simile alla seconda, ma con una leggera predominanza di particelle nell'intervallo tra 0,1 e 2 mm, indicando una distribuzione meno uniforme e una maggiore variabilità nelle dimensioni delle particelle.

Queste curve granulometriche indicano che la maggior parte delle particelle di trucioli rientra in un intervallo di dimensioni compreso tra 0,1 e 2 mm, con una tendenza verso particelle più fini nella seconda e terza curva.

Successivamente all'analisi granulometrica, si è proceduto a **calibrare** i trucioli di legno in base alla densità, al fine di ottenere un mix omogeneo e uniforme, idoneo per la miscelazione con l'argilla.

Oltre alle tre fasi di caratterizzazione descritte, è stata condotta un'analisi al **microscopio elettronico a scansione (SEM)** per approfondire la composizione chimica dei trucioli di legno. Questa analisi ha permesso di identificare e quantificare gli elementi presenti nel materiale, fornendo informazioni essenziali sulle sue proprietà strutturali e funzionali.

La Tabella 6.3.4 mostra i risultati dell'analisi granulometrica dei trucioli, effettuata attraverso una setacciatura con maglie di dimensioni comprese tra 8 mm e 0,10 mm. I dati raccolti evidenziano la distribuzione della massa trattenuta e passante per ciascun setaccio, permettendo di individuare la composizione granulometrica ottimale.

Nella prima serie di analisi, si osserva che la maggior parte della massa, pari al 65,16%, attraversa il setaccio più fine da 0,10 mm, mentre solo una frazione più ridotta (15,08%) si ferma al setaccio da 1,00 mm. I setacci con maglie più grandi, come quelli da 4,00 mm e 2,00 mm, trattengono quantità minime di trucioli, suggerendo una prevalenza di particelle fini.

Nella seconda serie, la distribuzione granulometrica evidenzia un aumento della frazione fine, con il 70,69% della massa totale che passa attraverso il setaccio da 0,10 mm. Anche in questo caso, una quota significativa pari al 13,30% è trattenuta al livello del setaccio da 1,00 mm, mentre la massa trattenuta nei setacci superiori rimane molto bassa, indicando una predominanza di particelle di piccole dimensioni.

Nella terza serie, invece, si nota una leggera variazione nella distribuzione: il 68,79% della massa passa ancora attraverso il setaccio da 0,10 mm, ma il 12,34% viene trattenuto al setaccio da 2,00 mm, segnalando una presenza maggiore di particelle leggermente più grandi rispetto alle serie precedenti.

Questi risultati permettono di definire con precisione la distribuzione ottimale delle particelle necessaria per garantire un buon equilibrio tra stabilità strutturale, leggerezza e capacità di isolamento termico e acustico dei pannelli realizzati con i trucioli. La predominanza di particelle fini, combinata con una minima presenza di frazioni più grosse, suggerisce un comportamento meccanico favorevole e prestazioni complessive adeguate agli obiettivi progettuali.

Tabella 6.3.5 - Valori al SEM Trucioli

Componente	Trucioli di legno (% peso)
Cellulosa	44.4
Lignina	28.7
Emicellulosa	26.9

Caratterizzazione e trasformazione dei cladodi di fico d'india

Un altro aspetto rilevante nello sviluppo del prototipo riguarda l'impiego dei cladodi (pale) di fico d'India come aggregante naturale, con la funzione di sostituire integralmente l'acqua all'interno della miscela impiegata per la realizzazione dei pannelli. Questa soluzione, oltre a rappresentare un'opzione sostenibile, ha permesso di valorizzare una risorsa vegetale largamente disponibile a livello locale, trasformandola in un elemento funzionale per l'edilizia naturale. Le pale utilizzate in questa ricerca sono state sottoposte a un processo di estrazione e omogeneizzazione, volto a sfruttare appieno le note proprietà adesive e strutturanti del mucillagine contenuto nel fico d'India.

La scelta di impiegare questo materiale è stata motivata non soltanto dalla sua ampia reperibilità in contesti aridi e semi-aridi, ma anche dalle sue peculiari caratteristiche fisico-chimiche. In particolare, la presenza di polisaccaridi come mucillagini e pectine conferisce ai cladodi proprietà leganti, idrofile e plastificanti, che si sono rivelate efficaci nel migliorare la coesione interna del pannello e nel ridurre fenomeni di fessurazione, ritiro o deformazione durante la fase di asciugatura. L'adozione di un legante di origine naturale ha inoltre permesso di evitare l'impiego di additivi chimici o colle sintetiche, con benefici in termini di salubrità e impatto ambientale. Da questo punto in avanti, per semplicità, ci si riferirà a questo materiale con il termine "cladodi omogeneizzati".

La caratterizzazione dei cladodi ha seguito un processo articolato e controllato, articolato in diverse fasi. In primo luogo, le pale sono state

La Figura 6.3.5 mostra un campione di cladodi di Fico d'India (*Opuntia ficus-indica*), utilizzati come materiale naturale nel processo di sperimentazione. I cladodi, caratterizzati dalla loro struttura carnosa e ricca di acqua, sono stati raccolti, triturati e omogeneizzati per valutarne l'efficacia come materiale aggregante all'interno di composti ecologici.



Fase del processo	Peso (g)
Cladodi di fico d'India (intere)	650
Cladodi di fico d'India (triturate)	515
Cladodi omogeneizzati	459

Tabella 6.3.6 - Tabella fasi di omogeneizzazione cladodi di fico d'india

sottoposte a una fase preliminare di selezione e pulizia: sono state rimosse le spine, le porzioni legnose e danneggiate e infine tagliate in segmenti di dimensioni ridotte, in modo da facilitarne la successiva lavorazione meccanica. Questa operazione, oltre a migliorare la sicurezza dell'operatore, ha comportato una prima riduzione di peso, dovuta all'eliminazione delle parti non funzionali.

Successivamente, i pezzi ottenuti sono stati introdotti in un mulino a taglienti per la triturazione e l'omogeneizzazione. Questo passaggio ha consentito di ottenere una massa uniforme e viscosa, adatta a essere miscelata con i materiali inerti della matrice composita. Per valutare l'efficienza del processo e il rendimento in termini di peso, sono stati eseguiti confronti tra il peso delle pale prima e dopo ogni fase della trasformazione. In particolare, a fronte di un peso iniziale di 650 g di cladodi interi, il processo ha prodotto 515 g di materiale triturato, da cui sono stati estratti 459 g di cladodi omogeneizzati. La Tabella 6.3.6 riporta i dati quantitativi relativi a ciascuna fase del processo.

Questi risultati evidenziano una perdita complessiva di circa 190 g, pari al 29% del peso iniziale, distribuita tra la rimozione delle parti non idonee e le dispersioni inevitabili nel corso della lavorazione meccanica. Tuttavia, il rendimento finale può considerarsi elevato, soprattutto se rapportato alla semplicità delle tecnologie impiegate e alla natura a basso costo della materia prima. Il materiale omogeneizzato così ottenuto è stato quindi impiegato come sostituto dell'acqua nella miscela a base di terra cruda e trucioli di legno.



Figura 6.3.6- Fasi di pesatura dei cladodi tritati e omogeneizzati: immagini delle diverse fasi del processo di lavorazione dei cladodi di fico d'India, dalla pesatura del materiale intero, alla triturazione e successiva omogeneizzazione per ottenere un prodotto finale utilizzato nella miscela dei componenti

6.3.2 | Progettazione del Mix Design

La definizione del mix design rappresenta un passaggio fondamentale nella sperimentazione, consentendo di valutare come i diversi componenti influiscano sulla lavorabilità, sulle proprietà fisico-meccaniche e sulle prestazioni ambientali dei pannelli. L'obiettivo principale è stato quello di sviluppare una miscela sostenibile e versatile, in grado di integrare materiali naturali e di scarto secondo i principi dell'economia circolare e in conformità con i **Criteri Ambientali Minimi (CAM)**, che prevedono il riutilizzo di scarti in percentuali pari almeno al 20%.

Sono state formulate tre tipologie principali di miscele, differenziandosi per composizione e provenienza dei materiali. Le argille, selezionate da cave situate nelle province di Palermo e Catania, sono state combinate con trucioli di legno, un sottoprodotto industriale, e con cladodi di fico d'India, utilizzati come aggregante naturale al posto dell'acqua.

Ogni miscela è stata identificata tramite codici univoci, pensati per semplificare l'organizzazione e l'analisi dei risultati. Le proporzioni utilizzate nei mix design sono riportate di seguito, con un'attenzione particolare alle motivazioni tecniche e ambientali che hanno guidato queste scelte.

Per entrambe le argille, provenienti dalle province di Palermo e Catania, è stato mantenuto costante il rapporto del 20% di trucioli di legno, mentre la quantità di acqua o cladodi omogeneizzati è stata aggiunta quanto bastava per ottenere un impasto lavorabile. La Tabella 6.3.7 riassume le proporzioni dei componenti utilizzati nei diversi mix design.

In queste formulazioni, la quantità di trucioli di legno è stata mantenuta costante al **20% in peso rispetto al peso dell'argilla**, per garantire uniformità nei test comparativi.

La quantità di acqua o cladodi omogeneizzati è stata regolata in modo da rappresentare **circa il 50% del peso dell'argilla**, definendo un rapporto

Codice	Argilla Palermo (gr)	Argilla Catania (gr)	Trucioli (gr)	Cladodi di fico d'india (gr)	Acqua (ml)	Rapporti
MPO	500		-		280	1:0,56
MPT	500		100		300	1:0,2:0,6
MPTF	500		100	300		1:0,2:0,6
MCO		500			250	1:0,5
MCT		500	100		280	1:0,2:0,56
MCTF		500	100	300		1:0,2:0,6

Tabella 6.3.7 - Tabella riepilogativa dei mix design

complessivo dei componenti pari a 1:0,2:0,6 (argilla:trucioli:acqua). Questo rapporto è stato scelto per ottenere una consistenza ottimale dell'impasto, assicurando che ciascun mix fosse sufficientemente omogeneo e stabile per la successiva formatura dei pannelli.

Realizzazione del prototipo

Per ogni mix design sono stati realizzati tre provini standard (4x4x16), conformi alle specifiche della norma UNI EN 1015 ²⁵, e tre pannelli di dimensioni 15x15x3 cm. I provini, con dimensioni standard di 4x4x16 cm, sono stati prodotti per testare le proprietà meccaniche delle diverse miscele, garantendo la coerenza e la comparabilità dei risultati ottenuti. Parallelamente, i pannelli di dimensioni 15x15x3 cm sono stati appositamente realizzati per condurre prove termiche. La Tabella 6.3.8 riassume il numero di provini e pannelli realizzati per ciascun mix design, distinguendo le diverse tipologie di miscele e le caratteristiche dei campioni prodotti.

²⁵ UNI EN 1015-11:2019. Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita. Ente Italiano di Normazione (UNI), Milano, Italia.

Mix Design	Numero di provini (UNI EN 1015)	Dimensioni provini (cm)	Numero di pannelli	Dimensioni pannelli (cm)
Argilla di Palermo				
MP0	3	4x4x16	3	15x15x3
MPT	3	4x4x16	3	15x15x3
MPTF	3	4x4x16	3	15x15x3
Argilla di Catania				
MCO	3	4x4x16	3	15x15x3
MCT	3	4x4x16	3	15x15x3
MCTF	3	4x4x16	3	15x15x3

Tabella 6.3.8 - Tabella riepilogativa dei provini e dei pannelli realizzati



Figura 6.3.6 Provini prismatici realizzati secondo la normativa UNI EN 1015: immagini delle fasi di preparazione e lavorazione dei campioni standard utilizzati per testare le proprietà meccaniche delle miscele. I provini sono stati realizzati con dimensioni 4x4x16 cm, in conformità ai requisiti normativi

Caratterizzazione dei prototipi

Nel corso della sperimentazione, sono state effettuate diverse osservazioni sui prototipi realizzati. In particolare, è stata valutata la lavorabilità, considerando qualitativamente aspetti come la facilità di impasto e modellazione, la coesione della miscela e la capacità del materiale di mantenere la forma senza eccessivo cedimento o fessurazione:

MP0 - Argilla+Acqua

Il mix MP1 ha mostrato un'elevata lavorabilità, con una consistenza omogenea che ha reso agevole la manipolazione e l'applicazione del materiale.

Durante il processo di asciugatura, il mix ha subito un significativo ritiro, un fenomeno tipico delle miscele a base di argilla pura prive di aggregati. Al termine dell'asciugatura, il pannello risultava compatto e resistente, senza segni evidenti di fessurazioni.

MPT - Argilla+Acqua+Trucioli

MPT presenta una lavorabilità leggermente inferiore rispetto a MP0, probabilmente a causa dell'inclusione dei trucioli di legno. Durante l'asciugatura, il mix ha evidenziato un ritiro minore rispetto a MP1, grazie alla presenza dei trucioli che hanno contribuito a limitare la contrazione. Dopo l'asciugatura, il mix presentava una struttura stabile e priva di odori sgradevoli, con una buona resistenza al tatto.

MPTF - Argilla+Cladodi+Trucioli

La miscela MP3 ha mostrato una lavorabilità sufficiente, ma la consistenza risultava meno fluida rispetto ai mix precedenti, richiedendo maggiore attenzione durante la lavorazione.

Il ritiro osservato durante l'asciugatura è stato contenuto, ma si è notata dopo l'asciugatura la formazione di una leggera muffa sulla superficie. Al tatto, il mix era resistente e privo di odori sgradevoli, sebbene la muffa indichi la necessità di migliorare la stabilità microbiologica del materiale.

MC0 - Argilla+Acqua

Anche il mix MC0 ha dimostrato un'elevata lavorabilità, con una consistenza uniforme che ha agevolato il processo di applicazione. Durante l'asciugatura, il mix ha subito un ritiro significativo, analogo a quello osservato in MP0, con una riduzione della massa complessiva. Al termine del processo, il mix si presentava compatto e resistente.

MCT - Argilla+Acqua+Trucioli

La lavorabilità di MC2 è risultata buona, sebbene leggermente inferiore rispetto a MC0, a causa della presenza dei trucioli di legno.

Durante l'asciugatura, il mix ha evidenziato un ritiro moderato, inferiore a quello osservato in MC0. La struttura finale era stabile, priva di fessurazioni e odori sgradevoli, con una buona resistenza al tatto.

MCTF - Argilla+Cladodi+Trucioli

La miscela MCTF ha mostrato una lavorabilità accettabile, sebbene meno fluida rispetto agli altri mix. Durante l'asciugatura, il pannello ha evidenziato un ritiro minimo, ma, come nel caso di MP3, è stata osservata la formazione di muffa sulla superficie. Nonostante ciò, il mix si è dimostrato resistente al tatto e privo di odori sgradevoli, suggerendo la necessità di ulteriori studi per migliorare la stabilità microbiologica del materiale.

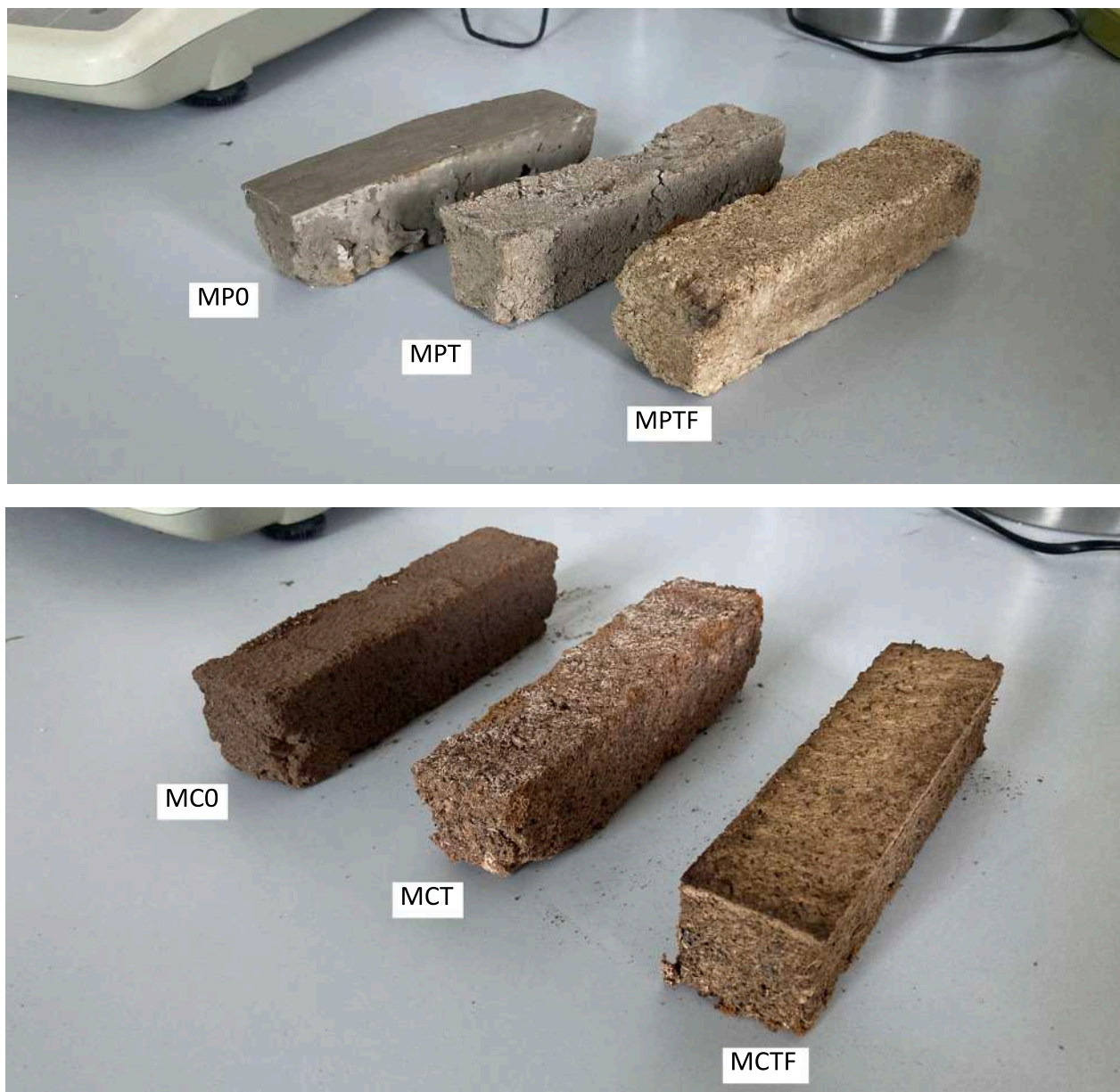


Figura 6.3.8 campioni prismatici ottenuti da differenti mix design (MPO, MPT, MPTF per l'argilla di Palermo; MCO, MCT, MCTF per l'argilla di Catania), utilizzati per testare le proprietà meccaniche e termiche delle soluzioni sperimentate. In alcuni campioni si evidenziano irregolarità agli spigoli, attribuibili sia alle caratteristiche intrinseche della terra cruda (e in particolare alla sua elevata componente argillosa), sia a fenomeni di ritiro legati all'essiccazione. È stato impiegato un agente distaccante per facilitare le operazioni di disarmo delle casseforme, ma tali imperfezioni si sono verificate in modo ricorrente indipendentemente dalla miscela utilizzata, confermando una peculiare sensibilità della materia prima ai processi di confezionamento e asciugatura.

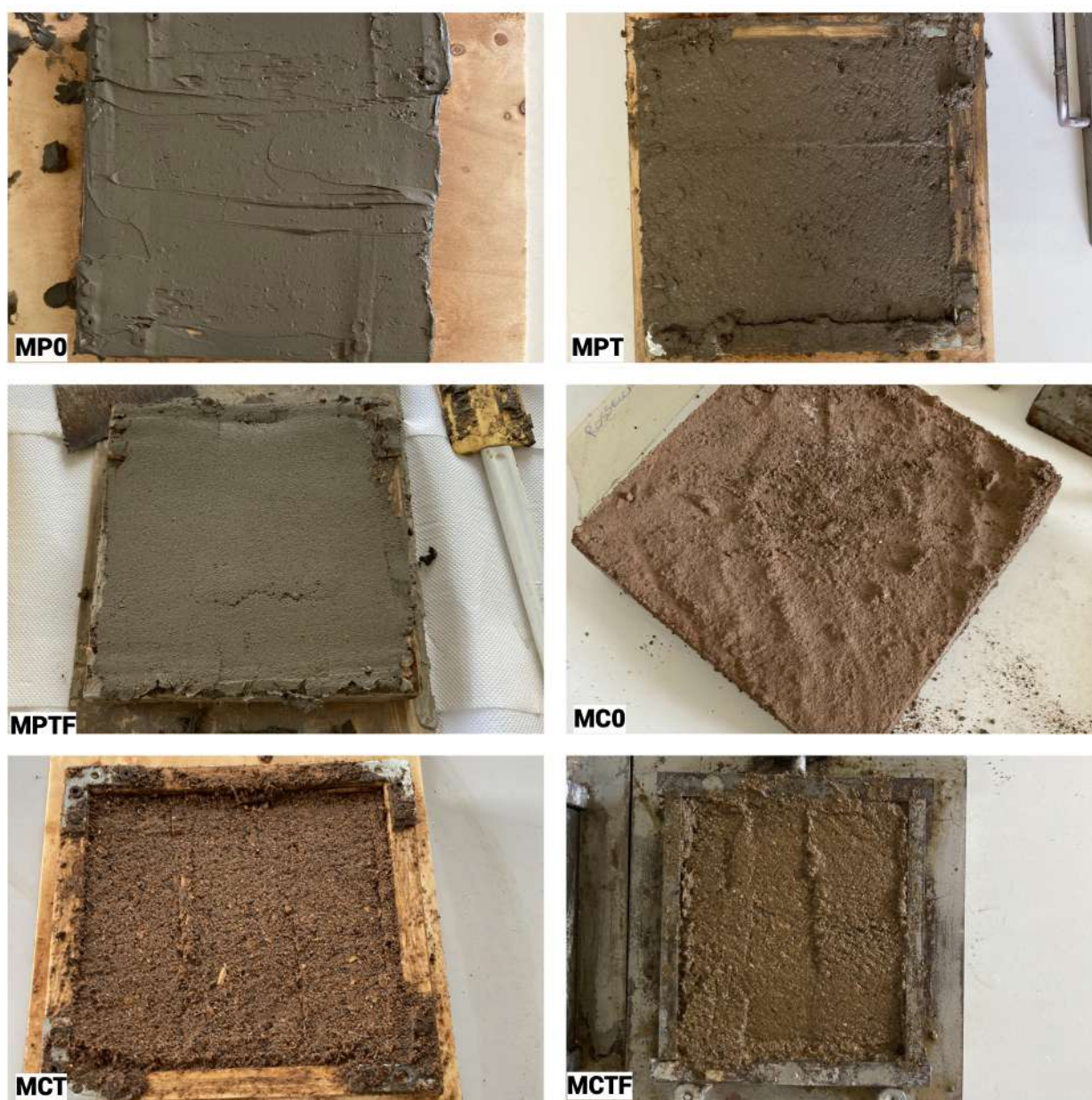


Figura 6.3.6 Pannelli - MP0: Argilla + Acqua - MPT: Argilla + Acqua + Trucioli - MPTF: Argilla + Cladodi + Trucioli - MCO: Argilla + Acqua - MCT: Argilla + Acqua + Trucioli - MCTF: Argilla + Cladodi + Trucioli - Si evidenzia come in alcuni campioni siano presenti imperfezioni, specialmente lungo i bordi, dovute sia alle caratteristiche intrinseche delle argille impiegate (in particolare la plasticità e il ritiro differenziale), sia alle fasi di disarmo, nonostante l'impiego di un agente distaccante. Tali discontinuità, comuni nei manufatti in terra cruda, riflettono la sensibilità del materiale a variazioni di umidità e densità, e sono state considerate nel processo di valutazione qualitativa e prestazionale.

6.3.3 | Caratterizzazione fisico, meccanica e termica dei prototipi

Nel processo di caratterizzazione dei prototipi, sono state eseguite diverse misurazioni e prove con l'obiettivo di valutare le proprietà fisiche, meccaniche e termiche realizzati con i mix design selezionati.

I prismi sono stati sottoposti a prove di compressione e flessione, con l'obiettivo di valutare la resistenza meccanica e la durabilità dei pannelli prodotti. Infine, sono state condotte prove termiche sui pannelli, mirate a valutare la loro capacità di gestire il flusso di calore e il comfort termico all'interno dei rifugi post-emergenziali.

Le misurazioni e le prove condotte sono descritte di seguito:

1. Valutazione del ritiro volumetrico

Dopo la realizzazione dei prismi, è stata effettuata una serie di misurazioni per valutare il ritiro volumetrico dei materiali. Questo passaggio iniziale ha permesso di determinare come i diversi mix design reagissero durante il processo di essiccazione e di verificare la stabilità dimensionale dei provini.

Prova/Misurazione	Finalità	Parametro Misurato
Misurazioni del Ritiro Volumetrico	Valutare la variazione dimensionale dei provini durante l'essiccazione per analizzare la stabilità dimensionale.	Ritiro volumetrico (%)
Misurazioni della Densità	Determinare la compattezza del materiale e rilevare vuoti o porosità che influenzano la resistenza e le proprietà termiche.	Densità (kg/m ³)
Prove di Resistenza alla Compressione	Valutare la capacità dei materiali di sopportare carichi compressivi e garantirne l'affidabilità strutturale.	Resistenza alla compressione (MPa)
Prove di Resistenza alla Flessione	Analizzare la capacità dei pannelli di resistere a forze applicate trasversalmente per valutare la durabilità.	Resistenza alla flessione (MPa)
Prove Termiche	Valutare la conducibilità termica per determinare l'efficacia come isolante termico.	Conducibilità termica (W/m·K)

Tabella 6.3.8 - Tabella riepilogativa delle prove di laboratorio

La Tabella 6.3.9 riassume i dati relativi alla perdita di peso, al ritiro volumetrico e alla densità dei provini realizzati con i diversi mix design. Ogni mix design è stato testato per osservare come la composizione delle miscele influenzi questi parametri fondamentali.

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MPO Argilla+ Acqua	1	350,00	207,06	3,57	3,6	14,5	184,28	11,00	0,95	1,90	1899,25	69,74
	2	315,00	203,00	3,50	3,5	14,5	177,63	12,50		1,77	1773,40	
	3	348,00	206,48	3,56	3,6	14,5	184,28	10,75		1,89	1888,40	
	Media						182,06	11,42		1,85	1853,68	

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MPT Argilla+ Acqua+ Trucioli	1	165,70	202,42	3,49	3,5	14,5	177,12	12,50	0,14	0,94	935,54	18,35
	2	171,90	202,42	3,49	3,5	14,5	177,12	12,50		0,97	970,54	
	3	170,00	202,42	3,49	3,5	14,5	176,61	12,75		0,96	962,56	
	Media						176,95	12,58		0,96	956,21	

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MPTF Argilla+ Cladodi+ Trucioli	1	165,70	202,42	3,49	3,5	14,5	177,12	12,50	0,14	0,94	935,54	18,35
	2	171,90	202,42	3,49	3,5	14,5	177,12	12,50		0,97	970,54	
	3	170,00	202,42	3,49	3,5	14,5	176,61	12,75		0,96	962,56	
	Media						176,95	12,58		0,96	956,21	

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MCO Argilla+ Acqua	1	400,00	246,48	3,90	3,8	15,8	234,16	5,00	1,44	1,71	1708,26	22,29
	2	389,50	238,64	3,80	3,9	15,7	232,67	2,50		1,67	1674,02	
	3	390,20	240,16	3,80	3,9	15,8	234,16	2,50		1,67	1666,41	
	Media						233,66	3,33		1,68	1682,90	

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MCT Argilla+ Acqua+ Trucioli	1	173,12	251,20	4,00	4,0	15,7	248,06	1,25	1,25	0,70	697,90	19,92
	2	161,40	244,92	3,90	4,0	15,7	244,92	0,00		0,66	658,99	
	3	165,40	252,80	4,00	3,9	15,8	246,48	2,50		0,67	671,05	
	Media						246,49	1,25		0,68	675,98	

ID	n. provino	Peso 28g	Volume iniziale [cm³]	b [cm]	h [cm]	l [cm]	Volume finale [cm³]	Ritiro [%]	Deviazione standard	Densità [g/cm³]	Densità [kg/m³]	Deviazione standard
MCTF Argilla+ Cladodi+ Trucioli	1	139,80	215,60	3,50	3,5	15,4	188,65	12,50	5,20	0,74	741,05	43,53
	2	145,60	227,92	3,70	3,9	15,4	222,22	2,50		0,66	655,20	
	3	146,50	217,00	3,50	3,8	15,5	206,15	5,00		0,71	710,65	
	Media						205,67	6,67		0,70	702,30	

Tabella 6.3.9 - Tabella valutazione del ritiro dei prismi

Valutazione dei risultati

- **Media del ritiro volumetrico:** I dati mostrano un progressivo aumento del ritiro volumetrico medio nei provini realizzati con l'inclusione di scarti di legno e cladodi, con valori che variano dal 2,08% all'8,33%. Questa tendenza indica che i mix design contenenti materiali organici o meno stabili tendono a presentare un ritiro volumetrico più elevato.

- **Deviazione standard:** La deviazione standard per il ritiro volumetrico è generalmente contenuta, ma aumenta significativamente nei provini realizzati con l'inclusione di scarti di legno e cladodi omogeneizzati, indicando una maggiore variabilità nei risultati, probabilmente dovuta alla complessità della composizione della miscela o a differenze nella lavorabilità dell'impasto.

- **Densità Media:** La densità dei provini varia in modo considerevole tra i diversi mix design, con valori che spaziano da circa 1505 kg/m³ a oltre 2043 kg/m³. In generale, si osserva una diminuzione della densità media con l'aumento del ritiro volumetrico, il che è coerente con una maggiore perdita di volume e una struttura più porosa.

I mix design con densità maggiore, come MP0 (1,85 g/cm³) e MC0 (1,68 g/cm³), indicano una compattazione migliore e una riduzione dei vuoti interni. Al contrario, i mix design con densità inferiore, come MCT (0,68 g/cm³) e MCTF (0,70 g/cm³), suggeriscono una maggiore presenza di porosità, che può influire negativamente sulle proprietà meccaniche e sulla durabilità del materiale. È evidente che la composizione dei mix design influisce in modo significativo sulle proprietà fisiche dei provini. In particolare, l'introduzione di trucioli di legno e cladodi omogeneizzati tende a ridurre la densità e ad aumentare il ritiro volumetrico, come osservato nei mix MCT e MCTF. Questi aspetti devono essere attentamente valutati nella prospettiva della loro applicabilità in contesti di costruzione emergenziale, dove leggerezza e sostenibilità sono importanti, ma non devono compromettere la performance meccanica. La scelta di mix design con ritiro volumetrico contenuto e densità elevata, come MP0 e MC0, risulta preferibile per applicazioni strutturali, dove la stabilità dimensionale e la resistenza meccanica sono fattori critici.

2. Prove di resistenza meccanica a compressione

Dopo aver eseguito le misurazioni preliminari di ritiro volumetrico e densità, i provini sono stati sottoposti a una serie di prove meccaniche per valutare la loro resistenza alla compressione e alla flessione. Le prove di compressione sono state condotte secondo le specifiche della norma UNI EN 1015-11²⁶, utilizzando provini con dimensioni standard di 4x4x16 cm. Le prove di compressione sono state eseguite presso il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo, utilizzando la pressa automatizzata Control Automax 5 della Controls.

²⁶ UNI EN 1015-11:2019. Metodi di prova per malte per opere murarie – Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita. Ente Italiano di Normazione



Figura 6.3.8 Test UNI EN 1015: immagini del dispositivo Control Automax 5 utilizzato per testare la resistenza a compressione e flessione dei materiali da costruzione. La macchina applica un carico progressivo mediante un sistema servo-idraulico, in conformità alla normativa UNI EN 1015.

La Control Automax 5 è un dispositivo utilizzato per testare la resistenza a compressione/flessione dei materiali da costruzione. La macchina applica un carico crescente attraverso un sistema servo-idraulico, in conformità con le specifiche della norma UNI EN 1015-11. I provini, con dimensioni standard di 4x4x16 cm, sono stati posizionati tra le piastre della macchina. Il carico è stato applicato con incremento graduale fino al raggiungimento del punto di rottura, momento in cui è stato registrato il valore massimo del carico sopportato. Le prove hanno avuto una durata media compresa tra i 15 e i 20 secondi, variabile in funzione della resistenza del provino testato. I dati relativi al carico e alla deformazione sono stati acquisiti automaticamente dal sistema. I risultati ottenuti indicano che la resistenza alla compressione varia significativamente tra i diversi mix design. In generale, si è osservato che i mix design con trucioli di legno e cladodi omogeneizzati tendono a mostrare prestazioni meccaniche inferiori rispetto all'argilla miscelata solo con acqua. La presenza di materiali organici e la conseguente maggiore porosità sembrano ridurre la capacità del materiale di sopportare carichi compressivi elevati. Tuttavia, questi risultati erano in parte attesi, data la natura dei componenti utilizzati e l'obiettivo di bilanciare la sostenibilità con le prestazioni meccaniche.

Mix Design	Prova 1 [MPa]	Prova 2 [MPa]	Prova 3 [MPa]	Resistenza alla compressione media [MPa]
MP0	2,70	2,80	2,75	2,75
MPT	1,85	1,95	1,90	1,90
MPTF	2,25	2,35	2,30	2,30
MCO	2,45	2,55	2,50	2,50
MCT	2,05	2,15	2,10	2,10
MCTF	1,85	1,95	1,90	1,90

Tabella 6.3.14 Risultati delle prove di resistenza a compressione

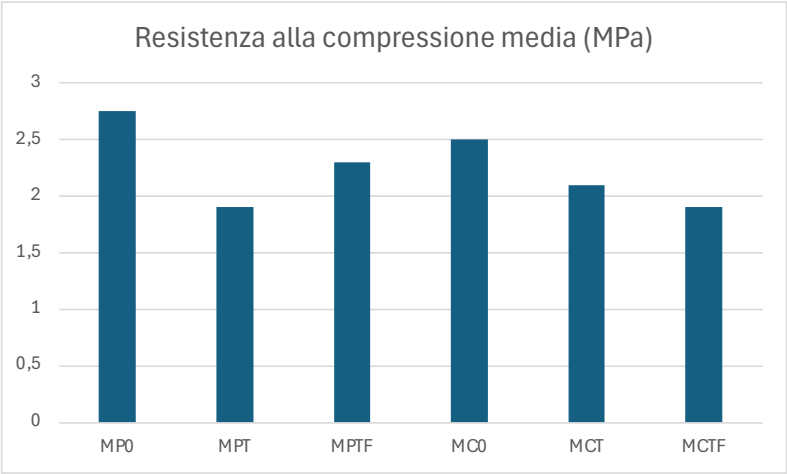


Figura 6.3.9 Diagramma risultati resistenza meccanica media a compressione

3. Prove di Resistenza alla Flessione

Le prove di flessione, eseguite anch'esse secondo la UNI EN 1015-11, hanno permesso di valutare la capacità dei provini di resistere a forze applicate trasversalmente alla loro lunghezza. Come per le prove di compressione, anche in questo caso i risultati hanno mostrato una

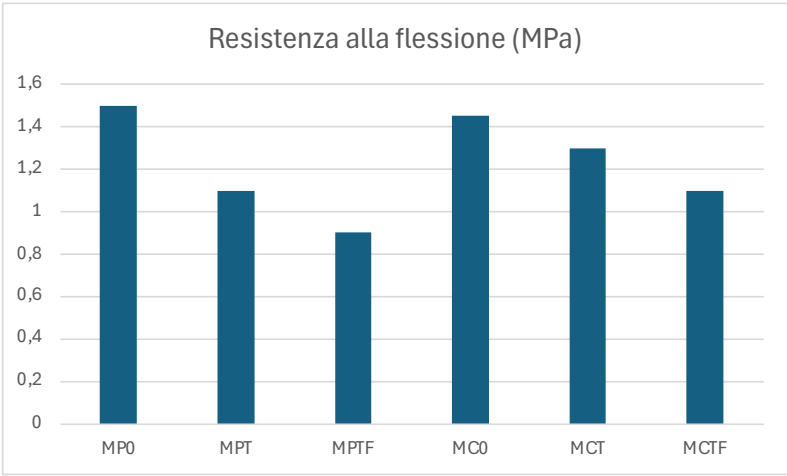


Figura 6.3.10 Diagramma risultati resistenza meccanica media a flessione

Mix Design	Prova 1 (MPa)	Prova 2 (MPa)	Prova 3 (MPa)	Resistenza alla flessione media (MPa)
MP0	1,45	1,55	1,50	1,50
MPT	1,05	1,15	1,10	1,10
MPTF	0,85	0,95	0,90	0,90
MC0	1,40	1,50	1,45	1,45
MCT	1,25	1,35	1,30	1,30
MCTF	1,05	1,15	1,10	1,10

Tabella 6.3.15 Risultati delle prove di resistenza a flessione

riduzione della resistenza nei mix design contenenti trucioli di legno e cladodi omogeneizzati.

I valori ottenuti dalle prove di flessione confermano la tendenza osservata nelle prove di compressione, con una resistenza inferiore nei mix design più sostenibili, che tuttavia offrono un equilibrio accettabile tra prestazioni meccaniche e sostenibilità ambientale.

4. Prove Termiche

Oltre alle prove meccaniche, è stata condotta una serie di test sperimentali volti a valutare il comportamento termo-isolante dei pannelli realizzati, con l'obiettivo di determinare la loro idoneità in contesti in cui il controllo del microclima interno riveste un ruolo chiave, come nei rifugi temporanei. Le prove sono state eseguite su campioni di dimensioni standardizzate (15×15×3 cm), rappresentativi della composizione e della struttura finale del pannello.

Le misurazioni sono state condotte in conformità con la norma UNI EN 12664:2002²⁷, che definisce le modalità per la determinazione della conducibilità termica mediante l'utilizzo del metodo del termoflussimetro su materiali omogenei e in condizioni stazionarie. In particolare, si è impiegato un termoflussimetro a piastra calda, strumento idoneo per rilevare con precisione il flusso di calore che attraversa il campione, mantenendo costante la temperatura tra le due superfici. Tali prove sono state realizzate grazie alla collaborazione della Prof.ssa Maria La Gennusa

²⁷ UNI EN 12664:2002, Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia – Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro



Figura 6.3.11 Test di trasmittanza termica: misurazione della conducibilità termica dei pannelli di dimensioni 15×15×3 cm mediante termoflussimetro, in conformità alla normativa UNI EN 12664:2002.

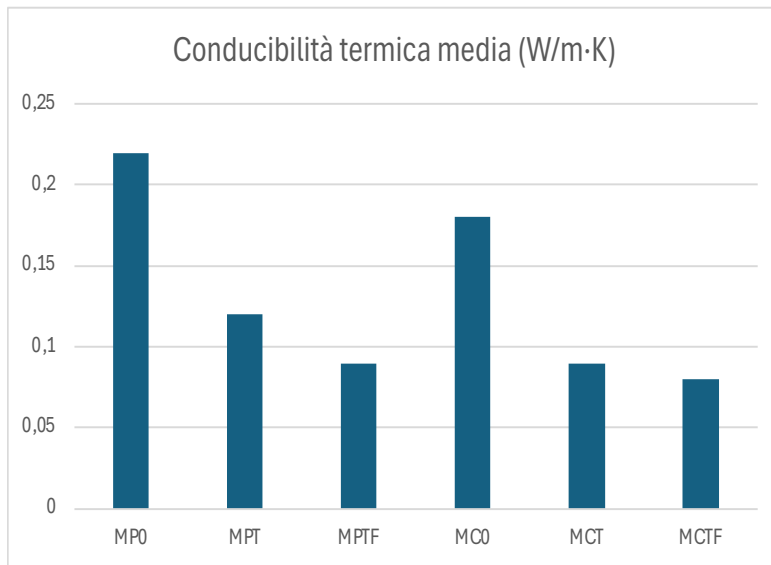


Figura 6.3.12 Diagramma risultati di trasmittanza

del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo, che ha messo a disposizione le attrezzature necessarie e fornito supporto tecnico-scientifico per l'elaborazione dei dati.

I risultati sperimentali hanno evidenziato che i pannelli realizzati con l'aggiunta di trucioli di legno e cladodi omogeneizzati presentano valori di λ inferiori rispetto ai campioni costituiti da sola argilla, indicando una migliore prestazione in termini di isolamento termico.

Questo comportamento è da attribuire principalmente alla maggiore porosità intrinseca della matrice composita. Infatti, l'inclusione di componenti organici come i trucioli e il gel dei cladodi introduce all'interno del materiale una struttura microcellulare discontinua che intrappola l'aria, riducendo di conseguenza la conducibilità termica del sistema. La presenza di questi vuoti d'aria, distribuiti in modo eterogeneo nel volume del pannello, agisce come barriera naturale al trasferimento del calore per conduzione, rallentando lo scambio termico tra l'ambiente esterno e interno.

Mix Design	Prova 1 (W/m·K)	Prova 2 (W/m·K)	Prova 3 (W/m·K)	Conducibilità termica media (W/m·K)
MP0	0,21	0,22	0,23	0,22
MPT	0,11	0,12	0,13	0,12
MPTF	0,08	0,09	0,1	0,09
MCO	0,17	0,18	0,19	0,18
MCT	0,08	0,09	0,1	0,09
MCTF	0,07	0,08	0,09	0,08

Tabella 6.3.15 Risultati delle prove di trasmittanza termica per ogni miscela sono state fatte tre diverse prove e poi è stata calcolata la media delle tre prove.

6.3.4 | Valutazione dell'impatto ambientale dei prototipi

La valutazione dell'impatto ambientale dei pannelli realizzati con i mix design di argilla, trucioli di legno e cladodi omogeneizzati è stata eseguita considerando le emissioni di CO₂, il consumo energetico e il consumo di risorse idriche per un volume di 1 metro cubo di materiale. Le miscele di argilla con trucioli di legno e argilla con trucioli di legno e cladodi omogeneizzati sono state confrontate per analizzare la loro sostenibilità e l'efficienza in contesti post-emergenziali.

Emissioni di CO₂

Il calcolo delle emissioni di CO₂ incorporate è stato eseguito utilizzando i valori standardizzati per materiali da costruzione riportati in cataloghi tecnici e fonti di letteratura specializzata²⁸. Per ogni mix design, sono state sommate le emissioni di CO₂ associate alla produzione di argilla, trucioli di legno e cladodi omogeneizzati, ottenendo un valore totale.

Le emissioni di CO₂ per ogni materiale sono state calcolate come segue:

$$E_{tot} = (E_a \times V_a) + (E_t \times V_t) + (E_m \times V_m)$$

Dove:

- E_a = Emissioni associate all'argilla (kg CO₂eq/m₃) = 60 kg CO₂eq/m₃
- E_t = Emissioni associate ai trucioli di legno (kg CO₂eq/m₃) = 15 kg CO₂eq/m₃
- E_m = Emissioni associate alla cladodi omogeneizzati (kg CO₂eq/m₃) = 8 kg CO₂eq/m₃
- V_a, V_t, V_m = Volumi rispettivi di argilla, trucioli e cladodi omogeneizzati, in questo caso per 1 metro cubo

Le proporzioni dei materiali nei mix design sono:

- **Argilla + Trucioli di legno:** 80% argilla, 20% trucioli di legno
- **Argilla + Trucioli + Cladodi omogeneizzati:** 80% argilla, 20% trucioli di legno + cladodi omogeneizzati q.b.

²⁸ Hammond, G., & Jones, C. (2008). Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 161(2), 87-98. <https://doi.org/10.1680/ener.2008.161.2.87>
University of Melbourne. (n.d.). EPiC Database: Embodied Energy and Water in Construction Materials.
One Click LCA. (n.d.). Life-Cycle Assessment Platform and Database.

	a	2	3	t	2	3	m	2	3	2	3
Argilla + Truciol di											
Argilla + Truciol + Cladodi omogeneizzati											

Tabella 6.3.13 Valori emissioni co2 delle miscele

I risultati indicano che il mix design con truciol e cladodi omogeneizzati ha emissioni di CO₂ inferiori rispetto al mix design che utilizza solo truciol di legno. Questo è dovuto in parte all'uso della cladodi omogeneizzati come aggregante, che riduce l'uso di acqua e rende il processo di produzione più sostenibile.

Consumo Energetico

Il consumo energetico complessivo per ciascun mix design è stato stimato utilizzando i valori di energia incorporata (embodied energy) riportati in cataloghi tecnici e letteratura di settore. Per calcolare il consumo energetico totale di 1 metro cubo di materiale, è stata sommata l'energia necessaria per la produzione dei singoli componenti²⁹. Il consumo energetico è stato calcolato come:

$$C_{tot} = (C_a \times V_a) + (C_t \times V_t) + (C_m \times V_m)$$

²⁹ Hammond, G., & Jones, C. (2008). Embodied energy and carbon in construction materials. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy, 161(2), 87-98. <https://doi.org/10.1680/ener.2008.161.2.87>

Dove:

- C_a = Consumo energetico per l'estrazione e lavorazione dell'argilla (MJ/m³) = 100 MJ/m³
- C_t = Consumo energetico per i truciol di legno (MJ/m³) = 30 MJ/m³
- C_m = Consumo energetico per la produzione della cladodi omogeneizzati (MJ/m³) = 20 MJ/m³

	a	3	t	3	m	3	C_{tot} (MJ/m ³)
Argilla + Truciol di legno							
Argilla + Truciol + Cladodi omogeneizzati							

Tabella 6.3.14 Consumo energetico delle miscele

Dai risultati si evince che il mix design con trucioli di legno e cladodi omogeneizzati consuma meno energia rispetto al mix design senza cladodi omogeneizzati. I cladodi omogeneizzati, pur richiedendo energia per la sua produzione, contribuisce a ridurre l'energia necessaria per il trattamento dell'acqua, rendendo il processo complessivo più efficiente.

3. Consumo di Risorse Naturali

Uno degli aspetti critici della valutazione ambientale è il consumo di risorse naturali, in particolare l'acqua, che è spesso una risorsa limitata in contesti post-emergenziali. L'uso dei cladodi omogeneizzati come aggregante naturale ha ridotto significativamente la quantità di acqua necessaria per la produzione dei pannelli.

	Consumo di acqua (L/m³)
Argilla + Trucioli di legno	
Argilla + Trucioli + Cladodi omogeneizzati	

Tabella 6.3.15 Consumo di acqua per le miscele

L'uso dei cladodi omogeneizzati ha ridotto il consumo di acqua del 33%, rendendo il mix design più sostenibile dal punto di vista dell'uso delle risorse idriche. Questo è particolarmente rilevante per la costruzione in aree dove l'acqua è scarsa o costosa.

L'analisi ambientale semplificata per un volume di 1 metro cubo di materiale ha evidenziato i vantaggi ambientali dei mix design che incorporano trucioli di legno e cladodi omogeneizzati rispetto a quelli tradizionali. Il mix design con trucioli e cladodi omogeneizzati ha mostrato una riduzione delle emissioni di CO₂ e del consumo energetico complessivo, oltre a un significativo risparmio idrico. Questi risultati indicano che l'uso di materiali biogenici e leganti naturali può contribuire a ridurre l'impatto ambientale dei pannelli prefabbricati, rendendoli una soluzione ecologicamente sostenibile per la costruzione di rifugi in situazioni di emergenza.

6.3.5 | Valutazione costi/benefici

La valutazione costi/benefici dei pannelli realizzati con i mix design di argilla, trucioli di legno e cladodi omogeneizzati è stata condotta per analizzare la sostenibilità economica delle soluzioni proposte rispetto a quelle tradizionali. Questo processo ha preso in considerazione sia i costi di produzione immediati che i potenziali benefici economici e ambientali a lungo termine.

Costi di Produzione

I costi principali sono stati stimati tenendo conto dell'origine delle voci specifiche:

- **Materie prime:** il costo dell'argilla è stato desunto da cataloghi di fornitori online e rappresenta una media di mercato attuale. I trucioli di legno, essendo uno scarto industriale, hanno un costo relativamente basso, che include però le spese di trasporto e preparazione. Per la cladodi omogeneizzati , utilizzata come aggregante naturale, i prezzi derivano da sperimentazioni di laboratorio, riflettendo i costi di estrazione e lavorazione su scala limitata.
- **Processi di produzione:** i costi di trasformazione sono stati stimati considerando il consumo energetico necessario per la miscelazione e la formatura, sulla base di dati raccolti da rapporti industriali e sperimentazioni condotte.
- **Logistica e montaggio:** i costi di trasporto e installazione sono stati calcolati ipotizzando una distanza media tra il sito di produzione e quello di montaggio, con particolare attenzione ai vantaggi del sistema a secco, che riduce significativamente i tempi e i costi di installazione rispetto ai metodi tradizionali.

La tabella seguente sintetizza i costi di produzione stimati per metro cubo, includendo sia i dati ottenuti in laboratorio sia quelli derivati da cataloghi online:

Voce di costo	Argilla + Trucioli di legno ³	Argilla + Trucioli + Cladodi omogeneizzati ³
Materie prime (argilla)		
Cladodi omogeneizzati		

Tabella 6.3.16 Costi di produzione per le miscele

Dai dati emerge che il costo di produzione per il mix design con trucioli e cladodi omogeneizzati è leggermente superiore a quello del mix design con solo trucioli. Questo incremento è dovuto principalmente ai costi aggiuntivi associati alla produzione dei cladodi omogeneizzati. Tuttavia, questo costo è bilanciato da una riduzione nel consumo energetico e di acqua.

Benefici Economici a Lungo Termine

I pannelli prefabbricati sviluppati offrono una serie di vantaggi economici duraturi che bilanciano i costi iniziali di produzione. I principali benefici includono:

- **Efficienza energetica:** Grazie alle eccellenti proprietà isolanti, i pannelli contribuiscono a ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici. Simulazioni basate su dati climatici locali dimostrano un significativo risparmio sui costi energetici nel ciclo di vita dell'edificio.
- **Minori costi di manutenzione:** L'impiego di materiali naturali, come argilla e trucioli di legno, garantisce una maggiore durabilità rispetto ai materiali tradizionali. Questo si traduce in una riduzione delle spese per interventi manutentivi e riparazioni a lungo termine.
- **Accesso a incentivi e agevolazioni:** L'adozione di materiali sostenibili e locali rende i pannelli idonei a beneficiare di incentivi fiscali e sovvenzioni previste dai Criteri Ambientali Minimi (CAM). Questo supporto economico favorisce ulteriormente la convenienza del prodotto in progetti di edilizia sostenibile.
- **Promozione dell'economia locale:** La produzione dei pannelli, basata sull'utilizzo di materiali reperibili localmente, contribuisce a sostenere le economie territoriali, riducendo i costi di approvvigionamento e incentivando filiere corte e circolari.

6.3.6 | Valutazione sociale e ricadute per le comunità vulnerabili

L'uso di pannelli prefabbricati in argilla, trucioli di legno e cladodi omogeneizzati rappresenta una soluzione efficace per la costruzione di rifugi in contesti post-emergenziali. Questi materiali sono facilmente reperibili a livello locale, riducendo i tempi di approvvigionamento e abbattendo i costi di costruzione, un fattore fondamentale in situazioni di emergenza dove la rapidità e l'accessibilità sono essenziali. Inoltre, l'impiego di materiali locali favorisce la resilienza delle comunità, permettendo loro di ricostruire rapidamente e in modo sostenibile.

Questi pannelli migliorano il comfort abitativo nei rifugi post-emergenziali, grazie alle loro proprietà isolanti che riducono la necessità di riscaldamento e raffreddamento, un aspetto critico in contesti dove le risorse energetiche sono limitate o inesistenti. Questo tipo di costruzione consente di creare rifugi che offrono non solo protezione fisica, ma anche condizioni di vita più dignitose, contribuendo al benessere psicologico delle persone colpite da calamità (Smith, 2009). L'adozione di questi materiali nei rifugi post-emergenziali non solo risponde all'urgenza del momento, ma contribuisce anche a una gestione sostenibile delle risorse locali. Inoltre, l'uso di tecniche costruttive che sfruttano materiali di scarto e risorse naturali educa e sensibilizza le comunità sull'importanza della sostenibilità. Questo approccio favorisce la creazione di rifugi che sono non solo funzionali, ma anche ecologicamente responsabili, riducendo l'impatto ambientale e promuovendo una cultura della sostenibilità all'interno delle comunità colpite. Inoltre, l'integrazione di pratiche sostenibili e l'uso di materiali locali rafforza il senso di comunità, incoraggiando la partecipazione attiva dei residenti nella ricostruzione, il che può accelerare il recupero psicologico e sociale dopo una crisi.

Beneficio	Ricadute
Rapida costruzione	Uso di materiali locali che accelera il processo costruttivo
Accessibilità economica	Costi ridotti grazie all'impiego di risorse disponibili localmente
Supporto all'economia locale	Generazione di posti di lavoro e stimolo all'economia locale

Tabella 6.3.17 Benefici per la comunità locale in contesti post-emergenziali

Beneficio	Mezzo	Ricaduta
Uso sostenibile delle risorse	Utilizzo di materiali naturali e locali (terra cruda, trucioli di legno, cladodi di fico d'India)	Riduzione dell'impatto ambientale e miglioramento dell'efficienza energetica
Educazione alla sostenibilità	Formazione e sensibilizzazione delle comunità attraverso attività pratiche e divulgative	Promozione di comportamenti sostenibili e trasferimento di competenze
Rafforzamento del tessuto sociale	Coinvolgimento della comunità nei processi di progettazione e autocostruzione	Miglioramento della coesione sociale e sviluppo di un senso di appartenenza

Tabella 6.3.18 Benefici ambientali ed educativi nei contesti di emergenza

In conclusione, i pannelli prefabbricati realizzati con argilla, trucioli di legno e cladodi omogeneizzati offrono una soluzione immediata e sostenibile per la costruzione di rifugi post-emergenziali, combinando praticità, velocità di esecuzione e benefici ambientali. Questi pannelli non solo migliorano la qualità della vita dei residenti, ma contribuiscono anche a creare comunità più resilienti e coese, capaci di affrontare le sfide future con maggiore sicurezza e sostenibilità.

6.3.7 | Realizzazione e modalità di messa in opera del prototipo

Al termine della valutazione dei risultati è stata selezionata la miscela più performante dal punto di vista della trasmittanza termica. E' stato scelto il valore più basso di conducibilità termica media pari a 0,08 W/m-K del campione MCTF (Argilla della cava di Catania + trucioli di legno + cladodi di fico d'india).

La miscela scelta, caratterizzata dall'integrazione di trucioli di legno e cladodi omogeneizzati, ha mostrato valori di conducibilità termica inferiori rispetto alle altre formulazioni, confermando la sua efficacia nel mantenere condizioni termiche stabili all'interno dei rifugi.

Successivamente, per verificarne la realizzabilità pratica e l'applicabilità in contesti reali, è stato prodotto un pannello di dimensioni 30x25x3 cm. Questo test ha permesso di valutare la fattibilità della produzione su scala più ampia confrontando i risultati con quelli dei pannelli prodotti industrialmente.

La dimensione scelta per il prototipo del pannello permette di realizzare un confronto con le attuali soluzioni in commercio.

Codice	Argilla Palermo (gr)	Argilla Catania (gr)	Trucioli (gr)	Cladodi di fico d'india (gr)	Acqua (ml)	Rapporti
Prototipo 1		2000	400	1800	-	1:0,2:0,8

Tabella 6.3.19 - Quantità e rapporti del prototipo



Figura 6.3.10 - Formatura del pannello 30x20 cm (Prototipo 1): fase di realizzazione del pannello con la miscela selezionata, preparata e colata nella forma per garantire omogeneità e stabilità dimensionale



Figura 6.3.11 - Pannello 30x20 cm (Prototipo 1): immagine del pannello consolidato dopo la fase di formatura, utilizzato per valutare le proprietà meccaniche e termiche delle soluzioni sperimentali

6.4 | Possibili applicazioni del prototipo

Il prototipo composto da terra cruda, trucioli di legno e cladodi di fico d'India omogeneizzati, rappresenta una soluzione innovativa per l'edilizia sostenibile e le abitazioni di transizione in contesti emergenziali. Progettato per offrire prestazioni termiche, acustiche e igroscopiche, il prototipo risponde alle esigenze di modularità, rapidità di installazione e sostenibilità, fondamentali in situazioni di emergenza.

Montaggio del prototipo

La possibilità di confrontare le caratteristiche dimensionali, meccaniche e termiche del prototipo sperimentato con quelle di pannelli già prodotti commercialmente ha permesso di valutare differenti sistemi di montaggio. La necessità di adattare il prototipo a strutture portanti in acciaio e legno ha orientato la scelta verso un sistema di montaggio che prevede una sottostruttura leggera, realizzata in metallo zincato o legno, in grado di supportare il peso del prototipo, che si attesta tra 1.700 e 1.900 kg/m³. Le dimensioni attualmente disponibili di 30x25x3 cm, garantiscono una combinazione ottimale di maneggevolezza, resistenza e facilità di trasporto.

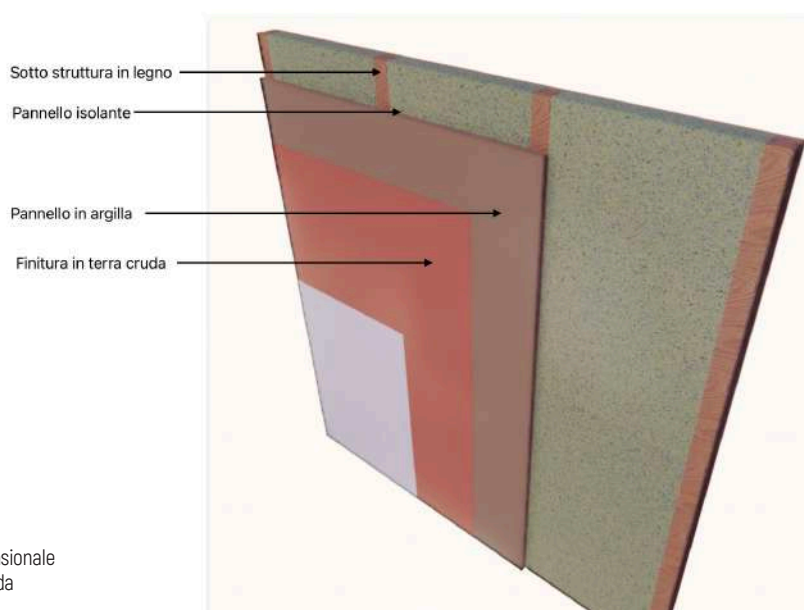


Figura 6.4 Modello tridimensionale dell'applicazione di un pannello in terra cruda

L'installazione avviene attraverso fissaggi meccanici, come viti autofilettanti o staffe regolabili, garantendo stabilità e sicurezza anche in contesti difficili. Le giunzioni tra gli elementi componibili possono essere sigillate con intonaci naturali a base di argilla o colle ecologiche, creando una superficie continua. In ambienti umidi, il prototipo può essere trattato con rivestimenti idrorepellenti a base di silicati o cere naturali, che ne migliorano la durabilità mantenendone intatta la **traspirabilità**. Dal punto di vista prestazionale, il prototipo raggiunge una resistenza alla compressione media di 2,75 MPa, una resistenza alla flessione di 1,90 MPa e una conducibilità termica di circa 0,08 W/m·K, valori che lo rendono competitivo rispetto ad altri materiali naturali, garantendo al contempo un'elevata stabilità meccanica e ottime proprietà isolanti. Il prototipo può trovare diverse applicazioni nei contesti post-emergenziali. Come rivestimento interno su pareti esistenti, può essere utilizzato per migliorare le prestazioni termiche e acustiche delle strutture temporanee o semipermanenti, spesso realizzate con materiali come muratura, calcestruzzo o legno. Montato su profili metallici regolabili, consente di compensare le irregolarità delle superfici e di integrare strati isolanti aggiuntivi, migliorando il comfort abitativo e l'efficienza energetica. Inoltre, lo spazio tecnico creato tra l'elemento isolante e la parete può essere sfruttato per il passaggio di impianti, aumentando la funzionalità dell'involucro.

La sua massa elevata contribuisce a una significativa riduzione del rumore, fino a **60 dB**, e alla regolazione **igroscopica** degli ambienti, mantenendo un'umidità interna ottimale tra il 40% e il 60%. Inoltre, la modularità del sistema facilita l'integrazione di impianti di illuminazione o diffusori d'aria, rendendolo una soluzione versatile anche per esigenze specifiche. In termini di integrazione con tecnologie attive, il prototipo è compatibile con sistemi di riscaldamento radiante, sfruttando la sua capacità di accumulare e rilasciare gradualmente calore per migliorare l'efficienza energetica degli ambienti. Può inoltre ospitare sensori per il monitoraggio ambientale o pannelli fotovoltaici, trasformandosi in un elemento attivo del sistema costruttivo. L'adozione di **tecnologie smart** consente ulteriori ottimizzazioni, contribuendo al miglioramento del **comfort abitativo** e alla **riduzione dei consumi energetici**, rendendolo non solo una soluzione per l'**emergenza**, ma anche una proposta **sostenibile e innovativa** per la ricostruzione.

Sviluppi futuri

Le prospettive di sviluppo nel settore dei pannelli in terracuda offrono ampie possibilità di miglioramento e innovazione. La ricerca futura potrebbe focalizzarsi sul superamento di alcune criticità riscontrate durante le fasi di sperimentazione:

- **Riduzione del peso del pannello**

Una delle priorità è sviluppare pannelli più leggeri, senza compromettere le proprietà meccaniche e isolanti. Questo obiettivo potrebbe essere

raggiunto attraverso studi approfonditi sul mix design, utilizzando aggregati leggeri come biomateriali provenienti dalla trasformazione degli scarti delle produzioni agricole. Inoltre, l'adozione di tecniche di insuflaggio di aria potrebbe consentire di diminuire la densità del materiale, in modo da migliorare la maneggevolezza del componente e riducendo i costi di trasporto.

• **Aumento della resistenza meccanica**

Per incrementare la capacità di carico e la durabilità dei pannelli, la ricerca potrebbe focalizzarsi sull'integrazione di materiali innovativi. L'impiego di fibre naturali, come canapa, lino o cocco, può conferire maggiore resistenza alla trazione e alla flessione. Parallelamente, l'introduzione di biopolimeri derivati da fonti rinnovabili potrebbe migliorare la coesione della miscela, rendendo il prodotto più adatto ad applicazioni strutturali.

• **Ottimizzazione della conducibilità termica**

Per migliorare le proprietà isolanti, si potrebbero testare nuovi aggregati naturali con capacità termiche superiori, come scarti di legno trattati, sughero granulare o materiali derivati dalla lavorazione ittica. Questi componenti non solo ridurrebbero il fabbisogno energetico, ma offrirebbero anche una soluzione a basso impatto ambientale.

• **Stabilizzazione per le applicazioni in ambienti umidi**

Per ampliare l'utilizzo dei pannelli in ambienti caratterizzati da elevata umidità, diventa essenziale sviluppare trattamenti impermeabilizzanti realizzati con materiali naturali. Soluzioni innovative possono prevedere l'impiego di cere vegetali, resine ecologiche o rivestimenti a base di calce idrofobizzata, offrendo una protezione efficace dall'acqua pur mantenendo intatte le proprietà di biodegradabilità del prodotto.

• **Automazione della produzione**

L'automazione dei processi produttivi rappresenta un passaggio cruciale per ridurre i costi di produzione e aumentare la scalabilità. L'adozione di tecnologie avanzate, come stampanti 3D per materiali a base naturale o linee di produzione robotizzate, potrebbe accelerare la diffusione dei pannelli, rendendoli accessibili per progetti su larga scala, in particolare in contesti emergenziali o per la costruzione rapida di abitazioni temporanee. Questo pannello, con ulteriori miglioramenti, può rappresentare una risposta tecnica e sostenibile alle sfide dell'edilizia emergenziale e alla crescente domanda di materiali ecocompatibili.

6.4.1 | Confronto tra il prototipo in Terra Cruda e i prodotti in commercio

Le analisi delle proprietà meccaniche e termiche dei pannelli in terra cruda sono state confrontate con materiali naturali comunemente utilizzati nel settore edile, nonché con prodotti di riferimento come i pannelli in argilla rinforzata, tra cui i modelli Kartonsan® e Naturaclay Board®.

Il confronto tra i pannelli in terra cruda sviluppati in questa ricerca e altri materiali naturali, sintetici e prodotti commerciali evidenzia come questi pannelli si collochino in un segmento intermedio in termini di proprietà meccaniche e termiche. I pannelli in terra cruda, nei mix design sviluppati, presentano una **resistenza alla compressione media di 2,75 MPa per l'argilla (MPO)** e valori medi di 1,90 MPa per i mix con trucioli di legno e cladodi omogeneizzati (MPTF). In termini di resistenza alla flessione, i valori registrati variano da **1,50 MPa per l'argilla** a 1,10 MPa per i mix contenenti materiali organici. La densità media dei pannelli si attesta intorno a 1.800 kg/m³, mentre la **conducibilità termica media** mostra valori variabili da 0,22 W/m·K per l'argilla pura a 0,08 W/m·K per i mix con trucioli di legno e cladodi omogeneizzati.

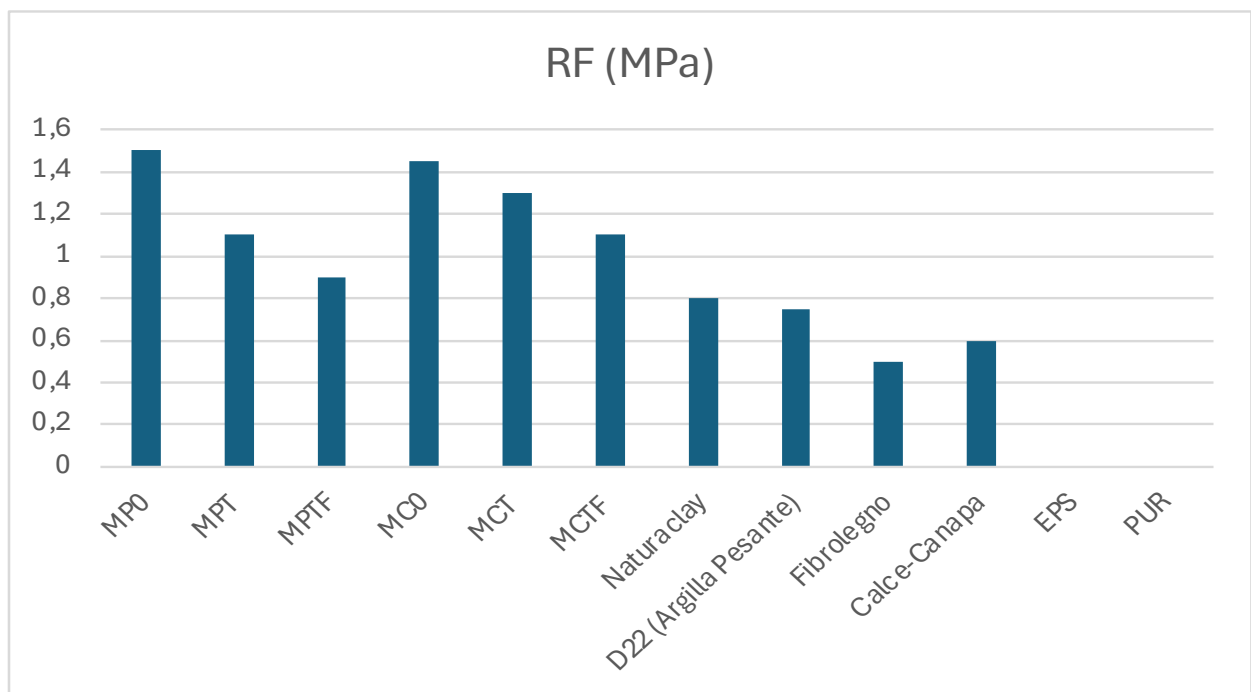


Figura 6.3.20 Diagrammi dei valori medi delle resistenza a compressione delle miscele realizzate e dei prodotti in commercio

Materiale	Resistenza alla Compressione (MPa)	Resistenza alla Flessione (MPa)	Densità (kg/m ³)	Conduttività Termica (W/m·K)	Ritiro Volumetrico (%)	Capacità Termica Massica (J/kg·K)
MP0 (Argilla)	2,75	1,50	1.875	0,22	2,08	1.000
MPT (Argilla + Truciol)	1,90	1,10	1.800	0,12	4,50	1.200
MPTF (Argilla + Truciol + Cladodi omogeneizzati)	2,30	0,90	1.700	0,09	8,33	1.400
MC0 (Argilla)	2,50	1,45	1.870	0,18	2,50	1.000
MCT (Argilla + Truciol)	2,10	1,30	1.780	0,09	5,00	1.200
MCTF (Argilla + Truciol + Cladodi omogeneizzati)	1,90	1,10	1.690	0,08	7,50	1.400
Naturaclay	2,20	0,80	1.850	0,32	N.D.	1.100
D22 (Argilla Pesante)	1,80	0,75	2.200	0,37	N.D.	1.200
Fibrolegno	0,90	0,50	300	0,038	N.D.	2.100
Calce-Canapa	1,00	0,60	500	0,070	N.D.	1.800
Polistirene Espanso (EPS)	0,50	N.D.	15	0,030	N.D.	1.450
Poliuretano Espanso (PUR)	0,20	N.D.	30	0,025	N.D.	1.500

Tabella 6.3/4 Consumo energetico delle miscele

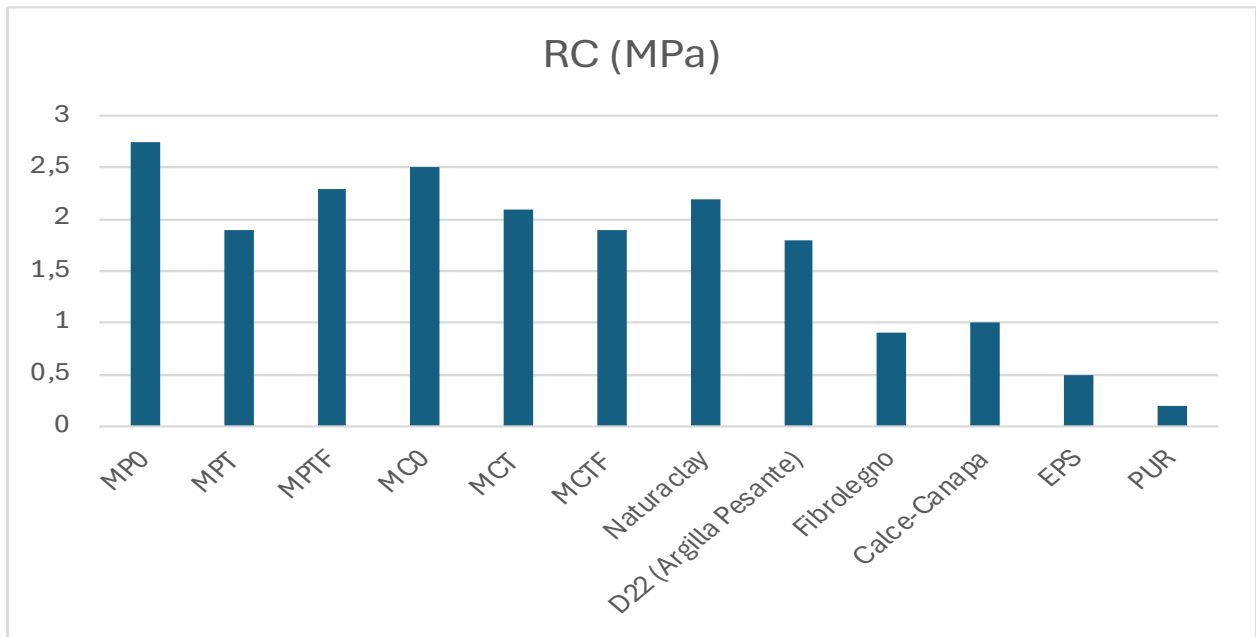


Figura 6.3.20 Diagrammi dei valori medi delle resistenza a flessione delle miscele realizzate e dei prodotti in commercio

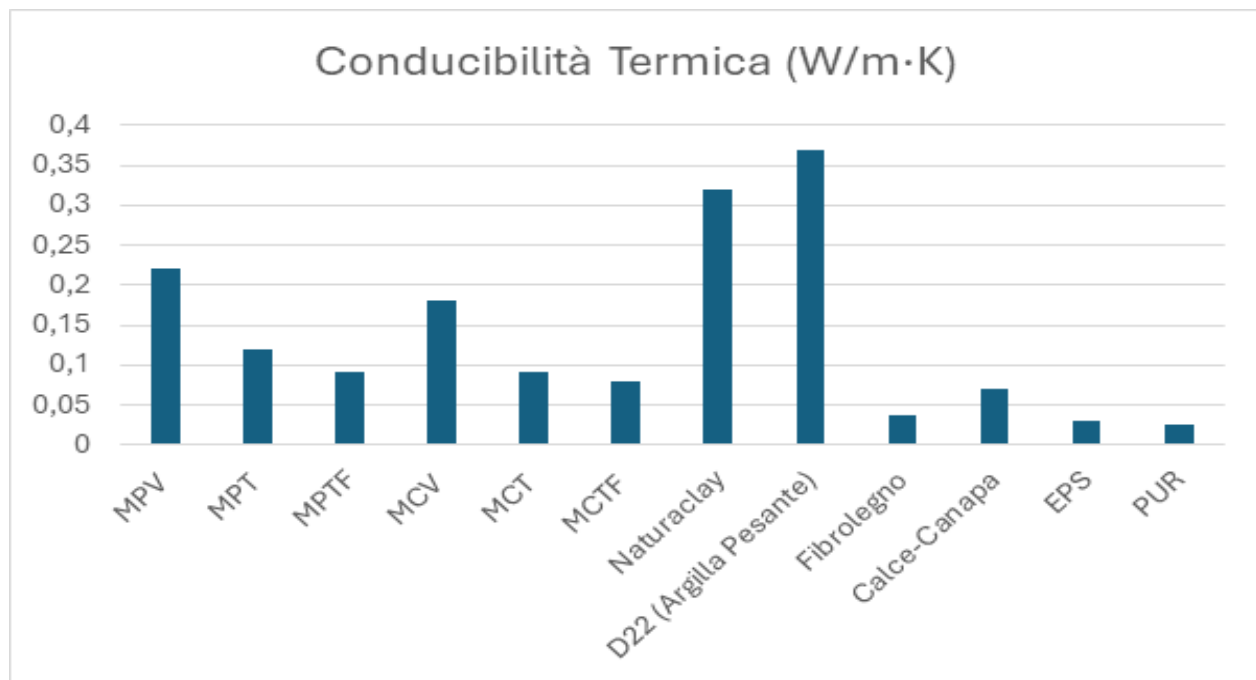


Figura 6.3.23 Diagrammi dei valori di trasmittanza e flessioni delle miscele realizzate e dei prodotti in commercio

Rispetto ad altri materiali naturali, come fibrolegno e calce-canapa, i pannelli in terra cruda presentano proprietà meccaniche comparabili, ma offrono una conducibilità termica leggermente più alta. Ad esempio, il fibrolegno mostra una conducibilità termica di $0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, mentre la calce-canapa si attesta a $0,07 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, evidenziando una maggiore efficacia nell'isolamento termico. Tuttavia, i pannelli in terra cruda beneficiano di una capacità termica massiva che contribuisce alla stabilità del microclima interno, un aspetto particolarmente vantaggioso in applicazioni non strutturali o in climi temperati.

I materiali sintetici, come il polistirene espanso (EPS), offrono conducibilità termiche molto basse, inferiori a $0,030 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ma non raggiungono le stesse prestazioni in termini di sostenibilità ambientale e capacità di regolazione del microclima. Rispetto ai prodotti commerciali analizzati, come i pannelli Naturaclay e D22, i mix in terra cruda si collocano in una posizione intermedia. Ad esempio, il pannello **Naturaclay** presenta una resistenza alla compressione di $2,2 \text{ MPa}$ e una conducibilità termica di $0,32 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, mentre il pannello D22 mostra una resistenza alla compressione di $1,8 \text{ MPa}$ e una conducibilità termica di $0,37 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Adelfio Giada; La Fata Concetta Manuela; Giallanza Antonio L. L. S., "Life cycle analysis of innovative building materials based on circular coffee ground supply chain," *Transportation Research Procedia*, vol. 67, no. NA, (2022), pp. 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.040>

Bennich Salim; Stjernquist Ingrid; Diemer Arnaud; Seifollahi-Aghmiuni Samaneh; Kalantari Zahra T. B., "The bio-based economy, 2030 Agenda, and strong sustainability – A regional-scale assessment of sustainability goal interactions," *Journal of Cleaner Production*, vol. 283, no. NA, (2021), pp. 125174–NA. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125174>

Carcassi O. B. et al., "Life Cycle Assessments of bio-based insulating materials. A literature review," *XIII Convegno della Rete ...*, (2019).

Carcassi O. B. et al., *Bio-based materials for the Italian construction industry: Buildings as carbon sponges*. Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Institute of Construction & Infrastructure Management–BAUG IBI, ETH Zürich, Zürich, Switzerland, Springer, 2020.

Chundawat Balan; Dale Bruce E. S. P. S. ; V., "Effect of particle size based separation of milled corn stover on AFEX pretreatment and enzymatic digestibility," *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 96, no. 2, (2006), pp. 219–231. <https://doi.org/10.1002/bit.21132>

Eliche-Quesada M. A.; López-Pérez J.A.; Infantes-Molina Antonia D. F.-S., "Characterization and evaluation of rice husk ash and wood ash in sustainable clay matrix bricks," *Ceramics International*, vol. 43, no. 1, (2017), pp. 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.09.181>

Feng M. Neaz; Hadi Muhammad N. S; Lu Feng; Gao Danying; Zhao Jun H. S., "Interface bond performance of steel fibre embedded in magnesium phosphate cementitious composite," *Construction and Building Materials*, vol. 185, no. NA, (2018), pp. 648–660. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.107>

Ghisellini Catia; Ulgiati Sergio P. C., "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 114, no. 114, (2016), pp. 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Grecchi M. et al., *LA RICERCA NEL CAMPO DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI*. re.public.polimi.it, 2015. Available: <https://re.public.polimi.it/handle/11311/1000473>

Guardigli L. et al., "Assessing environmental impact of green buildings through LCA methods: A comparison between reinforced concrete and wood structures in the European context," 2011, vol. 21, pp. 1199–1206–1199–1206.

Hall Youcef M. R. ; D., "RAMMED EARTH SAMPLE PRODUCTION: CONTEXT, RECOMMENDATIONS AND CONSISTENCY," *Construction and Building Materials*, vol. 18, no. 4, (2004), pp. 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2003.11.001>

Liu Z. et al., "Study on wood chips modification and its application in wood-cement composites," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, (Dec. 2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01350>

Nazerian Hossin Assadolahpoor; Gargarii Rahiim Mohebbi M. N., "Silica (SiO₂) Content on Mechanical Properties of Cement-Bonded Particleboard Manufactured from Lignocellulosic Materials," *Drvna industrija*, vol. 69, no. 4, (2018), pp. 317–328. <https://doi.org/10.5552/drind.2018.1758>

Saeli David M.; Seabra Maria Paula; Labrincha João A. M. T., "Mix design and mechanical performance of geopolymeric binders and mortars using biomass fly ash and alkaline effluent from paper-pulp industry," *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, no. NA, (2019), pp. 1188–1197. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.213>

Saeli M. et al., "Mix design and mechanical performance of geopolymer binder for sustainable construction and building material," 2017, vol. 264, no. 012002.

Söderström Linda; Galbe Mats; Zacchi Guido J. P., "Two-step steam pretreatment of softwood with SO₂ impregnation for ethanol production," *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 98, no. 1, (2002), pp. 5–21. <https://doi.org/10.1385/abab:98-100:1-9:5>

Takano A. et al., "Greenhouse gas emission from construction stage of wooden buildings," *International Wood Products Journal*, vol. 5, no. 4, (2014), pp. 217–223–217–223.

Taylor Mark P. L., "Evaluating rammed earth walls: a case study," *Solar Energy*, vol. 76, no. 1, (2004), pp. 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.08.026>

Tonoli U. P. Rodrigues; Savastano Holmer; Bras Julien; Belgacem Mohamed Naceur; Lahr F.A. Rocco G. H. D. F., "Cellulose modified fibres in cement based composites," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 40, no. 12, (2009), pp. 2046–2053. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.09.016>

Villa N. et al., "Wood products for the italian construction industry - An LCA-based sustainability evaluation," 2012, vol. 5, pp. 609–613–609–613.

Zhang Zou; Fayun Wei; Hailou Wang; Zhang Guangyu; Yiwen Huang; Zhang Yu W. X., "Grafting SiO₂ nanoparticles on polyvinyl alcohol fibers to enhance the interfacial bonding strength with cement," *Composites Part B: Engineering*, vol. 162, no. NA, (2019), pp. 500–507. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.01.034>



CAPITOLO 7

Conclusioni e sviluppi futuri

Abstract

L'ultimo capitolo della ricerca presenta i risultati ottenuti e le prospettive future, evidenziando le ricadute metodologiche ed economiche delle soluzioni sviluppate. La ricerca ha proposto strategie per migliorare le condizioni di vivibilità delle unità abitative di transizione attraverso l'impiego di materiali naturali e soluzioni progettuali sostenibili e adattabili. Le analisi sperimentali hanno confermato l'efficacia delle soluzioni adottate. L'utilizzo di argilla, trucioli di legno e cladodi di fico d'India, materiali scelti per le loro proprietà isolanti e la loro disponibilità locale, ha dimostrato buone prestazioni in termini di isolamento termo-acustico e ridotto impatto ambientale. I test condotti presso il Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo hanno validato queste soluzioni, confermandone l'idoneità economica e tecnica per contesti post-emergenziali.

La ricerca ha inoltre definito linee guida metodologiche per la progettazione di unità abitative modulari e adattabili, capaci di rispondere alle esigenze delle comunità nelle fasi successive all'emergenza. Alcune criticità sono emerse, tra cui la necessità di ulteriori test su scala reale e la difficoltà di applicare processi di autocostruzione nelle fasi iniziali a causa della limitata disponibilità di risorse e infrastrutture.

Gli sviluppi futuri includono l'integrazione di sistemi di monitoraggio IoT, per il controllo in tempo reale dei parametri abitativi, e l'adozione di protocolli energetici come Active House, per migliorare ulteriormente l'efficienza delle soluzioni. Strumenti digitali come BIM e GIS contribuiranno a ottimizzare la gestione delle risorse e la pianificazione degli interventi nei contesti emergenziali.

Infine, la collaborazione con l'azienda Isolpan S.r.l. ha evidenziato come la valorizzazione degli scarti di produzione possa rappresentare un'opportunità per migliorare i processi aziendali, sviluppando prodotti sostenibili e promuovendo un modello di economia circolare, con effetti positivi sull'efficienza economica e sulla competitività aziendale.

In conclusione, la ricerca ha fornito un modello metodologico replicabile e scalabile, volto a facilitare la progettazione di soluzioni abitative post-emergenziali sostenibili, migliorando la qualità abitativa e promuovendo un uso responsabile delle risorse naturali.

7.1 | Analisi dei risultati

¹ PON – Programma Operativo Nazionale

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR). PON Ricerca e Innovazione 2014-2020: Programma Operativo Nazionale per la crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Roma, Italia: MIUR, 2014. Disponibile online: <https://www.ponricerca.gov.it> SNSI – Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente Agenzia per la Coesione Territoriale. Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) 2014-2020. Roma, Italia: Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2015. Disponibile online: <https://www.agenziacoesione.gov.it>

² Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile

Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Risoluzione A/RES/70/1, New York: ONU, 2015. Disponibile online: <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Il presente lavoro di ricerca si è sviluppato in coerenza con gli obiettivi della borsa **PON – Ricerca e Innovazione 2014-2020** e con i principi guida dell'**Agenda 2030** per lo Sviluppo Sostenibile, perseguendo un approccio multidisciplinare finalizzato alla progettazione di soluzioni abitative temporanee sostenibili.

L'allineamento con gli obiettivi **PON** e **SNSI** ¹ ha guidato l'intera metodologia di ricerca attraverso l'utilizzo di materiali naturali, locali e a basso impatto ambientale, favorendo soluzioni innovative che rispondono ai temi green e della transizione ecologica. In particolare, l'integrazione di risorse come terra cruda, trucioli di legno e cladodi di fico d'India ha consentito di sviluppare materiali performanti dal punto di vista termico e con un ciclo di vita sostenibile, in linea con le priorità di economia circolare.

Parallelamente, la ricerca si è collocata nel quadro degli obiettivi dell'**Agenda 2030** ², rispondendo in modo diretto ai **Goal 11** (Città e comunità sostenibili), **Goal 12** (Consumo e produzione responsabili) e **Goal 13** (Lotta contro il cambiamento climatico). Le soluzioni proposte mirano a migliorare l'efficienza energetica degli shelter, riducendo le emissioni di CO₂ e l'utilizzo di risorse non rinnovabili, con un'attenzione particolare all'inclusione delle comunità locali e alla promozione di pratiche di autocostruzione.

Dall'analisi dello stato dell'arte sono emerse criticità significative nei tre ambiti principali della sostenibilità: ambientale, economica e sociale.

Sul piano **ambientale**, il problema principale non risiede unicamente nei materiali utilizzati, ma soprattutto nella mancanza di una metodologia strutturata che integri in modo organico i principi della sostenibilità nella progettazione degli shelter.

Molte soluzioni attuali trascurano di considerare il ciclo di vita completo dei

STRATEGIA NAZIONALE DI SPECIALIZZAZIONE INTELLIGENTE



PNR 2021-2027
Programma nazionale per la ricerca



Figura 7.1.1 - Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs): rappresentazione dei 17 obiettivi definiti dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. Gli SDGs mirano a promuovere la sostenibilità ambientale, sociale ed economica, affrontando sfide globali come la povertà, l'ineguaglianza, il cambiamento climatico e il consumo responsabile delle risorse.

materiali, ignorando aspetti cruciali come l'impatto ambientale durante la produzione, il trasporto e lo smaltimento.

Questo si traduce in un utilizzo inefficiente delle risorse, nella generazione di rifiuti non riciclabili e in un impatto limitato sulla riduzione delle emissioni di CO₂. Inoltre, l'assenza di un'analisi approfondita delle risorse disponibili a livello locale ostacola la valorizzazione di materiali rinnovabili e a basso impatto ambientale, riducendo il potenziale per un approccio realmente sostenibile. Affrontare queste criticità richiede un approccio più integrato e specifico, che consideri le peculiarità del contesto in cui gli shelter vengono realizzati.

Per rispondere a questa criticità ambientali, è stata adottata una metodologia di analisi multicriterio, basata sul modello MIVES, per identificare materiali e tecnologie in grado di bilanciare sostenibilità, prestazioni e economia.

Il modello multicriterio ha evidenziato alcuni materiali rinnovabili o facilmente riciclabili come la terra cruda, gli scarti del legno e della produzione agricola come elementi principali per la costruzione di pannelli stratificati a secco. Questi materiali non solo garantiscono una riduzione significativa delle emissioni di CO₂, con valori medi di 30 kg di CO₂ per metro cubo, ma sono anche facilmente reperibili a livello locale, promuovendo l'uso di risorse rinnovabili. In confronto, i pannelli convenzionali in EPS (polistirene espanso) producono tra 80 e 150 kg di CO₂ per metro cubo, evidenziando un risparmio che varia tra il 62% e l'80%. La prototipazione ha dimostrato che i pannelli in terra cruda offrono un isolamento termico sostenibile, con una conducibilità termica inferiore a 0,4 W/mK, e una buona resistenza meccanica, con valori di compressione superiori a 2,5 MPa. Queste proprietà li rendono particolarmente adatti per applicazioni in contesti climatici estremi, soprattutto in presenza di

alte temperature, garantendo comfort abitativo e riducendo la necessità di sistemi meccanici di riscaldamento e raffreddamento.

Inoltre, il processo produttivo sperimentato rappresenta un'innovazione significativa per l'azienda Isolpan S.r.l., in quanto prevede il riutilizzo degli scarti di lavorazione del legno, trasformandoli in risorsa utile per la realizzazione dei pannelli.

Questa soluzione non solo riduce l'impatto ambientale associato alla gestione dei residui industriali, ma promuove un modello produttivo sostenibile e circolare, integrando efficacemente l'approccio della bioedilizia con l'ottimizzazione delle risorse aziendali. In aggiunta, l'esperienza e il know-how di Isolpan nel settore delle piccole costruzioni in legno rappresentano un ulteriore valore aggiunto, poiché l'azienda possiede competenze specifiche che la rendono potenzialmente interessata alla progettazione e realizzazione di costruzioni temporanee destinate a contesti emergenziali. Questa expertise permette a Isolpan di offrire soluzioni efficaci e adattabili, coniugando la qualità costruttiva del legno con la necessità di risposte rapide e sostenibili nelle fasi post-emergenziali.

Sul piano **economico**, l'analisi dello stato dell'arte ha messo in evidenza come l'uso di materiali importati e costosi costituisca una litime significativa per l'implementazione su larga scala degli shelter. La dipendenza da filiere produttive centralizzate non solo aumenta i costi, ma riduce anche la flessibilità delle soluzioni, rendendole meno adattabili a contesti locali. Inoltre, l'assenza di un approccio che valorizzi le risorse disponibili in loco impedisce alle comunità colpite di partecipare attivamente al processo di ricostruzione, riducendo così il loro coinvolgimento e la sostenibilità a lungo termine delle strutture.

Per superare queste difficoltà, la ricerca ha proposto l'utilizzo di materiali locali, facilmente accessibili e a basso costo, come la terra cruda e i biocompositi, per la costruzione degli shelter. La modularità dei pannelli prefabbricati consente un assemblaggio rapido e riduce i costi operativi. Inoltre, l'autocostruzione è stata identificata come una strategia efficace per coinvolgere le comunità locali, abbattendo i costi di manodopera e trasferendo competenze utili per il futuro.

L'analisi economica ha dimostrato che il costo di produzione di un pannello in terra cruda è inferiore del 30% rispetto ai materiali convenzionali, rendendo questa soluzione accessibile anche in contesti con risorse limitate.

Dal punto di vista **sociale**, l'analisi dello stato dell'arte ha evidenziato come gli shelter standardizzati non riescano a rispondere alle esigenze culturali e sociali delle popolazioni colpite. Spazi abitativi poco flessibili, combinati con la mancanza di aree comuni, limitano la ricostruzione del tessuto sociale, fondamentale per il recupero psicologico post-emergenziale. Inoltre, soluzioni imposte dall'esterno, senza un adeguato coinvolgimento delle comunità locali, rischiano di generare alienazione e scarso senso di appartenenza.

La ricerca ha risposto a queste sfide attraverso una progettazione partecipativa, sviluppata grazie alla collaborazione con organizzazioni come la Croce Rossa e l'impiego di strumenti metodologici avanzati. In

2 Bellomo, M., Colajanni, S., Campisi, T., & Pons Valladares, O. (2025). Multi-Criteria Approach for Assessing the Sustainable Skin for Temporary Housing Modules. In R. Corrao et al. (Eds.), *Proceedings of the 11th International Conference of Ar.Tec. (Scientific Society of Architectural Engineering), Colloqui.AT.e 2024 - Volume 3. Lecture Notes in Civil Engineering*, 612, pp. 83–98. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71867-0_7

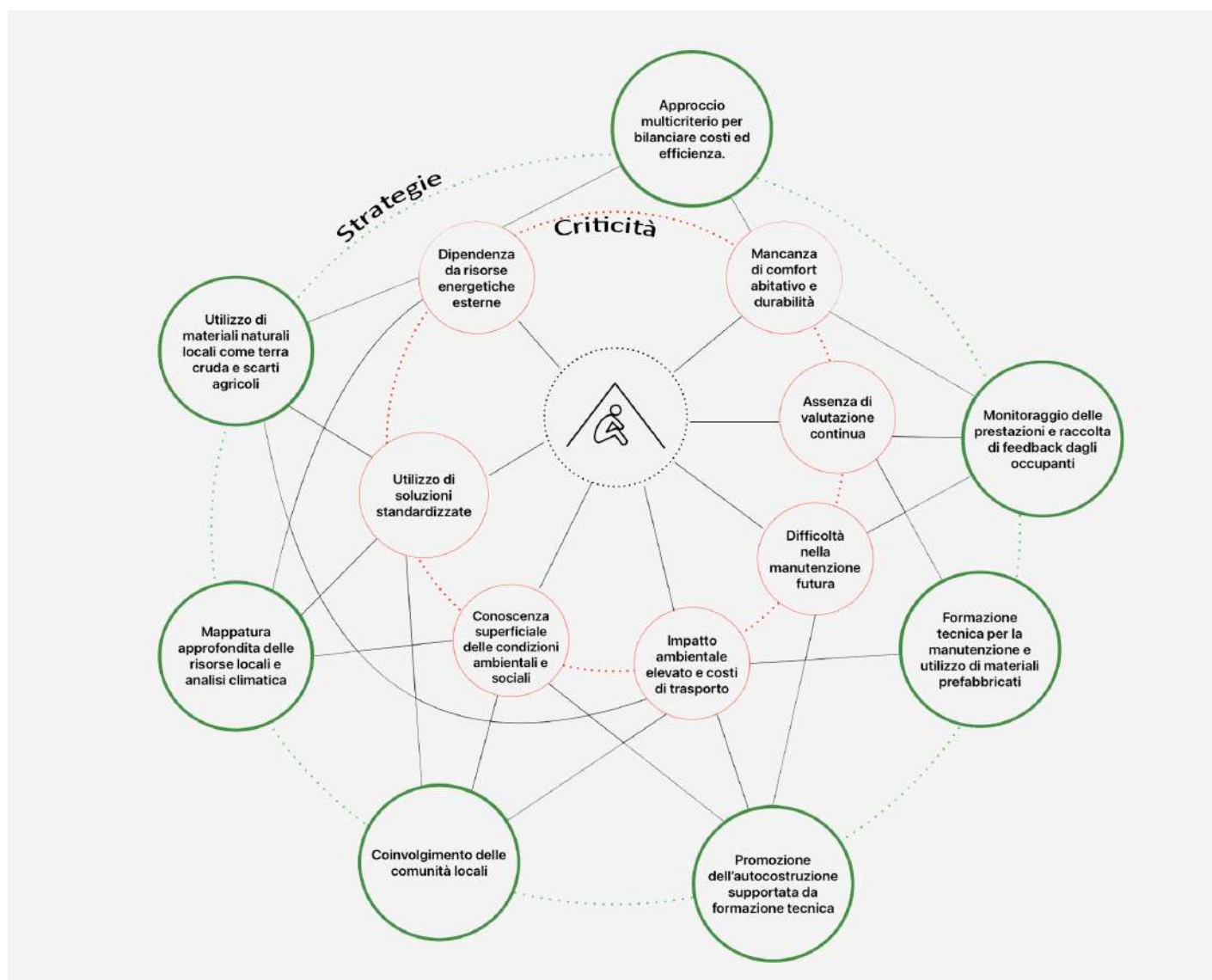


Figura 7.2.1 Infografica delle linee guida: rapporto criticità/strategia: Il diagramma sintetizza la correlazione tra criticità e possibili soluzioni, mostrando le relazioni e interconnessioni tra l'analisi condotta nella prima e seconda parte della ricerca e la valutazione delle possibili metodologie di approccio.

particolare, sono state condotte interviste dirette con esperti del settore, operatori sul campo e rappresentanti delle comunità locali per raccogliere informazioni qualitative sulle esigenze reali e sulle criticità percepite. Parallelamente, sono stati somministrati questionari strutturati ai principali stakeholder, con l'obiettivo di ottenere dati quantitativi e misurabili su priorità, preferenze e contesti di applicazione. Il processo è stato ulteriormente supportato dall'applicazione del metodo Delphi², uno strumento metodologico basato su un processo iterativo di raccolta di opinioni da parte di un gruppo di esperti, finalizzato a raggiungere un consenso sulle soluzioni progettuali proposte. Questa combinazione di metodologie ha permesso di garantire un approccio integrato e inclusivo, assicurando che le soluzioni abitative sviluppate fossero non solo tecnicamente valide, ma anche adattabili alle esigenze reali delle popolazioni beneficiarie.

7.2 | Linee guida di intervento per la progettazione post emergenziale dei rifugi sostenibili

La progettazione degli shelter post-emergenziali richiede un approccio metodologico strutturato che integri scelte tecnologiche innovative con criteri di sostenibilità, modularità e partecipazione comunitaria. In questo contesto, le presenti linee guida si distinguono per la loro capacità di implementare e migliorare le raccomandazioni internazionali esistenti, quali il Progetto Sphere e il sistema QSAND, superandone alcune limitazioni grazie a un focus specifico sull'architettura tecnica e sull'applicazione di dati sperimentali³. A differenza del Progetto Sphere, che si concentra principalmente sulla definizione di standard minimi per sicurezza, comfort e dignità, queste linee guida approfondiscono le implicazioni tecniche di tali principi, traducendoli in scelte progettuali concrete. Ad esempio, oltre a garantire la sicurezza strutturale, propongono configurazioni ottimizzate per specifiche condizioni climatiche e sismiche, basate su test sperimentali. Il sistema QSAND, pur fornendo una struttura efficace per la valutazione della sostenibilità, risulta talvolta complesso da applicare nei contesti emergenziali a causa della necessità di dati dettagliati e risorse tecniche avanzate. Le presenti linee guida propongono una metodologia basata su un approccio multicriterio, che consente di identificare e selezionare a monte soluzioni progettuali sostenibili. Questo approccio semplifica il processo decisionale, integrando la sostenibilità nella progettazione attraverso l'uso di materiali locali e tecnologie modulari, favorendo al contempo la riduzione dei costi, l'impatto ambientale limitato e l'autosufficienza delle comunità coinvolte.

Linee guida operative

Le linee guida per la progettazione degli shelter post-emergenziali sostenibili derivano direttamente dalle **criticità individuate e dai risultati ottenuti** durante la ricerca. Esse propongono un approccio metodologico che integri scelte tecnologiche, sostenibilità ambientale, efficienza economica e inclusività sociale, con l'obiettivo di offrire soluzioni che vadano oltre la risposta immediata, ponendo le basi per una ricostruzione resiliente e duratura.

Un aspetto fondamentale riguarda l'**analisi del contesto** e la valorizzazione delle risorse locali. È emerso, dalle prime analisi, che molti interventi falliscono nel rispondere alle esigenze reali delle comunità a causa di una **conoscenza superficiale** delle condizioni ambientali e sociali del territorio. È quindi cruciale iniziare ogni progetto con una **mappatura delle risorse disponibili** in loco, identificando materiali naturali come terra cruda, fibre vegetali o scarti agricoli, che possono essere utilizzati per ridurre l'**impatto ambientale e i costi di trasporto**. Parallelamente, è indispensabile valutare

³ The Sphere Project (2004). Carta Umanitaria e Norme minime di risposta in caso di disastri. Tratto da https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Italian_Handbook2.pdf [ultimo accesso 2 aprile 2024].

le condizioni climatiche per stabilire i requisiti tecnici necessari, come l'isolamento termico e la ventilazione, garantendo che gli shelter siano adatti a condizioni climatiche anche estreme. Il **coinvolgimento delle comunità locali** sin dalle prime fasi progettuali consente di raccogliere informazioni utili sulle tradizioni culturali e sulle esigenze specifiche degli occupanti, evitando **soluzioni standardizzate** che spesso risultano inadeguate o poco accettate.

Per quanto riguarda la progettazione degli shelter, i risultati della ricerca hanno evidenziato l'importanza di adottare una **metodologia strutturata**, come il metodo **multicriterio MIVES**, per selezionare materiali e configurazioni ottimali. I materiali utilizzati devono rispettare criteri di sostenibilità e durabilità, come dimostrato dai pannelli prefabbricati in terra cruda trucioli di legno e cladodi di fico d'india omogeneizzato sviluppati durante fase di sperimentazione. Questi pannelli, grazie alla loro bassa conducibilità termica e alla resistenza meccanica, rappresentano una soluzione tecnologica innovativa che riduce le emissioni di CO₂ e garantisce un comfort abitativo elevato⁴.

La modularità degli shelter è un altro elemento chiave: progettare unità facilmente ampliabili o riconfigurabili consente di adattarle alle dimensioni delle famiglie o alle necessità comunitarie, migliorando la flessibilità degli interventi evitando l'uso di **soluzioni standardizzate**, utili per una fase iniziale ma poco confortevole nel tempo. Inoltre, **l'integrazione di tecnologie passive**, come sistemi di **isolamento naturale** e ventilazione, riduce la **dipendenza da risorse energetiche esterne**, abbattendo i costi operativi e aumentando la sostenibilità. La fase di costruzione deve essere pensata non solo come un momento tecnico, ma anche come un'opportunità per **coinvolgere attivamente le comunità locali**. L'autocostruzione, supportata da formazione tecnica, permette di abbattere i costi e di trasferire competenze utili per la manutenzione futura degli shelter. Questo approccio rafforza il senso di appartenenza degli occupanti e aumenta la sostenibilità sociale del progetto. Gli elementi prefabbricati, come i pannelli sviluppati nella ricerca, possono essere assemblati rapidamente, riducendo i tempi di costruzione e garantendo una qualità elevata anche in contesti di emergenza.

Infine, il **monitoraggio delle prestazioni degli shelter** è essenziale per assicurare che gli obiettivi di sostenibilità e comfort siano effettivamente raggiunti e mantenuti, oltre che per rispondere alla **manca di manutenzione**. I test in situ devono valutare parametri come l'efficienza termica, la durabilità dei materiali e la resistenza strutturale, mentre il feedback degli occupanti fornisce indicazioni preziose per eventuali miglioramenti. Questo processo di valutazione continua non solo ottimizza le soluzioni proposte, ma crea anche una base di conoscenze utile per futuri interventi.

Queste linee guida, basate su dati e sperimentazioni, non si limitano a offrire soluzioni tecniche, ma rappresentano un approccio integrato per affrontare le sfide emergenziali in modo sostenibile e replicabile. L'obiettivo non è solo rispondere alle necessità immediate, ma anche creare un modello che valorizzi le risorse locali, promuova la partecipazione delle comunità e garantisca un impatto positivo sul lungo termine.

⁴ Escamilla, E. Z., & Habert, G. (2015). Global or local construction materials for post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of 20 post-disaster shelter designs. *Data in Brief*, 4, 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2015.05.027>

7.3 | Limiti e applicabilità della metodologia implementata

La metodologia implementata nella presente ricerca rappresenta un approccio strutturato per la progettazione di shelter di transizione sostenibili, con un potenziale significativo per integrare aspetti ambientali, economici e sociali in soluzioni replicabili e adattabili. Tuttavia, l'analisi critica dei risultati ha evidenziato anche una serie di limiti legati alle fasi di applicazione, alla scalabilità delle soluzioni proposte e alla disponibilità delle risorse necessarie.

Uno dei principali punti di forza della metodologia è stata l'adozione del **metodo multicriterio MIVES**, che ha permesso di integrare una valutazione sistematica di criteri ambientali, economici e sociali. Ad esempio, l'applicazione del metodo ha consentito di selezionare materiali come terra cruda, dimostratisi particolarmente efficaci nel bilanciare sostenibilità e prestazioni tecniche. Tuttavia, uno dei limiti principali di questo approccio è rappresentato dalla complessità del processo di definizione dei pesi per i diversi criteri. In contesti emergenziali, dove le decisioni devono essere prese rapidamente, il coinvolgimento di esperti e stakeholder per una definizione partecipativa dei pesi potrebbe non essere sempre praticabile. Inoltre, l'affidabilità dell'analisi dipende in modo critico dalla disponibilità di dati accurati sul contesto locale, spesso difficili da ottenere nelle prime fasi di un'emergenza.

L'utilizzo di **materiali naturali e a chilometro zero**, come la terra cruda, pur rappresentando una soluzione sostenibile, è soggetto a limitazioni legate alla disponibilità delle risorse e alle condizioni locali.

La terra cruda, ad esempio, può non essere presente in quantità adeguate o potrebbe richiedere trattamenti specifici per soddisfare i requisiti di resistenza meccanica e durabilità. Inoltre, la prefabbricazione dei pannelli proposti nella ricerca richiede infrastrutture adeguate alla produzione, che potrebbero non essere immediatamente disponibili in contesti remoti o colpiti da disastri.

Questa comparazione evidenzia come le soluzioni proposte siano particolarmente efficaci in contesti con risorse locali adeguate e una pianificazione a medio termine. Tuttavia, in situazioni di emergenza immediata, i sistemi tradizionali possono risultare più praticabili, nonostante il loro impatto ambientale e i costi elevati.

Dal punto di vista applicativo, la metodologia multicriterio si presta particolarmente bene a contesti di transizione, in cui è possibile combinare una fase di analisi preliminare con la pianificazione e la realizzazione degli shelter. In queste situazioni, l'uso di metodologie multicriterio e la sperimentazione di materiali locali possono produrre risultati significativi. Tuttavia, la sua applicazione nelle prime fasi delle emergenze potrebbe

essere limitata dalla mancanza di infrastrutture e dalla necessità di rispondere rapidamente alle esigenze abitative.

Il **coinvolgimento delle comunità locali** è stato identificato come un elemento centrale per garantire la sostenibilità sociale degli shelter. Tuttavia, questo approccio presenta alcune criticità nelle fasi iniziali delle emergenze, quando la rapidità d'intervento è essenziale. La formazione tecnica e l'organizzazione dell'autocostruzione richiedono tempi e risorse che potrebbero non essere disponibili immediatamente dopo un disastro⁵. Inoltre, nei contesti in cui il tessuto sociale è stato compromesso, è possibile che le comunità non abbiano la capacità organizzativa necessaria per partecipare attivamente alla costruzione degli shelter.

Per superare i limiti individuati, è possibile adottare strumenti tecnologici avanzati, come l'uso di piattaforme GIS per mappare le risorse locali e identificare le aree più adatte alla raccolta di materiali. Inoltre, lo sviluppo di protocolli standardizzati per l'applicazione del metodo multicriterio potrebbe ridurre la complessità del processo decisionale, rendendolo più rapido e adattabile alle emergenze.

⁵ Davis I., Alexander D., *Recovery from disaster*, Routledge Taylor & Francis Group, 2016

7.4 | Ricadute sociali e sviluppi futuri

Le soluzioni sviluppate nel corso della ricerca non si limitano a rispondere alle necessità immediate di abitabilità in contesti emergenziali, ma generano ricadute sociali significative, contribuendo al miglioramento delle condizioni di vita delle comunità coinvolte. Gli shelter di transizione progettati rappresentano infatti non solo un riparo temporaneo, ma un elemento catalizzatore per il rafforzamento del tessuto sociale e per la promozione di un approccio sostenibile alla ricostruzione. Inoltre, la metodologia implementata offre spunti per sviluppi futuri, aprendo nuove prospettive nell'ambito della progettazione post-emergenziale.

Gli **sviluppi futuri** della metodologia proposta si articolano su tre direttrici principali: l'introduzione di sistemi di gestione e monitoraggio avanzati, il miglioramento delle prestazioni attraverso protocolli parametrizzati e una gestione più efficiente delle risorse.

Un aspetto chiave per il futuro è rappresentato dall'implementazione di **sistemi di gestione e monitoraggio integrati**. L'utilizzo di tecnologie IoT (Internet of Things) può consentire il controllo in tempo reale delle prestazioni degli shelter, monitorando parametri come temperatura, umidità, qualità dell'aria e consumo energetico. Questi sistemi non solo migliorano il comfort degli occupanti, ma generano dati utili per ottimizzare la progettazione di futuri shelter. La possibilità di raccogliere informazioni in tempo reale permette inoltre di identificare tempestivamente eventuali criticità, come l'usura dei materiali o malfunzionamenti strutturali, favorendo interventi di manutenzione predittiva⁶.

Parallelamente, l'adozione di **protocolli avanzati**, come Active House, rappresenta un'opportunità significativa per migliorare le prestazioni degli shelter. Questo approccio consente di valutare in modo parametrizzato l'efficienza energetica, il comfort abitativo e l'impatto ambientale degli shelter. Attraverso una gestione integrata dei dati, è possibile simulare e ottimizzare le prestazioni degli shelter già in fase di progettazione, garantendo risultati più affidabili e replicabili. La combinazione di protocolli come Active House con strumenti digitali avanzati, come modelli BIM (Building Information Modeling), potrebbe ulteriormente accelerare e standardizzare i processi di calcolo e gestione⁷.

Un'altra area di sviluppo riguarda la **gestione parametrizzata e veloce delle risorse**. L'integrazione di piattaforme GIS per la mappatura delle risorse locali e l'analisi dei materiali disponibili può rendere più efficiente la fase di pianificazione, riducendo i tempi di risposta in contesti emergenziali. Strumenti digitali per la gestione delle scorte e la logistica potrebbero facilitare l'approvvigionamento e la distribuzione dei materiali, garantendo una maggiore trasparenza e tracciabilità lungo l'intero ciclo di vita del

⁶ Pan, J., Jain, R., Paul, S., Vu, T., Saifullah, A., & Sha, M. (2016). An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments. arXiv preprint arXiv:1603.08025.

⁷ Imperadori, M., Salvalai, G., Brambilla, A., Brunone, F., Feifer, L., & Vanossi, A. (2019). Active House: Progettazione e innovazione con tecnologie di costruzione stratificata a secco. Maggioli Editore.

⁸ Pasztory, Z., Peralta, N. P., Pezlen, I., "Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 7, (2011), pp. 713-717. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.003>.

⁹ Viscuso, S., Zanelli, A., "Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts," *Procedia Engineering*, vol. 155, (2016), pp. 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.037>.

progetto⁸. Infine, sul piano tecnologico, l'impiego di **materiali innovativi** rappresenta un'opportunità per migliorare la durabilità e la sostenibilità degli shelter. Materiali avanzati, come biocompositi rinforzati o materiali autorigeneranti, potrebbero aumentare la vita utile delle strutture, riducendo i costi di manutenzione e l'impatto ambientale. Inoltre, lo sviluppo di componenti prefabbricati più leggeri e modulari potrebbe ampliare le possibilità di utilizzo degli shelter in contesti diversi, come zone urbane densamente popolate o aree soggette a condizioni climatiche estreme⁹. Attraverso l'integrazione di tecnologie avanzate, protocolli standardizzati e processi partecipativi, è possibile ottimizzare ulteriormente il modello proposto, rendendolo un riferimento per affrontare le sfide abitative globali.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Allan, R. P., Soden, B. J., "Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes," *Science*, vol. 321, no. 5895, [2008], pp. 1481-1484. <https://doi.org/10.1126/science.1160787>.

Arndt, D. S., Baringer, M. O., Johnson, M. R., "State of the Climate in 2009," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 91, no. 7, [2010], pp. 1-32. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3003.1>.

Barreca, F., Tirella, V., "A self-built shelter in wood and agglomerated cork panels for temporary use in Mediterranean climate areas," *Energy and Buildings*, vol. 142, [2017], pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.003>.

Corseillis, T., Vitale, A., *Transitional Settlement, Displaced Populations*, OXFAM and Shelter Centre, University of Cambridge, Oxford, UK, [2005]. Disponibile online: http://www.ifrc.org/PageFiles/95884/D.01.06.%20Transitional%20Settlement%20Displaced%20Populations_%20OXFAM%20and%20Shelter%20Centre.pdf.

Escamilla, E. Z., Habert, G., "Global or local construction materials for post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of 20 post-disaster shelter designs," *Data in Brief*, vol. 4, [2015], pp. 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2015.05.027>.

Fujimy, T., Tatano, H., "Estimation of indirect economic loss caused by house destruction in a natural disaster," *Journal of Natural Hazards*, vol. 61, [2012], pp. 1367-1388.

GFDRR, *Handbook for Reconstructing after Natural Disasters*, World Bank, Washington D.C., [2012].

Imperadori, M., Pusceddu, C., Salvalai, G., "Thermal-reflective multilayer insulation system in emergency architecture: The Air Shelter Skin," *PLEA2013, Sustainable Architecture for a Renewable Future*, Munich, [2013].

Morgenstern, U., "Refugee shelter design in extreme climates," *Shelter Projects Journal*, vol. 5, [2014], pp. 35-42.

NOAA, *State of the Climate: Global Analysis Annual 2009*, NOAA National Centers for Environmental Information, [2009]. Disponibile online: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/200913>.

Papadopoulos, A. M., "State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments," *Energy and Buildings*, vol. 37, no. 1, [2005], pp. 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.006>.

Pasztory, Z., Peralta, N. P., Pezlen, I., "Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 7, [2011], pp. 713-717. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.003>.

Perrucci, D. V., Vazquez, B. A., Aktas, C. B., "Sustainable Temporary Housing: Global Trends and Outlook," *Procedia Engineering*, vol. 145, [2016], pp. 327–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.082> .

Pusceddu, C., *Air Shelter House: The Use of Thermal Reflective Multi-Layer System in Support of Disaster Resilience*, Ph.D. dissertation, Politecnico di Milano, Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, [2014] .

Shelter Centre, DFID, UKAID, IOM-OIM & Sida, *Transitional Shelter Guidelines*, Geneva, Switzerland, [2011]. Disponibile online: http://sheltercentre.org/sites/default/files/ts_guidelines_consultation_document_april_2011.pdf.

UN-HABITAT, *The Right to Adequate Housing*, United Nations, Geneva, Switzerland, [2009]. Disponibile online: http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_en.pdf.

US Department of Energy, *Buildings Energy Data Book*, Washington D.C., [2012].

Viscuso, S., Zanelli, A., "Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts," *Procedia Engineering*, vol. 155, [2016], pp. 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.037> .

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Adelfio Giada; La Fata Concetta Manuela; Giallanza Antonio L. L. S., "Life cycle analysis of innovative building materials based on circular coffee ground supply chain," *Transportation Research Procedia*, vol. 67, no. NA, (2022), pp. 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.040>

Abhas K.; Barenstein, Jennifer Duyne; Phelps, Priscilla M.; Pittet, Daniel; Sena, Stephen, *Safer Homes, Stronger Communities: A Handbook for Reconstructing after Natural Disasters*, World Bank, 2019

Agier, M. *Managing the Undesirables: Refugee Camps and Humanitarian Government*. Polity, 2011.

Ahmed K.I., Charlesworth E.R., An evaluation framework for assessing resilience of post-disaster housing, *Publ. Cover Int. J. Disaster Resil. Built Environ.* 6: 300-312, 2015

Al-Dahash, H., Thayaparan, M., & Kulatunga, U. (2016, August). Understanding the terminologies: Disaster, crisis and emergency. In "Proceedings of the 32nd annual ARCOM conference", ARCOM 2016, 1191-1200.

Alarcon Antonio; Manga Resmundo; Josa Alejandro B. A., "A Value Function for Assessing Sustainability: Application to Industrial Buildings," *Sustainability*, vol. 3, no. 1, (2010), pp. 35-50. <https://doi.org/10.3390/su3010035>

Alemi-Ardakani M. et al., "A multicriteria experimental analysis of impact on fiber reinforced polymer composite laminates," *Materials Today Communications*, vol. 4, (Sep. 2015), pp. 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2015.02.001>

Allan, R. P., Soden, B. J., "Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes," *Science*, vol. 321, no. 5895, (2008), pp. 1481-1484. <https://doi.org/10.1126/science.1160787>.

Allen E., *Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods*, vol. NA, no. NA. 1985. <https://doi.org/NA>

Almeland, S. K., Depoortere, E., Jennes, S., Sjöberg, F., Basanta, J. A. L., Zanatta, S., ... & Leclerc, T. (2022). Burn mass casualty incidents in Europe: a European response plan within the European Union Civil Protection Mechanism. In: "Burns", 48(8), 1794-1804.

AlWaer, H., Sibley, M., & Cooper, I. (2023). Design and use of space in refugee camps: a case study of a contested terrain. In: "Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning", 176(3), 123-141.

Amnesty International. *The State of Asylum: Challenges and Opportunities in Italy*. 2022.

Amin Hosseini S.M., Farahzadi L., Pons O., Assessing the sustainability index of different post-disaster temporary housing unit configuration types, *Journal of Building Engineering* 42, 2021

Amin Hosseini S. M. et al., "Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003," *Sustainable Cities and Society*, vol. 20, (Jan. 2016), pp. 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.012>

Andrzej, J. A. C. U. C. H. (2019). Disaster response mechanisms in EU and NATO. In: "Przegląd Europejski", (3), 67-81.

Architecture sans Frontières. "The impact of design in post-disaster reconstruction." *Journal of Post-Disaster Studies*, 2021.

Arndt, D. S., Baringer, M. O., Johnson, M. R., "State of the Climate in 2009," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 91, no. 7, (2010), pp. 1–32. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3003.1>.

Arslan H., "Re-design, re-use and recycle of temporary houses," *Building and Environment*, vol. 42, no. 1, (2007), pp. 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.032>

Asfour O.S., Learning from the past: temporary housing criteria in conflict areas with reference to thermal comfort, *Int. J. Disas. Risk Reduc.* 38, 2019

Assemblea Generale delle Nazioni Unite, Dichiarazione universale dei diritti umani, art14, 1948

Barreca, F., Tirella, V., "A self-built shelter in wood and agglomerated cork panels for temporary use in Mediterranean climate areas," *Energy and Buildings*, vol. 142, (2017), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.003> .

Bauman, Z. *Wasted Lives: Modernity and its Outcasts*. Polity Press, 2004.

Bellomo, M., Saeli, M., Colajanni, S. *Architettura emergenziale: buone pratiche esecutive*. In E. Dassori, R. Morbiducci (a cura di), *Memoria e Innovazione - Memory and Innovation*, EdicomEdizioni, 2022.

Belton, V. & Stewart, T., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Springer, 2002. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>

Bennich Salim; Stjernquist Ingrid; Diemer Arnaud; Seifollahi-Aghmiuni Samaneh; Kalantari Zahra T. B., "The bio-based economy, 2030 Agenda, and strong sustainability – A regional-scale assessment of sustainability goal interactions," *Journal of Cleaner Production*, vol. 283, no. NA, (2021), pp. 125174-NA. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125174>

Bignami, D. F. (2010). Protezione civile e riduzione del rischio disastri. Metodi e strumenti di governo della sicurezza territoriale e ambientale. Maggioli Editore.

Boano C., Hunter W., *Architecture at Risk: The Ambivalent Nature of Post-disaster Practice*, 2012

Bribián Alfonso Aranda; Scarpellini Sabina I. Z. U., "Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification," *Building and Environment*, vol. 44, no. 12, (2009), pp. 2510–2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>

Burck L., Kong M., Januário P., *Paper architecture inspired in Origami and emergency temporary architecture*, ACE, 2015

Caldirola, D. (2010). Il commissario straordinario nell'emergenza. *Amministrare*, 40(2), 197–214.

Carcassi O. B. et al., "Life Cycle Assessments of bio-based insulating materials. A literature review," XIII Convegno della Rete ..., (2019).

Carcassi O. B. et al., *Bio-based materials for the italian construction industry: Buildings as carbon sponges*. Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Institute of Construction & Infrastructure Management–BAUG IBI, ETH Zürich, Zürich, Switzerland, Springer, 2020.

Caron, D. D., Kelly, M. J., & Telesetsky, A. (Eds.) (2014). *The international law of disaster relief*. Cambridge University Press.

Cascone S. et al., *Sustainable Housing Units for Emergency: Innovative Materials and Construction Techniques*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021.

Charles, S. H., Chang-Richards, A. Y., & Yiu, T. W. (2022). A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience. In "International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment", 13(1)

Christoplos, I., Mitchell, J., & Liljelund, A. (2001). Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness. In: "Disasters", 25(3), 185–198.

Chundawat Balan; Dale Bruce E. S. P. S. ; V., "Effect of particle size based separation of milled corn stover on AFEX pretreatment and enzymatic digestibility," *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 96, no. 2, (2006), pp. 219–231. <https://doi.org/10.1002/bit.21132>

Collivignarelli, M. C. et al., "The production of sustainable concrete with the use of alternative aggregates: A review," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 19, (2020), pp. 1–34. <https://doi.org/10.3390/SU12197903>

Consiglio economico e sociale delle Nazioni Unite, Convenzione internazionale sui diritti economici, sociali e culturali, 1976

Cornaro C., Saporì D., Bucci F., Pierro M., Giammanco C., Thermal performance analysis of an emergency shelter using dynamic building simulation, *Energy Build.* 88, 2015

Corsellis, T., & Vitale, A. *Transitional Settlement: Displaced Populations*. Oxfam Publishing, 2005.

Covino, F. (2019). È necessaria l'intesa tra stato e regioni per la ricostruzione dei territori terremotati (ma sono fatti salvi i provvedimenti emergenziali già approvati). *Corte cost.*, sent. 2 dicembre 2019, n. 246. In "Forum di quaderni costituzionali rassegna", *Il mulino*, 29-30.

Corsellis, T., & Vitale, A. *Transitional Settlement: Displaced Populations*. Oxfam Publishing, 2005.

Dabaieh, M., Maguid, D., & Trinius, W. "Environmental life cycle assessment of buildings in displacement contexts." *Building and Environment*, vol. 92, 2015.

Davis E., The L'Aquila Earthquake of 6 April 2009 and Italian Government Policy on Disaster Response, *Journal of Natural Resources Policy Research* Vol. 2, No. 4, 325–342, 2010

Davis, I., Alexander, D. *Recovery from Disaster*. Routledge Taylor & Francis Group, 2016.

Dakwale Rahul V.; Mandavgane Sachin A. V. A. R., "Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review," *Sustainable Cities and Society*, vol. 1, no. 4, [2011], pp. 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2011.07.007>

Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 (Raccolta 2018) Codice della protezione civile.

Dimoudi, A., & Tompa, C., "Energy and environmental indicators related to construction of office buildings," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 53, no. 1–2, [2008], pp. 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.09.008>

D'Orazio M., Maracchini G., An experimental investigation on the indoor hygrothermal environment of a reinforced-EPS based temporary housing solution, *Energy Build.* 204, 2019

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., & Sokona, Y. *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge University Press, 2011.

Edginton D., *Planning for Earthquakes and Tsunamis: Lessons from Japan for British Columbia*, Canada, *Progress in Planning*, 2021

El-Anwar O., El-Rayes, Elnashai K. A., *Disasters: optimizing large-scale temporary housing arrangements after natural disasters*, *Comput. Civil Eng.* 23 [2], 2009

Eliche-Quesada M. A.; López-Pérez J.A.; Infantes-Molina Antonia D. F.-S., "Characterization and evaluation of rice husk ash and wood ash in sustainable clay matrix bricks," *Ceramics International*, vol. 43, no. 1, [2017], pp. 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.09.181>

Escamilla, E. Z., Habert, G., "Global or local construction materials for post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of 20 post-disaster shelter designs," *Data in Brief*, vol. 4, [2015], pp. 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2015.05.027> .

European Commission. Reception Conditions Directive. 2015.

Felix, D., Branco, J.M., Feio, A. "Temporary housing after disasters: a state of the art survey." *Habitat International*, 2013.

Félix Jorge M.; Feio A. O. D. B., "Temporary housing after disasters: A state of the art survey," *Habitat International*, vol. 40, no. NA, [2013], pp. 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.habitat-int.2013.03.006>

Feng M. Neaz; Hadi Muhammad N. S; Lu Feng; Gao Danying; Zhao Jun H. S., "Interface bond performance of steel fibre embedded in magnesium phosphate cementitious composite," *Construction and Building Materials*, vol. 185, no. NA, [2018], pp. 648–660. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.107>

Ferrante, A., & Semprini, G. "Sustainable temporary housing: Italian experiences." *Sustainability Journal*, 2017.

Fujimy, T., Tatano, H., "Estimation of indirect economic loss caused by house destruction in a natural disaster," *Journal of Natural Hazards*, vol. 61, [2012], pp. 1367–1388.

Galanti, E. Il metodo Augustus. DPC INFORMA, n. 4, 1997.

Garnier, J. P., & Picot, J. "Prefabricated modular structures in humanitarian contexts." *Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 12, 2020.

GFDRR, Handbook for Reconstructing after Natural Disasters, World Bank, Washington D.C., [2012].

Ghisellini Catia; Ulgiati Sergio P. C., "A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 114, no. 114, [2016], pp. 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

Gilissen, H. K., Alexander, M., Matczak, P., Pettersson, M., & Bruzzone, S. (2016). A framework for evaluating the effectiveness of flood emergency management systems in Europe. In "Ecology and Society", 21(4)

Global Shelter Cluster. Sustainable Shelter in Humanitarian Response. Global Shelter Cluster, 2018.

Governo Italiano. Decreto Legislativo 142/2015. 2015.

Grecchi M. et al., LA RICERCA NEL CAMPO DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI. re.public.polimi.it, 2015. Available: <https://re.public.polimi.it/handle/11311/1000473>

Guardigli L. et al., "Assessing environmental impact of green buildings through LCA methods: A comparison between reinforced concrete and wood structures in the European context," 2011, vol. 21, pp. 1199–1206–1199–1206.

H. Yi, J. Yang, Research trends of post-disaster reconstruction: the past and the future, *Habitat Int.* 42, 21–29, 2014

H. Zuckerman Jacobson, C. Bruderlein, Shigeru Ban: Humanitarian Architecture, Aspen Art Museum, 2014

Hall Youcef M. R. ; D., "RAMMED EARTH SAMPLE PRODUCTION: CONTEXT, RECOMMENDATIONS AND CONSISTENCY," *Construction and Building Materials*, vol. 18, no. 4, (2004), pp. 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2003.11.001>

Hanga, F. Global Shelter Cluster Satisfaction Survey. Global Shelter Cluster, 2022.

Hubbard, B., et al. Rethinking Refugee Shelter. UNHCR, 2018.

Imperadori, M., Pusceddu, C., Salvalai, G., "Thermal-reflective multilayer insulation system in emergency architecture: The Air Shelter Skin," *PLEA2013, Sustainable Architecture for a Renewable Future*, Munich, (2013).

IKEA Foundation. Better Shelter: Modular Solutions for Refugees. IKEA Foundation, 2016.

Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile, Legge n.225 del 24 febbraio 1992

Jastram, K., Achiron, M. Protezione dei rifugiati – Guida al diritto internazionale del rifugiato. Inter-Parliamentary Union, 2001

Kandakoglu M. et al., "A robust multicriteria clustering methodology for portfolio decision analysis," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 174, (Dec. 2022). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108803>

Keane, J. "From camps to cities: The social integration of refugees." *Urban Studies*, 2020.

Kilian, A. Design Like You Give a Damn: Architectural Responses to Humanitarian Crises. Architecture for Humanity, 2018.

Kwaylih, A., Alshawawreh, L., & Pomponi, F. (2023). Sustainability Trends in Humanitarian Architecture Research: A Bibliometric Analysis. In "Sustainability", 15(14), 11430.

Lall S. V and Deichmann U., Density And Disasters: Economics Of Urban Hazard Risk. The World Bank, 2010. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5161>

Lei, Y., Wang, J. A., Yue, Y., Zhou, H., & Yin, W. (2014). Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective. In "Natural hazards", 70, 609-627.

Lechner, N. Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. Wiley, 2014.

Legge 7 agosto 1990, n. 241 Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225 Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Li, J., Foden, G. W., Chow, S. K., & To, L. S. (2024). Integrating sustainable and energy-resilient strategies into emergency shelter design. In "Renewable and Sustainable Energy Reviews", 191, 113968.

Liu Z. et al., "Study on wood chips modification and its application in wood-cement composites," Case Studies in Construction Materials, vol. 17, (Dec. 2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01350>

Lobos, J. Architecture Humanitarian Emergencies. KADK Copenhagen, 2012.

Luciani, M. (2020). Il sistema delle fonti del diritto alla prova dell'emergenza. *Rivista Aic*, 2020(2), 109-141.

Maniscalco, M. L. (2004). L'azione umanitaria: dilemmi e paradossi vecchi e nuovi. In "Rivista trimestrale di scienza della amministrazione". LUG./SET, 2004, 1000-1012.

Martin, C., Cross, J., & Verhoeven, A. (2020). Shelter as Cladding Resourcefulness, Improvisation and Refugee-Led. In "Structures of Protection?: Rethinking Refugee Shelter", 39, 223.

Médecins Sans Frontières. Providing Shelter in Emergencies: Lessons from Practice. 2018.

Menna, C., Felicioni, L., Negro, P., Lupíšek, A., Romano, E., Prota, A., & Hájek, P. (2022). Review of methods for the combined assessment of seismic resilience and energy efficiency towards sustainable retrofitting of existing European buildings. *Sustainable Cities and Society*, 77

Minke, G. Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser, 2006.

Mitchell, T., Mechler, R., & Peters, K. (2014). Disaster risk management and adaptation to extreme events: Placing disaster risk management at the heart of national economic and fiscal policy. In: "Routledge handbook of the economics of climate change adaptation", Routledge, 417-436.

Morgenstern, U., "Refugee shelter design in extreme climates," Shelter Projects Journal, vol. 5, (2014), pp. 35-42.

Nazerian Hossin Assadolahpoor; Gargarii Rahiim Mohebbi M. N., "Silica (SiO₂) Content on Mechanical Properties of Cement-Bonded Particleboard Manufactured from Lignocellulosic Materials," *Drvna industrija*, vol. 69, no. 4, (2018), pp. 317-328. <https://doi.org/10.5552/drind.2018.1758>

NOAA, State of the Climate: Global Analysis Annual 2009, NOAA National Centers for Environmental Information, (2009). Disponibile online: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/200913>.

Obyn S., Moeseke G.V., Virgo V., Thermal performance of shelter modelling: improvement of temporary structures, *Energy Build.* 89, 2015

OECD. Housing for Refugees: Challenges and Opportunities in Europe. 2018.

Olgyay, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University Press, 2015.

Papadopoulos, A. M., "State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments," *Energy and Buildings*, vol. 37, no. 1, (2005), pp. 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.006>.

Pasztory, Z., Peralta, N. P., Pezlen, I., "Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 7, (2011), pp. 713-717. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.003>.

Perrucci, D. V., Vazquez, B. A., Aktas, C. B., "Sustainable Temporary Housing: Global Trends and Outlook," *Procedia Engineering*, vol. 145, (2016), pp. 327-332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.082>.

Potangaroa, R. (2015). Sustainability by design: The challenge of shelter in post disaster reconstruction. In "Procedia-Social and Behavioral Sciences", 179, 212-221.

Pusceddu, C., Air Shelter House: The Use of Thermal Reflective Multi-Layer System in Support of Disaster Resilience, Ph.D. dissertation, Politecnico di Milano, Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, (2014).

Razzano, G. (2020). Il Codice di protezione civile e il suo decreto correttivo, fra emergenze e rientro nell'ordinario. *Consulta Online*, 1(1/2020), 1-19.

Pirjevec, A. The Shelter and Sustainability Overview. UNHCR, 2021.

Quarantelli, E.L. Disaster Recovery and Reconstruction. Disaster Research Center, 2003.

Rapoport, A. House Form and Culture. Prentice-Hall, 1969.

Rezaallah, A., Bolognesi, C., & Khoraskani, R. A. (2012, May). LEED and BREEAM; Comparison between policies, assessment criteria and calculation methods. In "Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment" (BSA 2012), Porto, Portugal, 23-25.

Ronga, U. (2020). Il Governo nell'emergenza [permanente]. Sistema delle fonti e modello legislativo a partire dal caso Covid-19. Nomos-le attualità del diritto, (1).

Rivolta E., Gritti S., Protezione civile: Manuale da campo, Regione Lombardia, 2010

Saban, L. I. (2014). Disaster emergency management: the emergence of professional help services for victims of natural disasters. SUNY Press.

Saeli David M.; Seabra Maria Paula; Labrincha João A. M. T., "Mix design and mechanical performance of geopolymeric binders and mortars using biomass fly ash and alkaline effluent from paper-pulp industry," Journal of Cleaner Production, vol. 208, no. NA, (2019), pp. 1188–1197. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.213>

Saeli M. et al., "Mix design and mechanical performance of geopolymer binder for sustainable construction and building material," 2017, vol. 264, no. 012002.

Salama, P., Buzard, N., & Spiegel, P. (2001). Improving standards in international humanitarian response: The Sphere Project and beyond. JAMA, 286(5), 531-532.

Salvalai, G., Imperadori, M., Scaccabarozzi, D., Pusceddu, C. "Thermal performance measurement and application of a multilayer insulator for emergency architecture." Applied Thermal Engineering, 2015.

Shelter Centre, DFID, UKAID, IOM-OIM & Sida, Transitional Shelter Guidelines, Geneva, Switzerland, (2011). Disponibile online: http://sheltercentre.org/sites/default/files/ts_guidelines_consultation_document_april_2011.pdf.

Shigeru Ban. Paper Emergency Shelter. Progetto per UNHCR, Giappone, 1995.

Söderström Linda; Galbe Mats; Zacchi Guido J. P., "Two-step steam pretreatment of softwood with SO₂ impregnation for ethanol production," Applied Biochemistry and Biotechnology, vol. 98, no. 1, (2002), pp. 5–21. <https://doi.org/10.1385/abab:98-100:1-9:5>

Sphere Project. Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. Sphere, 2018.

Takano A. et al., "Greenhouse gas emission from construction stage of wooden buildings," *International Wood Products Journal*, vol. 5, no. 4, [2014], pp. 217–223–217–223.

Taylor Mark P. L., "Evaluating rammed earth walls: a case study," *Solar Energy*, vol. 76, no. 1, [2004], pp. 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.08.026>

Teh, D., & Khan, T. (2021). Types, definition and classification of natural disasters and threat level. In "Handbook of Disaster Risk Reduction for Resilience: New Frameworks for Building Resilience to Disasters", Springer International Publishing, 27-56

Tonoli U. P. Rodrigues; Savastano Holmer; Bras Julien; Belgacem Mohamed Naceur; Lahr F.A. Rocco G. H. D. F., "Cellulose modified fibres in cement based composites," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 40, no. 12, [2009], pp. 2046–2053. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.09.016>

Turner, J.F.C. *Freedom to Build: Dweller Control of the Housing Process*. Macmillan, 1972.

UN-HABITAT, *The Right to Adequate Housing*, United Nations, Geneva, Switzerland, [2009]. Disponibile online: http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_en.pdf.

UNHCR. *Global Report 2021*. UNHCR, Ginevra, 2021.

UNHCR. *Global Report 2021*. UNHCR, Ginevra, 2021.

UNHCR. *Shelter and Settlement Section, Shelter Design Catalogue*. United Nations High Commissioner for Refugees, 2016.

UNHCR. *Tent for Family Use: Technical Specifications*. Western Shelter, 2024.

UNHCR. *Transitional Shelter: Azraq T-Shelter Overview*. UNHCR, Giordania, 2014.

UNHCR. *Emergency Handbook*. United Nations High Commissioner for Refugees, 2019.
US Department of Energy, *Buildings Energy Data Book*, Washington D.C., [2012].

Western Shelter. *Lightweight Emergency Tent: Technical Overview*. Congo, 2019.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, 2004.

Wouter Botzen, W. J., Bouwer, L. M., Scussolini, P., Kuik, O., Haasnoot, M., Lawrence, J., & Aerts, J. C. [2019]. Integrated disaster risk management and adaptation. In "Loss and damage from climate change: Concepts, methods and policy options", 287–315.

Villa N. et al., "Wood products for the Italian construction industry - An LCA-based sustainability evaluation," 2012, vol. 5, pp. 609–613–609–613.

Viscuso, S., Zanelli, A., "Insulated membrane kit for emergency shelters: product development and evaluation of three different concepts," *Procedia Engineering*, vol. 155, (2016), pp. 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.037> .

Yonetani M. and Morris T., "Global estimates 2012: People displaced by disasters," 2013.

Zetter, R. *Shelter in Crisis: The Role of Housing in Post-Disaster Recovery*. Oxford Brookes University, 2011.

Zhang Zou; Fayun Wei; Hailou Wang; Zhang Guangyu; Yiwen Huang; Zhang Yu W. X., "Grafting SiO₂ nanoparticles on polyvinyl alcohol fibers to enhance the interfacial bonding strength with cement," *Composites Part B: Engineering*, vol. 162, no. NA, (2019), pp. 500–507. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.01.034>

Zhou, L., Wu, X., Xu, Z., & Fujita, H. (2018). Emergency decision making for natural disasters: An overview. In *"International journal of disaster risk reduction"*, 27, 567-576

Zizzari, S. (2015). Percorsi incompiuti? L'Aquila: dalla tenda alle CASE fino alla casa. Fukushima, Concordia e altre macerie: vita quotidiana, resistenza e gestione del disastro. In *"Antropologia per la società"*, 6, 233-242.

SITOGRAFIA GENERALE

ArchDaily – <https://www.archdaily.com>
 Archello – <https://archello.com>
 Architecture for Humanity – <https://www.architectureforhumanity.org>
 Associazione Centro Astalli – <https://www.centroastalli.it>
 Better Shelter – IKEA Foundation – <https://bettershelter.org>
 Building Green – <https://www.buildinggreen.com>
 Building Science Corporation – <https://www.buildingscience.com>
 Caritas Italiana – <https://www.caritas.it>
 Consiglio Italiano per i Rifugiati (CIR) – <https://www.cir-onlus.org>
 Detail Online – <https://www.detail-online.com>
 Dezeen – <https://www.dezeen.com>
 EcoBuilding Pulse – <https://www.ecobuildingpulse.com>
 Emergency – <https://www.emergency.it>
 Fondazione Migrantes – <https://www.migrantes.it>
 Global Shelter Cluster – <https://sheltercluster.org>
 Green Building Council Italia – <https://www.gbitalia.org>
 IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies) – <https://www.ifrc.org>
 Inhabitat – <https://inhabitat.com>
 Jesuit Refugee Service (JRS) – <https://www.jrs.net>
 Material District – <https://www.materialdistrict.com>
 Médecins Sans Frontières (MSF) – <https://www.msf.org>
 Oxfam Italia – <https://www.oxfamitalia.org>
 Refugees Welcome Italia – <https://www.refugees-welcome.it>
 Save the Children Italia – <https://www.savethechildren.it>
 Shelter Centre – <http://sheltercentre.org>
 Sphere Project – <https://spherestandards.org>
 Sustainable Architecture + Building Magazine – <https://sabmagazine.com>
 Terre des Hommes Italia – <https://terredeshommes.it>
 The Construction Specifier – <https://www.constructionspecifier.com>
 UN-Habitat – <https://unhabitat.org>
 UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) – <https://www.unhcr.org>
 WeWorld Onlus – <https://www.weworld.it>
 World Bank: Safer Homes, Stronger Communities – <https://www.worldbank.org>

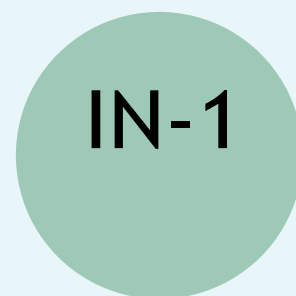
Appendici

1.Interviste

PROF. MARCO IMPERADORI

INTERVISTA

Nel corso dell'intervista, il Prof. Marco Imperadori ha condiviso la sua esperienza riguardo al progetto *Centro Poko Energy Seeds* in Burkina Faso, sottolineando come l'approccio progettuale abbia considerato le esigenze del contesto e delle risorse locali, scegliendo soluzioni tecnologiche compatibili con il territorio. Nei progetti post-emergenziali e di ricostruzione, sono spesso emerse problematiche relative alla scelta dei materiali e delle soluzioni tecnologiche, a causa dei vincoli economici e logistici. L'approccio metodologico adottato segue una programmazione chiara, che parte dalla valutazione dei bisogni, passa per la sperimentazione attraverso mock-up e prototipi, e arriva alla realizzazione, come dimostrato con la sperimentazione della *Ram Press Machine* e dei mattoni, evidenziando l'importanza di testare le soluzioni in anticipo per anticipare criticità costruttive. Un elemento centrale è rappresentato dalla manutenzione e dal monitoraggio energetico delle opere, ritenuti fondamentali per assicurare durabilità ed efficienza nel tempo. La sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica giocano un ruolo chiave nelle scelte progettuali, anche se queste devono essere bilanciate con le condizioni socio-economiche del contesto in cui si interviene. Parlando delle dinamiche burocratiche, il Professore ha spiegato che progetti come il *Centro Poko Energy Seeds* o la *Scuola Takir* possono nascere sia su iniziativa autonoma, sia attraverso la richiesta di organizzazioni internazionali come UNHCR o IFRC. Le collaborazioni hanno coinvolto tecnici locali, aziende partner e comunità, con un'interazione costante tra diverse figure professionali e sociali. Tuttavia, sono emerse difficoltà legate all'applicazione delle normative edilizie nei paesi in cui si opera, richiedendo soluzioni flessibili per superare ostacoli burocratici. In merito alle guide di progettazione, come quelle proposte dall'UNHCR e dai *Shelter Projects*, il Professore ritiene che sistemi di questo tipo potrebbero essere utilmente applicabili anche in Italia, previa una revisione e adattamento alle specificità locali. Nell'affrontare le problematiche sociali, il Prof. Imperadori ha evidenziato come l'innovazione tecnologica introdotta, spesso supportata da aziende come Isopan e BrianzaPlastica, sia stata apprezzata dalle comunità locali per i benefici tangibili, quali il miglioramento della qualità abitativa e della sostenibilità. Un aspetto fondamentale dei progetti è stata la partecipazione attiva delle comunità locali sia nella fase di progettazione sia in quella realizzativa, favorendo il senso di appartenenza e promuovendo il trasferimento di competenze. L'autocostruzione ha rappresentato una strategia vincente in diversi interventi, ottimizzando le risorse disponibili e favorendo l'inclusione della popolazione. L'approccio metodologico partecipativo utilizzato nei progetti africani, come quello dell'ApeTau, è ritenuto replicabile anche in Italia, specialmente nei contesti di edilizia sociale o in progetti che richiedono il coinvolgimento diretto della comunità.



INFORMAZIONI

Riferimenti:

Professore ordinario presso il Politecnico di Milano, è titolare della cattedra di Progettazione e Innovazione Tecnologica presso la Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura.

È delegato del Rettore del Politecnico di Milano per il Far East.

Le attività di ricerca e insegnamento sono incentrate sull'integrazione e l'interdipendenza tra architettura e tecnologie costruttive, in particolare sull'innovazione dei processi di costruzione in base a tecniche di assemblaggio a secco, costruzione a secco leggera multistrato e nuovi modi di concepire l'edificio in termini di design: progetto, prodotto e di processo. Ha pubblicato libri e articoli su riviste di settore in Italia e all'estero, dove viene invitato per convegni e conferenze sui temi della sostenibilità e del risparmio energetico.

Dal 1999 al 2016 è stato titolare dello studio Atelier2 (Valentina Gallotti e Marco Imperadori Associati) di Milano, dove ha applicato nella pratica progettuale gli esperimenti e le ricerche accademiche, vincendo premi e menzioni nazionali e internazionali.

<https://www.dabc.polimi.it/persona/marco-imperadori/>



ARCH. GIULIA GRAMPA

INTERVISTA

L'Architetto Giulia Grampa ha raccontato la sua esperienza come coordinatore dei progetti di cooperazione internazionale della Croce Rossa di Palermo, descrivendo le sfide e gli obiettivi principali degli interventi realizzati. La Croce Rossa ha operato in contesti di emergenza immediata e ricostruzione post-emergenziale, con un'attenzione particolare ai bisogni delle comunità locali colpite da disastri naturali, conflitti o crisi umanitarie. L'approccio adottato è stato incentrato su interventi rapidi ed efficaci nella prima fase emergenziale, come la distribuzione di tende, kit di primo soccorso e rifugi temporanei, seguiti poi da progetti di ricostruzione e supporto a lungo termine. I materiali scelti e le tecniche costruttive sono stati adattati al contesto, privilegiando soluzioni sostenibili e facilmente reperibili in loco, come bambù, terra cruda e strutture modulari, che permettono un montaggio rapido e una manutenzione accessibile. La Grampa ha sottolineato l'importanza del coinvolgimento delle comunità locali in tutte le fasi del progetto, dalla pianificazione alla realizzazione. Nei progetti realizzati in Africa e in Medio Oriente, come nei casi di interventi in Burkina Faso e in Siria, l'autocostruzione ha rappresentato uno strumento fondamentale per responsabilizzare la popolazione e creare un senso di appartenenza. Le comunità, infatti, hanno contribuito attivamente alla realizzazione dei rifugi, partecipando anche a sessioni di formazione tecnica per la gestione e la manutenzione delle strutture. Questo approccio partecipativo ha permesso di superare resistenze culturali e di rispondere in modo più efficace alle reali esigenze dei beneficiari. Affrontando le problematiche burocratiche, l'Architetto ha evidenziato come spesso le normative locali rappresentino un ostacolo per la rapida implementazione dei progetti. Tuttavia, attraverso la collaborazione con enti governativi e partner locali, la Croce Rossa è riuscita a trovare soluzioni che rispettassero i requisiti normativi senza compromettere la rapidità degli interventi. Ha anche riflettuto sul ruolo delle guide e dei database internazionali, come quelli sviluppati dall'UNHCR e dai *Shelter Projects*, ritenendoli strumenti fondamentali per la progettazione e applicabili anche in contesti italiani, soprattutto in situazioni di emergenza legate a calamità naturali come terremoti e alluvioni. L'intervista ha poi toccato l'importanza della sostenibilità ambientale e dell'efficienza energetica nei progetti realizzati dalla Croce Rossa. La Grampa ha spiegato come la scelta dei materiali e delle tecnologie sia spesso influenzata dalle condizioni socio-economiche dei luoghi di intervento, ma ha anche ribadito l'impegno nel promuovere soluzioni sostenibili. Esempi di successo includono l'uso di pannelli solari per fornire energia ai rifugi temporanei e l'introduzione di tecniche costruttive tradizionali migliorate, che hanno ridotto l'impatto ambientale e aumentato il comfort abitativo. Infine, ha sottolineato quanto sia fondamentale pianificare un piano di gestione e manutenzione delle strutture realizzate per garantirne la durabilità e l'efficienza nel tempo. Nei progetti più recenti, sono state introdotte attività di monitoraggio e programmi formativi che hanno coinvolto sia la popolazione beneficiaria sia tecnici locali, assicurando la sostenibilità a lungo termine delle soluzioni abitative fornite. o in progetti che richiedono il coinvolgimento diretto della comunità.



,p

IN-2

INFORMAZIONI

Riferimenti:



Figura 2

ARCH. MARTA MACCAGLIA

INTERVISTA

L'Architetto Marta Maccaglia ha raccontato la sua esperienza nell'ambito della cooperazione internazionale, concentrando l'attenzione sui progetti realizzati in America del Sud, in particolare nelle aree rurali di **Perù, Colombia e Brasile**. I progetti, spesso dedicati alla costruzione di scuole, centri comunitari e abitazioni in contesti vulnerabili, sono nati dalla volontà di rispondere a esigenze reali delle comunità locali, garantendo spazi sicuri, funzionali e inclusivi. L'approccio progettuale adottato è basato sull'**ascolto e la partecipazione delle comunità**, elemento fondamentale per comprendere i bisogni sociali e culturali dei beneficiari. La progettazione partecipativa ha permesso di coinvolgere attivamente le popolazioni locali non solo nella definizione delle soluzioni spaziali, ma anche nella fase realizzativa attraverso processi di **autocostruzione assistita**, rafforzando così il senso di appartenenza e la capacità tecnica della comunità. Nei progetti sviluppati in contesti amazzonici o andini, la scelta dei materiali e delle tecniche costruttive è stata fortemente influenzata dalle condizioni climatiche e geografiche, con un'attenzione particolare alla **sostenibilità ambientale** e all'utilizzo di risorse locali. La Maccaglia ha spiegato come materiali tradizionali, come il **legno certificato**, il **bambù** e la **terra cruda**, siano stati combinati con tecniche costruttive moderne per migliorare la durabilità, la resistenza strutturale e il comfort abitativo delle architetture. Un esempio significativo è rappresentato dalla costruzione di scuole in Perù, dove l'uso di coperture ventilate e sistemi passivi di climatizzazione ha garantito ambienti interni freschi e luminosi, rispondendo al contesto climatico tropicale. Affrontando le difficoltà burocratiche, l'Architetto ha sottolineato come i progetti in America Latina si siano spesso scontrati con normative edilizie frammentate e sistemi di gestione del territorio poco strutturati. Tuttavia, grazie alla collaborazione con governi locali, ONG e università, è stato possibile superare questi ostacoli, sviluppando soluzioni progettuali compatibili con le normative esistenti e capaci di rispondere alle esigenze del territorio. Ha inoltre evidenziato come il dialogo con le istituzioni e la valorizzazione delle conoscenze locali abbiano contribuito a creare modelli replicabili di edilizia sostenibile. L'intervista ha poi toccato l'impatto sociale dei progetti, con un focus particolare sulla costruzione di scuole e spazi educativi, luoghi centrali per la crescita e la formazione delle comunità. L'innovazione tecnologica introdotta, spesso apprezzata per la sua semplicità ed efficacia, ha contribuito a migliorare la qualità della vita delle popolazioni, creando spazi sicuri e dignitosi per i bambini e i giovani. La Maccaglia ha raccontato come l'integrazione di elementi culturali e simbolici nei progetti architettonici abbia reso ogni intervento unico e rispettoso dell'identità locale, promuovendo allo stesso tempo pratiche sostenibili. Infine, l'Architetto ha ribadito l'importanza di pianificare la gestione e la manutenzione delle strutture realizzate, un aspetto spesso trascurato nei progetti di cooperazione internazionale. Nei suoi interventi, la formazione della comunità locale ha giocato un ruolo cruciale nel trasferire competenze e garantire la **durabilità** degli edifici nel tempo, trasformando l'architettura in uno strumento di empowerment sociale ed economico.



Figura 2

IN-3

INFORMAZIONI

Riferimenti:

Marta Maccaglia, nata a Terni nel 1983, è un'architetta italiana che ha focalizzato la sua carriera sulla progettazione partecipativa e sostenibile in America Latina. Dopo aver conseguito la laurea in Architettura presso l'Università La Sapienza di Roma, ha completato un master in progettazione di spazi espositivi e museografia. Nel 2011 si è trasferita in Perù per collaborare con il Servizio Civile Italiano e l'ONG CPS in progetti di cooperazione internazionale. Tre anni dopo, ha fondato l'Asociación Semillas, un'organizzazione no-profit dedicata alla realizzazione di spazi educativi e pubblici attraverso processi partecipativi con le comunità locali, specialmente nelle regioni amazzoniche del Perù.



ARCH. ALBERTO POTTENGHI

INTERVISTA

L'Architetto Alberto Pottenghi ha condiviso la sua esperienza nei progetti di architettura per comunità vulnerabili in Africa, spiegando come l'approccio progettuale sia basato sull'analisi del contesto e delle esigenze locali. Ogni progetto nasce da un dialogo costante con la popolazione, valorizzando le tecniche costruttive tradizionali e integrando soluzioni innovative che migliorano la qualità abitativa, come l'uso di materiali locali quali la terra cruda, il legno e i sistemi modulari. Le principali sfide affrontate sono legate alla disponibilità limitata di risorse economiche e materiali, alle difficoltà logistiche e alla necessità di adattare l'architettura alle condizioni climatiche. A queste si risponde con soluzioni sostenibili, come coperture ventilate e tecniche di costruzione che garantiscono ventilazione naturale e comfort termico. Pottenghi ha descritto il workshop *Building Reality in Africa* come un momento di formazione e azione concreta, dove studenti, professionisti e comunità locali collaborano nella realizzazione di architetture funzionali e sostenibili. L'obiettivo non è solo costruire edifici, ma anche lasciare un impatto positivo duraturo attraverso la formazione tecnica e il coinvolgimento diretto della popolazione, che impara competenze replicabili in futuro. La partecipazione della comunità è quindi un aspetto centrale: attraverso l'autocostruzione e il trasferimento di conoscenze, gli abitanti diventano protagonisti del processo e si appropriano delle soluzioni realizzate, assicurandone la manutenzione e la durata nel tempo. L'integrazione tra innovazione tecnologica e tradizione è un altro pilastro dei progetti, dove le tecniche locali vengono migliorate con soluzioni moderne e accessibili che ne aumentano l'efficienza e la durabilità. Pottenghi ritiene che queste esperienze siano replicabili anche in altri contesti vulnerabili, come l'Italia, dove approcci partecipativi e l'utilizzo di materiali naturali potrebbero offrire risposte concrete alle emergenze abitative e alla rigenerazione urbana. Il futuro della progettazione in contesti vulnerabili, secondo lui, deve puntare su sostenibilità, partecipazione e resilienza, promuovendo soluzioni a basso impatto ambientale che rispettino le culture locali e forniscano strumenti concreti per lo sviluppo delle comunità.



IN-4

INFORMAZIONI

Riferimenti:

Alberto Pottenghi è un architetto italiano che ha studiato presso il Queensland University of Technology (QUT) a Brisbane e il Politecnico di Milano, dove si è laureato in Architettura nel 2006. Dopo un periodo di studi in Giappone, ha lavorato con Yasui Architects a Tokyo e con Claudio Silvestrin Architects a Londra e Milano. Nel 2009, insieme a Mariana Sendas, ha fondato MONOatelier, con sedi a Milano e Porto, sviluppando progetti nei campi dell'architettura, delle visioni urbane e del design.



ARCH. OSNAT PAVESE

IN-5

INTERVISTA

Osnat Pavese ha condiviso la sua esperienza nel campo dell'architettura emergenziale e dell'urbanistica, sottolineando come questi due ambiti siano profondamente interconnessi quando si interviene in contesti di crisi. La progettazione in situazioni emergenziali, secondo l'architetto, richiede un approccio rapido ma allo stesso tempo attento alla **durabilità e funzionalità delle soluzioni**, evitando interventi temporanei che non considerino la fase di ricostruzione e il futuro sviluppo urbano. Nei progetti sviluppati in aree colpite da disastri naturali o conflitti, l'urbanistica diventa un elemento fondamentale per coordinare interventi abitativi con infrastrutture essenziali come sistemi idrici, sanitari e reti di trasporto, garantendo risposte che siano sostenibili e inclusive. L'architetto ha spiegato come, nei contesti emergenziali, sia necessario trovare un equilibrio tra **tecnologie innovative** e metodi costruttivi tradizionali, promuovendo soluzioni che siano accessibili e facilmente replicabili dalla comunità. Osnat ha spesso lavorato con materiali locali, come la terra cruda e il legno, combinandoli con tecnologie moderne che ne aumentano la resistenza e l'efficacia, come pannelli modulari o sistemi di prefabbricazione. Questo approccio non solo riduce i costi e i tempi di costruzione, ma permette anche alle popolazioni locali di partecipare attivamente alla realizzazione degli interventi, rafforzando il senso di appartenenza e responsabilità. Affrontando il tema della **progettazione partecipativa**, Osnat Pavese ha evidenziato come il coinvolgimento delle comunità sia essenziale per garantire il successo degli interventi. Attraverso workshop e incontri con le popolazioni colpite, è possibile comprendere le esigenze reali e le dinamiche sociali del territorio, evitando soluzioni calate dall'alto che rischiano di essere inutilizzate o inadeguate. Ha raccontato esperienze significative in progetti sviluppati in contesti urbani e rurali, come la pianificazione di insediamenti temporanei dopo eventi sismici o la riqualificazione di aree degradate per trasformarle in spazi multifunzionali che rispondano ai bisogni della popolazione. Osnat Pavese ha poi riflettuto sulle problematiche legate alla **gestione del territorio urbano** in situazioni post-emergenza. La rapidità degli interventi non deve compromettere la qualità della pianificazione, e per questo è necessario integrare soluzioni abitative con strategie di sviluppo urbano che considerino la resilienza ai cambiamenti climatici, la gestione delle risorse e l'accesso ai servizi essenziali. Un esempio significativo è rappresentato dai progetti che uniscono **spazi abitativi temporanei** a infrastrutture permanenti, come scuole, mercati o centri comunitari, che diventano punti di riferimento anche nelle fasi di ricostruzione. Infine, Osnat ha sottolineato come l'architettura emergenziale e l'urbanistica debbano affrontare una sfida globale: creare soluzioni che non solo rispondano alle crisi immediate, ma che siano anche un motore per lo sviluppo futuro delle comunità colpite. Per lei, la chiave sta nella **sostenibilità ambientale**, nella capacità di adattamento alle specificità locali e nella volontà di progettare con una visione a lungo termine, assicurando che ogni intervento non sia solo un rifugio temporaneo, ma un seme per una **rinascita urbana e sociale** duratura.



ING. DANIELE TORRECCHIA

INTERVISTA

L'Ingegnere Daniele Torrecchia ha raccontato la sua esperienza nella gestione della fase emergenziale e della ricostruzione post-terremoto all'Aquila nel 2009, soffermandosi in particolare sulla risposta immediata con l'installazione delle **tendopoli** e sulla successiva realizzazione dei progetti abitativi. Durante l'emergenza, l'obiettivo principale è stato quello di garantire una **risposta rapida e sicura** alla popolazione sfollata, allestendo tendopoli organizzate in tempi record. Questi insediamenti temporanei hanno permesso di rispondere all'urgenza abitativa, ma al contempo hanno messo in luce la complessità di gestire spazi destinati a diventare, seppur provvisoriamente, luoghi di vita quotidiana. La pianificazione delle tendopoli ha dovuto affrontare sfide logistiche significative, come l'accesso ai servizi essenziali, la gestione delle infrastrutture sanitarie e il mantenimento di condizioni dignitose per migliaia di persone.

L'ingegnere ha poi descritto la fase successiva, dedicata alla realizzazione dei progetti abitativi, che ha visto la costruzione delle cosiddette **"new towns"**, quartieri pensati per offrire soluzioni residenziali più stabili. Questi interventi, realizzati in tempi relativamente brevi grazie all'impiego di tecniche di prefabbricazione e materiali innovativi, hanno rappresentato un passo fondamentale verso la **transizione dalle tendopoli a soluzioni abitative sicure e dignitose**. Torrecchia ha spiegato come la sfida maggiore sia stata garantire edifici conformi alle normative antisismiche più avanzate, utilizzando tecnologie come i sistemi di **isolamento sismico** e rinforzi strutturali, per offrire una maggiore protezione in caso di future scosse. L'attenzione non si è limitata agli aspetti tecnici: è stato fondamentale creare spazi abitativi funzionali e integrati con infrastrutture e servizi di base, per ricostruire un senso di comunità.

Parlando delle criticità incontrate, l'Ingegnere Torrecchia ha evidenziato come il processo non sia stato esente da difficoltà burocratiche e ritardi, soprattutto nella gestione delle risorse e nel coordinamento tra pubblico e privato. Tuttavia, la fase della ricostruzione ha rappresentato un'opportunità per ripensare la città in chiave più sicura e resiliente. Il recupero del **centro storico** e la riqualificazione delle aree più colpite sono stati affrontati con un'attenzione particolare alla **tradizione architettonica**, combinando metodi costruttivi tradizionali con soluzioni tecnologiche moderne.

L'ingegnere ha poi sottolineato l'importanza di trarre lezioni da questa esperienza per affrontare altre emergenze in modo più efficace. La gestione delle tendopoli e dei successivi progetti abitativi dimostra come sia necessario un approccio integrato che parta dalla fase emergenziale, con interventi tempestivi e organizzati, fino alla pianificazione di soluzioni abitative permanenti e sostenibili. La ricostruzione dell'Aquila, secondo Torrecchia, ha evidenziato l'importanza di **unire sicurezza strutturale, resilienza sismica e benessere abitativo**, restituendo ai cittadini non solo case sicure, ma anche luoghi dove poter ricostruire la propria vita e la propria comunità.



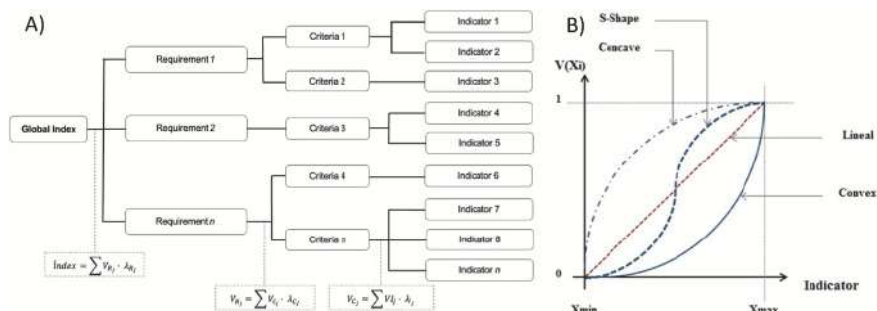
IN-6



PROF. ORIOL PONS VALLADARES

INTERVISTA

Il **Professore Oriol Pons** ha approfondito il funzionamento e l'importanza del **modello MIVES**, uno strumento avanzato di valutazione multicriterio sviluppato per supportare decisioni in ambito edilizio e infrastrutturale. Il modello MIVES (*Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones de Sostenibilidad*) consente di analizzare e comparare diverse soluzioni progettuali attraverso l'integrazione di **criteri economici, ambientali e sociali**, offrendo un approccio completo alla sostenibilità. Pons ha spiegato come il modello, grazie alla **definizione di pesi e funzioni di valore**, sia in grado di trasformare informazioni complesse in valori sintetici, facilitando la scelta della soluzione progettuale più efficace in base agli obiettivi e ai vincoli specifici. Il Professore ha illustrato le applicazioni del modello MIVES in diversi contesti, dai progetti di **valutazione di materiali sostenibili** fino alla selezione di soluzioni costruttive resilienti in situazioni post-emergenza. Il modello è stato utilizzato, ad esempio, per individuare alternative che ottimizzassero **tempi di realizzazione, costi, disponibilità dei materiali e benefici sociali** in scenari complessi. La sua flessibilità lo rende uno strumento adattabile a contesti differenti, sia in termini geografici che di scala progettuale, permettendo di affrontare problematiche locali e globali attraverso un metodo chiaro e replicabile. Un aspetto centrale del modello è la **multidisciplinarietà**: Pons ha sottolineato come il MIVES richieda il contributo di esperti provenienti da settori diversi, come ingegneri, architetti, economisti e professionisti sociali. Questo approccio collaborativo garantisce una valutazione più equilibrata e completa, facilitando la definizione dei criteri e dei pesi che guidano il processo decisionale. Allo stesso tempo, il modello promuove la **trasparenza**, consentendo a tutti gli stakeholder coinvolti di comprendere le motivazioni che portano a determinate scelte progettuali. Il **Prof. Pons** ha poi affrontato il ruolo del MIVES nella promozione della **sostenibilità ambientale**. Il modello favorisce la scelta di soluzioni che minimizzano l'**impatto ecologico**, valorizzando l'uso di materiali naturali, locali e riciclabili, oltre all'ottimizzazione delle risorse energetiche. Questo approccio si rivela particolarmente utile nei contesti di emergenza e ricostruzione, dove è essenziale coniugare efficienza, rapidità e sostenibilità. Infine, il Professore ha ribadito come il MIVES rappresenti uno strumento fondamentale per promuovere la **progettazione sostenibile e resiliente**, adattabile a diverse tipologie di progetti e contesti. La sua capacità di integrare aspetti economici, sociali e ambientali in un unico processo decisionale lo rende uno strumento strategico per affrontare le **sfide contemporanee** del mondo delle costruzioni e per guidare la transizione verso una progettazione più **etica, consapevole e responsabile**.



IN-7

INFORMAZIONI

Riferimenti:

Il **Professore Oriol Pons** ha conseguito la laurea in Architettura nel 2004 e il **Dottorato di Ricerca** nel 2009 presso la **Barcelona School of Architecture** dell'**Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)**, con una tesi sugli edifici scolastici prefabbricati in Catalogna. Dal 2008 è **docente associato** presso il Dipartimento di Tecnologia Architettonica I della stessa università e svolge ricerca interdisciplinare su strutture, sostenibilità, impatto ambientale e innovazione tecnologica, con due brevetti all'attivo. È autore di numerosi articoli e relatore in congressi nazionali e internazionali. Ha lavorato come architetto e tecnico presso **Prefabricats Planas** (2004-2008) e dal 2008 è **ricercatore presso iMat**, contribuendo a progetti innovativi nel campo della tecnologia delle costruzioni.

<https://lita.upc.edu/en/members/associated/oriol-pons-valladares>



GIAMPAOLO DI SIMEONE

INTERVISTA

Giampaolo Di Simone, operatore della Croce Rossa Italiana, ha condiviso la sua esperienza nella realizzazione del **centro per lavoratori stagionali** a Campobello di Mazara, in Sicilia, un intervento fondamentale per rispondere all'emergenza abitativa di centinaia di lavoratori migranti impegnati nella raccolta stagionale delle olive. L'obiettivo principale del progetto è stato fornire soluzioni abitative sicure, dignitose e funzionali, in contrasto con le condizioni precarie dei **campi spontanei** che si formano ogni anno in questa zona, caratterizzati da sistemazioni di fortuna, assenza di servizi igienici e gravi rischi sanitari. Di Simone ha spiegato che la Croce Rossa, in collaborazione con le autorità locali e altri partner, ha optato per l'installazione degli **shelter IKEA**, soluzioni prefabbricate progettate per rispondere a contesti di emergenza. Ogni unità è costituita da una struttura modulare leggera, composta da pannelli isolanti, telaio in acciaio zincato e una copertura resistente. Gli shelter sono progettati per garantire un buon isolamento termico, una ventilazione naturale adeguata e uno spazio sufficiente per ospitare fino a cinque persone. La facilità di montaggio è uno dei punti di forza principali di queste strutture: come spiegato da Di Simone, un singolo shelter può essere assemblato in circa **4-6 ore** da una squadra di **4-5 persone**, con l'ausilio di strumenti di base e seguendo istruzioni chiare e standardizzate. Tuttavia, il progetto ha dovuto confrontarsi con diverse criticità, a partire dalla gestione dei **campi spontanei**, che continuano a rappresentare una realtà diffusa. Questi insediamenti informali, spesso situati in aree periferiche o abbandonate, sorgono in assenza di alternative abitative adeguate e si caratterizzano per condizioni igienico-sanitarie estremamente precarie. Di Simone ha sottolineato che la realizzazione del centro ha rappresentato un passo importante verso la **regolarizzazione e il miglioramento delle condizioni di vita** dei lavoratori stagionali, offrendo accesso a servizi essenziali come acqua potabile, elettricità, servizi igienici e spazi comuni.

Parlando delle tempistiche e della logistica, Di Simone ha spiegato che la rapidità di montaggio degli shelter IKEA è stata fondamentale per rispondere alle esigenze urgenti dei lavoratori. Le strutture, oltre a essere facili da trasportare e assemblare, sono progettate per essere **smontabili e riutilizzabili**, un aspetto cruciale per interventi che richiedono flessibilità e adattabilità. Nonostante questo, ha sottolineato che la vera sfida non è solo quella di fornire rifugi temporanei, ma di avviare percorsi che portino a **soluzioni abitative più stabili e sostenibili** nel lungo termine, promuovendo interventi strutturati e pianificati in sinergia con le istituzioni locali. L'intervista si è conclusa con una riflessione sull'importanza di affrontare il fenomeno dei campi spontanei in modo sistematico, investendo in progetti che coniughino **rispetto per la dignità delle persone**, rapidità d'intervento e sostenibilità. Secondo Di Simone, esperienze come quella di Campobello di Mazara dimostrano che **l'integrazione tra tecnologia e pianificazione sociale** è fondamentale per rispondere alle emergenze abitative, offrendo soluzioni concrete e replicabili in altri contesti vulnerabili.



IN-8

INFORMAZIONI

Riferimenti:

Operatore della Croce Rossa



2.Cataloghi degli shelter

SHELTER DESIGN CATALOGUE

UNHCR, 2016

Categoria : Progetti di Shelter per emergenze umanitarie

DESCRIZIONE

Il “*Shelter Design Catalogue*” offre un’ampia selezione di **13 soluzioni abitative** progettate per rispondere alle necessità abitative in contesti di emergenza umanitaria, transizione e lungo termine. Il catalogo è organizzato in quattro sezioni principali, proponendo shelter globali come tende familiari e rifugi modulari, shelter emergenziali per situazioni critiche immediate, shelter transitori con una maggiore durabilità pensati per il medio termine e infine soluzioni durevoli progettate per garantire abitazioni permanenti nei contesti di ricostruzione. Le proposte sono adattabili a diversi contesti climatici, culturali e geografici, con esempi di progetti realizzati in regioni come il **Sud Sudan, Etiopia, Myanmar, Iraq e Pakistan**. Grande attenzione è rivolta all’utilizzo di **materiali locali e sostenibili**, come bambù, tessuti poliestere-cotone, acciaio leggero e pannelli isolanti, per promuovere soluzioni efficaci e facilmente reperibili. Ogni scheda tecnica fornisce informazioni precise sulle dimensioni e sull’area abitativa, sui tempi di costruzione con indicazione del numero di operatori necessari, sulla durata prevista in base al clima e alle condizioni di utilizzo e sui costi stimati, così da facilitare la pianificazione degli interventi. Il catalogo, attraverso la documentazione di queste soluzioni pratiche, mira a supportare gli operatori umanitari nella scelta dei progetti più adatti alle varie fasi di un intervento, promuovendo una transizione efficace da rifugi temporanei a soluzioni abitative più stabili e dignitose.

2.1 UNHCR FAMILY TENT

UNHCR Supply Catalogue - Item No 05353

40°C
5°C

3 PERSONS

30 MINUTES

1 YEAR



SHELTER DESCRIPTION

The Family Tent is a ridge double fly tent with elevated walls. It has 16m² of main floor area plus two 3.5m² vestibules for a total area of 23m², double fold with a ground sheet. To assure stability, the outer tent is supported by 3 upright poles, 1 ridge pole, 6 side poles, 4 door poles, 3 guy ropes on each side and 2 guy ropes at each end.

DIMENSIONS

The outside dimension of the tent is 4m wide, 6.6m long including vestibules and has a centre height of 2.2m. The tent, including assembled guy ropes, has a foot print of around 61m².

PACKAGE

The double-fly tent and all accessories (including poles, pegs and hammer) are packed to ensure that the ground sheet protects the tent and accessories, and the metal poles and pegs do not pierce the bag. Assembly instructions are included inside each package with assembly instruction drawings.

MATERIALS

The outer-tent roof and inner tent canvas is polyester/cotton blend and the groundsheet follows the plastic sheeting standard.

WEIGHT

Weight per unit is approximately 55kg.

VOLUME

Volume per unit is approximately 0.20m³.

LIFE SPAN

The tent can be expected to have a minimum 1 year lifespan, maintaining its sheltering and waterproofing capacities in all types of moderate climate.

COST

The tent has an approximate cost of 420 US\$, excluding transport.

OPTION KITS

SHADE NET*

The shade net is an accessory for the standard Family Tent that is highly recommended in hot climate, to reduce the temperature inside the tent.

40°C
10°C

3 PERSONS

30 MINUTES

1 YEAR

WINTERIZATION KIT**

The Winterization Kit was developed to improve the insulation against cold for UNHCR Family Tents.

The Winterization Kit includes:

- winterization liner
- partition
- chimney sleeve
- insulating mats
- floor protection (for the wooden stove)

All the components are fire retardant.

The winterization kit does not include any stove/heater or fuel. These items must be purchased separately, depending on the fuel type available in the area.

40°C
10°C

3 PERSONS

30 MINUTES

1 YEAR

* UNHCR Supply Catalogue - Item No 07203
** UNHCR Supply Catalogue - Item No 05948

Figura 2

CL-1

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 68

Numero progetti: 13

Riferimenti:

https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/2024-01/unhcr_shelter_design_catalogue_january_2016.pdf

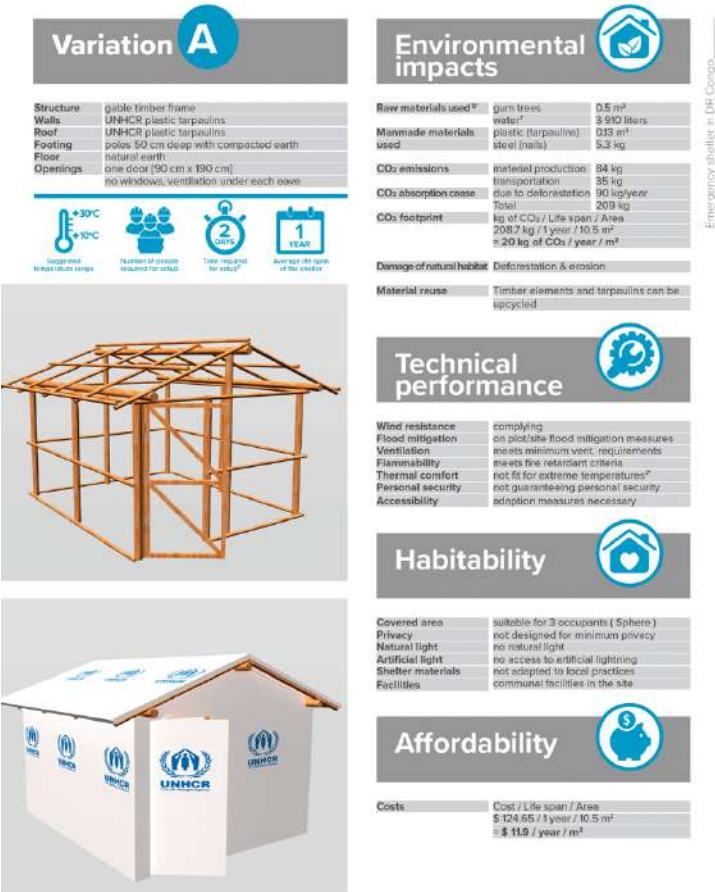
SHELTER AND SUSTAINABILITY

UNHCR - Division of Resilience and Solutions, 2019

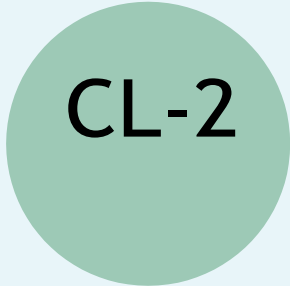
Categoria: Valutazione della sostenibilità e soluzioni abitative per emergenze umanitarie

DESCRIZIONE

Il “*Shelter and Sustainability Overview*” è un’analisi tecnica e ambientale delle **33 tipologie di soluzioni abitative** implementate dall’UNHCR nei contesti di emergenza e nelle fasi di transizione. Il documento offre un quadro comparativo delle performance delle diverse soluzioni abitative, considerando impatto ambientale, performance tecnica, abitabilità e accessibilità economica. L’analisi, basata sul metodo *Life Cycle Sustainability Assessment*, permette di valutare e confrontare i progetti attraverso criteri multicriteriali specifici. Le soluzioni sono state implementate in paesi come la Repubblica Democratica del Congo, la Mauritania, il Bangladesh, il Kenya, il Rwanda, l’Afghanistan e la Tanzania, adattandosi alle esigenze climatiche, culturali e sociali delle popolazioni. Vengono approfondite l’efficienza dei materiali locali, come bambù, terra cruda e paglia, e dei materiali importati, come plastica e acciaio, valutando l’impatto in termini di emissioni di CO₂, produzione, trasporto e possibilità di riciclo. Ogni progetto è descritto nei dettagli, fornendo informazioni specifiche sullo spazio coperto, sulla durata utile, sui tempi di costruzione e sui costi stimati per metro quadrato. Vengono inoltre analizzati aspetti fondamentali come la resistenza strutturale alle inondazioni, ai venti e alle attività sismiche, il comfort termico, la privacy e la ventilazione, con un’attenzione particolare all’accessibilità e all’efficienza delle tecniche costruttive adottate. Questo lavoro rappresenta uno strumento fondamentale per guidare i professionisti umanitari e i governi ospitanti nella selezione di soluzioni abitative sostenibili, in grado di garantire sicurezza, dignità e comfort alle popolazioni sfollate, riducendo al contempo l’impatto ambientale e migliorando la resilienza nei contesti più vulnerabili.



¹ The water consumption is calculated for all the raw materials and products used to build the shelter. The water consumed for naturally grown materials is not taken into account (e.g. trees, timber, bamboo).
² Temperature and maximum CO₂ density is more above or below the average temperature for the region.
³ The calculation does not consider the measures needed for the construction of one shelter unit. It does not reflect the measures used for the construction and maintenance of the shelter.
⁴ The calculation is up to the user to build the shelter with all necessary building material ready to use.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 96

Riferimenti:

<https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/2024-01/UNHCR%20shelter%20and%20sustainability%20overview%20April%202021.pdf>

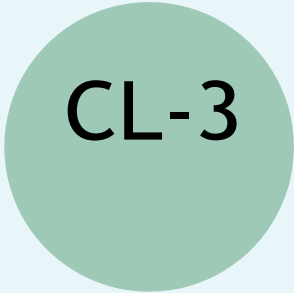
TRANSITIONAL SHELTER GUIDELINES

Shelter Centre - IOM (International Organization for Migration), DFID e Sida, 2012

Categoria: Linee guida per la progettazione e l'implementazione di soluzioni abitative transitorie nei contesti umanitari.

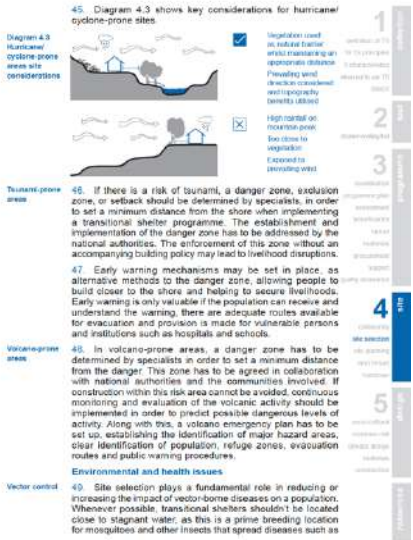
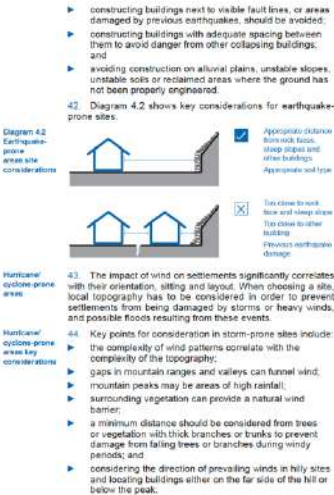
DESCRIZIONE

Il “*Transitional Shelter Guidelines*” è un documento che fornisce una guida esaustiva per comprendere, progettare e implementare soluzioni di shelter transitorio nei contesti post-disastro o post-conflitto. Frutto di un processo collaborativo che ha coinvolto **44 agenzie** e numerosi esperti indipendenti, il documento affronta le sfide abitative durante le fasi di transizione tra emergenza e ricostruzione. Esso introduce una definizione chiara di shelter transitorio come **processo incrementale** che accompagna le famiglie sin dai primi interventi di soccorso fino alla ricostruzione definitiva, permettendo il riuso, la ricollocazione, il riciclo o l'aggiornamento delle strutture. La guida identifica **10 principi fondamentali** per l'implementazione efficace di programmi di shelter transitorio, tra cui l'importanza di coinvolgere le comunità locali, valutare i rischi, definire standard appropriati e garantire una pianificazione del sito basata sulla riduzione delle vulnerabilità. Inoltre, esplora le **5 caratteristiche essenziali** dello shelter transitorio: essere ricollocabile, riusabile, riciclabile, aggiornabile e rivendibile. Il testo analizza quando l'approccio transitorio potrebbe non essere appropriato, proponendo strumenti decisionali e valutazioni SWOT per identificare soluzioni alternative come *core housing* e *semi-permanent shelters*. Vengono approfonditi aspetti cruciali quali la selezione del sito, la gestione della terra, l'approvvigionamento di materiali e il coinvolgimento della manodopera, ponendo particolare attenzione al contesto culturale, climatico e socio-economico. Attraverso esempi concreti e studi di caso da paesi come Sri Lanka, Indonesia e Haiti, il documento dimostra come lo shelter transitorio possa supportare la ripresa delle comunità colpite, offrendo soluzioni flessibili e sostenibili che si adattano ai bisogni e alle risorse locali. Questo strumento è progettato per supportare operatori umanitari, governi e comunità nella pianificazione di risposte abitative coordinate, riducendo al contempo l'impatto ambientale e promuovendo una ricostruzione resiliente e dignitosa.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 210
Riferimenti:
<https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/2024-01/UNHCR%20shelter%20and%20sustainability%20overview%20April%202021.pdf>



European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (DG ECHO), 2017

DESCRIZIONE



CL-4

Numero Pagine: 210

Riferimenti:
<https://sheltercluster.org/resources/pages/state-humanitarian-shelter-and-settlements>

DISASTER RESPONSE SHELTER CATALOGUE

Habitat for Humanity International, 2012

Categoria: Catalogo di interventi abitativi per la risposta ai disastri.

DESCRIZIONE

Il *"Disaster Response Shelter Catalogue"* di Habitat for Humanity International, pubblicato nel 2012, offre una panoramica delle soluzioni abitative sviluppate per rispondere a disastri naturali, conflitti e crisi umanitarie in diverse parti del mondo. Il documento descrive interventi realizzati in contesti complessi, come la ricostruzione post-terremoto ad Haiti, lo tsunami in Indonesia e i conflitti in Angola e Afghanistan, analizzando le sfide affrontate, le metodologie applicate e i materiali utilizzati, tra cui bambù, acciaio, legno e terra cruda. Le soluzioni abitative, che spaziano dai kit di emergenza ai rifugi temporanei fino alla ricostruzione permanente, sono progettate con un approccio incrementale e sostenibile, con il coinvolgimento attivo delle comunità locali. Ogni intervento è descritto nei dettagli, includendo dimensioni degli shelter, contesto geografico, durata dei progetti e lezioni apprese, con l'obiettivo di garantire soluzioni abitative che rispettino le esigenze culturali, sociali ed economiche dei beneficiari. Il catalogo rappresenta uno strumento pratico per operatori umanitari e governi, promuovendo un approccio olistico alla ricostruzione che integri sicurezza, dignità e resilienza per le popolazioni più vulnerabili.

Sukakarya Flood Response, Indonesia

PROJECT NAME AND LOCATION:
Jakarta Floods disaster response
Sukakarya village, Bekasi regency,
West Java province, Indonesia

TYPE OF INTERVENTION:
New semi-permanent houses

YEAR:
2002

PROJECT TARGET:
50 families/250 people

SHELTER/HOUSING SOLUTION SIZE:
118.1 square feet

IMPLEMENTING ORGANIZATION:
Habitat for Humanity Indonesia

PARTNER:
Yayasan BMS
Yayasan Mitra Mandiri

FUNDING:
General Motors Indonesia
Habitat for Humanity New Zealand

ADDITIONAL INFORMATION:
New and old materials were
combined to reduce costs.

SUBMITTED BY:
Rudi Nadapdap
Disaster Response Officer
Habitat for Humanity Indonesia
rudi@habitatindonesia.org

Indonesia



Summary

Torrential rains that began on Jan. 29, 2002, continued for days, causing widespread flooding in greater Jakarta, Indonesia's capital, and surrounding municipalities. Flooding is an annual problem in Jakarta and the city of 12 million people ground to a halt as major thoroughfares were blocked, and shops, schools and factories closed. At the peak of the flooding, about a quarter of Jakarta was under water. Habitat for Humanity Indonesia helped 50 families to build semi-permanent shelters in Sukakarya village, in Bekasi regency, on Jakarta's eastern border.

Timeline

- February 2002 — Assessment.
- March 2002 — Initial coordination meeting.
- March 2002 — Construction began.
- June 2002 — Project completed.

Background

Jakarta is situated at the mouth of the Ciliwung River, and 40 percent of the city is below sea level. Jakarta's low topography and numerous rivers make it prone to flooding. Overpopulation and deforestation exacerbate the situation. Those most affected by the flooding in early 2002 were living in the poorer, low-lying areas of the city, including shantytowns, where thousands of squatters live in makeshift dwellings. Hundreds of thousands of people were forced to leave their homes and more than 114,000 people moved to temporary shelters provided by the city and non-governmental organizations. While many returned to their homes, many of their possessions were lost or damaged.

Project Overview

HHF Indonesia conducted assessments in several locations and decided to concentrate on Sukakarya village, in Bekasi regency, an area close to Jakarta, based on recommendations and consultation with two local NGOs — Yayasan BMS and Yayasan Mitra Mandiri. The housing design used material easy to find in the area, such as bamboo for walls and roofing, traditional bricks and roof tiles, and wood. HHF Indonesia hired local workers to preserve and benefit from knowledge of traditional building methods.

General Motors Indonesia, under its banner Penduli, Bakti Sosial General Motors Indonesia (Care, General Motors Indonesia Social Service) and HHF New Zealand provided financial support.

HHF Indonesia invited students, corporate employees and embassy expatriates to join the project through the Building on Saturday and Sunday project, to fundraise and to increase awareness of volunteer



Flooding in Sukakarya

CL-5

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 176

Riferimenti:

https://shelterprojects.org/files/H4H-DR_Shelter_Catalogue_Full_Version.pdf

SHELTER PROJECTS 2010

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC), UN-HABITAT, UNHCR

Categoria: Raccolta di progetti e linee guida per risposte abitative post-disastro e post-conflitto.

DESCRIZIONE

Questo documento è la terza pubblicazione annuale che raccoglie e analizza progetti di shelter implementati in risposta a disastri naturali, conflitti e crisi umanitarie. Con una selezione di studi di caso provenienti da diverse parti del mondo, il catalogo evidenzia esperienze significative e offre lezioni apprese per migliorare l'efficacia delle risposte abitative nelle emergenze. Ogni progetto viene descritto con un focus su strategie adottate, soluzioni tecniche, sfide affrontate e risultati ottenuti. Vengono analizzati contesti urbani e rurali, l'importanza della pianificazione degli insediamenti e la necessità di approcci integrati che coinvolgano le comunità locali, promuovendo la ricostruzione sicura e sostenibile. Il documento include anche esempi storici e riflessioni sulle criticità riscontrate, come l'accesso alla terra e la gestione delle risorse, con l'obiettivo di supportare operatori umanitari, governi e organizzazioni nella progettazione di interventi più resilienti.

Natural disaster

Before the earthquake
See "A.4 Haiti - 2010 - Earthquake - Overview", p.12.

After the earthquake
The town of Leogane's population was estimated at more than 134,000 people. The earthquake is estimated to have destroyed 32,000 buildings (around 80% of Leogane's buildings). After the disaster there were around 300 camps in the area, with more than 60,000 people living in them.

The construction of shelter was the beginning of a programme that provided support to affected households. The support also included water and sanitation, hygiene promotion, health, disaster preparedness and livelihoods projects.

Land issues
The shelters were allocated on land where the beneficiaries lived before the earthquake, promoting the return of displaced people to their places of origin.

Land ownership was difficult to verify. Many beneficiaries did not have personal identification documents, and there were many difficulties in obtaining legal and official land property records. There were many owners or heirs that did not have documents to prove that the land belonged to them. Rental agreements with the land owners were made verbally in most cases.

To meet shelter needs of all the people living in the communities, solutions for all households who fulfilled the selection criteria were developed, whatever their tenure situation. Intensive community mobilisation was undertaken, and local authorities were involved.

In the case of owners or heirs without official identification or land ownership documentation, validation meetings were organised where the community certifies their identity and their land ownership. A document was signed by the beneficiary, a neighbour, community representatives and local authorities.

In the case of tenants who lived in houses that were destroyed

Shelter Projects 2010



Shelters had a steel frame and were modular. They could be personalized to meet household needs. Photo: Seti Egea

during the earthquake, it was initially unclear whether the shelter would be the property of the beneficiaries who fulfilled the selection criteria, or whether the shelter would be the property of the house owners.

It was decided that shelters would always be the property of the beneficiaries. A document was signed between the beneficiary and the owners, where the owners authorised the beneficiaries to build their shelters on their land. This document was valid for five years. If the owner did not respect this agreement the beneficiary could move the shelter.

If families were landless, the community networks were encouraged to help them to find some land. There were also negotiations with local authorities to find a solution for beneficiaries who had lived in squatter settlements. Finally authorities let these shelters be constructed.

Implementation
After the validation and signing of the documentation, construction materials were distributed.

The construction team had 4 shelter specialists, 4 local coordinators and 15 local engineers. Each engineer led a team of workers from the communities, and each team built 6 shelters per week.

Up to ninety shelters were built per week, but delays with material supply slowed production.

Beneficiary participation in construction was low. Rapid construction was prioritised, leaving little time to mobilise, train and incorporate beneficiaries into the work.

The shelters were adapted according to the number of people in the family. The basic module is 18m². Families with up to 5 members received one module, families over 5 members received two modules and families with over 10 members received three modules.

The construction of the progressive shelter is implemented in two phases: a first emergency response shelter (structure covered with tarpaulin) and a second durable solution (permanent housing with cement cladding). Different cladding materials were tested for the permanent housing.

A prototype was erected to compare the practicality of installation and the acceptance by the target population. The beneficiaries chose cement cladding as they found it more durable, safer and very similar to the construction technique they traditionally used.

The project included safer construction awareness activities for all the families and safer construction trainings for construction workers.

A.8

CL-6

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 160

Riferimenti:

https://shelterprojects.org/files/H4H-DR_Shelter_Catalogue_Full_Version.pdf

SHELTER PROJECTS: EAST & HORN OF AFRICA

*Global Shelter Cluster, pubblicato
dall'International Organization
for Migration (IOM), 2018*

Categoria: Studi di caso e linee guida su risposte abitative umanitarie
nell'Africa orientale e nel Corno d'Africa.

DESCRIZIONE

Il documento raccoglie **14 studi di caso** di interventi abitativi e insediativi umanitari implementati nella regione dell'Africa orientale e del Corno d'Africa. Questi studi esplorano risposte concrete a crisi derivanti da conflitti, disastri naturali e crisi complesse. Le soluzioni abitative trattate spaziano dalla distribuzione di kit per shelter e materiali, alla costruzione di rifugi temporanei e programmi integrati come cash-for-work, pianificazione di siti e assistenza tecnica. Le esperienze documentate provengono da paesi come Repubblica Democratica del Congo, Etiopia, Somalia, Kenya, Sudan, Sud Sudan e Uganda. Il documento è progettato per promuovere l'apprendimento attraverso l'analisi di punti di forza, debolezze e lezioni apprese, offrendo agli operatori umanitari esempi concreti per massimizzare l'impatto dei fondi di emergenza, garantendo sicurezza, dignità e supportando una ripresa sostenibile.

TABLE OF CONTENTS

1 / A.7 / Democratic Republic of Congo / 2002 / Volcano	1
2 / A.9 / Ethiopia / 2012 / Conflict and drought	4
3 / A.8 / Ethiopia / 2011 / Sudanese conflict	8
4 / A.4 / KENYA / 2007-2008 / Election violence	11
5 / A.3 / KENYA (Dadaab) / 2007 / Flooding	14
6 / A.22 / SOMALIA / 2011-2013 / Drought and conflict	17
7 / A.28 / SOMALIA / 2011 / Famine and conflict	22
8 / A.15 / SOMALIA / 2009 / Conflict	26
9 / A.8 / SOMALIA / 2007 / Civil conflict	29
10 / A.25 / SOUTH SUDAN / 2014-2016 / Complex	32
11 / A.29 / SOUTH SUDAN / 2011 / Conflict	37
12 / A.9 / SUDAN (Darfur) / 2004 / Conflict	40
13 / D.9 / SUDAN / 1985 / Conflict	43
14 / B.25 / UGANDA / 2007 / Slow onset floods	46

* Note that the original case study codes from past Shelter Projects editions are retained on each case study.



South Sudanese refugees in Tarkid camp in Gambela, Ethiopia, planning the walls of the shelters with mud sourced locally by themselves, in areas agreed with authorities and host communities.

INTRODUCTION

This booklet is a compilation of case studies of humanitarian shelter responses relevant to the East Africa region, compiled from the six past editions of the interagency publication Shelter Projects. The series of publications, initially led by IFRC, UNHCR and UN-Habitat, is now a Global Shelter Cluster product and includes contributions from over 300 shelter practitioners from across the world, from over 50 organizations and over 70 countries, including host governments' shelter responses.

The projects described in the case studies and overviews contained in this booklet represent responses to conflict, natural disasters and complex crises, demonstrating some of the implementation and response options available within the East African context. These include urban site upgrades (see n. 7 and 8), distribution of shelter materials/kits and NFIs (see n. 4 and 14), shelter construction (see n. 1, 2 and 3), cash-for-work, technical assistance, site planning, resettlement and multi-sectoral programmes (see 6 and 9).

The publication is intended to support learning by highlighting the strengths, weaknesses and some of the lessons that can be learned from different projects, which try to maximize emergency funds to safeguard the health, security and dignity of affected people, whilst – wherever possible – supporting longer-term shelter needs and sustainable recovery.

The target audience is humanitarian managers and shelter programme staff from local, national and international organizations at all levels of experience. Shelter Projects is also a useful resource for advocacy purposes, showcasing the work done by the sector, as well as for research and capacity-building activities.

All case studies and overviews contained in this booklet, as well as from all editions of Shelter Projects, can be found online at:

www.shelterprojects.org



Bentiu Protection of Civilians site in South Sudan. This site for displaced people fleeing conflict has grown to over 120,000 people at its peak and has been upgraded over two years to improve living conditions, reduce health and safety hazards, and address the high increase in population.

CL-7

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 46

Riferimenti:

<https://sheltercluster.org/shelter-projects-working-group/documents/shelter-projects-east-and-horn-africa-14-case-studies>

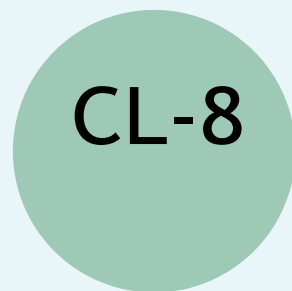
TRANSITIONAL SHELTER GUIDELINES

Shelter Centre, con contributi da organizzazioni come IFRC, UN-HABITAT, UNHCR, NRC, 2009

Categoria: Studi di caso e linee guida su risposte abitative umanitarie nell'Africa orientale e nel Corno d'Africa.

DESCRIZIONE

Questo documento fornisce linee guida pratiche per l'implementazione di programmi di shelter transitorio in contesti post-disastro o post-conflitto. Definisce chiaramente il concetto di shelter transitorio come soluzione abitativa temporanea che garantisce un ambiente sicuro, salubre e dignitoso durante la transizione verso una soluzione abitativa permanente. Vengono illustrate le fasi operative, dall'analisi iniziale e pianificazione, alla costruzione e gestione del programma, con l'obiettivo di integrare principi di sicurezza, resilienza e coinvolgimento delle comunità locali. Il documento descrive anche 4 tipi principali di shelter transitorio: migliorabile, riutilizzabile, rivendibile e riciclabile, evidenziando la flessibilità di queste soluzioni in contesti diversi. Include inoltre una timeline operativa, strumenti di pianificazione pratica e una serie di studi di caso concreti tratti da esperienze sul campo, mostrando come questi programmi possano supportare popolazioni sia sfollate che non sfollate.

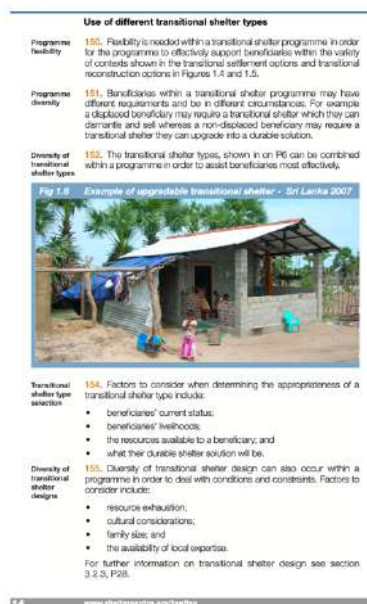
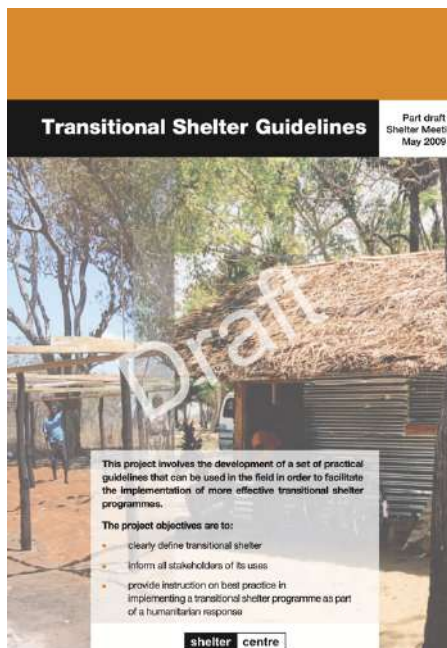


INFORMAZIONI

Numero Pagine: 38

Riferimenti:

https://www.iom.int/sites/g/files/tmzbd486/files/migrated_files/What-We-Do/docs/Transitional-Shelter-Guidelines.pdf



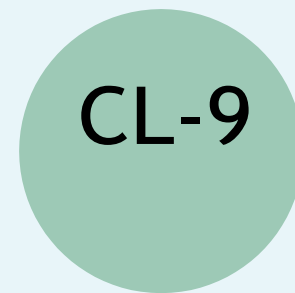
SHELTER PROJECTS: MIDDLE EAST

Global Shelter Cluster, coordinato dalla International Organization for Migration (IOM) con il supporto di altre agenzie come IFRC, UNHCR e USAID/OFDA, 2019

Categoria: Studi di caso e linee guida su risposte abitative umanitarie in Medio Oriente.

DESCRIZIONE

Questo documento raccoglie **16 studi di caso** che illustrano interventi abitativi e insediamenti umanitari realizzati nella regione del Medio Oriente in risposta a crisi dovute a conflitti, disastri naturali e sfollamenti prolungati. Ogni studio analizza soluzioni pratiche come riparazioni abitative, shelter modulari, interventi in campi rifugiati, programmi di assistenza in contanti e distribuzione di materiali, ponendo particolare attenzione al contesto culturale, geografico e socioeconomico dei beneficiari. Il documento fornisce dettagli tecnici e analisi sui risultati raggiunti, evidenziando i punti di forza, le criticità e le lezioni apprese per migliorare le future risposte umanitarie. Gli studi di caso coprono paesi come Iraq, Giordania, Libano, Siria e Turchia, mostrando interventi che spaziano dalla fase emergenziale alla ricostruzione. L'obiettivo principale è promuovere l'apprendimento, migliorare l'efficacia degli interventi e supportare una ricostruzione sicura, resiliente e dignitosa per le popolazioni colpite.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 66

Riferimenti:

<https://shelterprojects.org/shelterprojects-compilations/Shelter-Projects-Middle-East-July2019.pdf>

SHELTER PROJECTS

SHELTER IN THE MIDDLE EAST:

16 Case Studies

١٦ دراسة حالة من مشاريع النوازل الإنسانية في الشرق الأوسط، بما في ذلك دراسات حلول النوازل بالمالع العربية

CASE STUDIES OF HUMANITARIAN SHELTER AND SETTLEMENT RESPONSES IN THE MIDDLE EAST

Global Shelter Cluster
ShelterCluster.org
Coordinating Humanitarian Shelter

SHelter IN THE MIDDLE EAST: 16 CASE STUDIES

A.12 Jordan – 2014 – Syria conflict

Keywords: Emergency shelter

Case study:

Overview: Syria crisis, refugees in Jordan

Date: March 2011 conflict begins (ongoing); Refugee numbers increase from December 2013 onwards; Zaatari camp opens July 2012

People affected: Over 3.7 million refugees from Syria; Around 625,000 in Jordan (October 2014)

Project: Zaatari camp, Multisector Governance

Location: Zaatari camp, Multisector Governance

Beneficiaries: 20,000

Deliverables: 5,000 recycled tents, repackaged and redistributed to new arrivals

Shelter sites: Standard humanitarian family tents (25m²)

Cost: 2.5 Jordanian dinars (JDS) 2 940 per tent, including collection from camps, standing the tent, repair materials, mending, and repackaging

Project description: When families in Zaatari refugee camp started to receive pre-fabricated container shelters, a module of used tents began to build up. A tent-recycling project was developed to repair and repackaging used tents for new arrivals. Recycling instead of destroying or giving away the tents tents generated an estimated saving of around US\$ 3,000,000 (JDS 650 per tent). Tent components that are too damaged to be re-used for shelters have been used for other purposes.

Emergency timeline: (a) July 2012: Zaatari camp opens in response to increasing numbers of Syrian refugees in Jordan. Crisis ongoing. (b) Used tent collection begins in the start of April 2014, with the first repaired tents distributed by end of that month. (c) Project fully to continue to end of 2014.

Project timeline (number of months): (1) Used tent collection begins in the start of April 2014, with the first repaired tents distributed by end of that month. (2) Project fully to continue to end of 2014.

Emergency: 2012 2013 2014

Project period: 2012 2013 2014

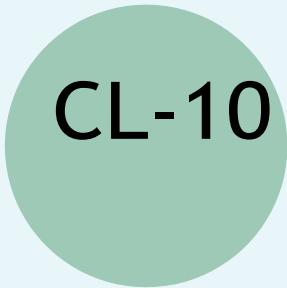
Strengths: ✓ Around 90% of the materials used by the project came from the used tent inventories. ✓ The project required only basic skills and could be set-up quickly, meaning team planning to implementation phase in less than a month. ✓ Low implementation costs have resulted in large financial savings.

Weaknesses: • Corrosion-resistant storage and dry warehousing areas are required.

Observations: - The success of the project depended on the specific context where tents were replaced by containers. IFRC, they were still functional. Replicating the project would rely on similar circumstances.

Project staff carrying tents to the tent site to begin the repair process. Photo: Red Crescent Society.

SHELTER PROJECTS: EUROPE



Global Shelter Cluster, coordinato dalla International Organization for Migration (IOM) con il supporto di altre agenzie come IFRC, UNHCR e USAID/OFDA, 2017

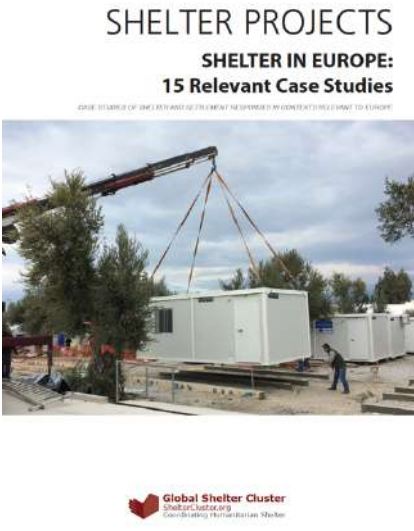
Categoria: Studi di caso e linee guida su risposte abitative umanitarie in Europa.

DESCRIZIONE

Questo documento raccoglie 15 studi di caso relativi a risposte abitative e insediative umanitarie nel contesto europeo, in risposta a conflitti, disastri naturali e crisi complesse. I casi analizzano interventi significativi come l'aggiornamento dei centri collettivi, la distribuzione di rifugi di emergenza, riparazioni abitative, programmi cash-based, interventi di winterization e assistenza tecnica. Le esperienze sono tratte da paesi quali Azerbaigian, Georgia, Italia, Germania, Turchia, Romania, Regno Unito e Ucraina. Il documento evidenzia punti di forza, debolezze e lezioni apprese per migliorare l'efficacia delle future risposte umanitarie, con particolare attenzione alla salvaguardia della sicurezza, dignità e resilienza delle popolazioni colpite. È progettato come risorsa di apprendimento per operatori umanitari, governi e organizzazioni locali, promuovendo un approccio integrato e sostenibile alla gestione delle emergenze e della ricostruzione.

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 48
Riferimenti:
<https://shelterprojects.org/shelterprojects-compilations/Shelter-Projects-EUROPE%20Booklet-2017.pdf>



3. Schede di pannelli in terra cruda in produzione

CATALOGO TERRACRUDA 2012

Bioterra Italia S.r.l., 2012

Categoria : Soluzioni edilizie innovative in terra cruda per interni e sistemi integrati di riscaldamento/raffrescamento.

DESCRIZIONE

Il documento presenta una serie di soluzioni innovative per l'utilizzo della **terra cruda** in edilizia attraverso sistemi moderni di posa a secco. Viene introdotto il **pannello ocra**, un prodotto versatile e funzionale, che unisce i vantaggi della terra cruda, come la regolazione dell'umidità, l'isolamento acustico e termico, alla semplicità di montaggio su strutture in legno, telai metallici o superfici esistenti. Le applicazioni includono pareti divisorie, controsoffitti, soppalchi e rivestimenti interni, anche in ambienti umidi come i bagni, grazie alla capacità dell'argilla di assorbire e rilasciare umidità senza formazione di muffa. Sono evidenziati i principali vantaggi dei pannelli: capacità igroscopica, resistenza al fuoco, assorbimento degli odori, neutralizzazione delle sostanze inquinanti e schermatura dei campi elettromagnetici. Oltre ai pannelli, vengono descritti sistemi di **riscaldamento e raffrescamento integrati**, come i pannelli **ocra clima** e **ocra termo**, che offrono soluzioni invisibili, efficienti e a basso consumo energetico, ideali in combinazione con fonti di energia rinnovabili. La gamma di prodotti comprende anche **intonaci naturali** e **pitture ecologiche**, disponibili in 36 colori, senza solventi o additivi dannosi per la salute, garantendo un'architettura sostenibile e salubre. L'obiettivo del catalogo è promuovere l'uso della terra cruda come materiale da costruzione ecologico, **riciclabile** e **ad alte prestazioni**, che migliora il comfort abitativo riducendo l'impatto ambientale. Sono fornite anche indicazioni tecniche dettagliate sulle modalità di montaggio, con un approccio pratico e facilmente applicabile sia per professionisti che per non esperti.



Figura 2

SM-1

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 38

Riferimenti:

<https://www.calameo.com/accounts/3237804>

KARTONSAN® 22

TON GRUPPE® - C.S.E. IDEA Soc. Coop., 2016

Categoria : Lastre in terra cruda per costruzioni a secco e rivestimenti interni.

DESCRIZIONE

Il documento presenta le caratteristiche tecniche di **KARTONSAN® 22** e **KARTONSAN® 16**, lastre in terra cruda rinforzata con fibre di paglia e rete in fibra di vetro. Questi pannelli, di dimensioni 1250x625 mm e spessori di 22 mm (**KARTONSAN® 22**) e 16 mm (**KARTONSAN® 16**), sono progettati per la costruzione a secco di pareti divisorie, contropareti e controsoffitti, con applicazioni ideali sia in nuove costruzioni che in interventi di ristrutturazione. Le lastre offrono elevate prestazioni di isolamento termico e acustico, regolano naturalmente l'umidità, evitano la formazione di muffa, riducono gli odori e migliorano il comfort abitativo con una distribuzione uniforme del calore accumulato.

I pannelli sono composti da **argilla, sabbia e paglia tritata**, con conducibilità termica dichiarata pari a **0,47 W/mK** e una massa volumica di **1300 kg/m³**. Offrono un abbattimento acustico fino a **63 dB** su pareti divisorie e sono classificati in **Euroclasse A1** per la reazione al fuoco (non infiammabile). La loro posa può avvenire su sottostrutture in legno o metallo tramite viti con rondelle perforate o, limitatamente alle pareti, con punti metallici a graffia.

Le lastre si distinguono per la facilità di installazione, la sostenibilità ambientale e la capacità di essere riciclate al **100%** con un basso consumo di energia primaria nella fase produttiva. Possono essere rifinite con intonachini naturali a base di calce o argilla, garantendo una superficie esteticamente pregiata e funzionale. Sono particolarmente indicate per ambienti come bagni e cucine grazie alla loro capacità di gestione dell'umidità e resistenza alla formazione di muffe.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 2
Riferimenti:
<https://www.calameo.com/accounts/3237804>

TON GRUPPE®

Via Nazionale 15 - Reichstraße 15
I-39044 Laghetta-Egna | Laag-Neumarkt (BZ)
T +39 0471 688000 | F +39 0471 688140
Info@ton-gruppe.it | www.ton-gruppe.it



Scheda Tecnica di Prodotto KARTONSAN® 22 / KARTONSAN® 16

cod. prodotto: K22
K16

Lastre in terra cruda rinforzata con fibre di paglia e rete in fibra di vetro di dimensioni 1250x625 mm, conducibilità termica 0,47 W/m K, per rivestimento e la costruzione a secco di pareti e soffitti. Il materiale di cui è fatto il pannello permette una regolazione naturale della temperatura e dell'umidità all'interno dell'ambiente, garantendo sempre il massimo comfort con un notevole risparmio sui costi per la climatizzazione. **Kartonsan® 22** e **Kartonsan® 16** possono essere impiegati nella costruzione a secco di pareti interne, contropareti e controsoffitti in pannelli con sottostrutture continue o discontinue in profili di legno o metallo mediante viti e speciali rondelle perforate (cod. 04286). Nel caso di fissaggio con sottostrutture in legno e limitatamente alle applicazioni a parete è possibile utilizzare, in alternativa alle viti, punti metallici a graffia di spessore minimo 20 mm. L'impiego di graffia richiede un numero maggiore di punti di fissaggio (ca. + 30 %) rispetto a quelli per viti come indicato successivamente. Sulle lastre possono essere direttamente fissati oggetti leggeri quali quadri, lampade ed anche mensole utilizzando tasselli specifici per lastre in cartongesso o fibrogesso (ad esempio Fischer mod. H4). Per oggetti più pesanti quali moduli panel è necessario eseguire il fissaggio direttamente sulla sottostruttura o sugli elementi portanti sottostanti. Le lastre possono essere tagliate con un cutter recidendo bene la rete superficiale in fibra di vetro e "spazzando" il pannello. Per il taglio può essere anche utilizzato una sega elettrica alternata (ad esempio DeWalt Allegator®) o un seghetto elettrico alternativo per la realizzazione di tagli curvi o di fori per elementi da incasso o passaggio di impianti. La superficie a vista dei pannelli può essere rifinita mediante intonachini a calce o in argilla (ad esempio **Geosana® Intonachino Pregiato**) nella spessore di ca. 3 mm e con l'applicazione di rete d'armatura in fibra di vetro maglia 7x7 mm a tutta superficie o con nastro rete in fibra di vetro larghezza 10 cm in corrispondenza dei giunti.

Dati tecnici	
Forma	Retto
Colore	Giallo
Composizione pannello	Argilla, sabbia, paglia tritata, armatura con rete in fibra di vetro
Impiego previsto	Costruzioni a secco quali pareti divisorie, contropareti, controsoffitti
Forma degli spigoli	Senza spigoli vivi
Dimensioni	625x1250x22 mm (Kartonsan® 22) 625x1250x16 mm (Kartonsan® 16)
Tolleranza dimensionali	Lunghezza: ± 1,5 mm Spessore: ± 2 mm Spessore: ± 1,5 mm
Differenza dimensionale sulla diagonale	± 6 mm
Superficie pannello	0,781 m²
Conducibilità termica dichiarata	λ=0,47 W/mK
Massa volumica	1300 kg/m³
Peso per pannello	25 kg (p. Kartonsan® 22) 18 kg (p. Kartonsan® 16)
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	Euroclasse A1
Calore specifico	1,0 kJ / kg K
Resistenza a compressione	>2,5 N/mm²
Resistenza a trazione	>0,4 N/mm²
Resistenza alla diffusione del vapore d'acqua	μ = 7,5
Coefficiente di traspirabilità Sd	0,16 m
Absorbimento umidità	w% <2,3% (relativo all'umidità dell'aria)
Abbattimento acustico*	61 dB su parete divisa da 10 cm 63 dB su parete divisa da 15 cm
Interrasse massimo profili di sostegno per montaggio con sottostrutture discontinue	Kartonsan® 22 16 625 mm (fissaggio a parete) 16 417 mm (fissaggio a soffitto) Kartonsan® 16 16 312 mm (fissaggio a parete) 16 312 mm (fissaggio a soffitto)

- ✓ Riduce i consumi per il riscaldamento e il raffreddamento del 20%
- ✓ Accumula il calore e lo distribuisce in maniera uniforme
- ✓ Regolazione naturale dell'umidità
- ✓ Evita la formazione di muffa
- ✓ Riduce l'accumulo dei vetri di finestre e vetrate
- ✓ Neutralizza gli odori sgradevoli
- ✓ Soluzione ideale anche per bagni e cucine
- ✓ Non trattiene la polvere e riduce lo sviluppo degli acari
- ✓ Ecologico e riciclabile al 100%
- ✓ Basso consumo di energia primaria in fase di produzione
- ✓ Installazione semplice e veloce
- ✓ Ideale per ristrutturazioni e nuove costruzioni



* Abbattimento su una parete divisa da GEOSANA® INTONACHINO PREGIATO (0,3 cm) su entrambi i lati, lastre KARTONSAN® 22 (2,2 cm) su entrambi i lati e lastre CAMELOT® (1 cm) rispettivamente 1 e 1,5 cm in corrispondenza dei giunti.

Figura 2

LEMIX

Naturalia-BAU S.r.l.

Categoria : Pannelli in argilla naturale per costruzione a secco e miglioramento del comfort abitativo.

DESCRIZIONE

Il documento presenta le caratteristiche tecniche dei pannelli **Lemix**, una soluzione ecologica per la costruzione a secco con pannelli in **argilla naturale**. Composti al **100% da materie prime naturali** come argilla, perlite, canapa, fibre di cellulosa e rete in juta, i pannelli Lemix offrono numerosi vantaggi per il comfort abitativo. Sono in grado di **proteggere dal calore estivo** e di immagazzinare calore durante l'inverno, regolano naturalmente l'umidità interna prevenendo la formazione di muffa e contribuiscono a un ambiente salubre grazie alla capacità di neutralizzare gli agenti inquinanti dell'aria e di assorbire odori. I pannelli sono caratterizzati da **eccellente isolamento acustico** (fino a 56 dB), elevata capacità termica (**1100 J/kgK**) e classificazione **A1** per la reazione al fuoco (non infiammabile). Sono disponibili in spessori di **16 mm, 22 mm e 40 mm**, con formati standard di 125x62,5 cm (16 mm e 22 mm) e 57x62,5 cm (40 mm). Grazie alla loro durezza superficiale e stabilità dimensionale, i pannelli Lemix sono ideali per applicazioni su pareti divisorie, contropareti e soffitti, in nuove costruzioni o ristrutturazioni.

La posa è rapida e semplice: i pannelli possono essere fissati con viti o incollati tramite collanti specifici come il **ClayTec COLLANTE-RASANTE**, con giunti sfalsati e rinforzati all'occorrenza. La conducibilità termica varia tra **0,353 W/mK** per spessori di 16 e 22 mm, e **0,590 W/mK** per spessori da 40 mm. Lemix è la scelta **verde e sostenibile** per la costruzione a secco del XXI secolo, offrendo un'alternativa ecologica ai tradizionali pannelli in cartongesso, con prestazioni superiori in termini di isolamento, salubrità e comfort abitativo.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 2
Riferimenti: https://www.naturalia-bau.it/fileadmin/pdf_generator/products/LE/IT/Lemix-PANNELLO-DARGILLA_IT.pdf?1734532835



Lemix PANNELLO D'ARGILLA

Il pannello d'argilla innovativo

Vantaggi

- consiste di materie prime naturali al 100%.
- protegge dal calore in estate, immagazzina il calore d'inverno
- regola l'umidità dell'aria e quindi protegge da muffe
- crea un clima interno salubre: neutralizza agenti inquinanti dell'aria e assorbe odori
- eccellente isolamento acustico (fino a 56 dB)
- non infiammabile, classe A1 Per l'artigiano:
- bordi stabili e superficie dura
- comodo ausilio per il trasporto per un montaggio rapido e confortevole

Descrizione

L'argilla è un dono della natura. Nel corso di migliaia di anni, la gente ha costruito in modo sano con l'argilla, fino a quando non è stata quasi soppiantata dalla rivoluzione industriale. Questa ultima generazione di lastre d'argilla porta tutti i vantaggi della terra cruda nella rapida costruzione a secco del 21° secolo. Con la precisione e la qualità della prima lastra di argilla prodotta industrialmente. Lemix pannello d'argilla può essere progettato come i tradizionali pannelli in cartongesso ed è l'alternativa VERDE nella costruzione a secco!

Specifiche tecniche	
Densità ρ [kg/m³]	~ 1450
Capacità termica massica c [J/kgK]	1100
Classe di reazione al fuoco	A1 (non infiammabile / nicht brennbar)
Resistenza alla flessione [N/mm²]	≥ 1,2
Durezza superficiale [mm]	≤ 15 (16 mm, 22 mm), ≤ 30 (40 mm)
Resistenza alla trazione superficiale [N/mm²]	≥ 0,1
Conducibilità termica λ [W/mK]	0,353
Classe di assorbimento di vapore acqueo	WS III (dopo 1 ora / nach 1 Stunde: ≥ 13 g/m², dopo 6 ore / nach 6 Stunden: ≥ 40 g/m², dopo 12 ore / nach 12 Stunden: ≥ 60 g/m²)
Resistenza al passaggio del vapore [μ]	5/10

Fornitura								
Cod.Art.	Spessore	Formato	Unità di misura	m² / pez	m² / ban	pez / ban	Netto kg / m²	Netto kg / pez
LE16	16 mm	125 x 62,5 cm	M²	0,78	46,88	60	23	17,97
LE22	22 mm	125 x 62,5 cm	M²	0,78	31,25	40	32	25
LE40	40 mm	57 x 62,5 cm	M²	0,36	17,1	48	58	20,66

Figura 2

PANNELLO D'ARGILLA PESANTE D22

Naturalia-Bau S.r.l., 2023

Categoria: Pannelli isolanti in argilla per costruzioni a secco.

DESCRIZIONE

Il Pannello d'Argilla Pesante D22 è una soluzione in terra cruda per il rivestimento di pareti interne, contropareti, soffitti e superfici inclinate nelle costruzioni a secco. È composto da argilla, sabbia, fibre di legno e rete in fibra di juta sul lato non a vista. Il pannello è pensato per migliorare il comfort abitativo grazie alla sua capacità di regolare l'umidità, prevenire la formazione di muffe, assorbire odori e accumulare calore, garantendo un clima interno salubre. Caratterizzato da una densità di 1600 kg/m^3 , il pannello offre una conducibilità termica di $0,353 \text{ W/mK}$ e una capacità termica massica di 1100 J/kgK , contribuendo significativamente all'isolamento termico. Ha eccellenti prestazioni acustiche e meccaniche, con una resistenza alla flessione pari a $1,52 \text{ N/mm}^2$ e una resistenza alla trazione superficiale di $0,52 \text{ N/mm}^2$. È non infiammabile (classe A1) e può essere applicato su sottostrutture in legno o metallo, con interassi di $62,5 \text{ cm}$ per pareti e $31,25 \text{ cm}$ per soffitti e solai. La posa è semplice e veloce: i pannelli si tagliano facilmente con una sega circolare e vengono fissati con viti zincate o grappe a spalla larga, evitando di sovrapporre i giunti verticali. La superficie può essere rifinita con intonaci di argilla CLAYTEC o pitture specifiche, garantendo un risultato estetico di alta qualità e un elevato livello di sostenibilità ambientale. Ogni pannello misura $1250 \times 625 \text{ mm}$, ha uno spessore di 22 mm e un peso di 25 kg (32 kg/m^2), con una superficie utile di $0,78 \text{ m}^2/\text{pannello}$.

SCHEDA TECNICA

naturaliabau

Sistema di facciata

CLAYTEC®



PANNELLO D'ARGILLA PESANTE D22

Pannello d'argilla per il rivestimento di sottostrutture in legno e metallo, uso interno

Settore d'impiego

Ideale per pareti interne, contropareti, superfici di soffitti e tetti nelle costruzioni a secco. Per il rivestimento odorante o su strutture di sottolati solidi, come pannelli in calcestruzzo, pietra calcarea o mattoni, pannelli in fibra di legno e truciolari. Come sottofondo per l'intonaco di argilla e l'intonaco di finitura in argilla a grano fine CLAYTEC.

Composizione

Argilla, sabbia, fibre di legno, rete in fibra di juta sul lato non a vista, amido

Dati tecnici

Classe di densità	kg/m^3	1600 (+/- 8%)
Conducibilità termica misurata λ	W/mK	0,353
Capacità termica massica C_p	J/kgK	ca. 1100
Resistenza al passaggio del vapore μ		540
Spessore	mm	ca. 22 (p. 20 mm)
Dimensioni		Larghezza: 1250 mm (p. 5 mm) Lunghezza: 625 mm (p. 5 mm)
Peso		ca. 25 kg/pannello = ca. 32 kg/m²
Superficie		0,78 m²/pannello = 1,28 pannelli/m²
Sottostruttura parete		Interasse 62,5 cm
Sottostruttura soffitto/pavimento		Interasse 31,25 cm
Classe di reazione al fuoco		A1 (tutti i valori)
Classe di comportamento all'incendio		WS R secondo DIN 18547
Resistenza alla flessione	N/mm^2	1,52
Dimensione superficiale		0,78 m² secondo DIN 18547
Resistenza alla trazione superficiale	N/mm^2	0,52

Confezione

Termoisolante su pallet, ca. 40 pz.

Stoccaggio

Conservare in luogo asciutto. Non ci sono limiti di stoccaggio.

Quantità necessaria

Oc. 1,28 pannelli/m². Nella determinazione della quantità necessaria va calcolato ca. il 10% di materiale di riserva per ritagli, ecc.

Sottostruttura

Pareti: interasse 62,5 cm (p. 125 cm/2)
Soffitti e solai: interasse 31,25 cm (p. 125 cm/4)
È assolutamente consigliato il fissaggio diretto su componenti portanti ad es. travetti e travi dei soffitti.



Naturalia Bau Srl - V.le Carlo Azeglio 20 - 20012 Milano (MI) - Tel. +39 0473 403050 - Fax +39 0473 403050 - info@naturalia-bau.it - www.naturalia-bau.it

SM-4

INFORMAZIONI

Numero Pagine: 4

Riferimenti: <https://www.naturalia-bau.it/it/prodotti/prodotti-in-argilla/costruzione-a-secco/lemix-pannello-dargilla-196/>

Figura 2

NATURALIA-BAU - SOLUZIONI DI ISOLAMENTO NATURALE

Naturalia-Bau S.r.l., 2023

Categoria: Sistemi naturali di isolamento termico e acustico per edilizia sostenibile.

DESCRIZIONE

Il documento fornisce una guida completa alle soluzioni di isolamento naturale offerte da Naturalia-BAU, con un focus sui materiali sostenibili come **fibra di legno**, **canapa**, **argilla** e **calce**. Le soluzioni descritte includono sistemi di isolamento per tetti, pareti, solai e facciate ventilate, con prodotti progettati per garantire **comfort abitativo**, **isolamento termico e acustico**, e la gestione naturale dell'umidità. Particolare attenzione è data ai sistemi come **NATURAROOF** per tetti, **NATURAWALL** per cappotti termici, e **NATURAFLEX** per isolamenti interni ed esterni. I materiali proposti sono certificati **Natureplus** e **Biosafe**, privi di additivi chimici e inquinanti, con capacità di assorbire CO₂, garantendo **salubrità e sostenibilità ambientale**. Soluzioni come **LEMIX** (pannello d'argilla) offrono regolazione igrometrica, resistenza termica e sfasamento estivo, migliorando il comfort abitativo. Il documento approfondisce anche i vantaggi della fibra di legno e della canapa, evidenziando la loro capacità di protezione dal **calore estivo** e dal **freddo invernale**, oltre a prestazioni eccellenti in termini di isolamento acustico e resistenza al fuoco. Il catalogo promuove un'edilizia ecologica basata su materiali naturali e sistemi a basso impatto ambientale, proponendo soluzioni per la nuova costruzione e la riqualificazione energetica degli edifici.



INFORMAZIONI

Numero Pagine: 76

Riferimenti: <https://www.naturalia-bau.it/it/prodotti/prodotti-in-argilla/costruzione-a-secco/lemix-pannello-dargilla-196/>



Figura 2

4. Scheda di presentazione dell'azienda ospitante lo stage

ISOLPAN SRL

Palermo, Isola delle Femmine

DESCRIZIONE AZIENDA

Isolpan S.r.l., con sede a Isola delle Femmine (PA), è un'azienda leader nel settore della produzione di prefabbricati in legno e vanta un'esperienza consolidata di oltre 35 anni. Grazie alla competenza maturata nel tempo e all'attenzione costante verso l'innovazione tecnologica, Isolpan offre soluzioni di alta qualità destinate a una vasta gamma di settori, tra cui edilizia residenziale, strutture sportive, turistiche e ricreative.

L'azienda si distingue per la sua specializzazione nella realizzazione di edifici in bioedilizia, un settore in costante crescita che pone al centro il rispetto per l'ambiente, il risparmio energetico e la durabilità delle strutture. In particolare, Isolpan progetta costruzioni a basso consumo energetico, utilizzando legno lamellare di alta qualità certificato, proveniente da foreste gestite in maniera sostenibile. Questa scelta non solo garantisce elevati standard costruttivi, ma promuove anche un approccio ecologico all'edilizia.

Isolpan segue un approccio integrato e personalizzato, occupandosi dell'intero ciclo di realizzazione delle costruzioni: dalla progettazione alla produzione interna fino al montaggio finale in cantiere. Questo permette di garantire un controllo rigoroso su ogni fase del processo, assicurando precisione, affidabilità e tempi di esecuzione ottimizzati.

La direzione tecnica dell'azienda è affidata all'architetto Sabrina Ricotta, figura chiave che coordina l'intera fase progettuale e costruttiva. Con una visione orientata all'innovazione, l'architetto Ricotta promuove costantemente l'adozione di tecniche avanzate e l'utilizzo di materiali all'avanguardia nel campo della bioedilizia, garantendo soluzioni efficienti e in linea con le nuove esigenze del mercato.

Azienda

INFORMAZIONI

Riferimenti:

<https://caseinbioedilizia.it/>



Fig. Vedute degli interni dello stabilimento di Isolpan S.r.l.: immagini delle aree di lavorazione con macchinari e materiali per la produzione di elementi prefabbricati in legno

ISOLPAN SRL

Palermo, Isola delle Femmine

PROTOCOLLI ENERGETICI

Le realizzazioni di Isolpan si distinguono per un'elevata efficienza energetica, frutto di una progettazione mirata e dell'adozione delle più moderne tecnologie costruttive. Ogni edificio è concepito per ridurre al minimo i consumi energetici attraverso l'uso combinato di tecnologie passive, materiali naturali e sistemi di isolamento all'avanguardia. Queste soluzioni permettono di mantenere temperature interne ottimali in tutte le stagioni, limitando la necessità di ricorrere a sistemi di riscaldamento e raffrescamento meccanici e promuovendo un significativo risparmio energetico a lungo termine.

Un ulteriore elemento distintivo di Isolpan è l'adesione al protocollo CasaClima, un sistema di certificazione energetica riconosciuto a livello internazionale che rappresenta un punto di riferimento per l'edilizia sostenibile. Questo protocollo garantisce standard costruttivi che rispettano criteri rigorosi di efficienza energetica e sostenibilità ambientale. Gli edifici CasaClima sono progettati per ridurre i consumi grazie a un involucro edilizio altamente performante e all'utilizzo di materiali isolanti naturali; offrono un comfort abitativo ottimale, con particolare attenzione alla qualità dell'aria interna, alla temperatura costante e all'isolamento acustico; promuovono, infine, la sostenibilità ambientale attraverso l'impiego di risorse rinnovabili e materiali a basso impatto ecologico, contribuendo a un'edilizia responsabile e duratura.

Isolpan ha già realizzato numerosi edifici che rispettano questi standard, dimostrando come sia possibile coniugare la tecnologia costruttiva con i principi della bioedilizia. I risultati ottenuti sono tangibili e misurabili, sia in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ che di miglioramento della qualità della vita degli utenti finali. Inoltre, le costruzioni realizzate si inseriscono perfettamente nel contesto territoriale grazie all'uso di materiali naturali e locali che favoriscono un'integrazione armoniosa con l'ambiente circostante.

Azienda

INFORMAZIONI

Riferimenti:

<https://caseinbioedilizia.it/>



Fig. Realizzazione con protocollo CasaClima

ISOLPAN SRL

Palermo, Isola delle Femmine

PRODUZIONI

La sua competenza nel campo della bioedilizia si esprime attraverso l'utilizzo di tecnologie avanzate e materiali di alta qualità, tra cui spicca il sistema costruttivo XLAM.

Il **XLAM** (Cross Laminated Timber) è una soluzione innovativa e sostenibile, che prevede l'utilizzo di pannelli in legno multistrato realizzati con strati incrociati, offrendo numerosi vantaggi in termini di efficienza energetica, resistenza strutturale e sostenibilità ambientale. Grazie alla sua particolare conformazione, il sistema XLAM garantisce elevata resistenza sismica, ottime prestazioni termoacustiche e una ridotta impronta ecologica, rendendolo particolarmente adatto sia al clima mediterraneo sia ai contesti con esigenze costruttive più complesse.

Isolpan è stata tra le prime aziende in Sicilia a introdurre questa tecnologia innovativa nel 2006, utilizzando pannelli certificati di provenienza austriaca. I pannelli vengono lavorati con precisione grazie a macchine CNC, seguendo fedelmente il progetto esecutivo e assicurando tempi di realizzazione rapidi e una qualità costruttiva elevata.

Le costruzioni realizzate con il sistema XLAM presentano diversi benefici: oltre a garantire una protezione antisismica certificata - come dimostrato da test eseguiti su edifici fino a sette piani - offrono anche un ottimale comfort abitativo in ogni stagione. L'utilizzo di materiali isolanti naturali permette di ottenere un elevato livello di isolamento termico e una capacità di accumulo termico, che contribuisce a mantenere freschi gli ambienti in estate e caldi in inverno.

Grazie a questa tecnologia, Isolpan è in grado di offrire edifici chiavi in mano che uniscono l'innovazione tecnologica alla bioedilizia sostenibile, rispondendo sia alle esigenze abitative contemporanee che ai requisiti normativi europei, come il protocollo CasaClima.

Oltre al sistema XLAM, l'azienda segue l'intero ciclo di produzione, dalla progettazione alla realizzazione finale, con un approccio orientato alla qualità e all'innovazione. La presenza consolidata su tutto il territorio siciliano - dalle province di Palermo a Catania, da Messina a Ragusa - dimostra il valore delle soluzioni offerte da Isolpan nel promuovere un'edilizia moderna, efficiente e rispettosa dell'ambiente.



Azienda

INFORMAZIONI

Riferimenti:

<https://caseinbioedilizia.it/>

Fig. Realizzazione in Xlam dell'azienda presso Partinico (Pa)

ISOLPAN SRL

Palermo, Isola delle Femmine

PRODUZIONI - BLOCKHAUS

Il sistema costruttivo **Blockhaus** è una tecnica tradizionale per la realizzazione di edifici in legno massiccio, caratterizzata dall'impiego di tronchi sovrapposti orizzontalmente e incastrati agli angoli. Questa metodologia costruttiva offre numerosi vantaggi, tra cui:

- **Robustezza e Durabilità:** Le strutture Blockhaus sono note per la loro solidità e longevità, risultando particolarmente adatte a resistere alle intemperie e alle sollecitazioni ambientali.
- **Isolamento Termico e Acustico:** L'elevato spessore degli elementi in legno garantisce eccellenti proprietà isolanti, contribuendo al comfort abitativo e all'efficienza energetica dell'edificio.
- **Resistenza Sismica e al Fuoco:** Le costruzioni in legno massiccio presentano una buona resistenza agli eventi sismici e, contrariamente a quanto si possa pensare, offrono una notevole resistenza al fuoco grazie alle caratteristiche intrinseche del legno.
- **Rapidità di Realizzazione e Costi Contenuti:** Il sistema Blockhaus consente tempi di costruzione ridotti e un abbattimento dei costi di manodopera, rendendo questa soluzione economicamente vantaggiosa.

Isolpan S.r.l. applica il sistema Blockhaus nella realizzazione di case prefabbricate in legno, personalizzando i progetti secondo le esigenze dei clienti e garantendo elevati standard qualitativi.

Inoltre, l'azienda possiede un consolidato know-how nel settore delle piccole costruzioni in legno, che la rende particolarmente qualificata per sviluppare soluzioni abitative temporanee destinate a contesti emergenziali.

Azienda

INFORMAZIONI

Riferimenti:

<https://caseinbioedilizia.it/>



Fig. Realizzazione in Blockhaus dell'azienda

ISOLPAN SRL

Palermo, Isola delle Femmine

PRODUZIONI - SISTEMA A TELAIO

Isolpan S.r.l. applica il sistema costruttivo a telaio con particolare attenzione alla personalizzazione dei progetti, garantendo elevati standard qualitativi. Ogni realizzazione è adattata alle specifiche esigenze dei clienti, con l'obiettivo di unire efficienza energetica, comfort abitativo e sostenibilità ambientale. La lunga esperienza dell'azienda nel settore delle costruzioni in legno, unita alla precisione dei processi produttivi, consente di proporre soluzioni tecniche all'avanguardia, ideali per un'edilizia responsabile e duratura.

Il sistema costruttivo a telaio, noto anche come Platform Frame, è una delle soluzioni più utilizzate per la realizzazione di edifici in legno grazie alla sua versatilità e leggerezza strutturale. Questo metodo prevede la costruzione di un telaio portante in legno massiccio, assemblato con elementi di dimensioni standardizzate e chiuso su entrambi i lati con pannelli. L'intercapedine centrale, riempita con materiali isolanti, garantisce elevate prestazioni termoacustiche e un significativo risparmio energetico. L'applicazione di specifici teli protettivi all'interno e all'esterno delle pareti assicura la tenuta all'aria e al vapore, migliorando la traspirabilità e prevenendo la formazione di condensa.

La modularità e la leggerezza del sistema a telaio lo rendono ideale per la costruzione di edifici a più piani e per interventi di sopraelevazione su strutture esistenti. La prefabbricazione degli elementi, realizzata direttamente negli stabilimenti Isolpan, permette di ottimizzare i tempi di realizzazione e di ridurre i costi di manodopera. Inoltre, grazie al peso contenuto della struttura, è possibile intervenire anche su terreni con capacità portante limitata, facilitando sia il trasporto che l'assemblaggio in cantiere. Dal punto di vista delle prestazioni, il sistema a telaio offre un'ottima resistenza sismica e al fuoco, rispondendo ai più elevati standard di sicurezza richiesti dalle normative attuali. Le caratteristiche isolanti del legno e dei materiali coibenti utilizzati assicurano ambienti interni confortevoli e riducono il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici.

Azienda

INFORMAZIONI

Riferimenti:

<https://caseinbioedilizia.it/>



Fig. Realizzazione costruttivo a telaio dell'azienda

