



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design

Laurea Magistrale in architettura per il progetto sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

Emergenza Sostenibile?

Moduli e soluzioni
abitative in situazioni
di emergenza.

Progetto di unità abitativa
post-terremoto.

AUTORE:

Luca Margaira

DIRETTORI DI TESI:

Relatore: Prof. Jean Marc Tulliani

Correlatore: Prof. Valentino Manni

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design

Laurea Magistrale in architettura per il progetto sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale



AUTORE:

Luca Margaira

DIRETTORI DI TESI:

Relatore: Prof. Jean Marc Tulliani

Correlatore: Prof. Valentino Manni

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Professor Jean Marc Christian Tulliani e il Professor Valentino Manni, rispettivamente relatore e correlatore di questa tesi, per avermi seguito pazientemente e costantemente durante tutto il percorso di elaborazione fornendomi preziosi consigli.

Ringrazio calorosamente la mia famiglia, i miei genitori Marco, Luisa e mio fratello Andrea per essere sempre stati al mio fianco. Li ringrazio per tutti i sacrifici che hanno fatto per permettermi di arrivare fino qui insegnandomi i veri valori della vita.

Un ringraziamento particolare va alla mia fidanzata Alice, per avermi sempre supportato in ogni scelta o decisione difficile dandomi la forza di portare a termine ogni mio progetto.

Successivamente ringrazio tutti gli amici di Villar Dora e dell'Oratorio in cui sono cresciuto, i quali mi hanno permesso di vivere esperienze uniche e irripetibili.

Grazie agli amici dell'università, che sin dal primo anno hanno percorso con me il lungo e duro cammino verso l'architettura regalandomi momenti di formazione e di svago indimenticabili.

Voglio ringraziare mio zio Lorenzo per aver contribuito alla mia formazione sul campo, insegnandomi le basi utili per un futuro lavoro dettate da professiona-

lità e sacrificio.

Grazie a mio zio Giorgio per avermi aiutato a crescere sotto numerosi aspetti, per essere sempre stato un esempio da seguire.

Un grosso grazie ai miei nonni che sin da piccolo hanno influenzato la mia crescita e continuano a farlo tutt'ora.

Desidero ringraziare tutte le persone che mi hanno permesso di entrare nel mondo del lavoro, Fabrizio, Tiziano, Marco, Luisella, Pier Maurizio e Gabriella, soprattutto per avermi dedicato tempo e spazio utile al mio percorso di formazione, sostenendomi e affidandomi responsabilità.

Ringrazio la piccola Beatrice per avermi aiutato ad illustrare la tesi con i suoi disegni.

In conclusione ringrazio ancora tutti gli amici e parenti con cui ho legato in questi 25 anni e le persone che hanno creduto in me fino alla fine, permettendomi di arrivare a questo importante traguardo.

Indice

Premessa..... 10

Parte 1 – Esempi nel mondo..... 22

I CONTAINER..... 22

Container Guest House..... 25

Manifesto House..... 28

Container Micro-House Project..... 31

Container Temporary Housing..... 33

ContainHotel..... 35

RICICLO DI BOTTIGLIE DI PLASTICA..... 38

Casa de Botellas..... 40

Home₂O..... 43

Ecodomum pannelli di plastica..... 49

Brick mattoni in plastica..... 52

CASE DI PAGLIA..... 54

E.V.A. Eco Villaggio Autocostruito..... 58

CASSETTE DI LEGNO..... 64

Brikawood..... 67

Steko..... 71

MODULI ABITATIVI IN BAMBU' 74

Blooming Bamboo House..... 76

MODULI ABITATIVI IN CARTONE..... 83

Paper Log House..... 85

Opod Tube House..... 90

Parte 2 – Progetto di un modulo abitativo per emergenza..... 92

REQUISITI DEL MODULO D'EMERGENZA.....	95
Antisismicità.....	95
Praticità di montaggio e smontaggio.....	97
Modularità e aggregabilità.....	101
Adattabilità, flessibilità e integrabilità.....	103
Sicurezza.....	103
Qualità di vita.....	104
Sostenibilità ed ecocompatibilità.....	105
 STUDIO DELLA FONDAZIONE.....	 109
Isolamento dal suolo.....	110
Forma e tipologie di appoggi.....	112
Antisismicità nelle fondazioni.....	116
 LA STRUTTURA.....	 126
Riflessioni sul sistema costruttivo.....	127
 CONCEPT DI PROGETTO E PIANTE.....	 130
Concept di progetto.....	132
Piante e disposizione interna.....	138
Determinazione dell'elemento modulare.....	145
 LA SCELTA DEI MATERIALI.....	 149
Criteri di selezione.....	149
Il legno.....	151
L'isolante.....	162

IL BLOCCO C.U.B.E.....	165
Forma e incastro.....	168
Verifica del peso e dei parametri prestazionali.....	174
Metodo costruttivo con blocco C.U.B.E.....	177
I "componenti speciali".....	183
Rapporto con i serramenti.....	186
 LA COPERTURA.....	 187
 IMPIANTISTICA.....	 192
La pompa di calore.....	192
Il fotovoltaico.....	194
 ELABORATI GRAFICI.....	 197
 Conclusioni	 211
 Allegati	 213
 Bibliografia	 215
 Sitografia e fonti immagini	 218

Premessa

La casa può essere definita come una qualsiasi costruzione eretta dall'uomo per propria abitazione, più propriamente il complesso di ambienti, costruiti in muratura, legno, pannelli prefabbricati o altro materiale, riuniti in un organismo architettonico rispondente alle esigenze particolari dei suoi abitanti e in grado di proteggere dagli agenti atmosferici.

A questa definizione si possono aggiungere numerose integrazioni e sfaccettature che porterebbero ad un concetto di "casa" più completo, ma strettamente influenzato dall'epoca di riferimento. Basta pensare all'evoluzione della casa nel corso dei secoli: inizialmente concepita come riparo da agenti atmosferici e animali, passando per un tipo di abitazione composta da ambienti essenziali e necessari alla vita di tutti i giorni, per poi arrivare al concetto di "casa moderna" che oggi conosciamo, legato al comfort/benessere del fruitore, all'importanza del design esterno ed interno, alla creazione di ampi spazi vivibili durante il giorno e sempre più attenzione alla progettazione legata ai dettagli. Anche la sicurezza ha acquisito notevole importanza, tanto da rendere la "casa" un luogo esclusivo, con rispetto per la privacy e sistemi anti-intrusione per poter proteggere i propri beni.

Tutti questi fattori, sommati all'esperienza e alle emozioni, portano ad una visione della casa che può essere paragonata ad un nido: un luogo caldo, accogliente in grado di

proteggere da pericoli esterni, un luogo in cui poter generare il proprio nucleo familiare e farlo crescere, una sicurezza ed un riferimento dove poter rientrare ogni giorno.

Ma cosa succederebbe se questo riferimento venisse a mancare?

Rimanendo sul territorio italiano, nell'ultimo decennio, si è incrementata la necessità di predisporre una collocazione più o meno definitiva per far fronte alle numerosissime richieste di aiuto da parte di sfollati. Le cause principali di queste situazioni di emergenza sono catastrofi naturali come terremoti di elevata entità, frane, alluvioni, ma anche fenomeni di migrazione di persone richiedenti asilo, specialmente dalla zona Nord africana in direzione Italia meridionale.

L'Italia si trova così a dover gestire enormi flussi di migranti da soccorrere, sfamare e alloggiare.

In un primo momento, dal 2002, sono state istituite delle strutture ricettive in grado di accogliere chiamate CDI (Centri di Identificazione), successivamente disciplinate dal Dpr. 303/2004 e dal D.Lgs. 25/2008 hanno preso il nome di CARA (Centri di Accoglienza Richiedenti Asilo). Tali centri sono chiamati ad ospitare i richiedenti asilo ammessi, o comunque presenti, sul territorio nazionale in attesa dell'esito della procedura di richiesta della protezione interna-

zionale.

In base alla normativa vigente, all'ingresso del CARA lo straniero riceve un attestato nominativo che certifica il suo status di richiedente asilo e di ospite del centro. Il periodo di accoglienza non dovrebbe superare i 35 giorni, oltre i quali il richiedente asilo dovrebbe ricevere un permesso di soggiorno della durata di tre mesi, rinnovabile di tre mesi in tre mesi fino alla definizione della richiesta di asilo. Di fatto, a causa dei ritardi delle Commissioni territoriali nella definizione delle domande di protezione internazionale ricevute, i tempi di permanenza superano in genere i sei mesi.

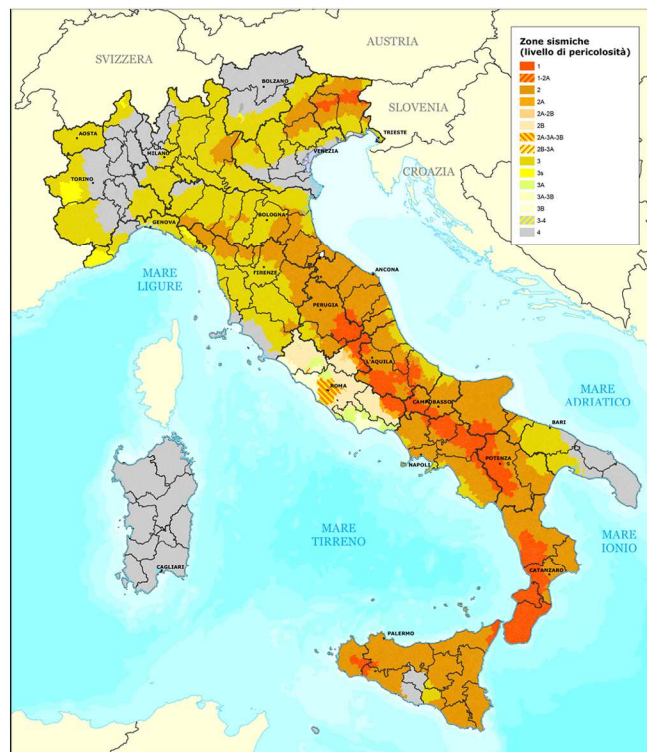
Attualmente, i CARA attivi sul territorio italiano sono 10, di cui alcuni fungono anche da Centri di Accoglienza rendendo difficile il conteggio dei posti effettivamente disponibili per i richiedenti asilo, tuttavia possiamo reperire alcuni dati dal sito ufficiale dell'Osservatorio Migranti e scoprire che il numero di posti letto totale è 4079¹.

Molti Centri sono stati modificati e adeguati a causa dell'intensificazione della migrazione dal 2011 in poi, ma purtroppo il numero di posti letto destinati ai richiedenti non è sufficiente per soddisfare il bisogno totale.

Si tratta di decine di migliaia di persone che devono essere sistemate in un alloggio temporaneo (per alcuni i tempi si allungano di molto) in breve tempo, poiché gli sbarchi sul territorio italiano continuano senza tregua ad

aumentare.

Il Presidente della Commissione Ue Ars Francesco Musot-



F1. Classificazione sismica al 2015

1. Fonte www.osservatoriomigranti.org

to in occasione della riunione del Comitato delle Regioni d'Europa del 31 marzo 2011 sottolinea la gravità dell'emergenza sfollati: *"Non posso esimermi oggi dal sottolineare la gravità della situazione ed esprimere la mia amarezza per come l'Unione Europea stia affrontando questa ennesima emergenza umanitaria. A Lampedusa, uno sfollato su tre non ha accesso a cibo, molti dormono in strada in condizioni igienico-sanitarie a dir poco precarie, con rischio di epidemie, e la popolazione locale ha cominciato a mostrare legittimi sentimenti di insofferenza..."*.

Di fronte a questo problema è evidente che i costi per poter sopperire a tutte le esigenze sono di un valore spropositato, inoltre gli spazi destinati all'installazione di nuovi blocchi abitativi e/o centri di accoglienza diventano sempre più affollati e rischiano di diventare delle zone emarginate paragonabili a dei veri e propri "ghetti".

L'altra situazione problematica che interessa il territorio italiano è dovuto principalmente ai fenomeni naturali. Oltre ad alluvioni e frane dovute al maltempo, la natura sismica del nostro Paese, soprattutto nella catena appenninica, comporta un susseguirsi di scosse di entità più o meno elevata provocando enormi danni a edifici e abitanti.

Il numero di sfollati varia a seconda della potenza del sisma, di seguito vengono riportati alcuni dati sugli ultimi terremoti di scala maggiore.

TERREMOTI PRINCIPALI NELL'ULTIMO DECENNIO:

Terremoto dell'Aquila 2009

Vittime: 309²

Sfollati: 65.000³ - 80.000⁴ circa

Scossa del 6 aprile 2009: L'Aquila e conca aquilana

Al 9 agosto 2009: secondo la Protezione Civile gli sfollati erano 48.818, di cui 19.973 presso 137 tendopoli (in 5.029 tende), 19.149 in alberghi e 9.696 presso case private. A questi vanno aggiunte 273 persone presenti in 9 campi spontanei.

Al 14 novembre 2009: il numero degli sfollati risultava pari a 21.874, di cui 671 in 17 tendopoli, 13.224 presso strutture alberghiere (delle quali 8.832 fuori della provincia dell'Aquila) e 7.979 in case private. Vi sono poi 4.764 persone che hanno avuto una sistemazione nelle C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili Ecocompatibili) e 480 nei M.A.P. (Moduli Abitativi Provvisori)

Al 22 gennaio 2010: il numero degli sfollati risultava pari a

2. Fonte www.corriere.it e "Il Messaggero"

3. Fonte www.asca.it

4. Fonte www.ansa.it



10.128, di cui 1.123 nelle caserme di Coppito e Campomizzi, 8.905 presso strutture alberghiere (delle quali 6.195 fuori della provincia dell'Aquila) cui vanno aggiunte le 12.056 persone che hanno avuto una sistemazione provvisoria nelle C.A.S.E. e le 2.362 che l'hanno avuta nei M.A.P.

Il 1° dicembre 2009, a quasi otto mesi dal sisma che ha sconvolto la provincia dell'Aquila, sono state chiuse ufficialmente tutte le tendopoli allestite per gestire l'emergenza: le ultime 13 persone che vivevano ancora nelle tende sono state infatti sistemate in alberghi e nella caserma Campomizzi all'Aquila. Sempre alla stessa data, risultavano circa 18.000 persone distribuite tra alberghi e case private nell'Aquilano e nelle altre province, oltre 1.500 ospitate tra la Scuola della Guardia di Finanza di Coppito e la caserma Campomizzi, altre 6.700 nelle abitazioni antisismiche del progetto C.A.S.E. e oltre 600 nei moduli abitativi provvisori (M.A.P.) nei paesi della provincia dell'Aquila.

All'Aquila sono state presentate da parte di residenti o domiciliati circa 12500 domande per il contributo di autonomia sistemazione, un sussidio previsto dal governo, per coloro che hanno provveduto a trovarsi autonomamente una sistemazione senza utilizzare le strutture messe a disposizione della protezione civile.

Al 6 aprile 2010, un anno dopo il terremoto, risultavano secondo le ultime stime 14.462 aquilani negli appartamenti del progetto C.A.S.E., altri 2.053 nei M.A.P., mentre più di 3.000 cittadini si sarebbero affidati al circuito dei fondi immobiliari dell'assistenza, dei contratti concordati, e 27.316 che hanno invece scelto la sistemazione autonoma presso amici e parenti.⁵

Terremoto dell'Emilia 2012

Vittime: 27

Sfollati: 15.000⁶ circa

- Scossa del 20 maggio 2012: Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Bologna e Rovigo
 - Scossa del 29-31 maggio 2012: Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia, Bologna e Rovigo
- Sfollati sistemati in tendopoli e poi alloggiati in M.A.P.

Terremoto centro Italia 2016/17

Vittime: 299⁷

Sfollati: 30.000⁸ - 40.000⁹ circa

- Scossa del 24 agosto 2016: Amatrice, Norcia, Visso
- Scossa del 26 ottobre 2016: Provincia di Macera-

5. Dati e numeri reperiti dal sito www.protezionecivile.gov.it

6. Fonte www.repubblica.it

7. Fonte www.lastampa.it

8. Fonte www.repubblica.it

9. Fonte www.lastampa.it



ta di Visso, Ussita e Castelsantangelo sul Nera

- Scossa del 30 ottobre 2016: Norcia, Preci
- Scossa del 18 gennaio 2017: Montereale, Capitignano e Cagnano Amiterno.

Nei mesi seguenti, i sindaci del cratere hanno denunciato la presenza di un'eccessiva burocrazia che ha rallentato la ricostruzione. A dieci mesi dalla prima scossa, infatti, erano state consegnate solo 400 "casette" (S.A.E., soluzioni abitative d'emergenza) sulle 3800 richieste, mentre il 92% delle macerie attendeva ancora di essere rimosso.¹⁰

Di fronte a numeri di sfollati così elevati le decisioni devono essere rapide, ma allo stesso tempo non affrettate e accurate, per poter garantire servizi e alloggiamenti necessari mediando tra costi, tempistiche, qualità dei lavori e risultato finale.

Normalmente nel periodo post-sisma si procede organizzando spazi, ripari temporanei e servizi; nel caso del terremoto dell'Aquila (2009) l'iter di sistemazione prevedeva:

Terremoto → Periodo temporaneo in tenda → Periodo semi-temporaneo in "New Town"

¹⁰. Dati e numeri reperiti da vari articoli su www.repubblica.it



Per affrontare l'inverno, visto il grande ritardo organizzativo, è stato necessario predisporre una variante:

Terremoto → Periodo temporaneo in tenda → Periodo temporaneo in container → Periodo semi-temporaneo in "New Town"

Purtroppo la condizione di emergenza tende a far aumentare i prezzi da parte dei fornitori di container e delle imprese costruttrici. Quando ogni tipo di aiuto diventa prezioso e bisognerebbe venirsi in contro tra associazioni, professionisti e lavoratori, accade sempre il contrario portando ad un aumento di prezzo e sempre più persone pronte ad arricchirsi.

Se andiamo ad analizzare i costi dei principali moduli abitativi troviamo moduli S.A.E. (Soluzioni Abitative d'Emergenza) del 2016 e moduli M.A.P. (Moduli Abitativi Provvisori) del 2009, oltre al progetto C.A.S.E. delle "New Town" volute fortemente da Berlusconi e Bertolaso per risolvere la questione L'Aquila 2009. Sono da aggiungere, inoltre, gli alloggi ricavati nei Container per sistemazione temporanea. Il prezzo al metro quadro per le nuove S.A.E. è di 1.075 € (contratto Consip del 25 maggio 2016 per "fornitura, trasporto, montaggio di S.A.E. – soluzioni abitative in emergenza"). Il costo supera il valore di tutti i tipi di edifici nuovi e

in muratura nella provincia di Rieti e nella zona di Amatrice prima del terremoto:

- 990 €/m² un appartamento
- 840 €/m² una casa di edilizia economica
- 1.000 €/m² una villa

Quotazioni immobiliari che nei paesi appena al di fuori dell'area del disastro scendono a:

- 790 €/m² un appartamento
- 740 €/m² una casa economica
- 840 €/m² una villa in ottime condizioni¹¹

Considerando che le unità immobiliari previste hanno 3 tipologie di pianta con diversa superficie, in base alla grandezza del nucleo familiare, possiamo stimare i costi a corpo di ogni unità:

- con superficie di 40 m² → 43.000 € + IVA
- con superficie di 60 m² → 65.000 € + IVA
- con superficie di 80 m² → 86.000 € + IVA

11. Dati "Agenzia del territorio"



Il costo delle case che dovranno accogliere gli sfollati di Amatrice, Accumoli, Arquata e Pescara del Tronto, dunque, ammonterà tra 43.000 e 86.000 €, a seconda della grandezza, più l'iva. Mentre il dato delle M.A.P, le casette costruite all'Aquila dopo il terremoto del 2009 e al centro di infinite polemiche, parla di un costo per unità di 68.599 €, ma in quel caso l'iva era già inclusa. Paragonando i costi dei due terremoti, a distanza di 7 anni, si può notare come il prezzo dell'emergenza si stia innalzando raggiungendo, nella maggior parte dei casi, valori surreali.

L'altro termine di paragone è il tempo di consegna, nel terremoto dell'Aquila ad un minore costo corrispondeva comunque un tempo di consegna più breve rispetto al sisma del centro Italia. Per quest'ultimo si parla di circa sette mesi per consegnare le case agli sfollati, periodo che comprende produzione, allestimento terreno individuato e urbanizzato dai comuni.

Le tempistiche si allungano perché gli enti coinvolti sono diversi e devono rapportarsi con ditte e imprese differenti. La consegna delle case S.A.E. e M.A.P. compete alle ditte selezionate mediante i bandi di concorso, mentre gli allacciamenti e le opere di urbanizzazione restano in mano alle amministrazioni locali.

CONFRONTO DEI COSTI DELLE ABITAZIONI TEMPORANEE NEGLI ULTIMI TERREMOTI

COSTO S.A.E. AMATRICE: sopra 90.000 €
(IVA inclusa)

COSTO M.A.P. L'AQUILA: 68.000 €
(IVA inclusa)

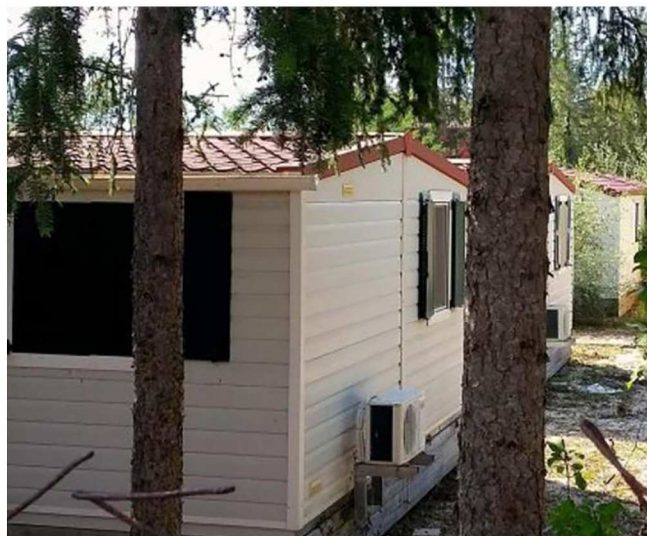
COSTO CONTAINER "CHALET SU RUOTE": 12.000 €
(modello base e poi a crescere)

Per sopperire ai ritardi previsti, alcune associazioni come la Caritas Italiana o Associazioni ONLUS hanno deciso di ordinare casette prefabbricate da donare agli sfollati. L'unico problema è dovuto allo spazio previsto per i collocamenti, se le istituzioni dovessero decidere di farle smontare o spostare gli abitanti sarebbero costretti ad eseguire gli ordini secondo i canoni organizzativi.

In casi di emergenza l'organizzazione è fondamentale per creare un sistema ordinato, con connessioni, infrastrutture temporanee, spazi comuni e servizi. Bisogna attenersi strettamente alle indicazioni e ai regolamenti forniti dagli enti di competenza, i quali possono modificare regolamenti edilizi, permessi e standard a seconda della gravità di un evento. Ad esempio la costruzione di edifici "fai da te" viene proibita, poiché si violerebbe il Piano Regolatore e per non incombere in una situazione confusionaria che potrebbe trasformarsi in una corsa di abusivismo senza criterio in cui le leggi e le restrizioni vengono cancellate totalmente. Vengono stabiliti, dunque, lotti appositi per la collocazione di tende, di container e di case S.A.E.

L'ultimo elemento da prendere in considerazione è sicuramente la qualità del lavoro svolto dalle imprese e dei materiali da costruzione.

Le case prefabbricate scelte dai consiglieri tecnici provo-



F2. Una casetta prefabbricata donata dalle associazioni ONLUS di volontari per alloggiare alcuni sfollati, ma fatta smantellare dal Comune perché viola il Piano Regolatore risultando abusiva anche se su terreno di proprietà. Collocamento nei pressi di Amatrice.



F3. Moduli M.A.P. installati a L'Aquila dopo il sisma del 2009



F4. Moduli abitativi del progetto "C.A.S.E.", condomini dell'Aquila dopo il sisma del 2009

cano uno strascico di costi incontrollabili: partendo dagli indennizzi per gli espropri dei terreni alla spesa per le piattaforme di cemento armato su cui costruire i quartieri di legno, dalle opere urbanistiche definitive all'inutile distruzione di territorio, fino ad arrivare alla desertificazione dei paesi. Migliaia di sfollati sono stati trasferiti su terreni isolati fuori paese, lasciando così i centri storici spopolati e in attesa di essere ripuliti dalle macerie per una futura ricostruzione. Ricostruzione che potrebbe arrivare molto più tardi rispetto ai pronostici, poiché le risorse si stanno pian piano esaurendo facendo variare gli obiettivi preposti. In altre parole, le casette provvisorie sono diventate definitive. Molte polemiche emergono riguardo l'uso dei 493,8 milioni del fondo europeo di solidarietà nella costruzione dei con-

domini in cartongesso del progetto "C.A.S.E." dell'Aquila, perché si tratta di opere definitive e non di emergenza, e delle casette di legno "M.A.P.", per la scarsa qualità dei materiali forniti, in alcuni casi tossici, e gli errori di realizzazione che hanno già provocato qualche incendio.

La scelta dei materiali e della tipologia edilizia per i moduli di emergenza è molto importante perché:

- permette di accorciare/allungare i tempi di costruzione/consegna
- influisce sulla durabilità dell'edificio
- garantisce uno stile di vita del fruitore essenziale o buono
- garantisce una scarsa/buona resistenza ad eventuali fenomeni sismici



F5. Soluzioni abitative S.A.E. costruite nei pressi di Amatrice dopo il terremoto del centro Italia del 2016-17



F6. Soluzioni abitative ricavate dai container predisposte per il centro Italia dopo il sisma del 2016-17

- determina la qualità dell'opera stabilendo una frequenza di manutenzione bassa o alta.

Molti si chiedono come mai non sono stati utilizzati unicamente moduli trasportabili come container, essendo soluzioni ottimali per periodi temporanei: piccoli appartamenti mobili e riutilizzabili che non richiedono espropri, varianti al piano regolatore, permessi a costruire o piattaforme in cemento armato. Conclusa l'emergenza, le aree occupate ritornano al loro impiego precedente: parcheggi, campi sportivi, terreni coltivati. Una soluzione contemplata dalla legge, che affida alla Protezione civile soltanto opere provvisorie. Ma non dai protocolli del dipartimento nazionale.

Ci troviamo, dunque, ad affrontare un argomento molto delicato in cui bisogna mediare tra costi, qualità e tempistiche per ottenere il miglior risultato possibile.

Tra scandali, appalti, polemiche, critiche e conseguenze disastrose, la domanda sorge spontanea: possiamo fare meglio di così? Esiste un tipo di soluzione sostenibile da adottare in caso di emergenza?

Parte 1 - Esempi nel mondo

Emergenza nel mondo: soluzioni e tipologie di moduli abitativi esistenti

Per capire fino in fondo se esiste un metodo costruttivo migliore di un altro, se esiste un materiale in grado di essere performante, resistente ed economico allo stesso tempo, dobbiamo svolgere una ricerca di soluzioni adottate già sperimentate e studiate, allargando il campo di ricerca anche in Paesi esteri dove le catastrofi hanno creato numerosi problemi di ricostruzione e alloggiamenti.

I CONTAINER

Ci sono molte ragioni che portano alla scelta del "Container" come base di partenza per un modulo abitativo d'emergenza. Negli ultimi anni gli studi e le tecniche di costruzione con questo materiale sono stati numerosissimi. Essendo una soluzione abitativa alternativa rispetto ai tradizionali elementi costruttivi ha suscitato in molti la curiosità di vedere fino a che punto può essere utilizzato, senza forzature, nel campo dell'architettura.

Questi contenitori hanno molte caratteristiche che li rendono convenienti per l'uso in architettura.

Sono prefabbricati, in serie, economici e mobili. Sono compatibili con ogni sistema di trasporto, sono facilmente accessibili in tutto il mondo. Sono forti e resistenti, pur essendo durevoli e impilabili. Sono modulari, riciclabili e riutilizzabili. Risultano, inoltre, poco costosi rispetto all'insieme di materiali da costruzione attuali, poiché sono disponibili in grandi quantità in tutto il mondo. Il motivo principale per cui ci sono così tanti container non utilizzati è dovuto alla natura dell'industria marittima. La maggior parte delle merci mondiali sono prodotte in Estremo Oriente e spedite in Occidente, quindi i Paesi occidentali hanno depositi maggiori rispetto a quelli orientali.

Costa circa 900 dollari spedire un contenitore vuoto da dove proveniva, il che significa che di solito è più facile acquistare un nuovo contenitore nel Paese d'origine piuttosto che spedirli dai Paesi occidentali.¹² Ciò ha portato a centinaia di migliaia di contenitori vuoti e inutilizzati che gli operatori portuali sono più che felici di vendere a prezzi bassi.

Un altro incentivo ad utilizzare contenitori per alloggi è perché la loro modularità si presta ad una costruzione più economica e più facile. L'assemblaggio di due o più container affiancati tra loro, o impilati per più piani, risulta più

12. Fonte: *Container Architecture*, Jure Kotnik, 2008

immediato e di semplice esecuzione.

Per quanto riguarda l'esecuzione dei lavori, la maggior parte dei processi di lavorazione viene eseguita in stabilimenti idonei senza dover ricorrere a modifiche in loco, riducendo il costo della manodopera in cantiere e creando un modulo quasi totalmente prefabbricato.

Si può avere una produzione in serie applicando un progetto abitativo a più container elaborando così un "container tipo" con superficie prestabilita, ma che può essere ampliata occasionalmente tramite lo stesso sistema modulare.

Generalmente per la posa di blocchi o contenitori non si usa predisporre grossi scavi per fondazioni o modifiche nel sottosuolo, in qualche caso può essere gettata una sottile piastra in c.a. per poter collocare in piano i vari blocchi abitativi.

Tuttavia, vi sono alcuni difetti che possono essere un'importante insidia per l'applicazione in architettura.

Prima di tutto, la leggerezza del blocco metallico è dovuta ad una parete sottile ondulata su ogni lato del parallelepipedo, che da un lato comporta resistenza ma dall'altro risulta troppo esile per poter isolare l'ambiente interno da quello esterno, sia termicamente che acusticamente. Necessita così, di un aumento di spessore per mezzo di iso-

lanti.

Se analizziamo la forma del contenitore, notiamo come sia paragonabile ad una scatola chiusa, priva di aperture, fori, passaggi, eccetto il lato apribile per il carico e scarico delle merci. Un ambiente cieco che deve essere modificato per poter garantire il giusto ricambio d'aria interno e la penetrazione di luce naturale per una corretta vivibilità. Il superamento di queste carenze è la chiave per convertire con successo i container in ambienti di vita abitabili.

Riassunto dei PRO e CONTRO sull'utilizzo dei Container

PRO	CONTRO
Prefabbricati	Poco isolati
Mobili	Non insonorizzati
Economici	No aperture (scatola chiusa)
Accessibili in tutto il mondo	Estetica discutibile (non convince)
Forti e resistenti	Va trattato contro la corrosione
Modulari	
Componibili e assemblabili	
Riciclabili	
Riutilizzabili	

Vediamo ora qualche esempio sull'utilizzo dei container in edilizia, partendo da abitazioni tradizionali per poi arrivare al vero e proprio modulo abitativo di emergenza.

CONTAINER GUEST HOUSE

Poteet Architects

San Antonio, Texas (USA), 2010.

L'obiettivo di questo progetto era adottare una strategia sostenibile cercando di riciclare un container "unidirezionale" per un uso nuovo e permanente. Il blocco si presenta come un ambiente lungo e stretto di dimensioni standard. La casetta-contenitore posizionata nel giardino vuole diventare una casetta estiva tipo *dépendance*.

All'esterno sono state apportate poche modifiche per mantenere l'aspetto originario che caratterizza i container: lamiera metallica ondulata, portelloni di apertura sul lato corto e qualche scritta di produzione. Si potrebbe benissimo mascherare la "pelle esterna" del contenitore, ma la scelta di mantenerla simile all'originale vuole essere un punto focale del progetto.

Le aperture sono state ricavate intagliando il telaio metallico e installando serramenti vetrati. Come in tutti i container, le pareti completamente chiuse devono essere modificate per garantire il passaggio di luce naturale e il corretto ricambio dell'aria degli ambienti interni, in questo



caso sono state inserite ampie pareti vetrate con porta scorrevole verso l'esterno per poter godere di una vista sul giardino.

Il tetto è stato predisposto come tetto-giardino che viene irrigato tramite un impianto di riciclo di acqua proveniente da lavandino e doccia. Alcune piccole tettoie fungono da schermatura solare per le pareti vetrate fornendo ombra nelle ore più calde del giorno.

Le pareti interne sono isolate con schiuma a spruzzo poi foderata da pannelli di compensato di bambù, stesso metodo per la pavimentazione.

Gli ambienti interni sono:

- Magazzino (diviso dal resto degli ambienti)
- Studio/Zona relax
- Bagno

Un'altra scelta innovativa che subentra nel progetto: il contenitore "galleggia" su una base di pali telefonici in legno riciclati. Il palchetto rialzato dell'entrata è composto da pastiglie di apparecchiature HVAC (in bottiglie di soda riciclate) in un telaio in acciaio.







MANIFESTO HOUSE

Infiniski

Curacaví, Cile, 2009.

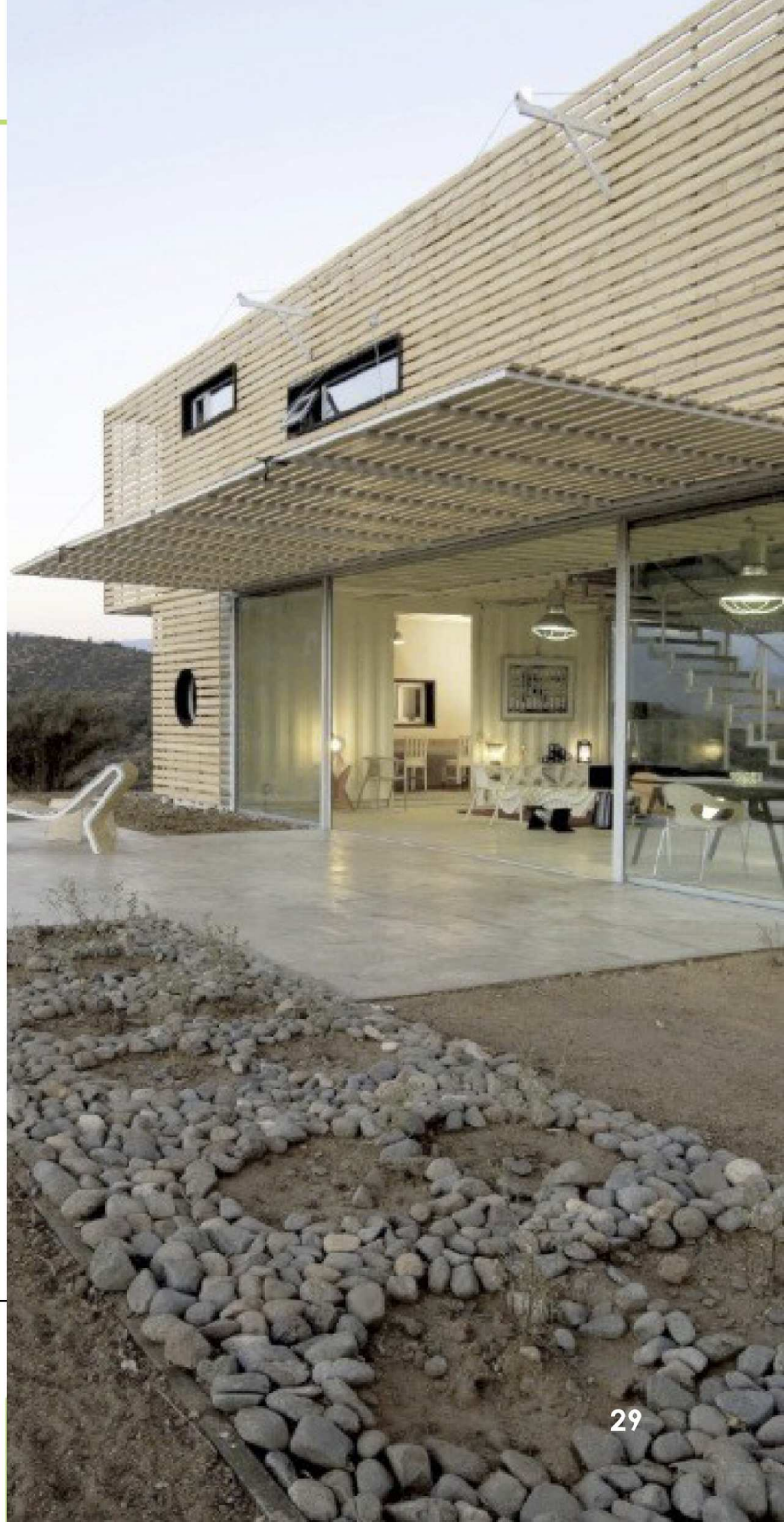
La casa del manifesto rappresenta un complesso di elementi ecosostenibili: progettazione bioclimatica, riciclo, sistemi costruttivi non inquinanti, integrazione delle energie rinnovabili. Il posizionamento della casa è stato studiato in modo che soddisfi il fabbisogno energetico dell'abitazione.

Il progetto è basato su un design modulare e prefabbricato che consente un metodo costruttivo più veloce e più economico. La casa, di 160 m² è divisa su due livelli e utilizza come struttura base 3 container marittimi riciclati uniti tra loro. Uno dei container è stato tagliato in due parti e al primo livello viene utilizzato come struttura di supporto per i container del secondo livello. Questa struttura a ponte crea uno spazio aggiuntivo oltre alla struttura del container, isolato con pannelli in vetro termoresistente. Di conseguenza, con soli 90 m² di container il progetto genera un totale di 160 m², ottimizzando e riducendo in modo significativo l'uso di materiali da costruzione supplementari.

Questa struttura mette al centro della progettazione l'energia, da cui dipendono una serie di fattori ed elementi costruttivi volti al miglioramento di essa. Inoltre contribuisce anche a trarre il massimo vantaggio dai dintorni della casa, dalla luce naturale e dalle viste del paesaggio. Per poter sfruttare al meglio il raffrescamento o il riscaldamento nelle diverse stagioni sono state adottate due tipi di coperture perimetrali che hanno funzione di "pelle" esterna:

- pannelli in legno provenienti da foreste sostenibili
- pallet movibili riciclati

Il pallet può aprirsi in inverno per consentire al sole di riscaldare la superficie metallica delle pareti del contenitore e chiudersi in estate per proteggere la casa dal calore. Sia gli esterni che gli interni utilizzano fino all'85% di materiali riciclati ed ecologici: cellulosa riciclata e sughero per l'isolamento termico, riciclati in alluminio, ferro e legno, proveniente da foreste sostenibili, pittura ecologica, ceramica di qualità ecologica. Grazie al suo design bioclimatico e all'installazione dei sistemi energetici alternativi la casa raggiunge il 70% di autonomia.





CONTAINER MICRO-HOUSE PROJECT

Yasutaka Yoshimura

Giappone, 2011.

L'Architetto giapponese Yasutaka Yoshimura ha ideato una soluzione abitativa per gli sfollati reduci dal terribile terremoto in Giappone nel 2011 e conseguente tsunami.

In breve tempo, cercando di contenere i costi, l'architetto ha creato un'unità abitativa composta da 2 container affiancati e prefabbricati.

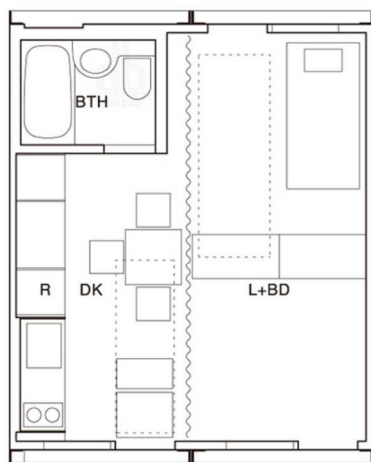
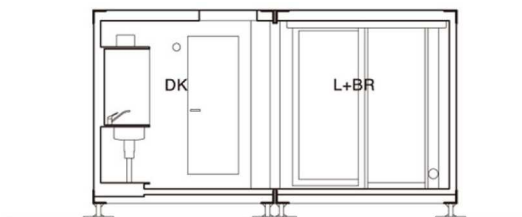
I moduli base, contenuti ciascuno in un singolo container di 3 x 6 m, ospitano rispettivamente la zona notte con servizi e la zona giorno con cucina: i due moduli combinati creano così un'abitazione per due persone di circa 36 m². Il progetto prevede la possibilità di ulteriori combinazioni, rispondendo alle esigenze delle diverse tipologie di famiglie. Vi è, inoltre, la possibilità di rendere permanente la soluzione abitativa inserendo un terzo blocco e ampliando così la superficie interna fino a 60 m², garantendo così uno spazio adeguato ad una buona vivibilità della casa. L'abitazione permanente ha un costo di circa 60.000 dollari mentre i moduli abitativi temporanei sono decisamente più economici

riducendo il prezzo di circa la metà. Sia il container che i materiali utilizzati per le finiture sono estremamente green, trattandosi di riuso e/o riciclo.

Si possono tranquillamente collocare in qualunque luogo pianeggiante con uno spessore di fondazione che isoli e tenga rialzato il blocco; facilmente trasportabili, scomposti nei vari blocchi-container per mezzo di grossi camion o tir, vengono assemblati in loco con tecniche semplici ed immediate.



F7. Affiancamento di due container per creare un'unità abitativa per i terremotati del Giappone, 2011.



0 1 2M

F8. Pianta e sezione trasversale dell'unità abitativa



CONTAINER TEMPORARY HOUSING

Shigeru Ban

Onagawa, Miyagi (GIAPPONE), 2011.

Le soluzioni adottate in Giappone dopo il forte terremoto del 2011 sono un ottimo esempio per lo sfruttamento dei container. Per garantire un gran numero di alloggi si è scelto un tipo di costruzione a maniche rettangolari in pianta parallele tra loro. Ogni manica è composta da più container disposti a scacchiera in altezza creando un gioco di pieni e vuoti in facciata. Questa tecnica permette di aumentare la leggerezza del complesso e di creare spazi di pertinenza per i numerosi alloggi, andando ad inserire corpi scala e sostegni per la struttura.

La copertura leggera poggia direttamente sui blocchi di metallo garantendo continuità a tutta la manica.

L'unico vincolo da rispettare è l'altezza della costruzione: 2-3 piani al massimo per ottenere una resistenza sufficiente alle diverse sollecitazioni.

Possiamo paragonare questi alloggi a dei veri e propri condomini, in cui si possono collocare spazi privati, spazi comuni, servizi al pubblico senza interferire con la privacy

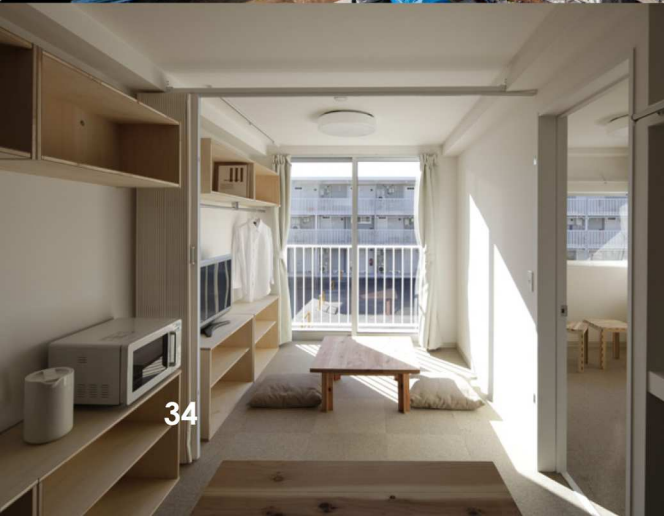
delle singole unità abitative ed avendo un buon livello di comfort abitativo negli ambienti interni.

Ogni container è chiaramente modificato precedentemente, tramite lavorazioni volte al miglioramento della qualità di vita, come: inserimento di ampie finestre apribili e serramenti con prestazioni adeguate, aggiunta di uno strato di isolamento per migliorare la condizione termo-igrometrica dell'interno, rivestimento o ritinteggiatura dell'intero blocco, sistemazione della pavimentazione con predisposizione di cavedi per impianti basilari.

Nella maggior parte dei casi, ogni unità abitativa è composta da 2/3 container affiancati ai quali è stata rimossa la parete di contatto. Questo meccanismo crea una struttura composta dai container stessi che la rendono resistente anche in presenza di scosse sismiche.

Per quanto riguarda gli interni, è stato inserito un arredo minimal ricavato con materiali facilmente lavorabili, reperibili e a basso costo.

In totale, il Progettista Shigeru Ban ha fornito 189 unità abitative collocando i moduli in spazi prestabiliti dall'Amministrazione locale. Essendo strutture completamente a secco si ha il grande vantaggio di poter riutilizzare ogni container per successivi eventi catastrofici o in ogni caso per alloggi di emergenza.



CONTAINHOTEL

Studio Artikul

Litomerice (Rep. Ceca), 2015.

Uno dei progetti più suggestivi, utilizzato per ospitare nomadi e turisti nella regione della Boemia (Rep. Ceca), è sicuramente "ContainHotel".

Immerso in un ambiente naturale di pregio e meta di molti viaggi turistici, l'hotel spicca sulle rive del fiume Elba nella città di Litomerice.

La particolarità di questo complesso sta nella creazione di una struttura composita, flessibile e trasportabile. Per raggiungere questo obiettivo i progettisti hanno pensato di inserire alcuni container e di connetterli tra loro per formare un ambiente continuo dai tratti eleganti.

Tre corpi metallici sono stati trasportati e appoggiati su rotaie della ferrovia in disuso per non intaccare il terreno sottostante e per facilitare lo spostamento in senso orizzontale.

Due container hanno dimensioni standard di 6 x 2,5 m, mentre il terzo misura 12 x 2,5 m.

Il blocco più lungo è stato appoggiato sui due più corti creando una forma a ferro di cavallo sfruttando al piano terra

le due maniche corte e al piano primo la manica lunga con un ampio terrazzo panoramico condiviso.

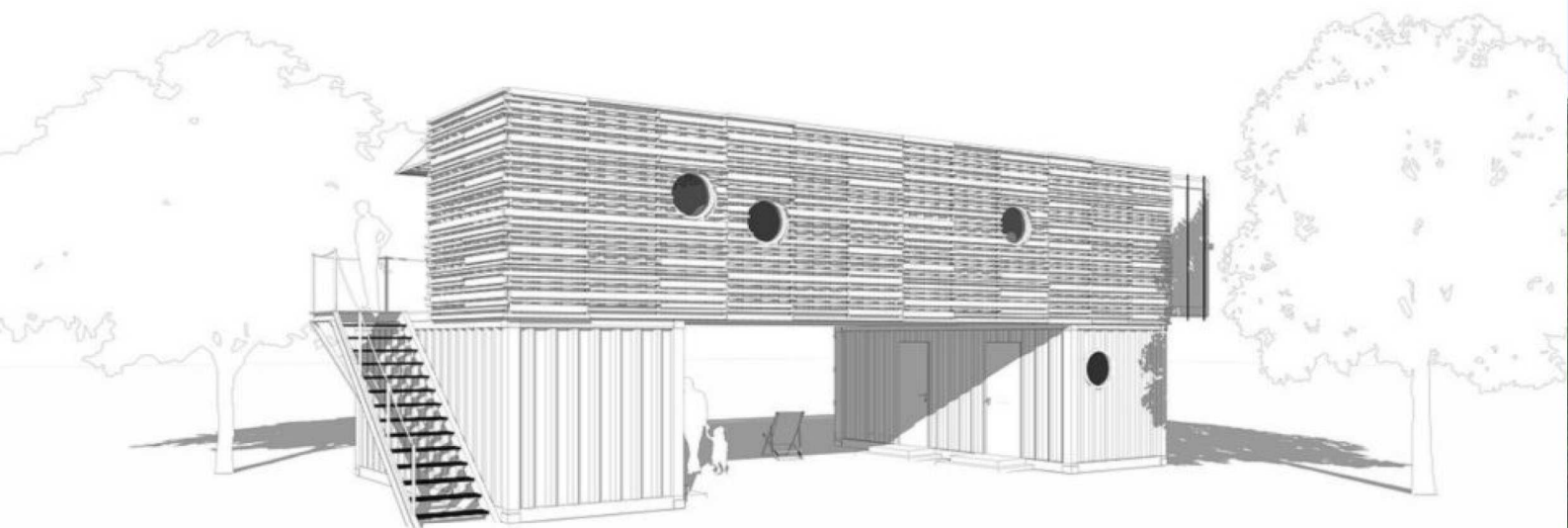
Le due maniche al piano terra ospitano rispettivamente un magazzino, un bagno, un vano tecnico e una stanza per 4 persone.

Al piano secondo troviamo, invece, 4 stanze più grandi che si affacciano sul terrazzo esterno.

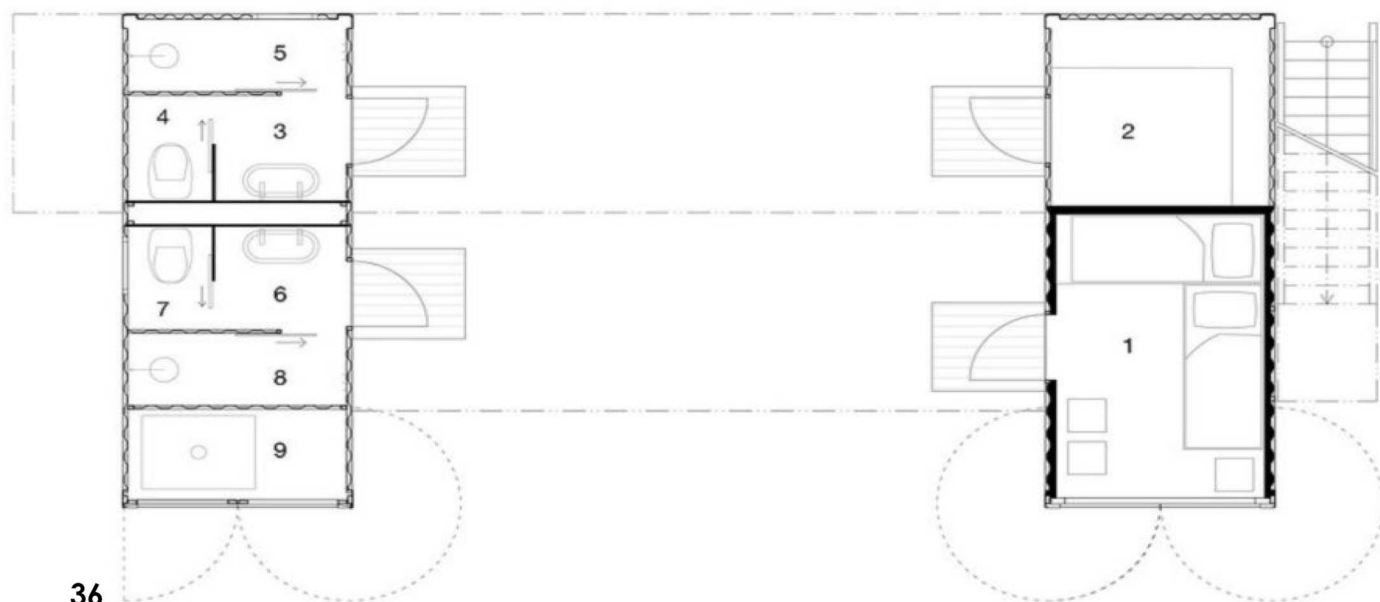
Per quanto riguarda le soluzioni adottate dallo Studio Artikul, sono state dettate da criteri di sostenibilità e di recupero. Ad esempio i rivestimenti interni delle pareti e alcune parti esterne a vista sono state ricoperte da compensato di betulla, i brise-soleil delle ampie vetrate sono stati realizzati con listelli di legno di recupero provenienti da scarti di segherie locali.

Anche l'illuminazione e il consumo responsabile dell'acqua contribuiscono alla buona riuscita del progetto a carattere sostenibile.

A livello estetico, la scelta di mantenere l'aspetto classico e caratteristico del container metallico viene ad essere uno dei principi fondamentali del progetto, che, unita ad una verniciatura di colore blu, a nuove finestre ad oblò ricavate sui lati, a corde e reti da pesca utilizzate come ringhiera e corrimano, formano un'atmosfera di linguaggio marittimo, in tema con lo sport praticato in quelle zone.



F9. Schizzo assonometrico e piante del complesso





RICICLO DI BOTTIGLIE DI PLASTICA

Se pensiamo di costruire un modulo abitativo con materiali facilmente reperibili, meglio se a km0 o quasi, riciclati o che si possano riciclare, non possiamo tralasciare il grosso problema dei rifiuti. Viviamo in una società basata sul consumismo, abituata a fornire sempre più prodotti senza curarsi del rispetto per l'ambiente, della sostenibilità. Solo negli ultimi anni, visti i gravi danni arrecati al nostro pianeta, si sta cercando di rimediare sia nel campo dello spreco che in quello del riciclo.

In molte parti del mondo uno dei rifiuti più abbondante, e di conseguenza il più pericoloso per il nostro pianeta, è la plastica. Rifiuto riciclabile nella maggior parte dei casi, ma presenta delle limitazioni per difficoltà di separazione delle diverse tipologie. Inoltre, additivi, coloranti e rivestimenti rendono più complicato il riciclo di questo materiale.

Secondo la teoria di Charles Moore (1997) si sta creando negli oceani un "settimo continente" composto da rifiuti di materie plastiche, considerando che il 10% delle plastiche prodotte nel mondo finisce in mare.

Ecco perché recuperare grandi quantità di plastica può contribuire al miglioramento della vita del pianeta e dell'uomo.

Costruire case con bottiglie di plastica è una tecnica originale e utile che permette di realizzare abitazioni ecologiche e antisismiche utilizzando uno dei materiali forse più facilmente reperibili a costo zero, in modo da ridurre anche l'impatto ambientale relativo allo smaltimento della plastica.

Ogni anno nel mondo, 2,4 milioni di tonnellate di bottiglie di plastica diventano spazzatura (una tonnellata corrisponde circa a 30.000 bottiglie), venendosi a creare, com'è noto, un notevole problema di smaltimento, ed è da decenni che si tenta di trovare soluzioni alternative per il riutilizzo della plastica delle bottiglie.¹³

Strutturalmente possiamo notare come un insieme di bottiglie, assemblate o affiancate attraverso alcune tecniche costruttive con strutture in legno o acciaio, costituisce un organismo molto più flessibile e deformabile (pur mantenendo un grado di rigidità minimo) rispetto alle tradizionali strutture in c.a. e mattoni, permettendo all'abitazione di assorbire le eventuali scosse sismiche e di rispondere meglio agli urti.

13. Fonte: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/plastica/case-bottiglie-ecologiche-868>

Riassunto dei PRO e CONTRO sull'utilizzo delle bottiglie di plastica riciclate

PRO	CONTRO
Leggerezza	Necessitano di un legante
Facilmente reperibili	Poche tecniche di assemblaggio
Praticità di assemblaggio	Non riutilizzabili se riempite
Prodotti di riciclo	Difficoltà dei "pacchetti a secco"
Trasparenti	
Buon isolante	

Vediamo ora qualche esempio sull'utilizzo delle bottiglie di plastica riciclate in edilizia, soffermandoci sulla tecnica costruttiva e alla risoluzione dei problemi di abitabilità.



F10. Casa de botellas vista dall'esterno

CASA DE BOTELLAS

Ingrid Vaca Diez

Bolivia, Messico, Argentina, Uruguay, 2000.

Casa de Botellas è una chiara dimostrazione di come si può avere rispetto dell'ambiente a costo zero.

"La Casa" è un'associazione che nasce nel 2000 in Bolivia grazie all'intraprendenza di un ex avvocato, Ingrid Vaca Diez.

Il progetto si basa su materiali poveri, di recupero, ma soprattutto su una grande solidarietà che spazia anche nell'edilizia per i disagiati.

L'idea è nata dalla costruzione sperimentale di Ingrid che, utilizzando bottiglie abbandonate nei pressi del suo cortile, è riuscita a costruire una casa di medie dimensioni completa in ogni suo aspetto. Questa metodologia consentiva anche alle persone povere della zona di avere una casa grande e con il minimo impiego di risorse.



F11. Casa de botellas lato ingresso

I materiali utilizzati nella Casa de Botellas, infatti, sono molto semplici: oltre alle bottiglie di plastica o di vetro, vengono usate anche scatole di Tetra Pack impastate con polvere di latte scaduto, olio di semi di lino, terra e vari composti argillosi o sabbiosi.

In base alle materie prime "povere" che si possono reperire nei pressi dei luoghi di insediamento l'associazione di Ingrid progetta moduli abitativi facilmente assemblabili e che coinvolgano le persone senza tetto in una costruzione "fai da te" guidata.

Sono ormai numerosi i progetti avviati dall'associazione, alcune soluzioni abitative sfruttano unicamente il riciclo di bottiglie di plastica, mentre altre hanno un tipo di materiale di riciclo misto con bottiglie di vetro, tetrapak e altro. Di norma una struttura reticolare viene usata per tenere insieme le bottiglie e gli impasti.

Può essere una casa più o meno definitiva, infatti può diventare anche nomade, ovvero si può scegliere di costruir-



F12. Particolare di muro e serramenti



F13. Vista del contesto in cui si inserisce la casa di bottiglie

la senza le fondamenta. La Casa si presenta, quindi, anche molto versatile, essendo comunque pensata e realizzata direttamente dal suo proprietario.

Quando si sceglie di utilizzare maggiormente bottiglie trasparenti in PET, il risultato è stravagante e inaspettato dal punto di vista estetico: giochi di luce e trasparenze sono la caratteristiche di maggior pregio, per gli ambienti interni si creano delle forme geometriche in rilievo che danno un effetto ottico piacevole alla vista.

Avendo a che fare con una popolazione povera, contenere i costi di materiali e processi costruttivi rappresenta l'obiettivo primario da raggiungere. Questa soluzione edilizia permette alla popolazione di avere delle degne abitazioni e di imparare anche un mestiere, oltre che ad attirare turismo.

L'impatto che queste abitazioni hanno sull'ambiente non è da sottovalutare. Recuperando numerosi rifiuti si previene

la dispersione degli stessi nell'ambiente naturale, ma soprattutto si evitano discariche abusive a cielo aperto e falò artigianali non autorizzati che provocano un grande tasso di inquinamento dell'aria oltre che il proliferare di malattie dei polmoni e della pelle.

Ingrid Vaca Diez, vuole dare dei principi ben precisi, descrivendo il suo un progetto autosufficiente ma anche ecologico, sociale, culturale e turistico. E' molto sentita la salvaguardia dell'ambiente e il problema delle discariche. La preoccupazione maggiore è legata ai rifiuti che, degradandosi con le frequenti piogge, sono spesso causa di malattie gravi e contagiose, come la malaria. La sua "missione" è quella di cercare di evitare queste situazioni e, contemporaneamente, migliorare la Casa de Bottellas, sia per ispirare un futuro migliore che per incrementare l'occupazione. Questo, infatti, potrebbe avere un importante impatto sulla società e sulla sensibilizzazione ambientale.

Ingrid Vaca Diez ha stimato che per una casa di circa 170 m² occorrono circa 36.000 bottiglie e non è assolutamente necessario essere progettisti e muratori, perché, secondo la sua esperienza, il sistema di costruzione è molto semplice per chiunque.

Pur valorizzando questo tipo di progetto, dobbiamo sempre considerare che a latitudini come in Europa, dove il clima caldo si alterna a quello rigido dell'inverno, l'aspetto dell'isolamento acquisisce un ruolo in primo piano. Quindi tecniche di assemblaggio utilizzate in luoghi come Bolivia, Argentina, Uruguay non possono essere ripetute per climi più freddi, in quanto dovrebbero crearsi "pacchetti" costruttivi che puntino ad avere un incastro ottimale in modo da ridurre spifferi e vuoti che disperdono calore interno. Anche l'aggiunta dei leganti a base di terra, sabbia o argilla possono diventare un grosso limite per costruzioni temporanee, risultano difficilmente smontabili e complicano il processo di riciclo e riutilizzo dei componenti. In conclusione, queste soluzioni sembrano essere molto più efficaci per costruire abitazioni fisse piuttosto che temporanee.



F14. Ingrid Vaca Diez al lavoro in una delle sue creazioni

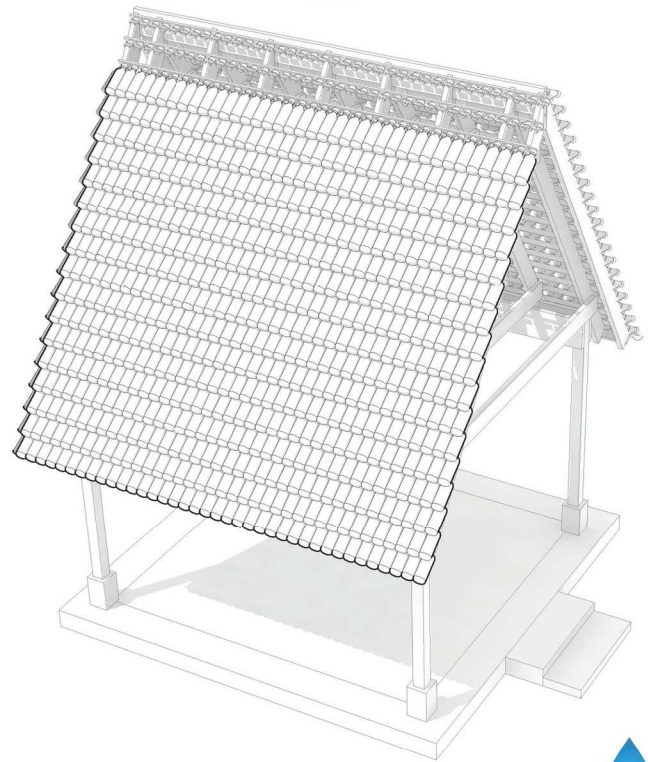
HOME2O Gruppo di ricerca New York Institute of Technology USA, 2014.

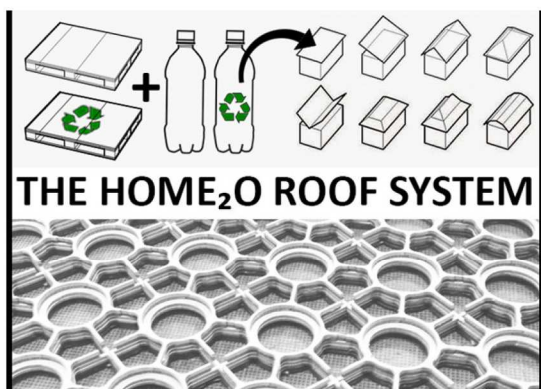
Il Team di ricerca composto da Professori di Architettura e studenti della New York Institute of Technology ha iniziato a studiare un metodo costruttivo, che sia allo stesso tempo economico e sostenibile, da utilizzare in edilizia di emergenza, per senza tetto o sfollati.

Dopo un lungo periodo di raccolta fondi, attualmente stanno cercando di produrre prototipi migliorativi sempre più dettagliati partendo da un progetto con materiali derivanti da bottiglie di plastica e packaging di imballaggi all'ingrosso.

Le tendenze culturali hanno fatto dell'acqua in bottiglia un profitto di 60 miliardi di dollari l'anno, ma solo il 27% dei più di 2,5 milioni di tonnellate di contenitori in PET vengono riciclati negli Stati Uniti. L'uso dei pallet di plastica per le spedizioni e degli involucri di bevande in bottiglia sta aumentando, visti i vantaggi di costo e di durata, producendo scarti e rifiuti da scaricare molto lenti da degradare e inquinanti. Il progetto parte proprio dall'imballaggio delle bottiglie di

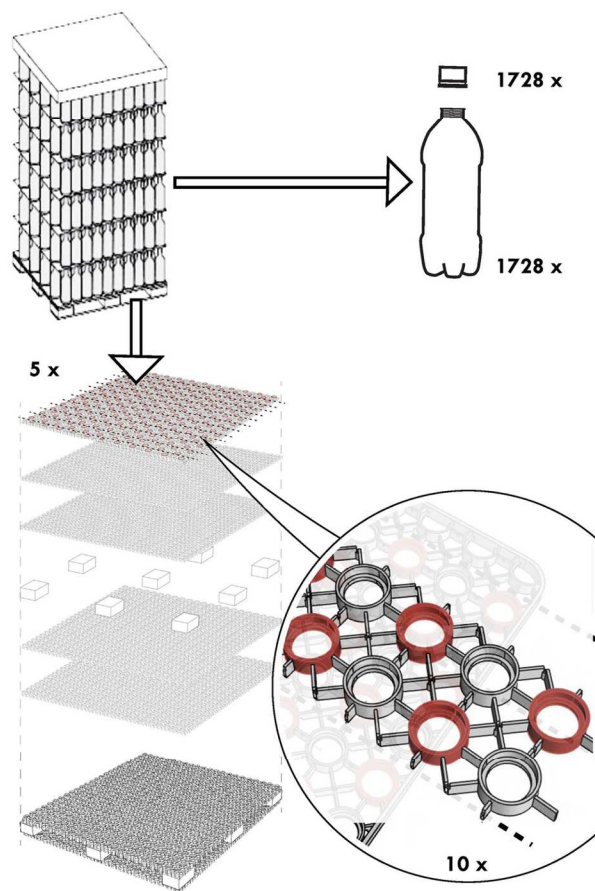
Home2O





plastica, cercando di dare un nuovo ruolo ai componenti di partenza per l'utilizzo in edilizia. Il risultato è una soluzione per la produzione di tetti per moduli abitativi, con tanto di struttura portante e rivestimento impermeabile.

Nelle immagini seguenti si può vedere il libretto di istruzioni per il montaggio corretto di una struttura.



I tetti HOME2O sono progettati per essere utilizzati in climi tropicali, dove possono raffreddare passivamente gli edifici che coprono. Il telaio è costituito da legno derivante dalle pedane di trasporto delle ditte produttrici, su di esso poggia uno strato di plastica forata che ha come scopo originale il distanziare le bottiglie adiacenti. Questa membrana forata possiede dei fori circolari alternati di riga in riga che creano una maglia ben organizzata. Una struttura che si presta bene per assemblare il rivestimento della copertura, formando un meccanismo simile a quello dei coppi classici, composto da tegole sistemate in posizione concava e altre in posizione convessa per garantire lo scolo dell'acqua.

Preparando in precedenza i "coppi di plastica" ricavati schiacciando le bottiglie e sagomandole di forma concava si possono avvitare senza fatica nella membrana forata chiudendole con il tappo. Sovrapponendo diversi strati di bottiglie si ottiene una copertura abbastanza resistente

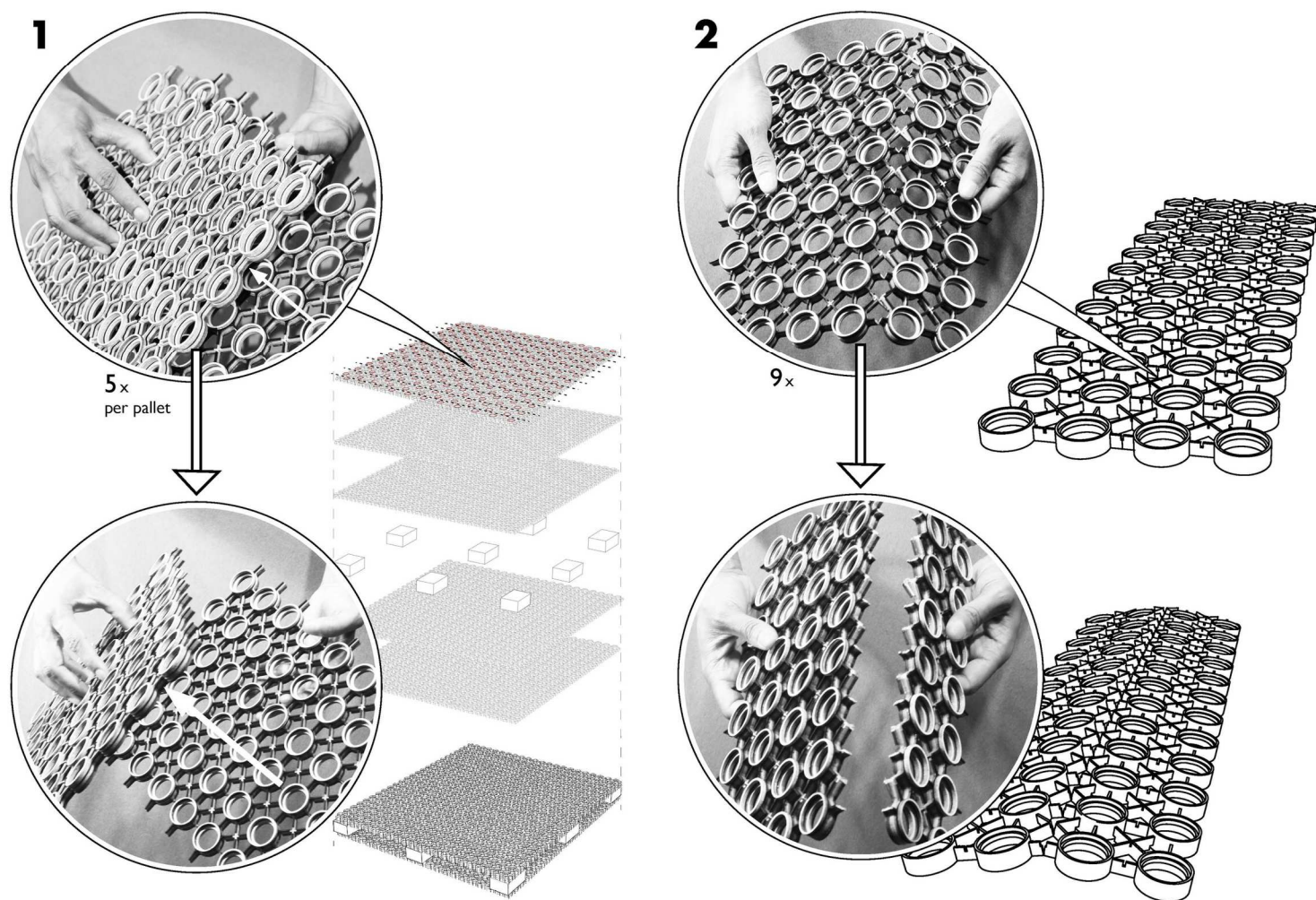
agli agenti atmosferici e composta da quasi il 100% di materiali riciclati e riutilizzabili.

Analizzando le criticità di questa soluzione innovativa, ci accorgiamo subito dei vincoli in materia di isolanti, giunti e dispersioni, qualità che in climi tropicali possono essere progettate in modo grossolano, ma in climi più rigidi necessitano di progetti accurati nei minimi dettagli.

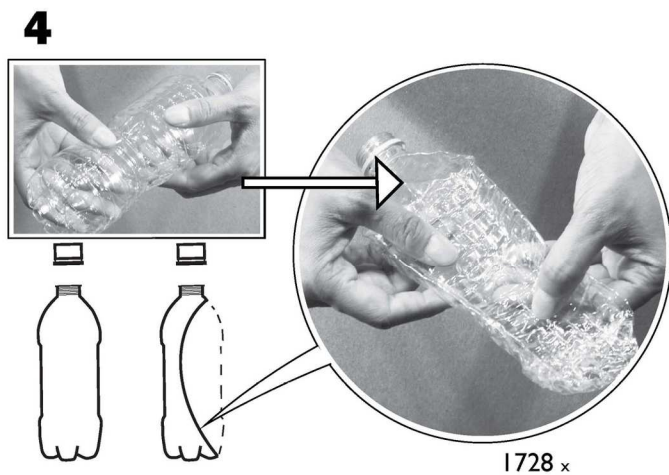
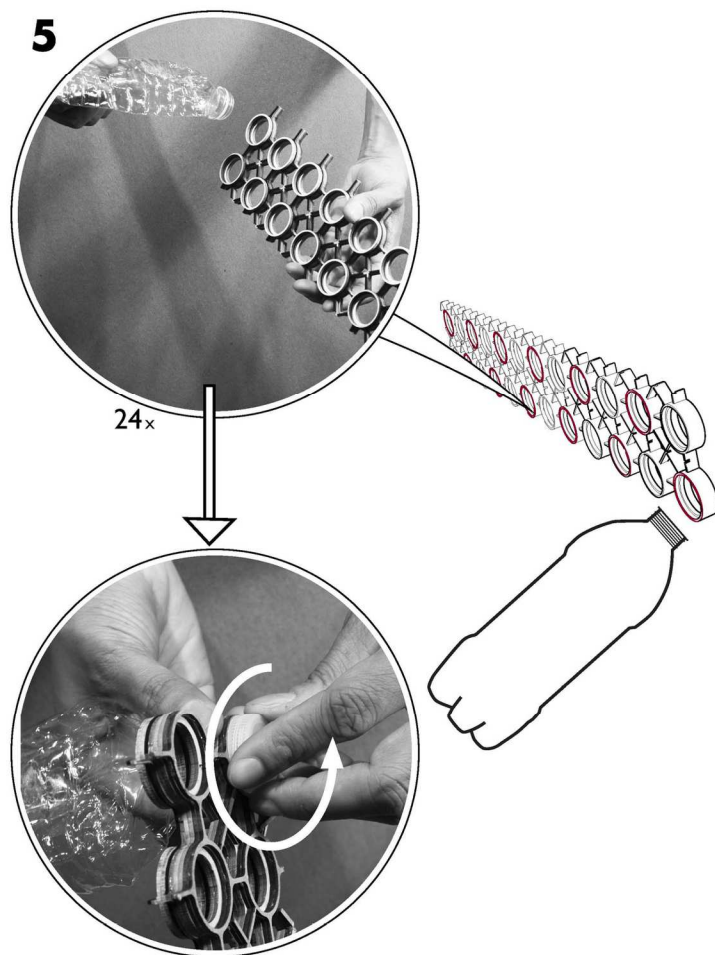
Seppur ancora in evoluzione, questo esempio di riciclo in edilizia rappresenta un buon punto di partenza per mantenere la linea guida del risparmio, della sostenibilità economica e ambientale e del riuso.



F15. Prototipo realizzato dal New York Institute of Technology



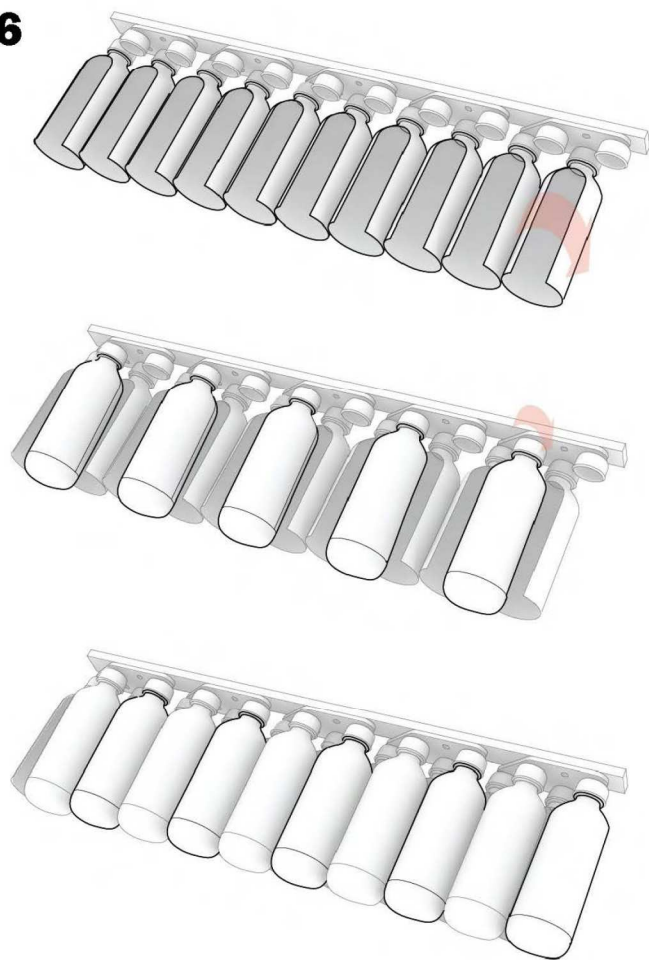
F16. Processo di recupero materiale e illustrazione della tecnica di assemblaggio.



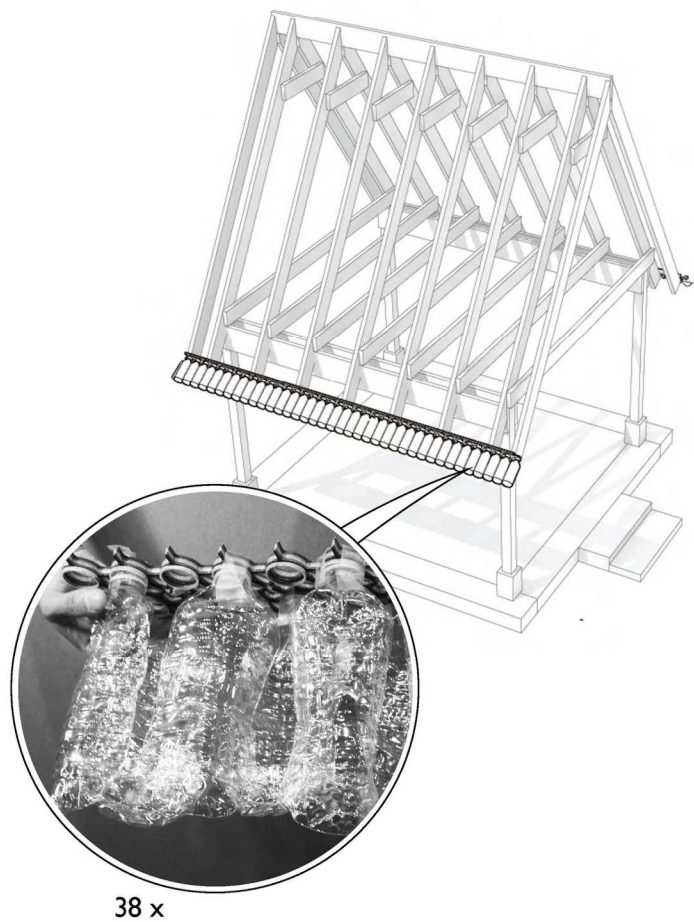
10

F17. Processo di recupero materiale e illustrazione della tecnica di assemblaggio.

6



7



F18. Processo di recupero materiale e illustrazione della tecnica di assemblaggio.

ECODOMUM PANNELLI PLASTICA

Carlos Daniel González, Startup EcoDomum
Messico, 2013.

La Startup messicana EcoDomum, fondata da Carlos Daniel González, si è posta come obiettivo la costruzione di una casa interamente con plastica riciclata.

L'idea nasce, come in molti altri casi simili, dall'enorme quantità di plastica dispersa nell'ambiente, causa di inquinamento e malattie. Dopo anni di ricerca il risultato finale è un sistema di riciclo di rifiuti plastici che diventano materia prima di muri e tetti sotto forma di pannelli, semplici da assemblare, economici e in grado di abbattere, o per lo meno ridurre, l'inquinamento ambientale.

Attualmente, con le risorse e i fondi raccolti, EcoDomum è in grado di processare circa 5,5 tonnellate di materie plastiche al giorno, trasformandole in 120 pannelli di plastica. Ogni pannello ha dimensioni standard di 2,40 x 1,20 m per uno spessore di 2,5 cm, che lo rendono maneggevole e facilmente assemblabile. Nella versione più semplice, per comporre una casa servono più o meno 80 pannelli tra murature e copertura.

Da un'intervista svolta con alcuni membri di EcoDomum

possiamo recepire alcune informazioni interessanti sulla filosofia di questo progetto e sui procedimenti di lavorazione: *“Prima di tutto, l'azienda raccoglie qualsiasi tipo di plastica usata, dalle bottiglie di soda ai vecchi giocattoli, e procede con una vagliatura per separare le tipologie di materiali che possono essere fuse senza emettere fumi eccessivamente nocivi. Quindi la plastica viene inserita in un macchinario che ha il compito di sminuzzarla. Poi i pezzi vengono trasferiti in un forno riscaldato a circa 350° C. Ci vuole approssimativamente un'ora e mezza perché siano completamente sciolti. Infine, la plastica ormai liquida arriva ad una pressa idraulica che, allo stesso tempo, la compatta e la cristallizza secondo la forma desiderata per i pannelli”*¹⁴

I vantaggi di questo tipo di costruzione sono legati all'aspetto economico, alla velocità di montaggio e al riciclo di grandi quantità di rifiuti. Si può montare una casa in sette giorni, risparmiando sul costo di costruzione, di imprese e ditte lavoratrici poiché l'assemblaggio è semplice e intuitivo. Il costo totale si aggira intorno a poche centinaia di euro, merito anche di un programma di sussidi governativi per emergenza abitativa di cui l'azienda può godere.

14. Fonte: www.rinnovabili.it/greenbuilding/casa-low-cost-plastica-riciclata

Riassunto dei PRO e CONTRO sull'utilizzo dei blocchi di plastica

PRO	CONTRO
Facilità di posa in opera	Polipropilene non ecologico
Risparmio costo costruzione	Forma spigolosa dei blocchi
Sistema a secco	Poco ricambio d'aria
Impianti all'interno dei blocchi	Estetica discutibile
Buon isolante termo-acustico	Possibili spifferi nelle giunzioni
Prodotti riciclati per la produzione	
Pareti portanti	
Smontabilità semplice e veloce	
Più antisismico rispetto ad altri	
Riciclabili e riutilizzabili	

Vediamo ora qualche esempio sull'utilizzo dei blocchi in plastica in stile "Lego" in edilizia, partendo da abitazioni tradizionali per poi arrivare al vero e proprio modulo abitativo di emergenza.



F19. Logo Ecodomum. A fianco l'utilizzo di un pannello per muratura



BRICK MATTONI IN PLASTICA

Cristian Fracassi

Brescia (Italia), 2016.

“Brick” è il mattone polimerico realizzato con plastica riciclata. E' stato il risultato di numerosi anni di studi e sperimentazioni dal team dell'Ing. Cristian Fracassi che, dopo il terremoto avvenuto a L'Aquila nel 2009, ha voluto fortemente realizzare un metodo costruttivo alla portata di tutti e allo stesso tempo ecosostenibile.

Gli studi si sono concentrati sugli aspetti di innovazione, sicurezza, economicità di produzione e materiali e velocità di posa in opera.

Il prototipo realizzato ed esposto in molti eventi ha catturato l'attenzione di diverse aziende e Università che hanno contribuito ad un inserimento nel mercato valorizzando l'idea. Attualmente l'equipe di Fracassi ha preso parte ad un bando per la produzione “Horizon 2020” che forse potrà definitivamente lanciare il prodotto in tutto il mondo.

Il procedimento per il montaggio è molto semplice e intuitivo: si tratta di assemblare murature secondo le istruzioni fornite nel packaging con il metodo “Lego”, il famosissimo gioco di cubetti di plastica che tutti abbiamo usato da

bambini. Alcune accortezze vanno prese in considerazione soprattutto per la stabilità della struttura, ad esempio i mattoni vanno sempre sfalsati in ogni riga posizionata in verticale in modo da non far coincidere le fessure consecutive. In un solo giorno, si stima, tre o quattro persone possono montare completamente la struttura primaria di un'abitazione di medie dimensioni.

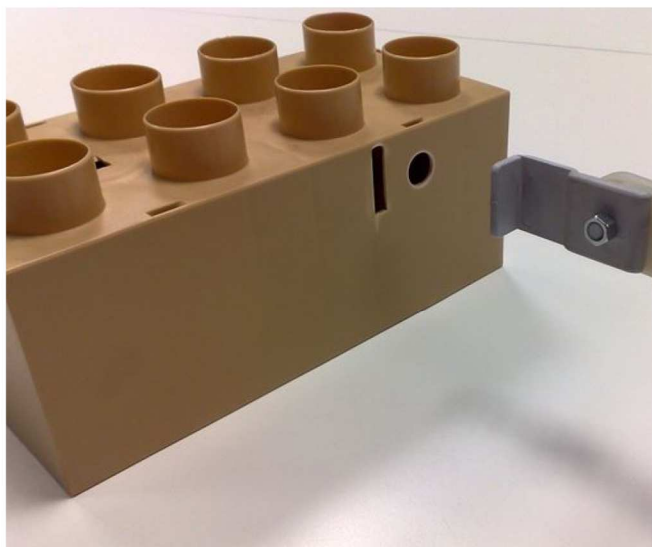
Successivamente la certificazione abitativa dell'immobile viene rilasciata dai tecnici che effettuano un'ispezione. Le caratteristiche del mattone polimerico sono la leggerezza, l'economicità e la velocità di montaggio.

Si tratta di trasformare la classica posa dei mattoni in laterizio in una posa ad incastro completamente a secco, la malta dei laterizi viene sostituita con gli incastrì nella parte superiore e inferiore del mattone Brick.

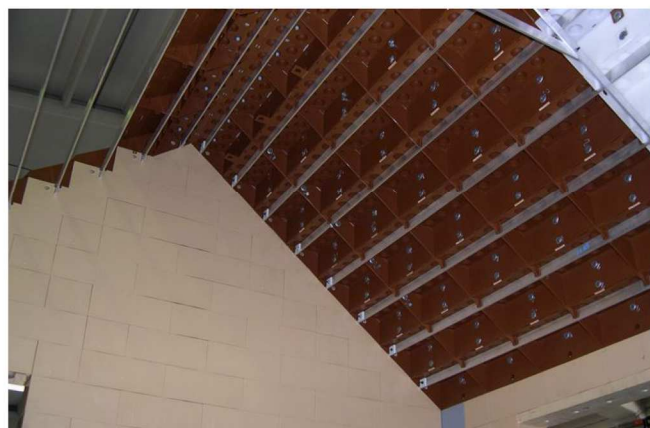
Per la produzione dei blocchi si è pensato fin da subito di riutilizzare un materiale altamente problematico come la plastica, sfruttando la trasformazione dei polimeri dei rifiuti che altrimenti non sarebbero riciclabili (con circa il 25% della plastica non adatta ai processi di rigenerazione).

Oltre ai mattoni standard sono stati progettati una serie di componenti aggiuntivi che permettono di risolvere i problemi dell'isolamento termico, di giunzione tra muratura-tetto e tra serramenti e muro.

In conclusione, questo nuovo progetto è da considerarsi tra gli esempi innovativi ed ecosostenibili che in futuro potrebbero rivoluzionare le tecniche costruttive in edilizia, facendo della praticità di montaggio/smontaggio il suo punto di forza.



F20. Il mattone "Brick"



F21. Sopra: assemblaggio di più Brick

F22. Sotto: particolare costruttivo in corrispondenza del tetto

CASE DI PAGLIA

A volte l'innovazione in ambito edilizio prende spunto da tecniche e materiali usati in passato. Se pensiamo alle antiche cascine rurali o alle abitazioni contadine ci riferiamo ad un modello di costruzione principalmente povera, composta da materiali reperibili in zona (poiché i mezzi di trasporto erano ben lontani dall'attuale modello) e spesso messa in opera con tecniche di autocostruzione sotto supervisione di una figura competente assimilabile all'attuale Professionista.

Si trattava, solitamente, di edifici in pietra naturale legati con malte grezze e grossolane, murature spesse circa un metro per poter sopportare i freddi invernali.

Tetto e solette interne anticamente costruiti in legno proveniente da boschi e foreste locali, solo più tardi migliorate con cemento e laterizi.

Per cercare di isolare l'interno dall'esterno, molto spesso venivano collocate alcune balle di paglia in corrispondenza dei muri perimetrali che servivano sia come cibo per gli animali e sia come isolante naturale. La paglia era una risorsa facilmente reperibile, proveniva dai grandi campi coltivati e veniva ammucchiata in grossi fienili per raggiungere un buon grado di essiccazione.

Non a caso i letti e alcuni muri divisorii erano composti proprio da balle di paglia legata e formata manualmente per ottenere un parallelepipedo grossolano. Era il materiale che si prestava di più per trattenere calore e isolare dal freddo, inoltre poteva essere utilizzato come un mattone impilabile di grosse dimensioni.

Vedendo quindi la paglia come un potenziale materiale sostenibile, perché non provare ad immetterlo nel mercato edilizio sperimentando le sue proprietà con nuove tecniche di assemblaggio compatibili con l'odierno progresso? La sfida è stata affrontata da molti progettisti, soprattutto negli ultimi anni, poiché rappresenta una tecnica di progettazione nuova. Per poter far conoscere i benefici di questo materiale al pubblico è stata fondata nel 2010, in Italia, Edilpaglia (Associazione Italiana Edilizia in Paglia) che si occupa, appunto, di progettazione e realizzazione di edifici con questo particolare metodo costruttivo.

Il Presidente dell'Associazione, Maria Angela Pucci, spiega: "Il clima, come accade per tutte le tipologie edilizie, richiede però degli accorgimenti in funzione del terreno. La paglia, per esempio, teme l'acqua stagnante. In condizioni normali, un muro in balle di paglia ha la capacità di bagnarsi e poi asciugarsi senza compromettere le sue caratteristiche. Nel caso invece sia immerso per un lungo periodo in acqua, o prenda acqua dall'alto, la paglia mar-

cisce e va sostituita".

Risulta, quindi, un materiale che è possibile utilizzare in qualsiasi parte del mondo, con alcune accortezze, ma adattando la tecnica al luogo.

Nella maggior parte dei casi, si procede assemblando una struttura portante in legno alla quale diventa possibile adagiare un tamponamento in balle di paglia utilizzate come mattone, poi ricoperte da uno strato di intonaco composto da calce e sabbia: protegge garantendo stabilità meccanica, traspirabilità e tenuta all'aria.

Tra i tanti vantaggi, inoltre, troviamo un minor costo e breve tempo di messa in opera rispetto alle costruzioni tradizionali. Infatti, secondo i calcoli di Edilpaglia, per completare una casa di paglia ci vogliono circa 7-9 mesi con una buona organizzazione, mentre per quanto riguarda i costi ci si aggira intorno ai 1200-1300 €/m² con materiali naturali volti ad una classe energetica ottimale A o addirittura A+. Costi che scendono notevolmente se si interviene con l'autocostruzione, comunque controllata e diretta da un responsabile, arrivando a ridursi a circa 700 €/m².¹⁵



F23. Balle di paglia prodotte in agricoltura

15. Fonte dati: <https://www.idealista.it/news/immobiliare/costruzioni/2017/03/14/122446-i-vantaggi-delle-case-in-paglia-tutto-cio-che-ce-da-sapere-su-questo-tipo-di>

Riassunto dei PRO e CONTRO sull'utilizzo della paglia

PRO	CONTRO
Facilità di posa in opera	Non smontabile
Risparmio costo costruzione	Intonaco spesso
Risparmio tempi costruzione	Umidità >70% provoca funghi e muffe
Materiale sotto-prodotto agricolo	Accortezze per fondazioni (umidità)
Ottimo isolante termico	Problema di pulci, roditori, parassiti
Risorsa naturale rinnovabile	Normative non ben definite
Produzione km0 (o quasi)	
Bassa embodied energy	
Buone proprietà meccaniche	

Di seguito analizziamo un esempio sulla costruzione di edifici in paglia nelle zone colpite da sisma.





F24. Vista render dell'Eco Villaggio inserito nel paesaggio

E.V.A. – Eco Villaggio Autocostruito
B.A.G. Studio – Paolo Robazza e Fabrizio Savini con Caleb Murray Burdeau
 Pescomaggiore (Italia), 2010.

Siamo a Pescomaggiore, nel Parco Nazionale del Gran Sasso, un paesino di 43 abitanti che il 6 aprile 2009 è stato colpito da una delle numerose scosse sismiche lasciando ogni famiglia senza un tetto dove ripararsi.

Dopo un primo periodo in tendopoli, qualcuno ha cominciato a muoversi, senza aspettare i sorteggi per le collocazioni in New Town dell'Aquila. Gli abitanti, decisi più che mai a salvare il loro amato paese, hanno deciso di mettersi in gioco riscoprendo il senso di comunità unita in un progetto solidale. Ed è proprio questa voglia di riscatto la

chiave per poter attuare un meccanismo di autocostruzione con l'obiettivo di ricostruire le case distrutte.

Nasce così E.V.A. – Eco Villaggio Autocostruito, promosso dal Comitato per la Rinascita di Pescomaggiore, in collaborazione con B.A.G. Studio - Beyond Architecture Group, guidato dagli Architetti Paolo Robazza, Fabrizio Savini e con l'assistenza tecnica di Caleb Murray Burdeau.

Purtroppo, come già evidenziato in precedenza, le procedure, l'ottenimento dei terreni e le lentezze burocratiche tendono sempre a far slittare i tempi prestabiliti, senza contare le difficoltà organizzative e la cattiva gestione delle risorse locali per la ricostruzione. E' stato un duro percorso per i cittadini: radunarsi, organizzarsi e farsi ascoltare dagli organismi amministrativi ha richiesto grandi sforzi che per fortuna alla fine hanno ripagato.

Marco Geronimi Stoll, studioso e docente universitario che



F25. Render di progetto delle unità abitative temporanee in paglia

negli ultimi anni si è dedicato allo "smarketing" e alla comunicazione dell'economia sostenibile, esprime così il suo pensiero su questo progetto: "L'emergenza è per antonomasia una sospensione della democrazia. Molta gente è in uno stato di inerzia coatta, quando hai perso tutto, casa, lavoro... che fai? Te ne stai nella tendopoli a giocare a carte e guardare la TV. La passivizzazione comporta anche una dipendenza, ti fa suddito dei favori e delle promesse, ti mette in ginocchio anche psicologicamente. È la seconda possibile reazione del cervello umano davanti all'emergenza, anche persone risolte e volitive possono sfondarsi nell'apatia. Però da quelle parti l'inverno è cattivo; il freddo, si sa, sveglia dal torpore. La cosa che più mi ha colpito è il sangue freddo: i piani sono lucidi, determinati, fatti (si direbbe) con calma, l'idea di una soluzione insieme, non individuale. 'Se fosse successo solo a me, sarei stato

solo', dice uno dei partecipanti, 'ma è successo a tutti, e ci si dà forza reciprocamente'. È l'altra risposta possibile della mente umana davanti all'emergenza: non la militarizzazione e il potere, non l'annichilimento passivo, ma la creatività e l'energia per provare strade nuove. L'uomo può essere meraviglioso, con risorse inventive sterminate, e quando si deve giocare il tutto per tutto, proprio allora, nelle situazioni più difficili e opprimenti, nascono le soluzioni più innovative ed evolutive".

Tutta questa concezione dell'emergenza deve essere vista sotto molteplici aspetti e soprattutto organizzata in modo tale che progettisti e abitanti si scambino opinioni e suggerimenti utili all'interno di una progettazione partecipata. Ascoltando le esigenze della popolazione è possibile partire con una base realistica su cui progettare un'edificazione degli spazi, fatti di materiale edilizio ma anche

di tessuto sociale. Sarebbe un errore enorme progettare uno standard edilizio da poter inserire su ogni territorio senza aver prima chiarito quali sono le necessità primarie e secondarie degli sfollati.

In totale il Villaggio è composto da 7 unità abitative temporanee, nelle quali alloggiano 22 dei 43 residenti a Pescomaggiore.

L'avvio dei lavori è datato 19 agosto 2009, tutte le opere sono state eseguite in autofinanziamento, grazie alla raccolta di donazioni e al lavoro di volontari provenienti da molte parti d'Italia ed Europa.

Partendo dalle fondazioni, troviamo delle platee antisismiche in c.a. su cui si poggiano i diversi edifici. La struttura portante è stata progettata in legno, come nella maggior parte delle costruzioni in paglia, assemblata completamente a secco tramite giunti in legno e acciaio.

Le tamponature sono la parte più particolare di questi edifici: balle di paglia di dimensioni standard 100 x 45 x 35 cm che sono utilizzate come mattoni, facilmente sollevabili e impilabili per ottenere un muro in breve tempo. I progettisti sottolineano come la paglia entri in questo contesto per necessità, molto meno per sperimentazione. Infatti, si prestano bene per costruzioni antisismiche, hanno un ottimo comportamento sotto l'azione di terremoti, sono caratte-

rizzate da un efficace isolamento termo-acustico, adatte all'autocostruzione senza il bisogno di specialisti del settore. I tamponamenti di paglia sono poi ricoperti da uno strato abbastanza spesso di intonaco composto da calce e sabbia (più grossolano), in genere si aggira intorno a 4-5 cm compresa la rete elettrosaldata per una maggiore presa sulla paglia. L'intonaco di finitura, su entrambi i lati, rende le murature ignifughe e isolate.

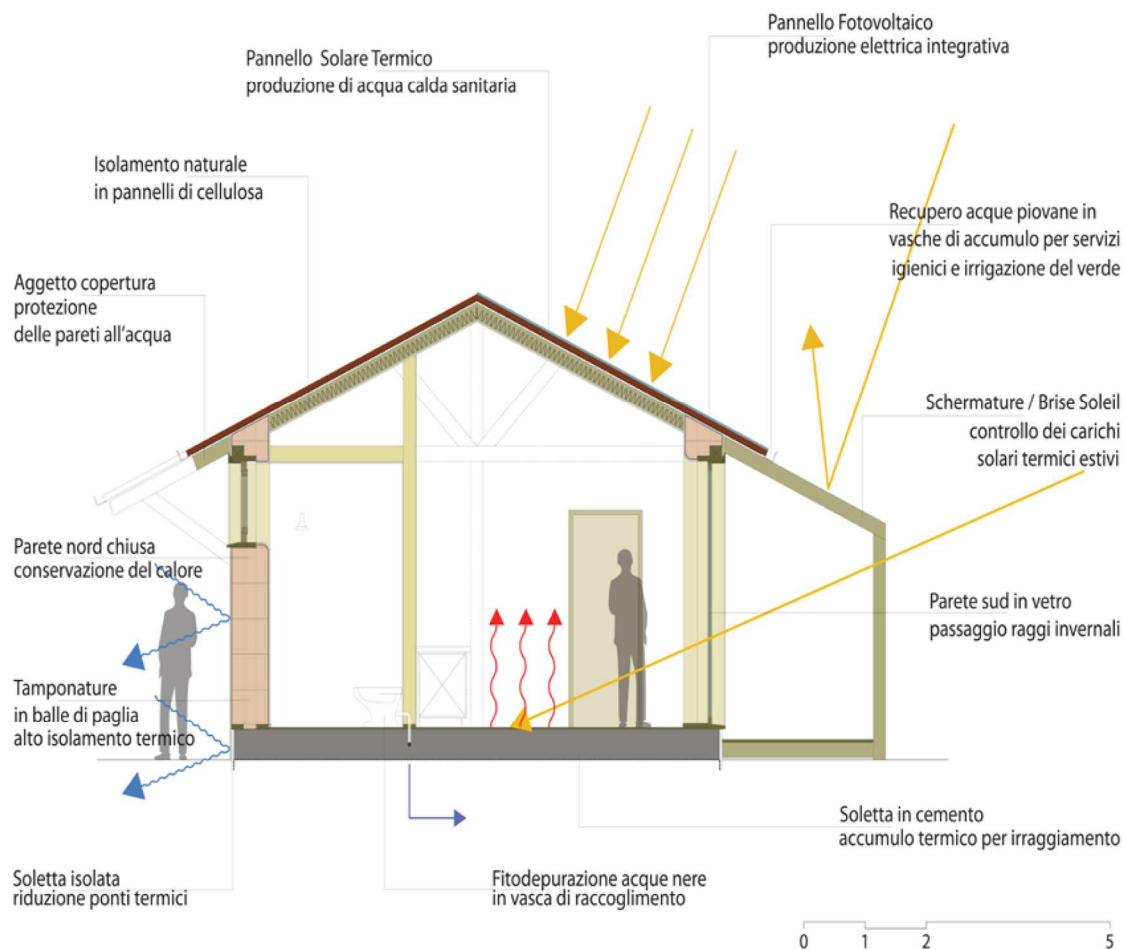
Sulla copertura in lamiera è stato, inoltre, predisposto un impianto di pannelli fotovoltaici e solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria ed elettricità derivante da fonte naturale.

Dal punto di vista economico si ha un costo di trasporto compreso tra 1,50 e 2,50 € per ogni balla, spesa che porta ad un costo totale di costruzione intorno a 500-650 €/m², quasi 1/5 del costo delle abitazioni del progetto C.A.S.E.

Le prime abitazioni sono state inaugurate nel febbraio 2010, facendo accorciare le normali tempistiche di cantiere a soli 7 mesi (considerando anche il lavoro durante l'inverno freddo).¹⁶

16. Fonte <http://www.pescomaggiore.org/progetto-eva/>





F26. Schema della tecnica costruttiva integrata con le strategie ambientali



CASSETTE DI LEGNO

Se parliamo di case prefabbricate trasportabili, la prima immagine che viene in mente è sicuramente una casetta in legno. Questo tipo di costruzione si presta molto ad un utilizzo temporaneo poiché il legno è uno dei materiali più semplici da lavorare e assemblare. Si possono ottenere diversi formati, lunghezze e sezioni in breve tempo solo con l'utilizzo di segatrici e macchinari appositi.

E' possibile, poi, assemblare la struttura, in toto o in parte, direttamente nel luogo di fabbricazione e successivamente provvedere al trasporto sul luogo di installazione, in una forma compatta e quasi definitiva.

A renderle così performanti sono la leggerezza, la trasportabilità, l'assemblaggio, la reversibilità costruttiva, la ottima durabilità nel tempo, la resistenza agli eventi atmosferici, il riutilizzo totale del modulo abitativo o comunque il recupero del materiale.

La leggerezza è sempre un buon punto di forza nel campo delle costruzioni: permette di avere una struttura esile ma allo stesso tempo solida sotto l'aspetto della resistenza a carichi e sollecitazioni. Dall'altra parte, troppa leggerezza rischia di compromettere il comportamento dell'edificio

soprattutto in zone in cui si ha maggiore esposizione ad agenti atmosferici come vento forte e neve abbondante. Bisogna quindi raggiungere un giusto grado di leggerezza ideale che riesca a far fronte ai possibili problemi.

La trasportabilità e l'assemblaggio sono altri due aspetti fondamentali: al giorno d'oggi è possibile trasportare intere case prefabbricate con tir attrezzati per questi scopi, in alternativa si possono trasportare pezzi singoli per poi essere montati direttamente in loco con estrema semplicità. Non a caso in America un gran numero di abitazioni definitive sono costruite utilizzando il legno sotto varie forme: telaio in legno della struttura e pannelli compensati o truciolari come tamponamenti, spesso ricoperti con scandole di forma rettangolare. Il vantaggio dell'assemblaggio è proprio il montaggio a secco, avendo tutti i componenti necessari risulta estremamente semplice accoppiare pannelli, travi o assi e fissarli insieme tramite viti, chiodi, bulloni, giunti metallici, ecc...

La reversibilità costruttiva permette di adattare l'abitazione alle diverse esigenze cambiando una versione standard del progetto in numerose varianti senza particolari perdite di tempo e materiale. In alcune occasioni è possibile avviare a problemi non considerati durante il progetto di posa in opera modificando componenti sul luogo di collocamento senza attrezzature sofisticate.

La resistenza agli agenti atmosferici non va sottovalutata. Il legno, come tutti sappiamo, presenta qualche problema se esposto in ambienti umidi, bagnati o troppo soleggiati. Contro l'umidità e l'acqua ci sono dei trattamenti apposta che sono in grado di impermeabilizzare i componenti edilizi evitando così la formazione di muffe o funghi. Tuttavia alcuni di questi trattamenti risultano dannosi per l'ambiente e per l'uomo: potrebbero rilasciare VOC (Composti Organici Volatili).

In ogni caso è fortemente sconsigliato il collocamento di edifici in legno in ambienti molto umidi o a contatto con il terreno che non riescono a drenare acqua nel sottosuolo. Il caso opposto è legato all'esposizione solare, spesso per preservare l'aspetto di fabbrica del legno si procede applicando uno strato protettivo superficiale che è in grado di proteggere da raggi UV solari. Questa protezione però non è eterna, dopo qualche anno va sostituita o addirittura sostituito il componente iniziale. Il sole tende a seccare il legno e scolorire la cellulosa, provocando un cambio di colore tendente al grigio.

Come ultima caratteristica, ma non meno importante, abbiamo il riutilizzo o recupero del materiale. Riutilizzo dell'intero modulo abitativo, il quale può essere utilizzato per un periodo di tempo limitato, come per l'edilizia d'emergenza, per poi essere dismesso, prelevato e trasportato (o

smontato) in un altro luogo senza apportare modifiche.

Nel caso in cui si voglia recuperare il materiale del modulo e riutilizzarlo per altri scopi è possibile smontare pezzo per pezzo senza troppa difficoltà.

Riassumendo tutti i vantaggi che si possono ottenere con questo tipo di costruzione, otteniamo un costo compreso tra i 100 – 200 €/m² per soluzioni "chiavi in mano", un prezzo sicuramente più accessibile rispetto a molti materiali tradizionali.

Riassunto dei PRO e CONTRO sulle casette in legno

PRO	CONTRO
Facilità di posa in opera	Umidità provoca funghi e muffe
Risparmio costo costruzione	Pericolo insetti infestanti
Risparmio tempi costruzione	Accortezze per fondazioni (umidità)
Stabilità al fuoco	Deforestazione, se legno non certificato
Basse emissioni CO ₂	Prodotti vernicianti tossici
Risorsa naturale rinnovabile	
Trasporto	
Bassa embodied energy	
Buone proprietà meccaniche	
Durabilità se opportunamente trattato	

Per non presentare i classici metodi costruttivi che solitamente sono associati al legno, e che risultano banali dal punto di vista innovativo, ho deciso di proporre un esempio che negli ultimi anni è riuscito a convincere, sperimentando e perfezionando una particolare tecnica “fai da te”.

BRIKAWOOD **Startup Catharhome – Alain Romero** Francia, 2016.

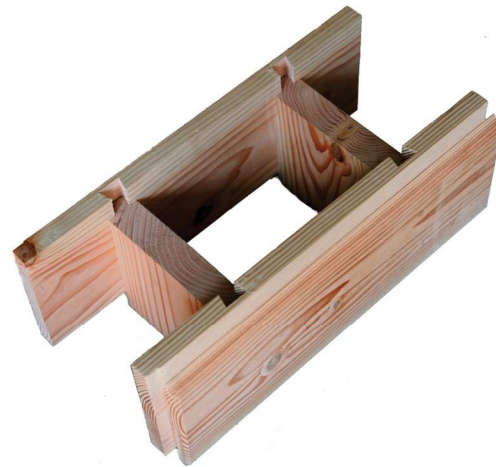
Brikawood è un rivoluzionario mattone in legno ad incastro. Nasce da una Startup francese con sede nei Pirenei, che dopo anni di studi e finanziamenti è riuscita ad ottenere un prodotto estremamente facile da montare ma allo stesso tempo con performance elevate se assemblato con l'innovativa metodologia progettata.

Una combinazione tra l'innovazione nel componente edilizio (mattone in legno) e l'innovazione nella tecnica costruttiva (assemblaggio).

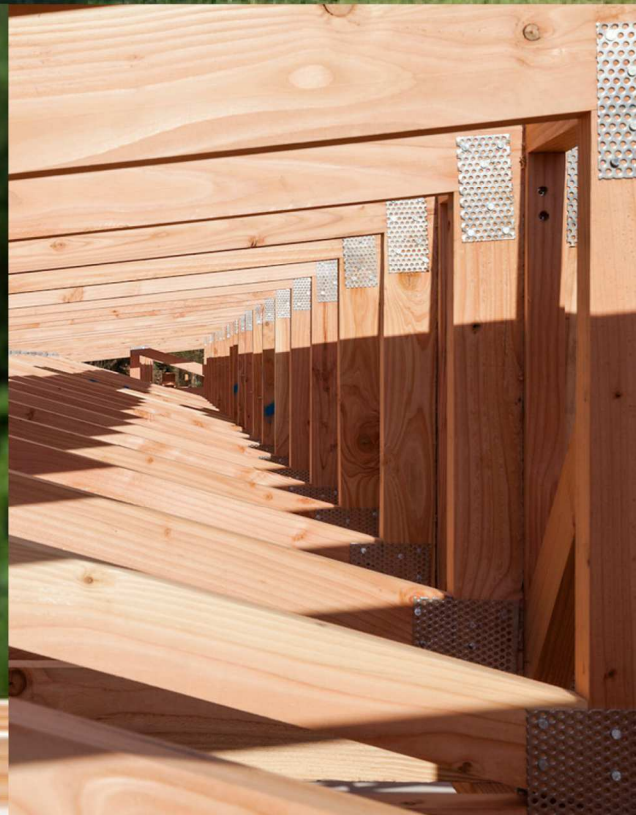
Il Brikawood (Brik=mattone, wood=legno) è un mattoncino di legno di pino Douglas di forma piatta che utilizza due tipi di incastro per legarsi ai blocchi adiacenti: incastro con battuta a mezzo spessore sul perimetro, favorisce l'inserimento dei mattoni dall'alto verso il basso; incastro a coda di rondine per legarsi al mattone di fronte, in modo da formare le due superfici di un muro (esterna e interna) distanziate da un inserto maschio con teste a coda di rondine. Questo meccanismo è molto efficace per un approccio "fai da te" perché permette di impiegare del personale

anche non qualificato per il montaggio, chiunque è in grado di inserire inserti e mattoni con l'utilizzo di un martello di gomma.

Il pino Douglas è un albero con una crescita molto elevata, può raggiungere in media i 40-60 metri di altezza con diametri abbastanza consistenti. La provenienza è scelta secondo i principi dell'ecologia, infatti proviene da foreste gestite in modo sostenibile (PFE). E' un tipo di legno re-



F27. Mattoncino standard Brikawood con inserti a coda di rondine



sistente alla torsione (classe 3) e certificato con marchio FSC®. (Forest Stewardship Council).

Partendo dalle fondazioni si hanno diverse tipologie per l'attacco al terreno, in base alle esigenze dell'utente e dal tipo di terreno stratificato che si trova in superficie e nel sottosuolo.

Generalmente lo standard prevede l'inserimento di un palo a vite (filettato sulla punta) chiamato "Techno Metal Post" in corrispondenza degli angoli di base. Ogni palo deve essere posizionato da una macchina specializzata in grado di avvitare con la giusta forza. Il pavimento deve essere progettato in modo da isolare completamente l'abitazione dal terreno sottostante, quindi lo spessore va stabilito secondo parametri ben precisi.

Le murature, formate dall'assemblaggio dei mattoni e distanziatori, sono progettate in modo da creare uno spazio-intercapedine tra esterno e interno. In questo spazio vuoto, una volta completato il perimetro, si può procedere con l'intaso dell'isolante. La ditta, rimanendo sulla linea guida della sostenibilità e del riciclo, propone come isolante standard i trucioli di legno sminuzzati derivanti dalla lavorazione dei mattoni, facendo ridurre i rifiuti dell'azienda stessa. Tuttavia è possibile scegliere altri isolanti a discrezione del cliente, a patto che siano compatibili con il sistema di montaggio.

Il sistema è definito di auto-serraggio poiché crea una rigidità strutturale dall'effetto massa sovrastante.

Per i trattamenti superficiali l'azienda garantisce che i composti sono totalmente privi di formaldeide e non generano VOC tossici inoltre, non utilizza colle o leganti poiché il sistema è totalmente a secco.

"Il mattone è composto da 4 elementi in legno, due flange laterali e due distanziatori trasversali (distanziali), lavorati a "coda di rondine" che vengono assemblati insieme, mediante incastro, conferendo così una rigidità meccanica all'insieme.

*Il mattone Brikawood è destinato ad essere utilizzato da solo, senza rivestimento e barriera al vapore, solo una valvola di non ritorno specifica Brikawood, semplificando al massimo la realizzazione di qualsiasi tipo di costruzione, garantendo al contempo prestazioni e durabilità."*¹⁷

I mattoni sono prodotti in 3 dimensioni:

- mattone base 50 cm
- mezzo mattone 25 cm
- mattone d'angolo con lati di 50 cm e 75 cm

Queste dimensioni consentono un montaggio ideale in ogni dettaglio costruttivo.

"Un metro quadro costa dai 920 ai 1000 € contro almeno i 1600 € di un tradizionale mattone in legno", ha dichiarato Patricia Dutreux, promotrice della Startup.

17. Fonte www.brikawood-ecologie.fr catalogo descrizione



STEKO

Michael Holzer
Bolzano (Italia), 2009.

Prendendo spunto dalle tradizionali costruzioni in laterizio, l'azienda di Michael Holzer ha brevettato un particolare tipo di mattone sostituendo la componente principale nella sua composizione: il risultato è il mattone in legno Steko. Questa tecnologia permette di abbinare la resistenza delle pareti in mattoni con i vantaggi delle costruzioni in legno. Il sistema costruttivo consiste nell'assemblaggio di "mattoni" modulari prefabbricati in legno già predisposti per essere incastrati tra loro sia orizzontalmente che verticalmente. Le pareti realizzate con questo metodo sono autoportanti, non hanno bisogno di sostegni aggiuntivi durante il montaggio, possono essere montate con la tecnica dell'auto-costruzione perché progettate in maniera intuitiva senza particolari complicazioni e non necessitano di malte o leganti per la posa in opera.

Tutti questi vantaggi contribuiscono a rendere Steko una soluzione eccezionale per le costruzioni a basso costo e/o temporanee, necessita però di qualche accortezza nel

caso in cui l'edificio debba essere completamente smantellato dopo un determinato periodo (es. scelta dell'isolante principalmente solido in modo da poter essere rimosso senza grosse difficoltà).

Das Steko-Kernstück



F28. Mattone STEKO composto da 4 moduli

Il blocco standard Steko è composto da legno proveniente da foreste gestite in modo sostenibile e misura 64 x 16 cm in pianta. In realtà il modulo singolo è di 16 x 16 cm, ma il più diffuso nei cantieri risulta più grande per diminuire il numero di elementi impiegati. Il modulo è formato da due lastre di legno parallele distanziate da uno o più elementi di irrigidimento. Alcune scanalature sui bordi del blocco permettono un incastro perfetto tra tutti i componenti. Vi sono poi alcuni blocchi speciali (1, 2, 3 moduli) che servono per progetti particolari, in cui muri e distanze non permettono l'impiego di un solo modulo di riferimento. Anche in corrispondenza di spigoli, aperture e telai è utile avere alcune varianti per poter compensare i piccoli errori di misurazione che vengono a crearsi.

In genere i "mattoni" pesano approssimativamente fino ad un massimo di 5 kg, quindi facilmente maneggevoli senza il bisogno di ricorrere a mezzi di sollevamento e arrivano in cantiere già pronti per il montaggio.

Alla base dell'edificio viene predisposto uno "zoccolo" in legno che viene utilizzato come primo incastro a contatto con la pavimentazione orizzontale. Analogamente, viene montato un "cappello" in corrispondenza della copertura in modo da sigillare definitivamente i setti murari.

Un grosso risparmio economico si può avere sulla manodopera in cantiere, grazie alla facilità di posa e alla praticità di montaggio dei mattoni in legno, i proprietari dell'abitazione possono partecipare attivamente alla costruzione seguendo le indicazioni di professionisti e guide esperte nel settore.



F29. Pallet per imballaggio di mattoni STEKO



MODULI ABITATIVI IN BAMBU'

Quando si parla di ecosostenibilità si associa spesso il legno di bambù, visto come uno dei materiali più performanti sotto molti aspetti.

Recentemente, l'utilizzo di questa pianta dalle proprietà eccezionali è stato sperimentato in molte occasioni ed eventi, sia per costruzioni in emergenza che per padiglioni espositivi o strutture di design.

Il bambù è un tipo di pianta erbacea presente soprattutto nelle zone prossime all'equatore. Circa 70 generi di pianta e 1200-1500 specie lo rendono disponibile per gli usi più disparati secondo diverse dimensioni.

La particolarità più emergente è la velocità di crescita, dai 3 ai 100 cm al giorno, che comparato con la crescita del legno tradizionale non ha eguali.

In altezza può raggiungere anche i 30 m in brevissimo tempo, permettendo un ricambio di foreste molto frequente. Il diametro va dai 3 mm ai 30 cm garantendo un'ampia scelta per ogni utilizzo.

Inoltre è in grado di assorbire CO₂ e produrre molto più ossigeno rispetto alle altre piante.

Per creare strutture e impalcature formate da travi o co-

lonne resistenti spesso si utilizzano i culmi del bambù, i quali vengono legati e giuntati tra loro per mezzo di corde, inserti o giunti metallici creando dei nodi duraturi.

E' possibile, comunque, utilizzare molte altre parti della pianta di bambù, anche per uso non strutturale. Per esempio si possono creare pannelli di tamponamento multistrato con strisce di bambù, pavimentazioni esterne e rivestimenti interni ed esterni.

Anche le fibre vengono impiegate per la produzione di tessuti o di carta, oppure germogli ed estratti vengono inseriti in aziende alimentari per produrre cibi o cosmetici: si cerca di non sprecare parti preziose di ogni pianta.

Le prestazioni cambiano a seconda dei trattamenti eseguiti durante il ciclo produttivo, soprattutto in termini di durabilità: il bambù grezzo, naturale senza trattamenti è collocato in classe 5 di durabilità (cioè non durevole secondo la normativa EN350), mentre se si procede con un tipo di trattamento "Density-thermo™" si raggiunge addirittura la miglior classe possibile, la classe 1.

Riassunto dei PRO e CONTRO sul bambù

PRO	CONTRO
Risorsa rinnovabile	Culmi irregolari
Crescita elevata	Pericolo insetti infestanti
Meno energia e H2O per crescita	Inflammabile senza trattamenti
Buone proprietà meccaniche	Trasporto
Assorbe CO2	
Produce il 30% in più di ossigeno	
Recupero dei terreni instabili	

Di seguito un esempio di costruzione sostenibile in bambù legata al pericolo degli alluvioni in Vietnam.



F30. Vista della Blooming Bamboo House nell'ambiente naturale



F31. Interno dell'abitazione composta principalmente da bambù

BLOOMING BAMBOO HOUSE

H & P Architects

Ha Noi (Vietnam), 2013.

Questo è uno dei progetti che si distingue maggiormente per un approccio di emergenza, basato principalmente su sistemi costruttivi ideati per sopperire ai gravi problemi di inondazione della zona.

Partendo dall'esigenza della popolazione locale di avere una casa stabile, che resista ai numerosi alluvioni, lo studio H & P Architects si è dovuto scontrare con una progettazione nuova, capace di integrare una sostenibilità ecologica ed economica con metodi strutturali innovativi volti ad un

miglioramento della resistenza all'acqua.

Il materiale ideale per un tipo di costruzione leggera, ma al tempo stesso funzionale e resistente, è sicuramente il bambù. Sostenibile, in quanto importante risorsa locale, facilmente reperibile e adatta ad essere lavorata senza particolari macchinari.

Presente in natura in diversi formati e diametri, può essere utilizzato come materiale strutturale, di tamponamento, di finitura o di copertura e volendo anche come elemento decorativo.

Il concept di progetto parte dall'idea di paragonare la casa ad un'imbarcazione tipica delle zone fluviali, rendendo l'edificio leggero a tal punto da poter galleggiare sull'acqua in sicurezza.



F32. Accesso rialzato della Blooming Bamboo House



F33. Vista interna dal piano di copertura

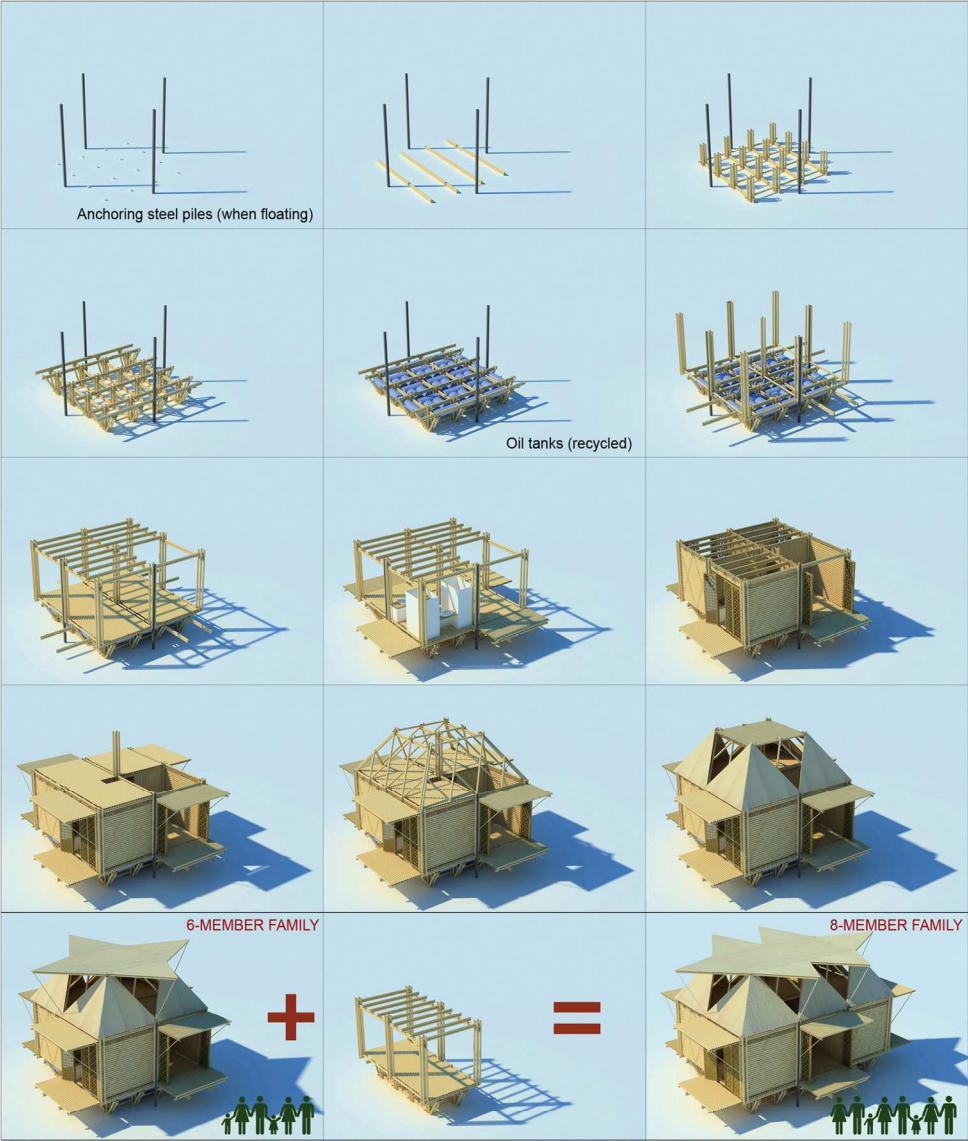
Si è stabilito di rialzare l'abitazione dal suolo per almeno 1,5 m di altezza (attualmente lo studio sta sperimentando la possibilità di un'eventuale altezza di 3m) inserendo nel terreno 4 pali d'acciaio resistenti all'azione dell'acqua e della corrente. I pali fungono da stabilizzatore dell'edificio in caso di calamità e funzionano come delle vere e proprie ancore impedendo alla struttura di spostarsi sotto forti correnti durante il galleggiamento.

Per isolare dall'umidità del suolo, la base pavimentata è stata rialzata tramite uno strato reticolare formato da culmi di bambù che fino a 1,5 m di altezza garantiscono una buona impermeabilizzazione dall'acqua e una protezione contro gli animali selvatici.

La particolarità maggiore consiste nel rendere galleggian-

te la struttura: per permettere alla base di avere una buona superficie galleggiante e sufficientemente vuota al suo interno, i progettisti hanno deciso di recuperare uno dei rifiuti che presenta molte caratteristiche adatte a questo scopo, ovvero i bidoni dell'olio dismessi.

Il modulo abitativo è composto da blocchi modulari che rendono l'edificio versatile e adattabile alla composizione dei nuclei familiari. Infatti, il modello base è pensato per accogliere nuclei di 6 persone, ma con l'aggiunta di un modulo si può arrivare ad un'abitazione adatta alla fruizione di 8 membri.



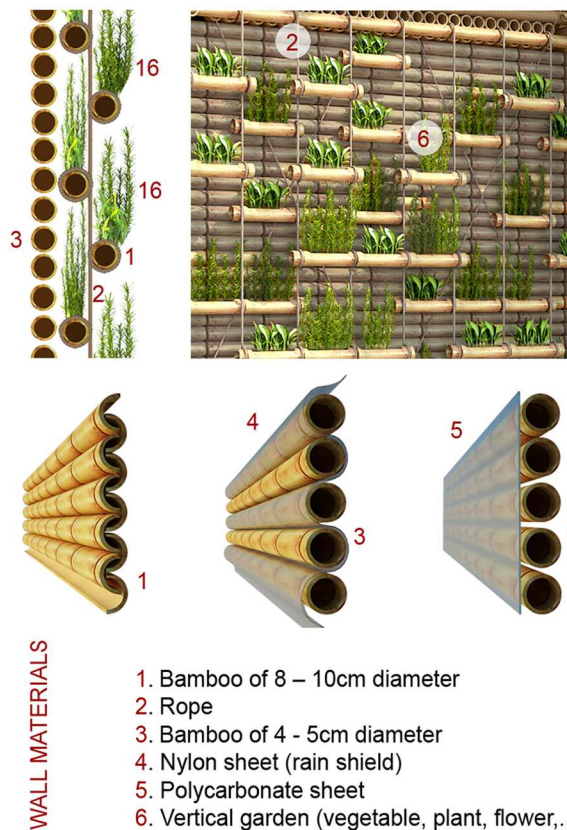
F34. Schema completo delle fasi di montaggio

Anche i tamponamenti perimetrali e le falde del tetto sono stati progettati secondo un duplice obiettivo: creare ventilazione negli ambienti interni e ombreggiature aprendo alcuni pannelli verso l'esterno, proteggere da intemperie chiudendo totalmente i pannelli mobili.

Un'altra curiosità di questo progetto è la raccolta dell'acqua piovana. Essa viene indirizzata da un sistema di immagazzinaggio dalle falde del tetto ad un grosso recipiente interrato, successivamente filtrata ed utilizzata per uso domestico.

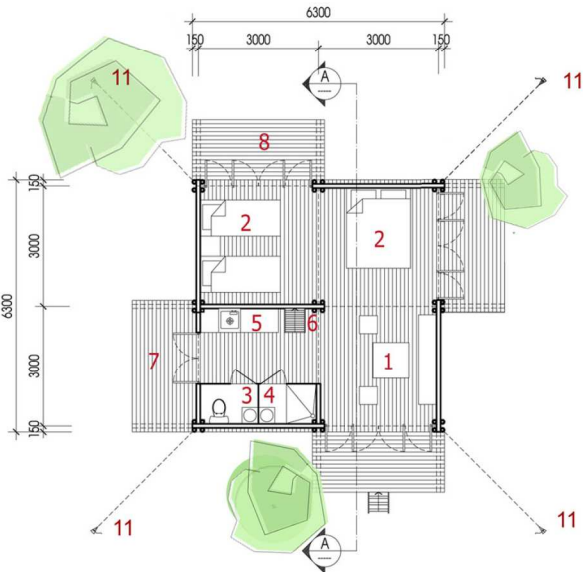
Sono stati inseriti inoltre, sulle pareti esterne, dei giardini verticali composti da grossi culmi di bambù incavati e riempiti con terriccio per poterci coltivare piccole piante o fiori.

Il costo di queste abitazioni, costruite all'insegna del risparmio per un'architettura semplice e povera, è di circa 2000-2500 dollari (corrispondenti a 1700-2200 €), sono adatte ad un tipo di auto-costruzione con manodopera ridotta ai soli abitanti della casa e si riescono a montare in 25-30 giorni lavorativi.

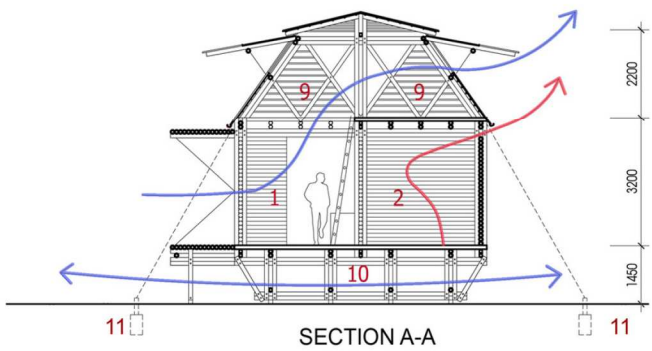
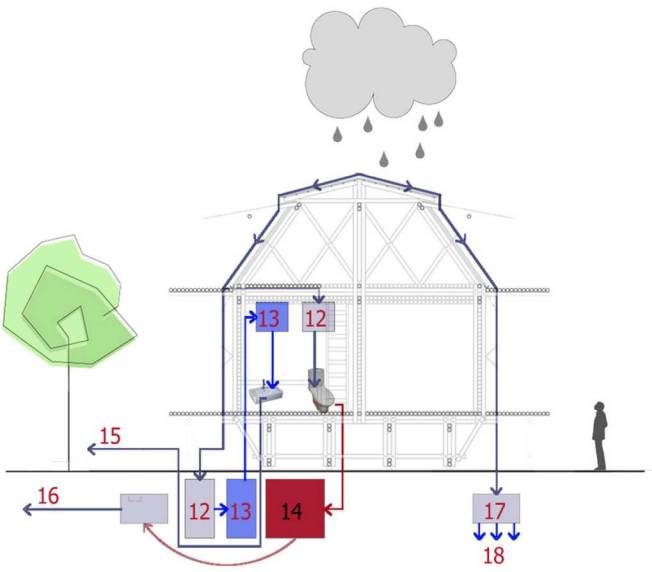


F35. Disposizione dei giardini verticali sulle pareti esterne

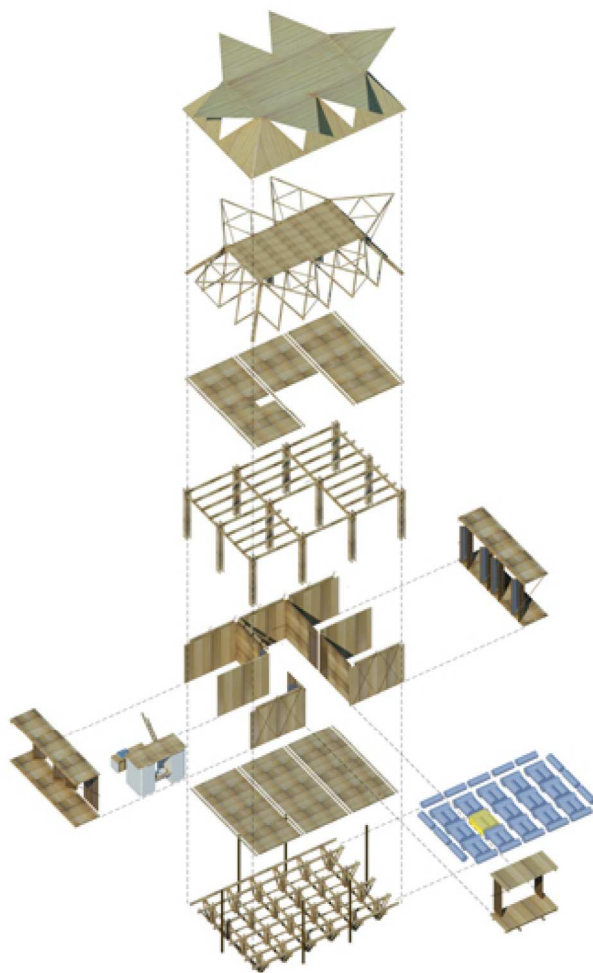
1st FLOORPLAN



- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Living room | 11. Anchor steel |
| 2. Bedroom | 12. Rain water tank |
| 3. WC | 13. Clean water tank (filtered) |
| 4. Bathroom | 14. Waste water tank |
| 5. Kitchen | 15. Water for gardening |
| 6. Stair | 16. Discharged to (after treated) |
| 7. Laundry + Drying | 17. Filter tank for rain water |
| 8. Outdoor terrace | 18. Rain water cleaned |
| 9. Indoor terrace | and returned to the environment |
| 10. area breed animal / plant | (underground reloading) |



F36. Disposizione dei locali in pianta e funzionamento dei sistemi di raccolta



F37. Esploso assometrico dell'edificio



MODULI ABITATIVI IN CARTONE

Dagli anni '80-'90, nell'architettura di emergenza, si inizia a prendere in considerazione nuovi requisiti. Primo tra questi l'auto-costruzione, mai sperimentato in progetti poiché ritenuta una tecnica marginale, e soprattutto perché non vi era l'esigenza di inserirla nei programmi costruttivi dell'epoca.

Al giorno d'oggi, invece, diventa un'importante metodo costruttivo in grado di far risparmiare sui costi della manodopera specializzata e può diventare uno dei cardini della fase di ripresa post-terremoto, dando un impiego pratico alle persone sfollate, il quale diventa obiettivo di ricostruzione delle loro abitazioni cancellando, soprattutto in materia psicologica, il danno e la noia presente negli accampamenti provvisori.

La partecipazione attiva ha un ruolo ben più grande di quanto sembri, da essa dipende la totale ricostruzione delle abitazioni perse durante il sisma. L'architettura di emergenza ha bisogno della partecipazione, necessita di persone e volontari pronti a tirarsi su le maniche per iniziare a lavorare, mattone per mattone, un tassello alla volta, fino ad arrivare ad ottenere veri e propri edifici solidi.

La risorsa più utilizzata diventa "il rifiuto", materiali a basso costo, prodotti riciclati e riciclabili per evitare gli sprechi, tecnologie "povere" che si prestano ad un utilizzo senza l'impiego di macchinari specializzati.

Si passa così ad una nuova concezione di architettura temporanea, in continua evoluzione, con sistemi dispiegabili e integrabili, con componenti realizzati completamente in azienda e pronti per essere trasportati e montati direttamente sul sito.

La sensibilizzazione alle costruzioni sostenibili, con percentuali sempre maggiori di prodotti riciclati e riciclabili, purtroppo non è stato frutto dei produttori. Pur sapendo a quale terribile destino va in contro il nostro pianeta, le aziende tendono a spingere prodotti "comodi" per l'arricchimento personale e poco importa se comportano danni all'ambiente e alle persone.

Per fortuna alcuni regolamenti, volti alla tutela del pianeta e quindi alla qualità della vita, sono stati inseriti nei programmi organizzativi europei cercando di limitare i danni attuali.

Per questo motivo il campo dell'edilizia sta mutando così in fretta, con una particolare attenzione a nuovi materiali, a nuove tecniche sperimentali e alle conseguenze delle lavorazioni.

Si sta spingendo l'edilizia all'apertura verso settori con i quali solitamente ha pochi rapporti. Ad esempio tutte le materie seconde derivanti dalla raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani (carta e cartone, plastica e alluminio, vetro).

Nel caso di carta e cartone, si può ottenere materia prima pregiata quando si ricava da fibra vergine di tipo vegetale (vegetali fibrosi), o materia seconda quando si ricava dal macero di prodotti realizzati con cellulosa.

Il Dott. Montalbetti, direttore generale di COMIECO (Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica), stima che le materie seconde come carta e cartone provenienti da raccolta differenziata hanno raggiunto negli ultimi anni quantità elevate: circa 5 milioni di tonnellate/anno.

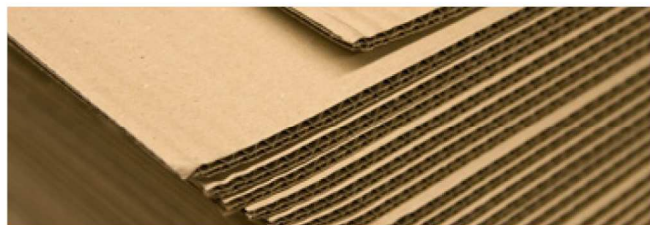
Considerando questo dato, viste le diverse quantità e qualità delle materie prime o seconde derivanti da fibre di cellulosa, possiamo ritenere in generale che la carta/cartone è una delle maggiori potenziali risorse disponibili annualmente in grande quantità.

PRINCIPALI PRODOTTI DERIVANTI DA CARTA RICICLATA O DA FIBRA VERGINE:

- Pannelli a nido d'ape
- Pannelli "grid core"
- Casseforme per getti in conglomerato
- Materiali isolanti (fiocchi di carta)
- Blocchi con conglomerati di carta/legante (Papercrete)

In edilizia si distinguono principalmente 3 usi della carta riciclata: strutturale, parti d'opera, isolamento.

Per quanto riguarda la parte strutturale, solitamente si utilizzano tubi di cartone e pannelli "grid core" rigidi, come elementi resistenti e testati sotto diverse sollecitazioni (compressione, trazione, torsione, ecc..)



F38. Fogli di cartone ondulato

PAPER LOG HOUSE

Shigeru Ban

Kobe (Giappone), 1995.

Tra gli esempi più significativi sull'utilizzo del cartone troviamo le costruzioni dell'Architetto giapponese Shigeru Ban. La nascita dell'idea progettuale di creare un tubo di carta riciclata impermeabile e sufficientemente resistente per poterlo impiegare all'interno di strutture edilizie è il risultato di un'analisi dettata dall'esperienza sul territorio.

E' proprio vero che le invenzioni migliori nascono in situazioni di emergenza, un contesto nel quale l'uomo viene privato dei soliti "comodi" e per riuscire a sopravvivere deve arrangiarsi con il poco che ha a disposizione.

Shigeru Ban inizia il suo lavoro addentrandosi nell'architettura d'emergenza nel 1994 quando viene incaricato dall'UNHCR (l'alto Commissariato delle Nazioni Unite per i rifugiati) per costruire dei rifugi provvisori in Ruanda. Il primo intoppo che si presentò fu legato alla fornitura delle prime tende di dimensione 4 x 6 m: furono infatti spediti dei grossi teloni in PVC che servivano da copertura, ma senza alcun telaio o sostegno per poterle installare sul sito.

La popolazione locale, agendo d'istinto, si procurò dei pali





F39. Fase di costruzione della struttura in cartone di uno degli edifici in



F40. Costruzioni in tubi di cartone nelle Filippine



F41. Interno di un edificio nelle Filippine

in legno tagliando e lavorando il legno locale proveniente da foreste limitrofe, la conseguenza fu immediata: un grosso e rapido disboscamento della zona.

Per risolvere il problema, l'UNHCR si impegnò a fornire dei componenti tubolari in alluminio, ma purtroppo il tentativo fallì miseramente. La popolazione ormai ridotta alla miseria, preferiva vendere l'alluminio poiché in quelle zone era considerato un metallo pregiato, per le tende continuarono a intagliare pali in legno come in precedenza.

Ban ebbe l'idea di inserire un materiale "povero" come il cartone, perché possedeva le giuste caratteristiche adatte all'occasione: leggero, proveniente da raccolta differenziata, basso costo, assemblabile facilmente sotto forma di tubo.

Nel 1995 dovette abbandonare la Ruanda per recarsi nei luoghi colpiti dal terremoto del Giappone, quale migliore occasione per poter sperimentare i nuovi edifici in tubi di cartone?

Nel presentare le sue scelte progettuali Ban sembra sicuro che porteranno a grandi risultati: "Per ovviare drasticamente a questa precarietà ho pensato ad un edificio da realizzare a mie spese, seguendo criteri e offrendo soluzioni differenti rispetto ad altri tipi di abitazione provvisorie. Ho immaginato delle case esteticamente accettabili e a basso costo, di facile e rapida costruzione, realizzate con ma-

teriali termoisolanti, semplici da smontare e riciclabili. E così è nata l'idea della Log House di carta, o casa di tronchi di carta, con la base composta da casse di bottiglie di birra, riempite con sacchetti di sabbia, una tenda come tetto e le pareti, appunto, di carta. Credo che la Log House potrà risolvere i numerosi problemi che ogni Ente locale ha finora incontrato nelle situazioni di emergenza.

Infatti è assai semplice procurarsi i materiali, quando e quanto è necessario, come è avvenuto in Ruanda, dove i tubi di carta sono stati prodotti in loco, con una macchina non troppo grande e facile da trasportare.

La superficie di ogni unità, 16 m², è stata adottata seguendo l'esempio delle tende che l'ONU ha messo a disposizione dei rifugiati africani, anche se in quel clima si vive perlopiù all'aperto e le dimensioni erano quindi in funzione di nuclei familiari di 5 persone.

Qui a Kobe alle famiglie con prole cresciuta sono state destinate 2 Log House di carta, ciascuna di 16 m², affiancate in modo da sfruttare come spazio comune, protetto da una copertura, l'intercapedine di 2 m ricavata fra le due unità".

Resta evidente dalle sue stesse parole, come i punti di forza di queste abitazione siano estremamente semplici ed efficaci, capaci di creare un incastro perfetto tra sostenibilità ed esigenze.

I costi dei moduli abitativi sono intorno ai 250.000 yen (circa 1800 €) per unità e si montano in poco più di 6 ore.

Entrando nello specifico (vedi fig. "Esploso assonometrico"), possiamo notare come la pianta risulta estremamente semplice, quadrata 4 x 4 m come prevista dagli standard dell'ONU.

Esteriormente si presenta con dei lineamenti minimali, ridotti al minimo per abbassare i costi, secondo uno schema classico di un'apertura per lato posizionata in mezz'ora e simmetricamente, ad eccezione della porta di ingresso.

Per le fondazioni sono state utilizzate delle casse di birra, di materiale plastico, con una buona resistenza ai carichi verticali, posizionate con il lato lungo verso il perimetro della sezione e riempite di sacchi di sabbia per una maggiore stabilità e attacco a terra.

Il pavimento è formato da 3 strati sovrapposti: 2 pannelli di compensato posizionati inferiormente e superiormente ad uno strato di tubolari in cartone di lunghezza 4 m, insieme creano un pannello sandwich abbastanza resistente da reggere i carichi sovrastanti.

Per non creare troppe varianti è preferibile riferirsi ad alcuni standard, come nel caso dei tubolari in carta prodotti per questo tipo di progetto. Essi hanno infatti le stesse dimensioni in tutto l'edificio: diametro 108 mm e spessore 4 mm,



F42. Modulo abitativo proposto dopo il terremoto di Kobe



F43. Vista interna del modulo dimensione 4 x 4 m

possono variare in lunghezza ma non incidono esageratamente sul lavoro di modifica dei componenti.

I tubi verticali che formano le pareti sono inseriti in appositi giunti a croce in legno posizionati su tutto il perimetro del pannello compensato, per non creare fessurazioni tra un tubo e l'altro viene inserito un leggero cuscinetto di spugna come sigillante.

I pannelli dei serramenti sono montati a struttura ultimata e hanno un sistema di apertura verso l'esterno che ricorda quello dei cofani delle automobili, con un'asta di bloccaggio.

Ultimate le pareti, si può inserire una cornice superiore che blocca ulteriormente il sistema di tubi in sequenza, su cui viene avvitata una fascia in legno laminato per il posizionamento dei giunti di base della copertura.

Quest'ultima viene a creare una sorta di camera d'aria tra

due teloni, uno di base e uno che segue le linee di falda, migliorando il comfort dell'abitazione.

Ovviamente le strutture sono state sempre più testate e migliorate fino ad ottenere una sicurezza elevata, negli ultimi anni sono addirittura stati testati edifici pubblici come chiese o teatri collettivi con un dimensionamento di notevole importanza.

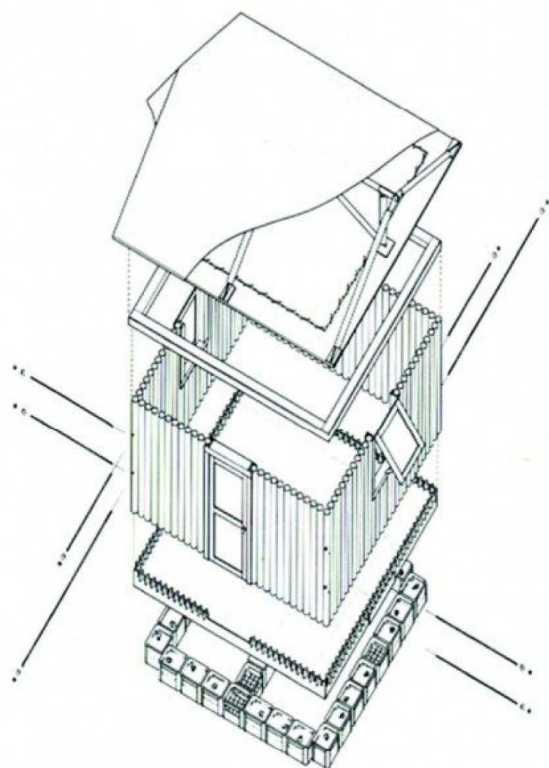
L'idea di Ban è ormai famosa in tutto il mondo, nel 2014 ha vinto il premio Pritzker per l'architettura.



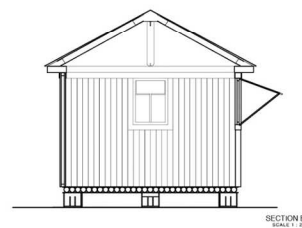
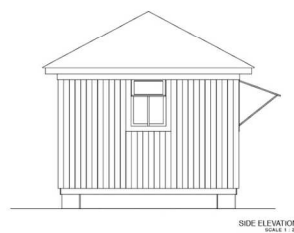
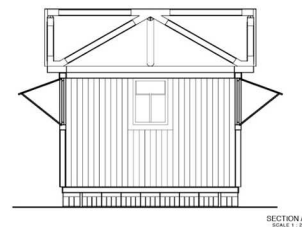
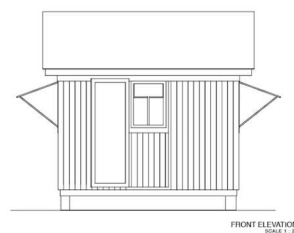
F44. Particolare di ingresso e finestra



F45. Nodo in corrispondenza del colmo di copertura



F46. Esploso assometrico



F47. Prospetti e sezioni

OPOD TUBE HOUSE **Studio James Law Cyberecture** Hong Kong (Cina), 2017.

Lo studio di architettura "James Law Cyberecture" ha ideato un soluzione proiettata a risolvere il problema dei costi troppo elevati per gli affitti rivolti ai giovani.

Questa particolare casa-tubolare è ricavata all'interno di tubi di cemento derivanti dalla dismissione di impianti idrici e fognari.

Volendo riciclare un componente così massiccio, ma al tempo stesso con spazio utile molto ridotto, è necessario lavorare sulle dimensioni interne con estrema precisione.

La micro-abitazione può ospitare 1-2 persone in uno spazio ristretto (lontano dalle misure minime di abitabilità in Italia). E' stata data una particolare importanza al design interno dell'arredamento e al metodo per accorpare più alloggi insieme.

All'interno, il soggiorno ospita una particolare panca che può essere trasformata in letto con meccanismi estraibili, il bagno è dotato di doccia e servizi sanitari e gli arredi di dimensioni minime svolgono la loro funzione in maniera

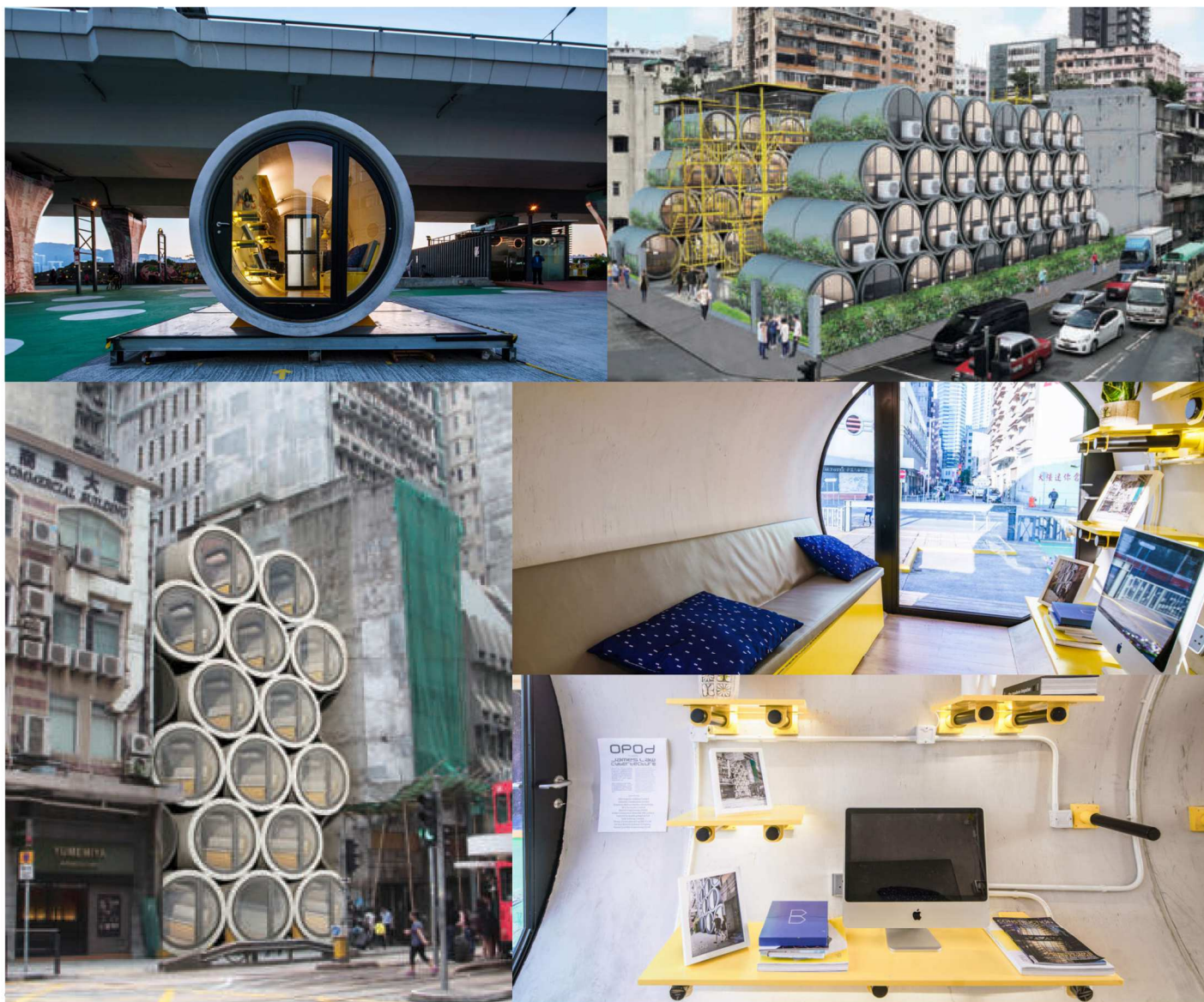
essenziale.

Nonostante il peso sia piuttosto elevato, sollevabile solo con gru o braccia meccaniche di grossa entità, queste mini-abitazioni possono essere impilate una sull'altra come dei veri e propri cilindri.

Sono adatte per essere collocate in qualunque spazio non utilizzato, come strettoie tra edifici, spazi sotto i ponti o qualunque contesto cittadino in cui risulterebbe difficile costruire edifici tradizionali.

Un grosso vantaggio delle Opod Tube House è il costo di soli 15.000 dollari, spendendo circa la somma del prezzo di un'automobile si può ottenere un alloggio pratico e funzionale.

Attualmente esiste solo un prototipo dell'edificio, equipe di studiosi e architetti stanno studiando eventuali migliorie per la risoluzione di alcuni problemi che tuttora persistono.



F48. Prototipo di Opod Tube House su piedistallo. Render di inserimento nel contesto, interni dell'abitazione

Parte 2 - Progetto di un modulo abitativo per emergenza

Come si agisce nell'immediato in situazione di emergenza post-terremoto?

L'iter organizzativo è stato predisposto da numerosi enti che collaborando hanno elaborato un modello da poter mettere in atto in qualsiasi situazione. Ovviamente le fasi possono variare leggermente da Regione a Regione, ma la procedura rimane invariata con il medesimo obiettivo. La prima fase è affidata alla Protezione Civile, la quale in tempi ridotti deve riuscire ad attuare il piano prestabilito. Nel documento pubblico denominato "Indirizzi di sicurezza", la Protezione Civile insieme con la Regione espone l'approccio utilizzato:

"Dalle passate esperienze di allestimento di campi di accoglienza popolazione, in Abruzzo così come in Emilia, emerge chiaramente come l'allestimento di un campo, così come la sua gestione, siano fortemente condizionati da questi elementi principali:

- L'idoneità dell'area, che deve essere attentamente indi-

viduata in fase di redazione del piano di protezione civile (prevenzione);

- Una buona formazione ed un costante addestramento dei volontari potrebbero essere chiamati a svolgere questo tipo di attività (prevenzione).

- Un buon modello di intervento per la gestione delle operazioni assegnate alle squadre di volontariato preposte all'allestimento del campo, con chiara definizione dei ruoli e delle procedure da seguire (fase del soccorso).

È da sottolineare come una corretta impostazione progettuale di un campo, a seguito di un'emergenza, permetta di ottenere buoni risultati, con particolare riferimento agli aspetti della tutela della salute e sicurezza sia per i volontari, in fase di allestimento, sia per la popolazione assistita, durante la gestione del medesimo; le problematiche non idoneamente valutate in fase di realizzazione, infatti, condizioneranno per l'intera vita del campo la sua gestione, costringendola a situazioni di fatto

18. Fonte: Documento della Protezione Civile Regione Toscana "Indirizzi per la progettazione e l'allestimento in sicurezza di un campo regionale d'accoglienza per la popolazione ed i soccorritori a seguito di eventi calamitosi"

che non sempre possono essere riconducibili agli standard di sicurezza e salute richiesti dalla normativa vigente".¹⁸

Stabiliti gli spazi, i volontari e il numero necessario di alloggiamenti si procede con l'allestimento dei primi villaggi di tende, comunemente chiamate "tendopoli".

Le persone rimaste senza casa alloggiano in questi campi provvisori per un periodo di tempo indeterminato, necessario per trovare soluzioni temporanee di secondo livello o essere sorteggiati per abitare nelle prime case definitive della ricostruzione.

1° LIVELLO – Sistemazione temporanea in tenda

2° LIVELLO – Sistemazione in moduli abitativi provvisori

3° LIVELLO – Sistemazione definitiva in case ricostruite

Per comprendere le vere esigenze della popolazione sfollata, anche in ordine di priorità, ci possiamo riferire ad un'analisi effettuata sul sito tramite sondaggi personali.¹⁹

La popolazione è stata sottoposta a 2 principali sondaggi: il primo riguarda gli aspetti che entro i primi 30 giorni dal verificarsi della calamità devono essere garantiti, mentre il secondo è inerente alla fase successiva dopo l'allestimento delle tendopoli.

I risultati sono stati successivamente suddivisi in base al

tempo di permanenza nelle tende, secondo periodi di 6, 7, 8 mesi e secondo un ordine di priorità.

Dal **primo questionario** emergono subito le prime necessità degli occupanti, in particolare:

- **Dopo 6 mesi di permanenza:** il punto con priorità più bassa risulta "poter disporre di energia derivante dallo sfruttamento di fonti rinnovabili", mentre ha raggiunto priorità massima tra le scelte "poter contare su una casa che risulti sicura contro le azioni sismiche"

- **Dopo 7 mesi di permanenza:** priorità più bassa "poter disporre di energia derivante dallo sfruttamento di fonti rinnovabili", mentre priorità più alta "avere la certezza che gli alloggi temporanei vengano rimossi in tempi ragionevoli e che gli sfollati tornino nelle proprie case o in case di nuova costruzione una volta terminata la fase di emergenza"

- **Dopo 8 mesi di permanenza:** priorità più bassa "poter avere un tetto ed un ambiente protetto per ripararsi", mentre priorità più alta "avere la certezza che gli alloggi temporanei vengano rimossi in tempi ragionevoli e che gli sfollati tornino nelle proprie case o in case di nuova costruzione una volta terminata la fase di emergenza"

Da questi dati si nota immediatamente come con il passare del tempo le priorità degli sfollati mutino partendo da

¹⁹. Fonte: Giulio Baiocco, *Ricerca per lo sviluppo di un modulo abitativo di emergenza sostenibile a carattere provvisorio, tesi di dottorato, Università degli studi Roma Tre, Scuola dottorale XXI ciclo sezione Progetto Urbano e Sostenibile, 2010, rel. Frascarolo Marco*



F49. Allestimento "tendopoli" de L'Aquila



F50. Campo di emergenza vicino ad Amatrice visto dall'alto

una situazione di totale insicurezza acquisita nei giorni successivi alle scosse, che porta a volere a tutti i costi un rifugio sicuro contro le azioni sismiche, sino ad arrivare, nelle fasi finali (dai 7-8 mesi in poi), a sperare nello smantellamento dei moduli temporanei ed il conseguente rientro in abitazioni ricostruite.

Il secondo questionario, invece, sottopone gli sfollati ad una scelta per il secondo periodo di emergenza. Più precisamente si chiede: "Successivamente all'allestimento delle tendopoli destinate a fronteggiare le fasi della prima emergenza, quale tipologia abitativa ritieni più adatta per le fasi successive?"

L'opzione più ricorrente risulta "Altra tipologia edilizia di emergenza da allestire dopo le tendopoli e prima che siano disponibili gli alloggi a carattere stabile". E' preferibile quindi rendere la permanenza nelle tendopoli la più breve possibile e prevedere una sistemazione intermedia in un

modulo abitativo temporaneo da smantellare una volta cessata l'emergenza, ma che garantisca le condizioni di vita e le prestazioni di una abitazione a carattere stabile.

Basandomi sull'attività esperienziale appena analizzata e su diversi pareri esplicitati in articoli di giornale o interviste veritiere, posso ritenere che gli obiettivi da raggiungere in campo edilizio sono la ricerca e lo studio di un modulo abitativo temporaneo che rispetti le esigenze precedentemente citate.



F51. Tra le tende fornite dalla Protezione Civile in Abruzzo



F52. Interno di una tenda nei pressi di Accumoli

REQUISITI DEL MODULO D'EMERGENZA

Antisismicità

Il primo punto da analizzare riguarda proprio la causa che sta alla base di questo progetto: il sisma. La capacità di creare un edificio temporaneo con le giuste caratteristiche, in termini di resistenza alle sollecitazioni sismiche, è una delle priorità che bisogna mettere in conto.

Tenendo conto che le persone sfollate e senza tetto hanno appena subito un grave trauma, dovuto alla paura e ai danni da terremoto, si deve considerare la probabilità (spesso alta) che le scosse si ripetano anche a breve distanza. Non si può quindi rischiare che le nuove abitazioni temporanee vengano distrutte nuovamente.

Per progettare metodi antisismici, seppur non addentran-

domi in calcoli dettagliati in materia, bisogna ricorrere alle principali norme in vigore.

Normative E Parametri Di Riferimento

- O.P.C.M. 3274/03 e classificazione sismica italiana

In materia di prevenzione contro i terremoti, lo Stato italiano ha provveduto ad una classificazione in diverse zone che si basa sul rischio sismico, dato dai intensità e frequenza dei terremoti passati.

Le normative per le costruzioni sono state elaborate ottenendo dei parametri di sicurezza per le strutture messe in opera che siano in grado di garantire la completa tutela delle vite umane. Il tutto si riduce ad un concetto, attraverso il quale un edificio deve essere progettato in modo da resistere alle scosse di entità medio-bassa senza subire

gravi danni e resistere a scosse sismiche di entità elevata senza arrivare al collasso totale, salvaguardando in primis gli occupanti.

Prima fra tutte, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, la quale detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni hanno dovuto compilare un elenco di tutti i comuni con relativa attribuzione ad una delle 4 zone.

Il territorio Nazionale risulta quindi classificato in:

- **Zona 1:** la zona più pericolosa, con possibilità di sisma di grossa entità
- **Zona 2:** zona in cui si possono verificare forti terremoti
- **Zona 3:** zona in cui raramente si verificano forti terremoti
- **Zona 4:** la zona meno pericolosa, scosse rare e di bassa entità

Ad ogni zona corrisponde un valore di azione sismica utile ai fini della progettazione, espresso in termini di PGA (Peak Ground Acceleration), cioè accelerazione massimo al suolo.

- **N.T.C. 2008 (Norme Tecniche delle Costruzioni)**

Attualmente le norme in vigore sono state modificate con le N.T.C. (D.M. del 14 gennaio 2008) che stabiliscono nuovi criteri per la progettazione. Precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco con annesso spettro di risposta elastico da utilizzare, mentre con le nuove disposizioni ci si riferisce ad un'accelerazione "propria" determinata sulla base di posizione geografica e in funzione della vita nominale dell'opera.

Stabilisce, inoltre, le categorie di intervento per ottenere determinate prestazioni: interventi di adeguamento, miglioramento (sottoposti a collaudo statico), riparazioni o interventi locali.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione di picco al suolo
1	$a_g > 0.25$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15 g
4	$a_g \leq 0.05$	0.05 g

Tabella I. O.P.C.M. 3519/06

- Eurocodice 8

Sono le norme a livello europeo per la progettazione strutturale. Sono utili ai fini della progettazione e verifica delle costruzioni e diventano lo strumento applicativo delle normative nazionali.

In particolare l'Eurocodice 8 tratta le strutture sotto l'aspetto della resistenza sismica, concentrandosi su: salvaguardia della vita, contenimento dei danni e mantenimento della funzionalità strutturale per la protezione civile.

Praticità di montaggio e smontaggio

Le unità abitative da realizzare sono considerate temporanee. Alcune possono avere una vita utile di numerosi anni, ma vanno sempre utilizzate in base alla necessità. Anche se la durata di un modulo abitativo è maggiore, si considera il tempo necessario per la messa in sicurezza e per la ricostruzione delle abitazioni distrutte dall'evento.

Per reversibilità nel processo costruttivo si può intendere la possibilità di attivare un processo virtuoso di riutilizzo delle materie prime che, una volta terminato il periodo di vita utile del manufatto, ne consenta una reintegrazione ambientale a basso impatto o una reintroduzione in un ulteriore ciclo produttivo.

Tutti i materiali costituenti i singoli elementi costruttivi non vanno considerati come scarti di produzione, ma piuttosto come risorse caratterizzate da un proprio ciclo di vita utile e con un potenziale utilizzo futuro.

Associando questo principio al concetto di transitorietà del modulo abitativo siamo in grado di ridefinire un nuovo modello economico e produttivo che sarà capace di avviare una economia di mercato più sostenibile e finalmente rispettosa degli equilibri ecosistemici del pianeta. Si distaccherà di gran lunga dall'idea attuale di "usa e get-

ta" cercando di sfruttare il più possibile le risorse esistenti tramite riciclo e riuso.

Una buona soluzione abitativa è una costruzione capace di sopperire alle esigenze primarie della popolazione, ma allo stesso tempo di essere confortevole, vivibile in una condizione di benessere e simile ad una abitazione vera e propria. Solo così i fruitori possono vivere il "periodo temporaneo" in modo adeguato, con una condizione di buona adattabilità che è lontana dal classico accampamento in tendoni messo a disposizione nei primi giorni post-evento. Possiamo aggiungere che per realizzare un sistema organizzato formato da moduli di emergenza bisognerebbe studiare una tecnica costruttiva a secco, facilmente montabile e smontabile, che sia riutilizzabile per future calamità con un metodo "smonta e rimonta" in diversi luoghi o in parte riciclabile.

La capacità di creare un sistema totalmente riutilizzabile garantisce una serie di vantaggi rispetto alle tradizionali soluzioni utilizzate recentemente.

Primo fra tutti, non si va ad intaccare il terreno con costruzioni massicce che a fine vita dell'abitazione temporanea finirebbe con deturpare il paesaggio naturale e aumentare la cementificazione del nostro territorio. Ne sono l'esempio gli ultimi terremoti in Italia, in cui sono state gettate delle

vere e proprie piastre in cemento armato con lo scopo di creare fondazioni comuni solide e antisismiche per mezzo di giunti e cuscinetti elastici in grado di garantire la giusta dissipazione delle forze sismiche. Forse nel progetto di queste distese di cemento non ci si è soffermati abbastanza sul problema "temporaneità" o, molto più probabilmente, si sapeva già che le nuove casette temporanee, di temporaneo avevano ben poco e sarebbero dovute essere più durature, quasi definitive.

L'altro vantaggio non indifferente è il riutilizzo di tutti (o quasi) i componenti della costruzione. Come nel caso dei moduli di emergenza in cartone dell'Architetto Giapponese Shigeru Ban, utilizzati per sfollati in varie parti dell'Asia e Africa e poi riutilizzati in toto per successivi disastri a distanza di mesi o anni.

Così facendo si risparmia materiale da costruzione, non si hanno rifiuti edilizi, si riducono i trasporti di macerie e materiali di scarto o esausti, si risparmia sulle nuove costruzioni, si rinnova il ciclo di vita del modulo abitativo e dei materiali utilizzati e si lascia il territorio naturale di alloggiamento come in origine senza modificarne l'ecosistema.

Importanza della tecnica “Fai da te” per l'autocostruzione

E' un processo edilizio in cui l'utente, in parte o in toto, è “soggetto attivo” nelle diverse fasi del processo edilizio stesso, a partire dalla progettazione fino alla gestione. Viene coinvolto in fasi che comprendono: organizzazione in cantiere, montaggio di elementi di costruzione, assemblaggio e posa di materiale edilizio, manutenzione ordinaria e straordinaria.

Per rendere comprensibile il progetto anche ad un'utenza non qualificata è bene predisporre un libretto illustrativo per l'autocostruzione. Il libretto deve necessariamente essere corredato da schemi o immagini comprensibili e intuitivi con una breve spiegazione del procedimento di posa in opera che evidenzia in particolare giunti e “nodi critici”.

La situazione di emergenza è una lotta contro il tempo, moltissime persone rimangono in attesa di una dimora e le procedure organizzative portano all'esigenza di tempi brevi di montaggio: la necessità di avere abitazioni funzionali in tempi ristretti rende inevitabile l'ottenimento di un processo di montaggio semplice e chiaro. Il sistema costruttivo che più si presta a questo scopo è sicuramente un sistema a secco con giunti, incastri, imbullonature pratiche anche

per un successivo smantellamento.

In tutte queste situazioni di emergenza abitativa, vengono messi a disposizione dei moduli prefabbricati. La qualità delle strutture abitative ha un ruolo fondamentale nella ricostruzione e nel sostegno degli utenti coinvolti. Gli insediamenti svolgono una duplice funzione: assistenza locativa alle popolazioni colpite e sostituzione provvisoria dei sistemi urbani danneggiati.

Le leggi, le norme e gli aspetti tecnici che regolano la progettazione, la produzione, la costruzione, l'installazione e il collaudo dei moduli abitativi rappresentano un indispensabile riferimento per la definizione dei criteri procedurali e dei requisiti/prestazioni da porre alla base della progettazione dell'unità abitativa tipo.

Le costruzioni prefabbricate offrono, rispetto alle costruzioni tradizionali, numerosi vantaggi:

- Una notevole riduzione dei tempi di costruzione, in quanto costruzioni a secco cioè non utilizzando malte e leganti con lunghi tempi di posa e di presa e vengono assemblate direttamente in cantiere utilizzando componenti già pronti;
- Il processo di costruzione è reversibile, in quanto gli elementi utilizzati vengono successivamente riutilizzati con una riduzione dei materiali di scarto e un basso impatto

ambientale;

Essendo composti da elementi modulari e intercambiabili sono estremamente flessibili, dando diverse possibili combinazioni di organizzazione sia interna che di facciata.

Questi moduli abitativi devono avere le caratteristiche tipiche di ogni abitazione, qualitativamente idonei (confortevoli, attenti alla sicurezza e all'isolamento, infatti le loro pareti sono isolate e trattate per resistere all'umidità e al fuoco) e, se possibile, dotati di sistemi di innovazione tecnologica e di risparmio energetico.

Questi sistemi abitativi utilizzano tecnologie leggere, quindi facilmente trasportabili, e moduli o blocchi semilavorati o pre-assemblati in grado di poter essere utilizzati ed essere disponibili in tempi brevi grazie alla loro velocità di posa in opera e alla loro facilità di montaggio e smontaggio.

L'individuazione di unità modulari facilmente assemblabili e aggregabili, consente di creare moduli flessibili capaci di inserirsi in eterogenee situazioni di emergenza (eventi sismici, idrogeologici o antropici) e di fornire rapidamente manufatti disponibili.

Linee guida per una corretta progettazione

Questi moduli abitativi devono essere montati nel minor tempo possibile per poter dare alloggi al maggior numero di persone sfollate. E' evidente quindi, che i materiali e le tecniche di assemblaggio devono essere progettate nel dettaglio per avere come risultato un meccanismo strutturale intuitivo, semplice da capire e da montare, meglio se provvisto di istruzioni e indicazioni utili. L'esempio a cui possiamo riferirci è la catena produttrice di arredamento del colosso svedese IKEA®, la quale fornisce un tipo di costruzione "fai da te" chiara e comprensibile con giunti e incastri simili o addirittura identici per diverse tipologie di mobili. Lo stesso deve avvenire per il progetto del modulo d'emergenza, pezzi ed elementi modulari dove possibile per avere una produzione standard, dimensioni contenute dei componenti per renderli più maneggevoli, giunti standard semplici ad incastro o per mezzo di viti e bulloni, materiali con alte prestazioni ma allo stesso tempo leggeri per migliorare trasporto e auto-costruzione.

Il sistema delle connessioni deve garantire una perfetta continuità tra le parti contigue e i giunti devono assicurare un'adeguata resistenza meccanica.

L'ancoraggio al suolo deve risultare rapido ed efficace

mantenendo la linea guida della struttura a secco. In alcuni casi potrebbe essere necessario adattare la fondazione ad un tipo di terreno in pendenza o irregolare, quindi i componenti devono essere in grado di compensare l'eccessiva ripidità del suolo.

Come ultimo obiettivo abbiamo la staticità complessiva del modulo che deve essere in grado di resistere a scosse sismiche di una certa entità; purtroppo molto spesso ad una scossa maggiore seguono numerose scosse minori o di uguale intensità, per cui una fondazione in grado di dissipare energia sismica, senza ricorrere a costosissimi cuscinetti antisismici, è una buona base di partenza.

Durante la progettazione ed il successivo montaggio va sempre tenuta presente la smontabilità di ogni elemento. Questo incide su una serie di decisioni per l'assemblaggio di ogni parte abitativa: si predilige l'incastro, l'avvitamento, l'imbullonatura, mentre bisogna rinunciare ad ogni procedimento collegato con saldature, colle e collanti, resine e isolanti a schiuma e molto altro.

Modularità e aggregabilità

Si cerca di costruire mantenendo un principio di modularità, in modo da poter ampliare il modulo standard in base alle esigenze delle persone e al numero di componenti all'interno dei nuclei familiari. E' possibile quindi stabilire un blocco "BOX" di riferimento con dimensioni 2,50 m x 7,50 m con possibili ampliamenti modulari. (Vedi "Concept di progetto e piante")

Modulo 2BOX: 40 m² (2 persone)

Soggiorno/Cucina

Camera doppia

Bagno con disimpegno

Modulo 3BOX: 60 m²

Soggiorno/Cucina

Camera Doppia

Camera 2 singoli

Bagno con disimpegno

Modulo 4BOX: 75 m²

Soggiorno/Cucina

Camera doppia

Camera 2 singoli

Camera singola

Bagno con disimpegno

Il modulo come unità di riferimento

Il modulo chiuso è la tipologia più adatta e più utilizzata nel contesto dei moduli abitativi d'emergenza. Dotato di un progetto ben preciso va montato e per tutta la sua durata di vita non necessita di modifiche o cambiamenti, ad eccezione di danneggiamenti o problemi vari.

Possiamo distinguere due sotto gruppi:

- **Moduli totalmente prefabbricati:** comprendono tutti quei moduli che sono costruiti completamente in fabbrica con tutte le lavorazioni necessarie, una volta trasportati nel luogo di installazione non hanno bisogno di ulteriori lavorazioni, se non nel caso di fondazioni o piastre di appoggio.

- **Moduli realizzati in sito:** comprendono tutti quei moduli in cui i componenti sono stati fabbricati precedentemente, imballati e trasportati per poi essere assemblati direttamente in cantiere.

Nel primo caso si risparmia sulla posa in opera, operando tutte le lavorazioni in fabbrica e provvedendo unicamente al posizionamento dell'unità abitativa in sito, mentre nel secondo caso si risparmia sul trasporto, avendo componenti

più piccoli e facilmente trasportabili non si utilizzano mezzi pesanti speciali addetti a trasporti eccezionali.

Tenendo presente l'obiettivo finale del progetto di emergenza possiamo fare due considerazioni in merito: provando ad ottenere un tipo di assemblaggio "fai da te", chiaramente controllato da esperti di settore, conviene adottare un sistema realizzato in sito, dove si hanno persone sfollate pronte a collaborare alla realizzazione di nuove case; il secondo appunto da considerare riguarda i costi, nel caso di moduli interamente prefabbricati solitamente è l'azienda produttrice che provvede alle lavorazioni delle materie prime, al montaggio dei componenti e al carico e scarico dell'unità abitativa su mezzi idonei al trasporto, il che comporta un costo maggiore nelle fasi di montaggio – trasporto rispetto ad un modulo realizzato in sito.



F53. Concetto di moduli componibili

Adattabilità, flessibilità e integrabilità

L'utenza è sempre la chiave per una buona progettazione. Saper venire in contro alle esigenze di un committente, seppur complicato, è il punto focale per arrivare ad un risultato soddisfacente e con successo.

Conoscendo la diversità di opinioni, di gusti e di pensieri nella popolazione comune, non possiamo aspettarci di trovare un'unica soluzione abitativa che accontenti il 100% dell'utenza. Dall'altra parte non si può elaborare le numerose idee di tutti per creare diversi moduli d'emergenza che si evolvano a seconda del fruitore. Bisogna trovare il giusto equilibrio tra lo standard imposto da progetto e la flessibilità massima possibile in termini di spazio, disposizione degli ambienti e costi. Considerando che al momento dell'emergenza le comodità degli utenti scendono notevolmente, e di conseguenza si abbassano anche le pretese degli sfollati, si può pensare ad un tipo di soluzione abitativa standard in grado di adattarsi alle esigenze dei nuclei familiari (in termine di numero di componenti) con un ampliamento modulare prestabilito.

Dal punto di vista tipologico il modulo abitativo deve garantire una superficie interna adeguata alla funzione prevista e fornire spazi abitabili confortevoli e di qualità formale

sia all'interno che all'esterno.

Devono essere dotate di spazi di pertinenza destinati ad attività residenziali all'aperto ma allo stesso tempo devono stabilire un certo grado di riservatezza.

Sicurezza

Nel campo dell'edilizia la sicurezza non deve essere mai sottovalutata, a maggior ragione quando si tratta un argomento di notevole importanza come l'emergenza abitativa.

Spesso con la scusa del poco tempo, decisioni frettolose e confuse portano a soluzioni basilari in cui la sicurezza viene inserita da cornice in modo superficiale. Non è un caso che le "casette" de L'Aquila abbiano già problemi di staticità, con crepe e crolli dovuti a materiali scadenti utilizzati o verifiche sui carichi approssimative che compromettono l'utilizzo delle costruzioni.

La sicurezza non può, e non deve, fare da contorno al progetto, ma deve integrarsi nelle varie fasi decisionali preliminari, definitive ed esecutive.

Tra i parametri da esaminare per garantire la sicurezza dell'utenza troviamo:

- Resistenza meccanica, capacità di resistere e opporsi a deformazioni e rotture sotto l'azione di sollecitazioni
- Resistenza sismica, capacità di resistere all'azione di terremoti e dissipare energia
- Resistenza al fuoco, capacità di resistere all'azione del fuoco senza mutamenti e collassi della struttura per un determinato tempo e senza emissione di gas tossici per l'uomo e ambiente
- Resistenza ad acqua, vento e fenomeni atmosferici, capacità di resistere alle forze del vento nelle diverse direzioni, impermeabilità del tetto e involucro esterno in grado di fermare acqua e umidità

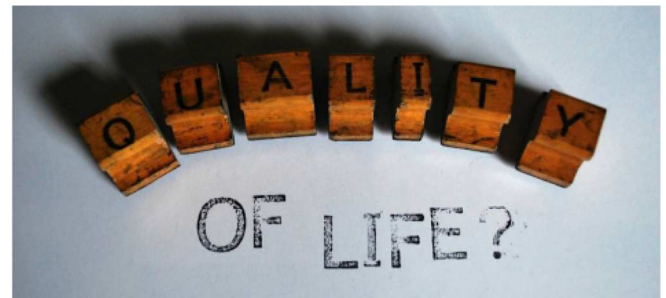
Qualità di vita

Le abitazioni di emergenza devono disporre dei requisiti minimi di vivibilità per un periodo sufficientemente lungo necessario alla ricostruzione. Vedendo realmente che questo periodo può variare da pochi mesi a molti anni (anche superiore a 10-15), la qualità della vita influenza notevolmente le scelte progettuali.

Per qualità di vita si intende l'insieme delle condizioni necessarie che permettono ad un individuo di adempiere ai

compiti della vita quotidiana in maniera soddisfacente, in ambito edilizio si valuta il benessere del fruitore negli ambienti interni di un'abitazione. Esse comprendono sia le prestazioni ambientali, definite attraverso l'involucro esterno e sia le caratteristiche dimensionali e tipologiche di ogni locale.

Il benessere ambientale deve essere garantito attraverso l'involucro esterno (materiali, composizione, spessore) ed è rappresentato dall'insieme delle condizioni termoigrometriche (controllate per mezzo della trasmittanza termica delle pareti perimetrali, dalla copertura e dalle prestazioni dei serramenti), dalle condizioni acustiche (valutando il potere fonoassorbente delle pareti esterne, dei tramezzi e della pavimentazione) e dalle condizioni visive e luminose (studiando l'orientamento, la localizzazione, l'esposizione e il corretto dimensionamento delle aperture).



Sostenibilità ed ecocompatibilità

“Ormai da diverso tempo l'idea della sostenibilità si aggira nei meandri del dibattito architettonico. Ci sarebbe da essere felici se, silenziosamente, tutti avessero veramente capito la reale portata del concetto. Chiunque oggi esige progetti sostenibili. Non si fa più nemmeno un concorso senza che ci sia una richiesta in tal senso. Quello che è più spiacevole sottolineare è che questo interesse per l'ecologia e per l'ambiente spesso scompare con il progetto stesso, nel senso che perde significato appena l'oggetto è veramente costruito... Quando si cerca di realizzare qualcosa che soddisfi l'esigenza della sostenibilità e che parallelamente però, suscitì anche l'interesse degli operatori e del pubblico, occorre fare uno sforzo intellettuale non da poco, con un impegno particolare nel condurre un gioco di sottili equilibri.”²⁰

Il termine **“sostenibilità”** raggruppa un'infinità di argomenti, che messi in relazione tra loro forniscono le linee guida per una nuova progettazione volta ad un maggiore rispetto per l'ambiente e un'attenzione particolare alle conseguenze di ogni processo.

Nel dettaglio possiamo ritenere che la sostenibilità riguarda:

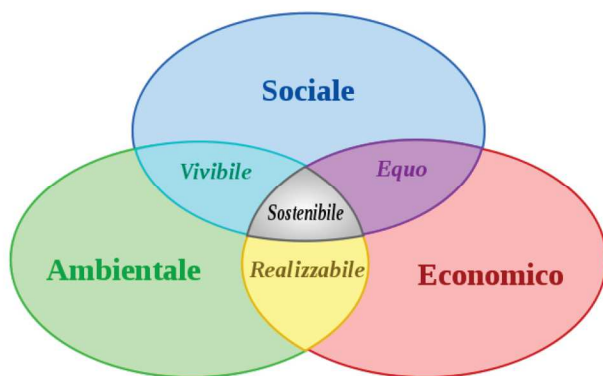
- La scelta e l'origine dei materiali
- L'energia consumata per il trasporto
- L'energia consumata per le lavorazioni e trasformazioni dei materiali
- Il processo costruttivo degli edifici
- Le performance termiche e l'energia necessaria per un buon funzionamento
- I processi di manutenzione
- La durata complessiva degli insiemi, funzionalità interna e adattabilità
- L'idoneità alle tecniche di smantellamento e rimontaggio
- La compatibilità con tecniche di trasformazione dei materiali e riciclaggio
- L'utilizzo di fonti di energia pulita
-

Tutti questi ambiti contribuiscono al processo di uno sviluppo sostenibile, definito come *“una forma di sviluppo che considera un'ampia serie di ambiti e la totalità delle attività umane, con il proposito di non compromettere la possibilità delle future generazioni di perdurare nello sviluppo preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle riserve naturali.”²¹*

20. Arch. Thomas Herzog (traduzione: George Frazzica) - Editoriale Costruire in Laterizio n. 89 (2002)

21. Rapporto Brundtland (1987)

Nell'evoluzione dello sviluppo sostenibile, partendo dal Rapporto Brundtland (1987) e arrivando alle integrazioni elaborate dall'UNESCO nel 2001, troviamo 4 principali "pilastri" che sorreggono la sostenibilità: Ecologia, Economia, Equità sociale e Diversità culturale. Quest'ultima è stata aggiunta dall'UNESCO sostenendo che *"la diversità culturale è necessaria per l'umanità quanto la biodiversità per la natura (...) la diversità culturale è una delle radici dello sviluppo inteso non solo come crescita economica, ma anche come un mezzo per condurre una esistenza più soddisfacente sul piano intellettuale, emozionale, morale e spirituale"*.



F54. Le dimensioni della sostenibilità

Generalmente quando si progetta un edificio sostenibile si stilano gli obiettivi principali, che possono essere:

- Salute degli occupanti
- Preservare l'ambiente
- Sfruttamento luce naturale
- Qualità e accessibilità
- Protezione dai rischi (come sisma, fenomeni atmosferici, incendi,...)
- Prestazioni termiche ed energetiche con isolamento termo-acustico
- Gestione dei rifiuti
- Gestione delle acque

Purtroppo per raggiungere alcuni di questi obiettivi è necessario far crescere i costi, in situazione di emergenza diventa d'obbligo mediare cercando di raggiungere un risultato soddisfacente nel complesso.

In conclusione, nella progettazione, si privilegiano materiali ecocompatibili, riciclati e riciclabili/riutilizzabili dopo l'uso, con un impatto ambientale che si riduca al più basso possibile. Inoltre si preferisce l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili e risorse locali per facilitare il processo di costruzione limitando trasporti ed embodied energy per la salvaguardia dell'ambiente.

22. UNESCO, definizione dei 4 pilastri della sostenibilità. Integrazione Rapporto Brundtland
Fonte: <http://www.doppiozero.com/materiali/sostenibilita>

Embodied energy

Per comprendere meglio il concetto di embodied energy bisogna fare riferimento al ciclo di vita di ogni materiale/ componente o dell'edificio intero.

CICLO DI VITA:

Le fasi principali si dividono in:

- Fase di produzione dei materiali da costruzione
- Fase di costruzione dell'edificio
- Fase di uso e gestione
- Fase di fine vita

Andando più nel dettaglio possiamo nuovamente suddividere le macro-fasi in:

FASE DI PRODUZIONE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

1. Estrazione delle materie prime
2. Processo di produzione principale
3. Imballaggio e stoccaggio

FASE DI COSTRUZIONE

4. Costruzione e assemblaggio (che può essere in sito, prefabbricato in azienda e poi trasportato sul sito)
5. Amministrazione

FASE DI USO E GESTIONE

6. Riscaldamento e raffreddamento
7. Illuminazione
8. Funzionamento apparecchi
9. Manutenzione

FASE DI FINE VITA

10. Dismissione
11. Riuso
12. Riciclo

Tra le fasi di produzione, costruzione e fine vita si ha sempre una grossa componente che è il trasporto. Incide notevolmente sui costi e sull'inquinamento totale.



F55. Schema generico del ciclo di vita di un prodotto

Conoscendo ora l'intero ciclo di vita "Cradle to Grave", cioè "dalla culla alla tomba" che sta ad indicare il processo dalla nascita delle materie prime fino alla dismissione dell'edificio, possiamo determinare l'embodied energy (energia incorporata) totale, data dalla somma delle parziali energie incorporate di ogni materiale e componente edilizio.

Un grande punto a favore verso la sostenibilità è l'approccio "Cradle to Cradle", cioè dalla "culla alla culla" poiché nella fase finale del ciclo di vita aggiunge alla dismissione un ulteriore processo di riuso o riciclo, favorendo l'innesco di un nuovo ciclo di vita concatenato al precedente, rispettando l'ambiente ed evitando grandi quantità di rifiuti limitando gli sprechi.

L'embodied energy, in sostanza, è l'energia consumata per l'estrazione delle materie prime sommata all'energia consumata per i cicli di lavorazione e per i trasporti.

E' stato dimostrato che l'energia incorporata ha una stretta correlazione con le emissioni di CO₂, quindi ci si può riferire ad un determinato valore di emissioni per stabilire se un processo di produzione è più o meno sostenibile rispetto ad un altro.

Riassumendo, i materiali migliori e adatti per la costruzione:

- **Richiedono poca energia nelle fasi di produzione e trasporto**
- **Riducono al minimo l'impatto negativo sull'ambiente**

STUDIO DELLA TECNICA DI FONDAZIONE

La fondazione, è una parte fondamentale in edilizia, in quanto ha un compito strutturale che consiste nell'assorbire i carichi delle strutture in elevazione, trasmettere i carichi al terreno sottostante e ancorare l'edificio al suolo. Per quanto riguarda l'edilizia tradizionale, siamo abituati a vedere costruzioni con fondazioni massicce in cemento armato, adatte ad una buona resistenza e rigidezza nei confronti dei carichi da sopportare. Tra le diverse tipologie di fondazioni generalmente distinguiamo quelle dirette e quelle indirette, utilizzate in base alla conformazione della struttura portante progettata e al tipo di terreno stratificato nel sottosuolo. Partendo da questi macro-gruppi è possibile scindere nuovamente in sotto-categorie secondo il seguente schema:

Ma se ci addentriamo nel campo dell' edilizia temporanea, le classiche scelte di fondazione vengono analizzate più a fondo cercando la soluzione migliore in grado di avere un buon rapporto performance/smantellamento. A maggior ragione se ci occupiamo di edilizia temporanea di emergenza, dobbiamo tenere conto di una serie di parametri che direzionano le scelte progettuali. Volendo valorizzare il territorio, la natura e l'ecosistema in cui si inseriscono moduli abitativi temporanei, non possiamo permetterci di costruire fondazioni invasive e massicce che rischiano di deturpare l'ambiente circostante, ma bisogna invece optare per tecniche leggere, facilmente smantellabili ed efficaci. Prendendo come riferimento le attuali fondazioni più comuni, possiamo studiarne la forma, la composizione, il funzionamento strutturale e l'assemblaggio per creare metodi costruttivi di fondazione innovativi, adatti alle situazioni di emergenza, economici e basati sul risparmio e se possibile con materiali di riciclo o scarti di produzione.

FONDAZIONI				
DIRETTE				INDIRETTE
CONTINUE			DISCONTINUE	PALI
LINEARI	TRAVI ROVESCE	PLATEA	PLINTI	

Tabella II. Classificazione delle fondazioni

Isolamento dal suolo

Il primo problema da risolvere è in assoluto l'isolamento del modulo abitativo dal suolo, per evitare problemi di condensa, umidità di risalita e conseguenti danni alla struttura. Di solito gli spazi previsti per la collocazione di edifici temporanei nei vari Comuni sono zone abbastanza aperte, maggiormente pianeggianti e fuori dai centri storici, luoghi che si prestano bene ad accogliere un gran numero di persone sfollate e tendoni per un primo soccorso. Difficilmente si hanno terreni in grande pendenza o difficilmente percorribili, per garantire un buon grado di sicurezza nella popolazione. Questo è già un grande vantaggio in termini di collocamento di unità abitative, tuttavia per ogni installazione va preparato uno spazio di pertinenza rendendo il terreno agibile.

Considerando che costruire abitazioni su un piano orizzontale risulta molto più semplice piuttosto che mediare tra scavi e riporti in situazioni di pendenza, le soluzioni che fin ora si sono viste realizzate in Italia hanno quasi tutte una piastra di calcestruzzo che funge da solida base comune. Con una piastra di enormi dimensioni, si isola completamente l'edificio dal terreno sottostante e con l'aggiunta di

speciali e costosi dissipatori sismici si può rendere la piastra antisismica.

Escludendo in partenza questa soluzione, poiché va contro ogni principio di temporaneità e di eco-compatibilità dell'opera invadendo completamente l'ambiente e lasciando molti problemi dopo lo smantellamento, voglio proiettarmi in un'altra direzione cercando di ottenere un isolamento dal suolo assolutamente a secco e completamente smontabile al fine vita di ogni edificio.

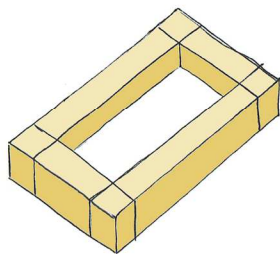
Immaginando di avere una pianta ottimale da posizionare su un terreno di forma rettangolare, si possono avere due principali metodi di appoggio:

- **Tramite appoggi puntuali**
- **Tramite appoggi continui**

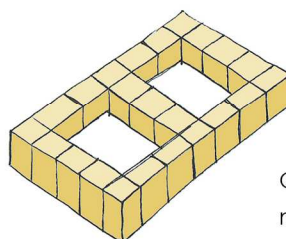
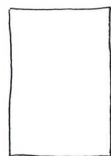
La prima tipologia ricorda le fondazioni indirette con uso di sostegni tipo pali in cui i carichi sono concentrati sull'asta e scaricano a terra puntualmente su 4 o più appoggi. Possono assomigliare, in alternativa, anche alle fondazioni dirette discontinue con appoggi su plinti correttamente dimensionati.

La seconda tipologia, invece, prevede l'utilizzo di elementi allungati che, posizionati lungo il perimetro della pianta e internamente, assomigliano alla struttura delle fondazioni dirette continue.

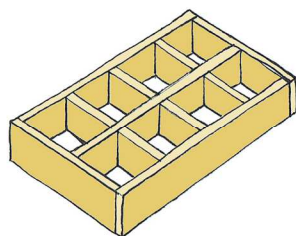
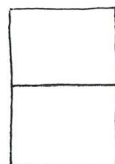
La grossa differenza sta proprio nella morfologia del ter-



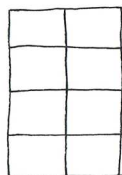
Cordolo perimetrale



Cordolo perimetrale con aggiunta di rinforzo di mezzeria



Cordolo perimetrale e irrigidimento della struttura
tramite travature di taglio



F56. Studio dei volumi di fondazione

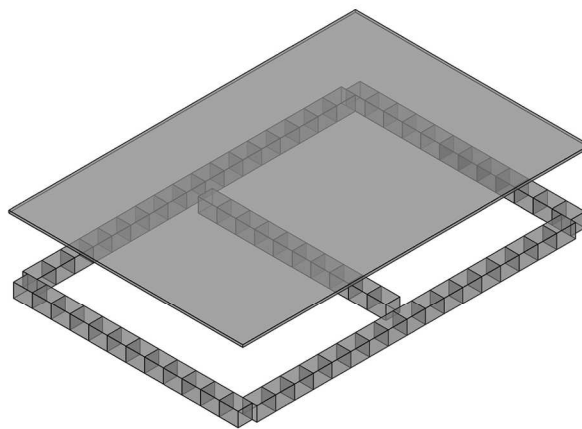
reno: nel caso di appoggi puntuali si può "giocare" sulle altezze dei diversi appoggi, garantendo un'orizzontalità del piano di calpestio anche in condizioni di lieve/grave pendenza e disconnessioni; mentre nel caso di appoggi continui il requisito fondamentale è un terreno pianeggiante come base di partenza (si può correggere l'orizzontalità anche con l'aiuto di piccoli spessori, ma si parla di piccoli difetti).

Rialzando la costruzione dal terreno siamo in grado di **eliminare numerosi problemi** in materia di termo-igrometria.

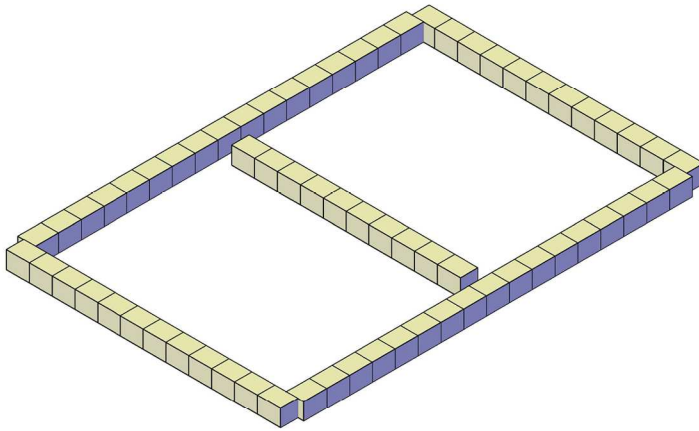
- Non si ha contatto tra superficie del suolo e pavimento dell'abitazione: la superficie del terreno è disperdente, se viene a contatto con il pavimento dell'abitazione riscaldata rischia di far abbassare la temperatura interna del locale
- Blocca l'umidità di risalita: per capillarità qualunque superficie o elemento a contatto con il terreno umido/bagnato tende ad assorbire acqua provocando danni alla struttura
- Migliore isolamento del pavimento: lo strato d'aria che si viene a creare tra il terreno e la parte inferiore del solaio di calpestio crea una ventilazione in grado di isolare termicamente il pavimento
- L'aria impedisce la formazione di muffe e umidità: si crea una sorta di vespaio areato in grado di asciugare la parte inferiore dell'edificio prevenendo muffe, funghi o danni da umidità.

Forma e tipologie di appoggi

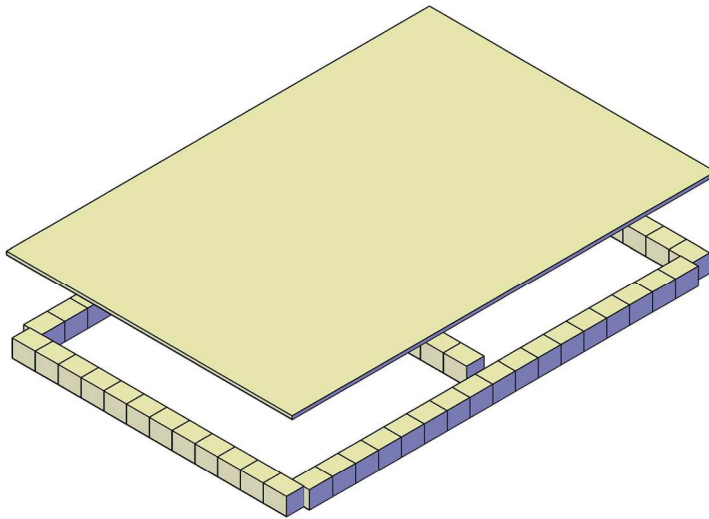
Analizzando diversi casi tipologici già sperimentati nel mondo, siamo in grado di ricondurli ad alcuni generici meccanismi basilari, che possono poi avere diverse sfaccettature in funzione dei materiali scelti o delle tecniche di assemblaggio. Il funzionamento strutturale è comunque identico in tutti i casi.



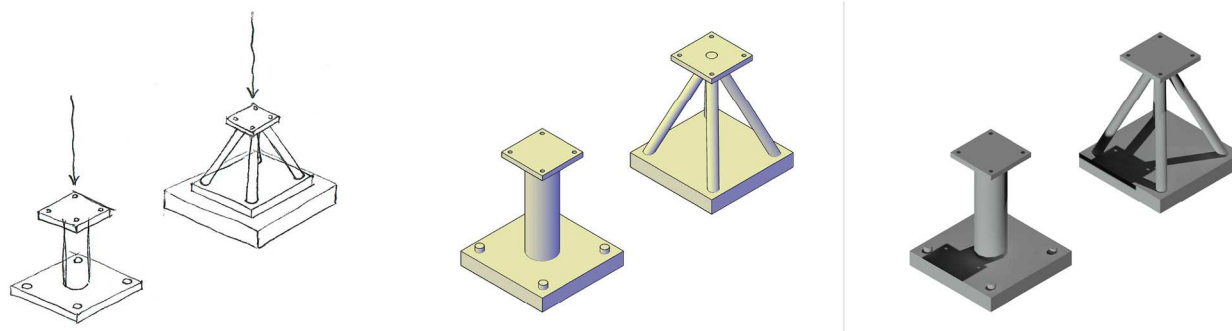
F57. Schema a raggi X. Si nota come le strutture scatolari resistono ai carichi sovrastanti tramite le componenti verticali (resistenti a carichi e pesi verticali).



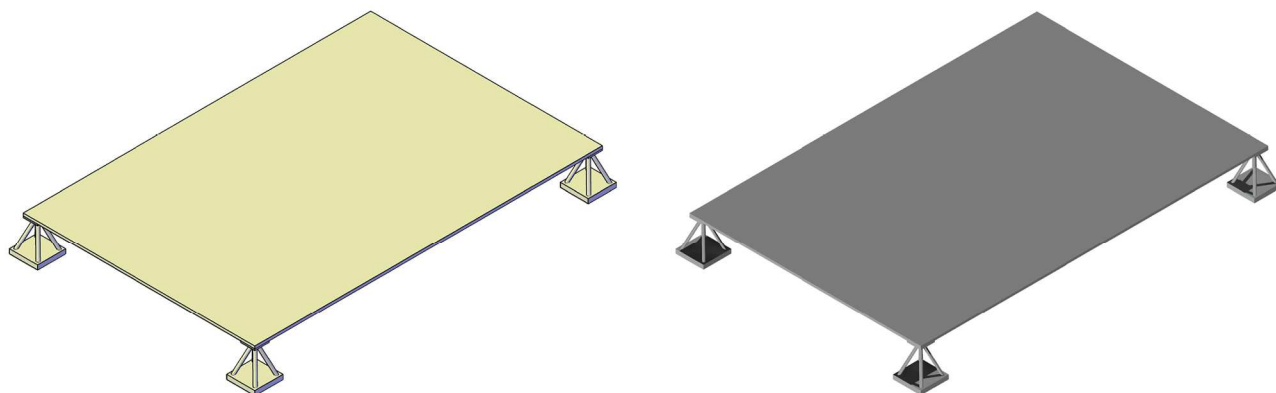
Schema del posizionamento di strutture scatolari lungo il perimetro della pianta dell'edificio, con asta di rinforzo in mezzeria. Necessita di pavimento prevalentemente pianeggiante.



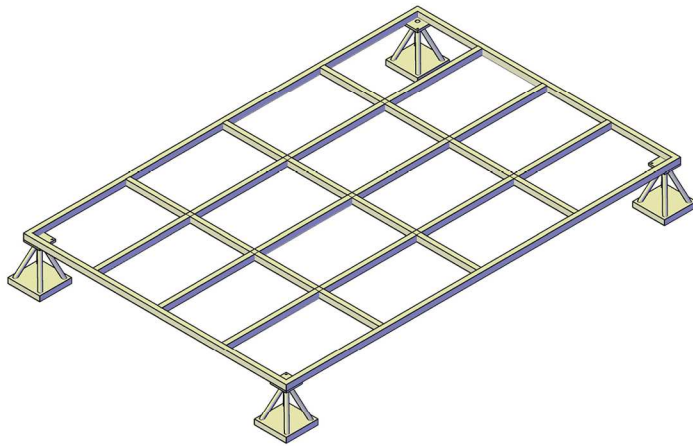
Posizionamento di un pannello generico con funzione di pavimentazione. Il piano rigido appoggia sulle strutture scatolari posizionate in funzione del piano.



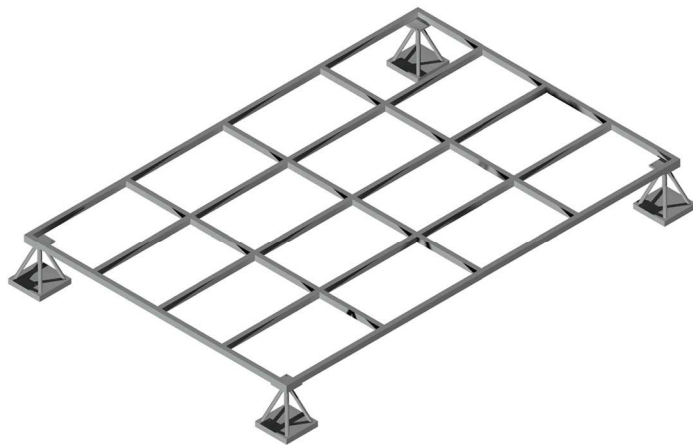
F59. Schema di due appoggi progettati per rialzare il modulo abitativo rispetto al suolo sottostante. Questo tipo di appoggi permette l'installazione anche su terreni non perfettamente pianeggianti compensando sull'altezza dei sostegni.



F60. Schema dell'utilizzo dei precedenti appoggi per la posa del pannello di pavimentazione. Se sufficientemente rigido è in grado di reggere i carichi sovrastanti, altrimenti necessita di un'integrazione con aggiunta di eventuali piedistalli disposti in maniera modulare.



Sistema di appoggi con griglia di distribuzione dei carichi. Questo sistema, diversamente dal precedente, permette una maggiore rigidità del piano di appoggio della pavimentazione (dato dalle travature centrali).



F61. Griglia di distribuzione dei carichi

Antisismicità nelle fondazioni

In base al tipo di fondazione scelta, si devono progettare degli appoggi a terra che siano in grado di sopportare i carichi permanenti dell'edificio e accidentali, che riescano ad ancorarsi al suolo e infine che siano in grado di resistere a scosse sismiche senza provocare il collasso immediato della struttura. Sappiamo bene che lavorando in condizioni di emergenza le tecniche sperimentate e certificate per l'antisismicità degli edifici risultano troppo costose, ma si può comunque progettare un tipo di ancoraggio con materiali "poveri" in grado di rispondere positivamente a sollecitazioni elevate (cerando di mantenere una certa leggerezza della struttura complessiva).

L'esempio in ambito antisismico, che riesce a far comprendere l'obiettivo della progettazione può essere riassunto secondo i seguenti schemi:

Nel campo dell'edilizia, dopo anni di studi e di ricerche, alcune aziende sono ormai in grado di produrre i cosiddetti "isolatori sismici", speciali meccanismi ampiamente testati e controllati che se utilizzati con alcuni accorgimenti possono ridurre il problema terremoto.

I materiali utilizzati nella produzione sono materiali molto resistenti, come le tecniche di assemblaggio, con una struttura idonea alla deformazione e capace di limitare la trasmissione degli spostamenti indotti.

Le NTC08 individuano al § 11.9 le tipologie di dispositivi antisismici e le procedure utili alla loro qualificazione ed accettazione. Gli isolatori devono essere dispositivi in grado di sostenere elevati carichi verticali (elevata rigidità verticale) ed avere una bassa rigidità o resistenza in direzione orizzontale al fine di favorire notevoli spostamenti orizzontali. In generale, al § 11.9.1 le NTC08 sono indicati i seguenti tipi di dispositivi:

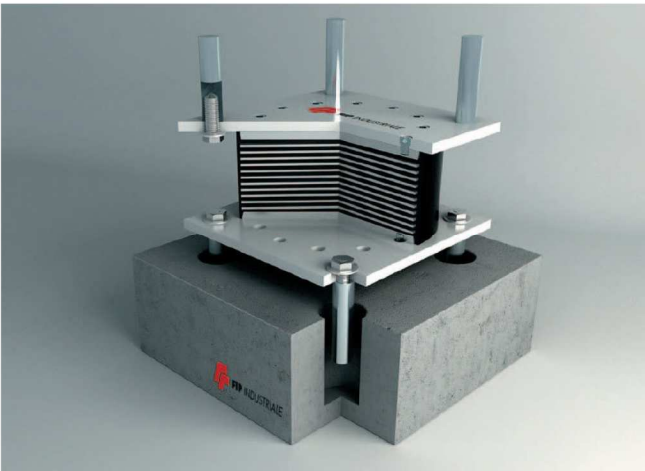
- a) Vincolo temporaneo
- b) Dipendenti dallo spostamento
- c) Dipendenti dalla velocità
- d) Di Isolamento o "Isolatori"

Questi ultimi suddivisi in:

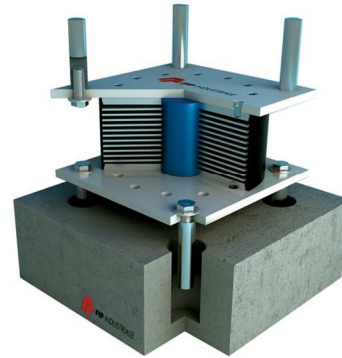
- **Isolatori Elastomerici:** costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero, risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali) – [specifiche § 11.9.7, NTC08].

- **Isolatori a scorrimento:** costituiti da appoggi a scorrimento caratterizzati da bassi valori delle resistenze per attrito [specifiche § 11.9.8, NTC08].²²

La gomma unita all'acciaio è una delle soluzioni più studiate per nuovi progetti, poiché la gomma ha una struttura materica elastica che si presta molto bene per assorbire vibrazioni e se inserita correttamente è in grado di deformarsi rimanendo in campo elastico (senza raggiungere il punto di rottura).



F62. Isolatore elastomerico in strati di gomma e acciaio



F63. Isolatore elastomerico in strati di gomma e acciaio con nucleo in piombo per carichi maggiori



F64. Isolatore a scorrimento

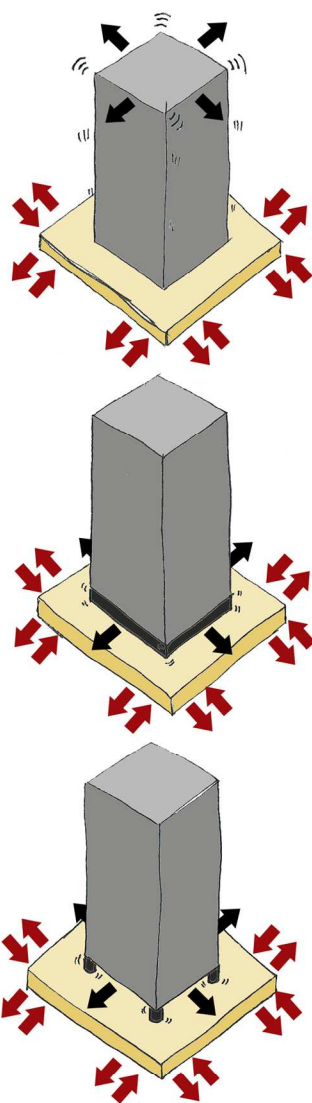


F65. Isolatore elastomerico sotto sforzo durante un test

22. Fonti consultate: Norme Tecniche delle Costruzioni 2008

Circolare esplicativa delle Norme Tecniche delle Costruzioni n. 617/2009

M. Dolce, D. Cardone, F.C. Ponzo, A. Di Cesare: "Progetto di edifici con isolamento sismico", Ed. IUSS Press



In questo caso abbiamo un edificio con fondazioni molto rigide ad incastro. Si può notare come il movimento del terreno viene trasmesso lungo tutto l'edificio crescendo all'aumentare dell'altezza, provocando maggiori deformazioni e collassi a partire dai piani più alti.

Nella figura è stato disegnato uno strato generico di materiale in grado di dissipare energia. Questo strato collega l'edificio al suolo, ma ha la capacità di deformarsi in tutte le direzioni raggiungendo un comportamento in grado di ridurre al minimo gli oscillamenti e le vibrazioni dell'edificio sovrastante.

L'ultimo caso è un'evoluzione del precedente, che permette di eliminare gran parte del carico proprio dello strato "cuscinetto" andando a concentrare gli appoggi dissipatori nei più importanti ancoraggi strutturali. Si crea così una sorta di base per ogni pilastro in grado di isolare l'edificio dal terreno.

F66. Le frecce rosse indicano le sollecitazioni del terreno dovute ai fenomeni sismici, le frecce nere indicano lo spostamento conseguente alle azioni sismiche, le onde indicano la vibrazione, crescente con le dimensioni delle onde.

Purtroppo gli isolatori sono apparecchi sofisticati e molto costosi. Un isolatore elastomerico può arrivare a costare diverse migliaia di euro a seconda della struttura sovrastante. Tale importo può arrivare addirittura a rappresentare il 20% dell'importo totale necessario per la realizzazione della struttura grezza.

Per questo motivo nel progetto di un modulo abitativo d'emergenza non inseriremo mai un meccanismo di questo tipo, ma può essere sostituito con materiali alternativi che si avvicinino il più possibile al suo funzionamento.

Partendo dalla forma cilindrica e dal materiale come la gomma, il rifiuto sovrabbondante che emerge fra tutti è il pneumatico delle automobili. Esso può essere un buon punto di partenza su cui lavorare, magari con qualche modifica o integrazione con altri materiali si può rivelare un ottimo isolatore sismico di recupero e sostenibile.

In giro per il mondo si trovano già alcuni esempi dell'impiego di questo prodotto, alcuni testati a grandi linee altri ancora in versione prototipo, ma in ogni caso la scelta sembra andare nella giusta direzione.

Gli **pneumatici** pongono particolari problemi di smaltimento: sono composti da parti in metallo e da una camera d'aria volta a trasmettere e ricevere gli attriti, composta da gomma butile.

Le mescole basate su questo polimero hanno resistenza a trazione modesta, buona resistenza all'abrasione, al taglio, alla temperatura e una permeabilità ai gas particolarmente bassa.

Non essendo possibile riciclare questa gomma per creare altri pneumatici, viene utilizzata in molti processi del settore edilizio, riciclandola ad esempio per creare pavimentazioni antiurto o antishock.

Se gettata in discarica ci impiega un tempo spropositato per biodegradarsi (a patto che ci riesca).

E' difficile sbilanciarsi sulle eventuali proprietà antisismiche che l'uso della gomma come base per pavimentazioni potrebbe fornire, ma sicuramente un certo numero di pneumatici adeguatamente riempiti ed assemblati secondo schemi precisi reggerebbe senza difficoltà il peso, relativamente leggero, di un'abitazione di emergenza.



F67. Esempio di costruzione in legno con fondazione in pneumatici riempiti

Due esempi di sperimentazione della gomma di pneumatici come isolatore sismico

Lang e Sargent

Nel 2005 la United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) si era attivata per sviluppare dei sistemi di isolamento sismico derivanti dalla gomma naturale.

Il risultato è stato un brevetto ideato da Lang e Sargent intitolato "*Method and apparatus for reducing earthquake damage in developing nations using recycled tires*". Questa invenzione, successivamente criticata da diversi studiosi, consisteva in una tecnica di riempimento dei copertoni di automobili con pietrisco di dimensioni granulometriche di circa 2 cm e successivo collocamento ai quattro angoli della costruzione. Una soluzione economica, alla portata di tutti i Paesi (anche quelli in via di sviluppo), in grado di recuperare uno dei rifiuti più problematici. Lang e Sargent sostenevano che circa l'85% delle accelerazioni applicate possono essere assorbite.

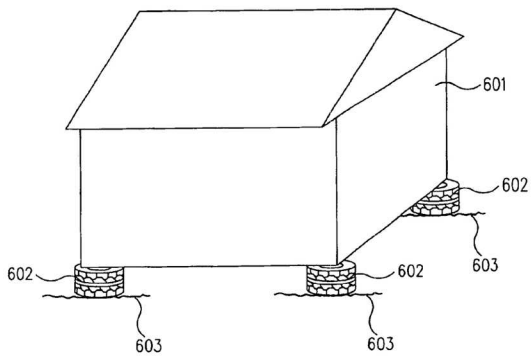
Tsang

Tra i numerosi dubbi, le obiezioni più convincenti sono state espresse da Hing-Ho Tsang e Rosario Ceravolo.

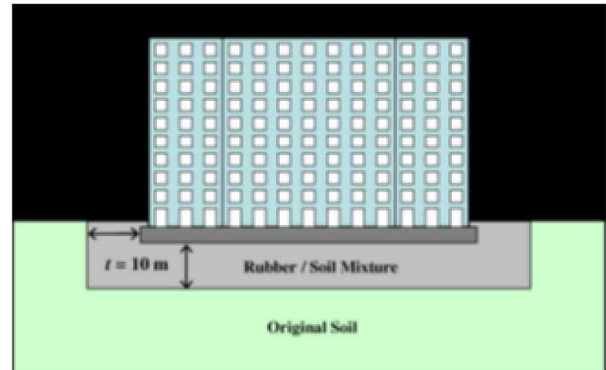
Tsang ha espresso il suo disappunto per il distacco della costruzione dal terreno, soprattutto per l'edilizia residenziale e ha proposto una sua soluzione mantenendo la linea guida del riutilizzo degli pneumatici.

La proposta di Tsang prevedeva l'utilizzo dell'RSM (rubber-soil mixtures), cioè una mistura composta da granulato di gomma riciclata e terra. Sostituendo uno strato di 10 m di terra del sottosuolo con l'RSM e costruendoci al di sopra un edificio, anche di dimensioni imponenti come ospedali o edifici pubblici, questo strato è in grado di ammortizzare le scosse sismiche dissipando molta energia.

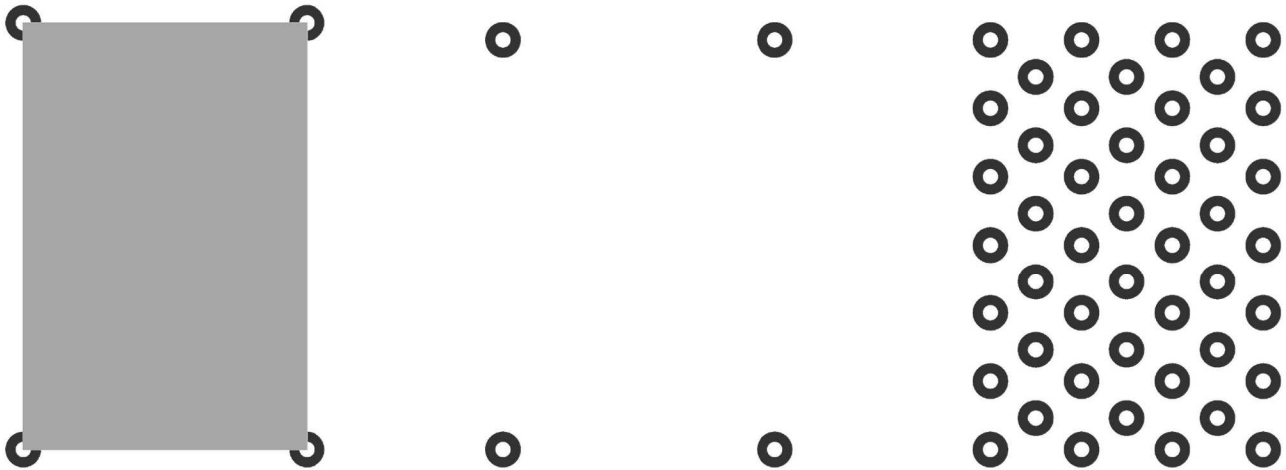
Escludendo la teoria di Tsang, perché troppo costosa la lavorazione per la produzione di RSM e non sperimentata per risolvere il dubbio se veramente contribuisce allo smorzamento delle forze o viceversa rischia di amplificarle ulteriormente, possiamo ritenere che la soluzione di Lang e Sargent può essere messa in pratica (per edifici di piccole dimensioni e leggeri) o può essere modificata per evolversi in qualcosa di ancora più innovativo.



F68. Disegno A. F. Lang & J. D. Sargent, 2002



F69. Immagine H. Tsang, 2007



F70. Possibile evoluzione dalla teoria di Lang e Sargent

Partendo dall'esempio di Lang e Sargent si possono innescare una serie di evoluzioni, volte al miglioramento della stabilità dell'edificio.

Il punto di partenza è la proposta di Lang e Sargent con disposizione degli pneumatici ai quattro angoli della base su colonne composte da due gomme impilate. L'evoluzione mostra come incrementando il numero di pneumatici è possibile creare una griglia ammortizzante come piano di appoggio del pavimento. Sfasando le righe creiamo un buon rapporto pieni e vuoti a livello di forma.

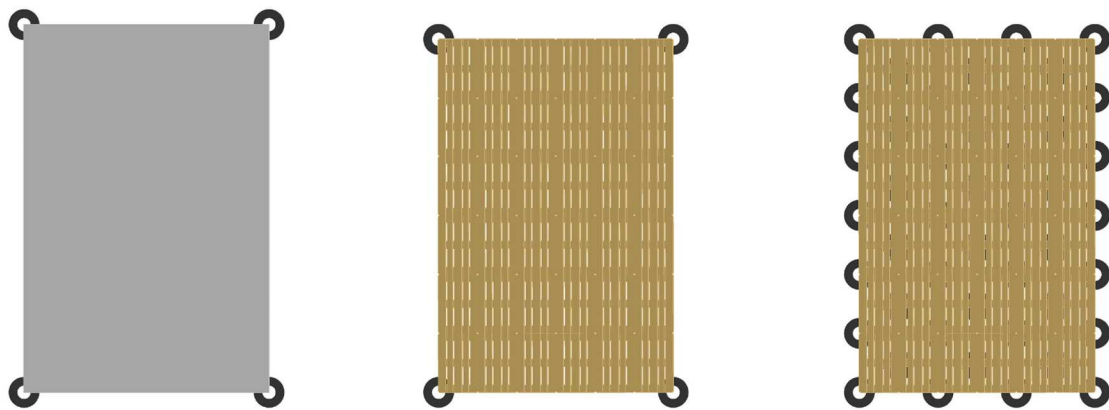
Tuttavia per mantenere uno spazio consono per un eventuale passaggio di impianti a livello della pavimentazione prefrisco mantenere la griglia di pneumatici ortogonale.

Supponendo di creare il piano di pavimentazione con materiali sostenibili, il componente che si presta meglio per un utilizzo temporaneo è sicuramente il pallet, meglio conosciuto come pedana classica in legno. I vantaggi di questo componente possono essere:

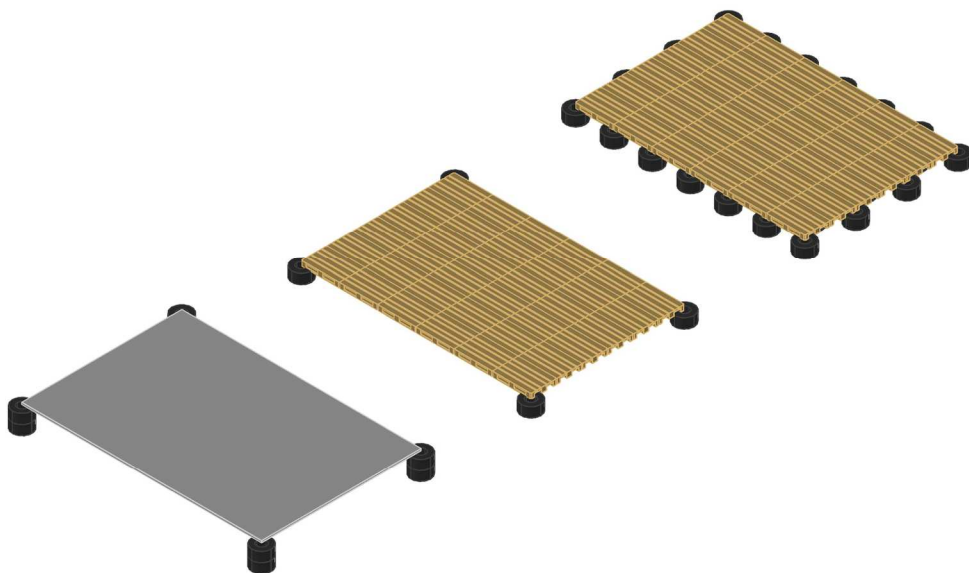
- le dimensioni standard sono di 1,20 x 0,80 m quindi facilmente trasportabili
- peso relativamente basso
- facilmente reperibili poiché si tratta di materiale da imballaggio presente in numerosissime aziende

- materiale di scarto che può essere riutilizzato e riciclato senza grossi trattamenti
- resistente a carichi elevati
- spessore minimo considerando i grossi carichi che può sopportare
- modulare
- economico

Sovrapponendo i due livelli, griglia di pneumatici e lastra di pallet, possiamo notare (vedi fig. a lato) una buona distribuzione degli elementi. Ogni singola pedana poggia su 4 pneumatici, posizionati agli angoli del perimetro. L'esempio in figura considera come pianta standard una piastra di dimensioni 7,50 x 5,00 m con una superficie di circa 38 m².



F71. Posizionamento strato di pallet sulla fondazione ammortizzata dai pneu-



F72. Vista 3D del posizionamento di penumatici e pallet

Pur volendo mantenere uno strato capace di deformarsi per poter affrontare le sollecitazioni derivanti da fenomeni sismici, è bene in ogni caso vincolare rigidamente l'edificio al suolo.

Si è pensato ad un metodo non invasivo per conservare l'aspetto naturale dell'ambiente in cui si va ad inserire "l'accampamento di emergenza" che consiste nell'installazione di appoggi puntiformi, meglio noti come **"fondazioni a vite"**.

Esistono in commercio diverse tipologie di "viti", che si differenziano tra loro per:

- forma
- dimensione
- metodo di inserimento

Una "vite" per fondazione è composta da un elemento tubolare in acciaio molto resistente e da una parte filettata di spessore e forma variabile in base al tipo di terreno presente nel sottosuolo e all'entità dell'edificio.

Il tubolare termina con una parte piatta detta "testa", molto importante perché permette di avvitare l'intera vite nel terreno, ma anche perché consente l'ancoraggio degli elementi strutturali fuori terra.

La parte filettata, detta "elica", può essere collocata lungo tutto il tubolare verticale oppure solo in alcuni punti, so-

litamente verso il basso per rendere migliore la presa.

Bisogna saper adattare la tipologia di vite al terreno, specialmente nei casi in cui vi sono diverse stratificazioni di terreno con densità e composizione differenti.

Ad esempio se si vuole installare una fondazione a vite in un terreno prevalentemente sabbioso, si opterà per una vite con elica molto larga e profonda poiché la sabbia in superficie rischierebbe di scivolare facilmente provocando l'estrazione totale. Oppure se siamo in una situazione di terreno abbastanza omogeneo e compatto, terroso o argilloso, si può installare una tipologia di vite multi-elica con diametro costante (minore rispetto a quella per terreni sabbiosi) poiché nella stratigrafia ogni parte di terreno ha una buona resistenza.

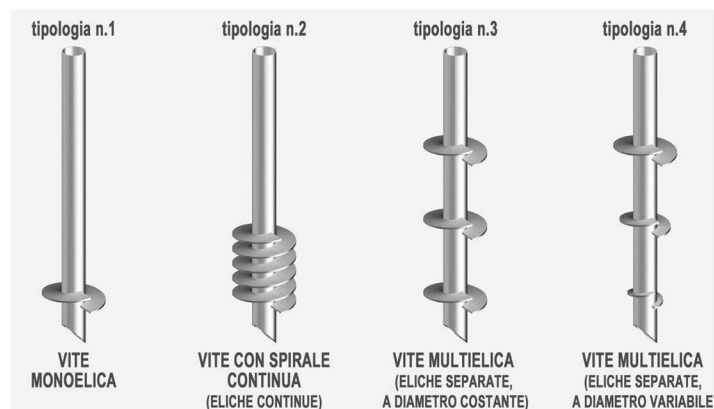
Per quanto riguarda il metodo di inserimento nel terreno si possono avere 3 casi:

- Infissione manuale, strutture leggere e terreno non eccessivamente duro o roccioso, si procede con l'avvitamento nel sottosuolo tramite una chiave per infissione manuale che viene inserita in un incastro apposito sulla testa della vite e fatta ruotare attorno all'asse verticale da due persone

- **Infissione meccanica leggera**, le viti vengono inserite nel terreno per mezzo di un avvitatore dinamometrico elettrico gestito da operai manualmente

- **Infissione meccanica pesante**, si utilizza una trivella idraulica per infissione meccanica, la quale inserisce ogni vite anche in terreni piuttosto duri e resistenti

Partendo dall'infissione manuale e arrivando a quella meccanica pesante abbiamo una notevole diminuzione del tempo totale di infissione dovuto all'aumento della forza impiegata, tuttavia si va incontro ad un impiego maggiore di risorse che comporta una spesa sempre più elevata (trasporto, macchinari, noleggi).



F74. Tipologie di viti per fondazione



F73. Metodi di infissione



F75. Viti con particolare della testa

LA STRUTTURA

La struttura è quella componente fondamentale di un edificio in grado di sopportare carichi e forze esterne che agiscono nel corso del ciclo di vita.

Generalmente siamo abituati a vedere costruzioni con strutture in cemento armato o acciaio, perché ritenute da anni le più resistenti. Ma con il verificarsi di eventi come terremoti, ultimamente anche queste certezze sulle strutture vengono a mancare. Lo studio sulle tecniche e sui materiali strutturali si è ormai spinto oltre ogni immaginazione, portando all'interno del mercato attuale materiali totalmente innovativi e rivoluzionari che nessuno si sarebbe mai aspettato.

E' un campo in continua evoluzione, che va però monitorato con le giuste accortezze: i materiali e le tecniche nuove devono essere ampiamente studiati e testati prima di essere messi in opera, non è un caso se in Italia, come in molti Paesi all'avanguardia, non sono ancora permesse strutture portanti diverse da quelle tradizionali, o comunque molto raramente. C'è sempre un leggero velo di diffidenza nel progresso poiché potrebbe sconvolgere totalmente il concetto dell'edilizia che fin ora si dava per assodato.

Ne sono l'esempio le ultime tecnologie sperimentate come l'X-LAM (lamellare in legno a fibre incrociate), la paglia (concessa come materiale strutturale in Paesi in via di sviluppo e negli USA, ma non concessa in Italia), terra cruda (discorso simile alla paglia), legno generico e molti altri.

Molto interessante è l'idea dell'Architetto giapponese Shigeru Ban, il quale ha creato e testato una soluzione eccezionale utilizzando tubi in cartone riciclato (vedi parte 1).

I tubi possono essere molto versatili, in quanto possono variare di diametro, spessore e in lunghezza. Il comportamento delle strutture tubolari è molto simile a quello dei tubolari in acciaio: tramite speciali giunti si possono collegare tutti i tubi della struttura, si adattano a situazioni semplici come edifici di piccole dimensioni oppure a contesti in cui le luci sono notevoli e si utilizzano con lo stesso meccanismo delle travi reticolari, capriate, saette e così via.

Difficile pensare al cartone come materiale strutturale, ma se il tubo raggiunge un determinato spessore e la consistenza del cartone di riciclo acquisisce una struttura molto compatta, i test assicurano che si ottiene una resistenza straordinaria.

Le connessioni tra i tubi di cartone sono da progettare con particolare attenzione poiché hanno funzione resistente e sono il centro da cui dipartono diversi componenti portanti.

In commercio esistono innumerevoli meccanismi di incastro per ogni situazione, per garantire il miglior funzionamento in termini di montaggio è necessario ragionare sul materiale, sul metodo di inserimento e sulla rapidità di smontaggio.

Riflessioni sul sistema costruttivo

La possibilità di creare un organismo totalmente auto-costruibile implica uno studio dettagliato sia dei componenti edilizi e sia del metodo di messa in opera.

Se pensiamo ad una struttura estremamente semplice, e di conseguenza ad un metodo di assemblaggio a secco, possiamo ricondurre la posa a due principali tecniche costruttive:

- **Struttura autoportante in mattoni generici/blocchi di diversi materiali**
- **Struttura principale rigida su cui fissare un generico tamponamento di chiusura verticale**

In entrambi i casi, l'obiettivo è quello di creare un componente facile da produrre, assemblabile con semplicità, trasportabile senza grosse difficoltà e soprattutto che sia maneggevole per 1-2 persone. Di conseguenza i requisiti risultano: dimensioni contenute, peso ridotto per un sollevamento semplificato, forma regolare e ripetibile, spessori dimensionati secondo le condizioni climatiche peggiori in Italia.

Ridurre il numero di componenti edilizi può essere una buona idea poiché accorcia i tempi di costruzione, ma bisogna tenere conto della proporzione che intercorre tra trasporto, tempo di costruzione, dimensioni e peso degli elementi e numero dei componenti.

Se per esempio prendiamo una abitazione tipo, di pianta quadrata con quattro lati liberi e un tetto a due falde, la soluzione che prevede un tempo di costruzione minimo è sicuramente quella con un numero minimo di componenti edilizi, ma i componenti avrebbero dimensioni troppo elevate con un peso eccessivo, inoltre le spese di trasporto aumenterebbero notevolmente poiché i mezzi tradizionali non sarebbero in grado di soddisfare i bisogni, dovrebbero intervenire mezzi speciali sia per il trasporto che per il montaggio.

TRASPORTO	TEMPO COSTRUZIONE	DIMENSIONE/PESO COMPONENTI	NUMERO COMPONENTI
MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
MIN.	MAX.	MIN.	MAX.

Tabella III

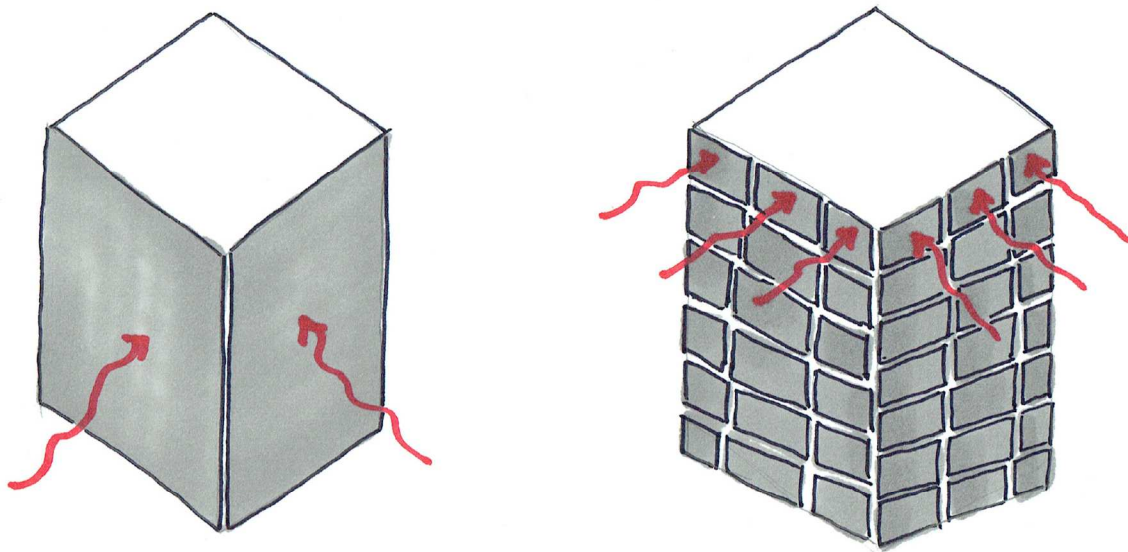
Utilizzando dei numeri ipotetici, ma simili ad una situazione reale, si può utilizzare la seguente tabella per comprendere meglio il ragionamento. Per componenti si intendono quegli elementi di superficie volti a creare un sistema di involucro chiuso (es. per chiudere una parete verticale dell'abitazione si possono utilizzare: 1 pannello intero di chiusura, oppure 400 mattoni)

TRASPORTO	TEMPO COSTRUZIONE	DIMENSIONE/PESO COMPONENTI	NUMERO COMPONENTI
5000 € Costo elevato	8 h	200 kg a pannello	6 (4 muri + 2 falde)
1500€ Costo medio-basso	40 h	3 kg a mattone	2400 (1600 mattoni + 800 tegole)

Tabella IV

Riassumendo possiamo notare come esiste un tipo di relazione direttamente proporzionale tra trasporto, dimensione e peso dei componenti, e parallelamente anche tra tempo di costruzione e numero dei componenti, i quali a due a due risultano inversamente proporzionali.

La chiave per un buon progetto, quindi, è la giusta media tra i precedenti aspetti. Ogni aspetto va considerato ed ogni scelta elaborata può comportare dei vantaggi o degli svantaggi, sta a noi capire quali soluzioni adottare.

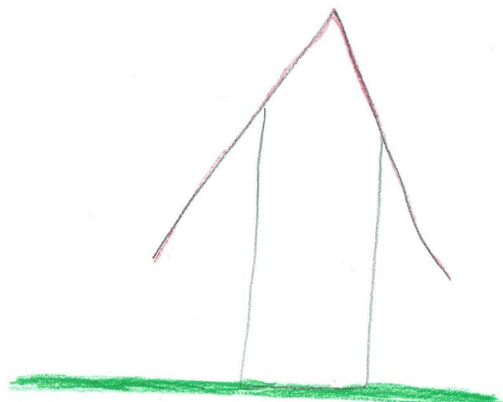


F76. Riflessioni sul sistema costruttivo

CONCEPT DI PROGETTO E PIANTE

Voglio partire dalla concezione di "casa", soffermandomi più sull'aspetto legato alle sensazioni e alle emozioni presenti nel pensiero dell'uomo.

Quando accadono disastri, catastrofi o eventi che stravolgono radicalmente la vita di molte persone, ci si trova, in situazione di emergenza, a dover gestire una fase delicata sotto un duplice aspetto: pratico, dovuto al problema logistico e alla ricostruzione immediata di alloggiamenti; psicologico-emotivo, dovuto a rapporti e interazioni con sfollati. L'aspetto psico-emotivo non è da sottovalutare, anche ai fini della progettazione risulta un'importante punto di riferimento. La necessità di riavere un ambiente coperto in cui ripararsi spinge gli sfollati ad incrementare lo spirito di adattamento, ma al tempo stesso ad avere un occhio critico nei confronti delle nuove sistemazioni. Soprattutto in termini di estetica e di comfort interno, sono numerose le lamentele e le critiche arrivate dai luoghi colpiti dal sisma.



F77. Disegni di Beatrice, 6 anni

Concettualmente, sin dalla nostra infanzia, siamo abituati ad una visione di **“casa”** classica, composta da mura, copertura e serramenti. Basta pensare a quando da bambini disegnavamo la semplice casetta in mezzo al prato, tracciando 2 o 3 linee spesse per creare il volume dell'edificio e 2 linee inclinate di colore rosso per rappresentare il tetto. Questa visione è rimasta nel nostro subconscio per molti anni e, anche se le forme o i componenti attuali si sono evoluti lanciando edifici moderni e futuristi, la concezione della “casa” è rimasta quella classica senza volerlo.

Senza pensarci, quando ci viene presentato un nuovo modello di abitazione, se non corrisponde alla visione ideale dall'esterno cresce immediatamente un velo di diffidenza, che può essere sfatato nel suo interno o confermato. Il primo impatto spesso rende già un'idea nel pensiero dell'utente, che difficilmente tende a cambiare parere: se a prima vista l'aspetto di un'abitazione non piace, si innesca involontariamente un principio di rifiuto che rimarrà predominante anche durante la conoscenza dei particolari dell'edificio.

Se è vero che l'abito non fa il monaco, lo riscontriamo alla visione dell'interno dell'abitazione, come per l'esterno il primo impatto è fondamentale e potrà determinare al 50%

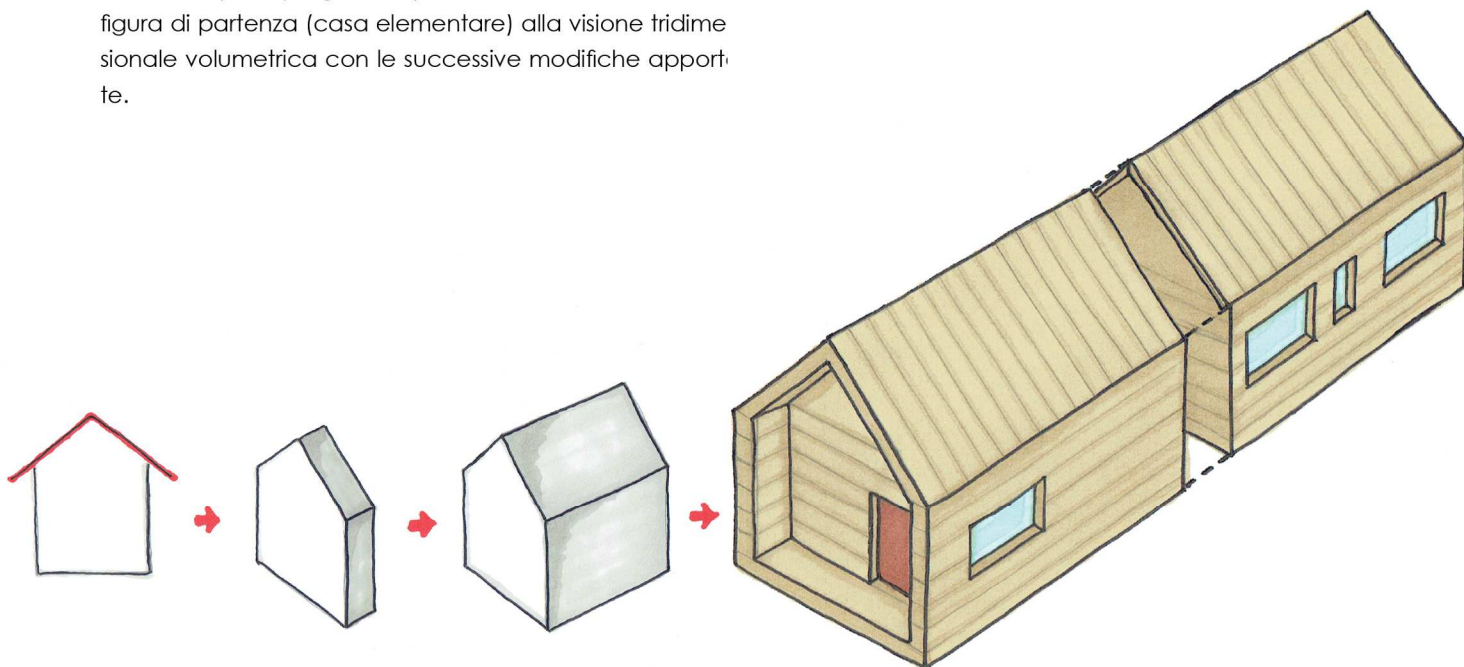
una sensazione positiva nel complesso.

Consultando alcune interviste e articoli di giornale, ho avuto modo di apprendere, ad esempio, che i modelli abitativi meno apprezzati sono quelli ricavati da container o riconducibili ad essi. Questo è dovuto principalmente all'idea del container in sé, visto come ambiente chiuso, metallico e ristretto, utilizzato nel suo scopo originario in altri ambiti. I pregiudizi della gente sono difficili da eliminare, solo un buon progetto e una buona modifica agli elementi possono insidiare il parere negativo.

Per questo motivo una soluzione abitativa, seppur temporanea, è più “accettabile” dalla maggior parte dell'utenza se possiede le caratteristiche principali della figura di “casa elementare”. Chiusa per proteggere dall'esterno, calda e accogliente per il benessere fisico e con le caratteristiche di essenzialità, cioè che sia in grado di soddisfare i bisogni primari senza sfociare nel superfluo.

Concept di progetto

Nel concept di progetto si può notare l'evoluzione dal figura di partenza (casa elementare) alla visione tridimensionale volumetrica con le successive modifiche apportate.



F78. Evoluzione dal concetto di casa

Una volta elaborata l'idea di forma iniziale del progetto, si passa alla visione planimetrica del modulo abitativo temporaneo.

Riprendendo il concetto di praticità di montaggio-smontaggio e di modularità-aggregabilità (vedi cap. "Requisiti del modulo d'emergenza") posso proseguire alla determinazione di un **modulo di riferimento**, che abbia dimensioni opportune in base a diversi parametri:

- Tenere conto di varianti dimensionali in base al numero di componenti dei nuclei familiari
- Che garantisca una superficie adeguata per i locali interni abitativi
- Che sia suddivisibile in sotto-moduli per gli elementi strutturali e di tamponamento
- L'affiancamento di più moduli garantisca una forma adeguata per una buona esposizione solare

MODULO BASE "BOX"



F79. Modulo BOX

Il modulo base scelto, per praticità chiamato "Box", ha dimensioni di 2,5 x 7,5 m. Il Box viene utilizzato come riferimento per creare i moduli abitativi, non costituisce un alloggio in sé ripetibile o ampliabile.

MODULO BASE "BOX"



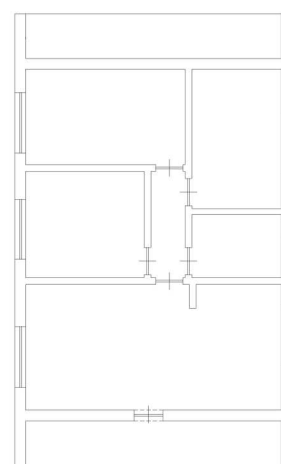
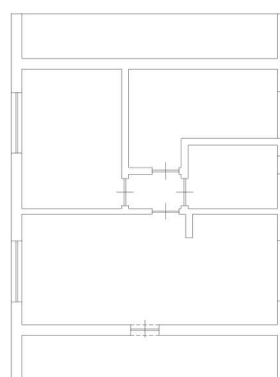
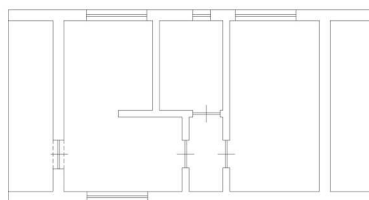
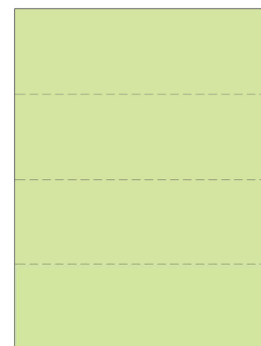
MODULO STANDARD 2BOX



MODULO STANDARD 3BOX



MODULO STANDARD 4BOX



F80. Composizione modulare dei Moduli Abitativi Temporanei (M.A.T.)

Ho pensato a 3 varianti dimensionali dei M.A.T. (Moduli Abitativi Temporanei) per poter alloggiare nuclei familiari più o meno numerosi:

MODULO 2BOX

N° persone: abitazione per nuclei da 1-2 persone (max coppia + neonato)

Misure interne: 7,50 x 5,00 m

Misure esterne: 10,75 x 5,63 m

Superficie totale pavimentata: 37,50 m²

Locali: Openspace (soggiorno + cucina), 1 camera doppia, 1 bagno, disimpegno (antibagno)

MODULO 3BOX

N° persone: abitazione per nuclei fino a 4 persone

Misure interne: 7,50 x 7,50 m

Misure esterne: 8,13 x 10,75 m

Superficie totale pavimentata: 56,25 m²

Locali: Openspace (soggiorno + cucina), 1 camera doppia matrimoniale, 1 camera doppia letti singoli, 1 bagno, disimpegno (antibagno)

MODULO 4BOX

N° persone: abitazione per nuclei di 5-6 persone

Misure interne: 7,50 x 10,00 m

Misure esterne: 8,13 x 13,25 m

Superficie totale pavimentata: 75,00 m²

Locali: Openspace (soggiorno + cucina), 1 camera doppia matrimoniale, 1 camera doppia letti singoli, 1 camera singola (adattabile), 1 bagno, disimpegno (antibagno)

I M.A.T. progettati sono stati orientati mantenendo l'ingresso sul lato corto dell'edificio, sul lato opposto è stata prevista una parete cieca per poter affiancare due abitazioni mantenendo il retro a contatto.

Le aperture sono state inserite nei muri perimetrali dei lati lunghi per avere un'esposizione maggiore alla luce solare e dare continuità all'involucro trasparente. Di conseguenza anche le falde del tetto saranno orientate secondo la lunghezza dell'edificio riducendo la lunghezza della parte inclinata e aumentando la pendenza.

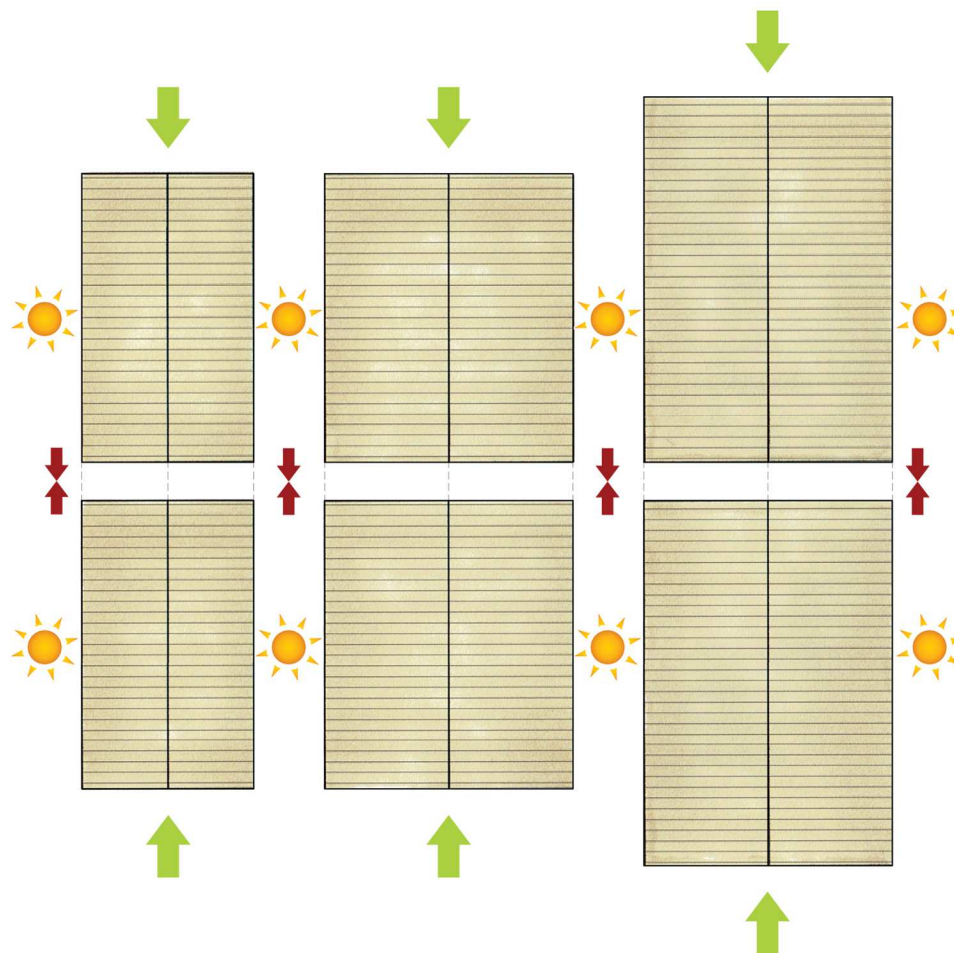
Ho valutato, in fase preliminare, la possibilità di affiancare più moduli creando una continuità nel senso della lunghezza in modo da comporre delle lunghe stecche di edifici disposte parallelamente nello spazio libero. Il risultato di quest'analisi mi ha permesso di direzionarmi verso la solu-

zione scelta poiché:

- In uno spazio di riferimento tipo (scelto casualmente) di 100 x 100 m, il numero di M.A.T. posizionabili, tenendo conto di strade e accessi, risulta simile con un numero che si aggira tra i 40 e 50 moduli
- Affiancando i M.A.T. l'ingresso si troverebbe posizionato sul lato lungo lasciando la parte retrostante finestrata e quindi non direttamente accostabile con la successiva stecca di edifici parallela
- Nel caso di affiancamento si avrebbero solo 2 lati liberi dell'edificio
- Sempre nel caso in cui si affianchino i M.A.T. sarebbe necessario creare un sistema di protezione per l'ingresso anche esterno soprattutto per pioggia, vento e intemperie

Lo schema a lato mostra il posizionamento dei nuovi moduli in funzione di forma, accesso ed esposizione solare.

Le frecce verdi indicano l'ingresso dell'abitazione, le frecce rosse indicano il senso di accoppiamento retro/retro e il sole indica il passaggio della luce solare. Distanziando gli edifici della giusta lunghezza otteniamo inoltre un passaggio dell'aria di ventilazione naturale. L'esposizione migliore potrebbe essere come in figura, i lati lunghi finestrati rivolti secondo l'orientamento est-ovest e gli ingressi secondo l'asse sud-nord, tuttavia, essendo in emergenza, ci si deve adattare alla conformazione degli spazi predisposti per la posa delle abitazioni.



F81. Concept di esposizione in pianta con posizionamento dei M.A.T.

Le frecce verdi indicano l'ingresso dell'abitazione, le frecce rosse indicano il senso di accoppiamento retro/retro e il sole indica il passaggio della luce solare

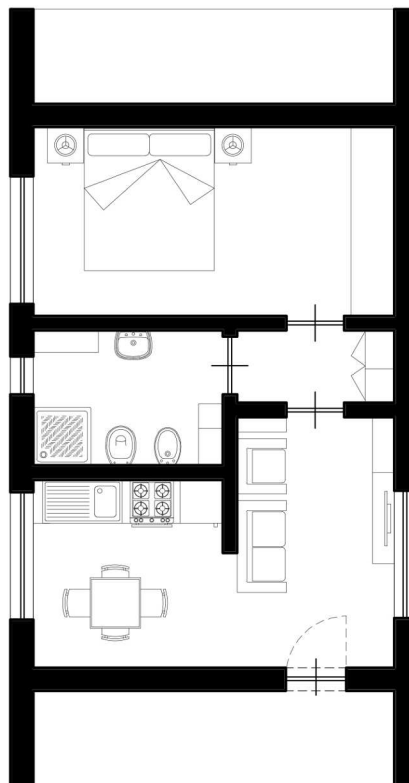
MODULO 2BOX - PIANTE

Scala 1:100



Pianta quotata con distribuzione dei locali interni

Piante e disposizione interna



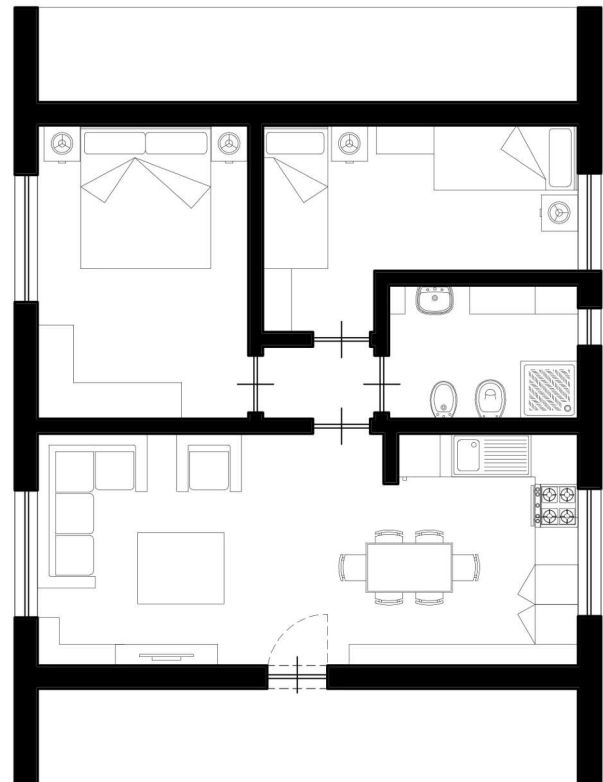
Pianta con arredamento standard

MODULO 3BOX - PIANTE

Scala 1:100



Pianta quotata con distribuzione dei locali interni



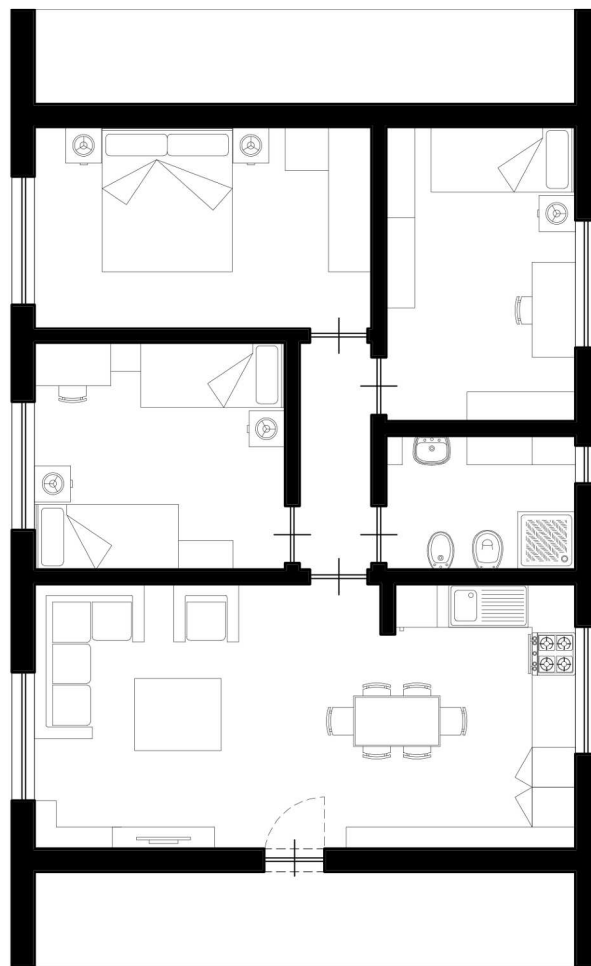
Pianta con arredamento standard

MODULO 4BOX - PIANTE

Scala 1:100



Pianta quotata con distribuzione dei locali interni



Pianta con arredamento standard

Barriere architettoniche

Operando specialmente in zone colpite da sisma è molto probabile che vi siano alcune persone rimaste ferite lievemente o gravemente, è opportuno, quindi, predisporre almeno un principio di adattabilità nei locali interni abitativi per permettere anche a persone diversamente abili (anche temporaneamente) di fruire degli spazi vitali.

Dal D.M. 236 del 14 giugno 1989²³ possiamo apprendere le condizioni fondamentali per l'eliminazione delle barriere architettoniche. Seppur rivolte in particolare all'ambito pubblico, l'adattabilità di una costruzione costituisce un'importante vincolo anche in ambito privato.

Dall'art. 2 del D.M. 236/89, "**Definizioni**":

"Per **barriere architettoniche** si intendono:

- a) gli ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque ed in particolare di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- b) gli ostacoli che limitano o impediscono a chiunque la com-

da e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti;

c) la mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettono l'orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque e in particolare per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi."

"Per **adattabilità** si intende la possibilità di modificare nel tempo lo spazio costruito a costi limitati allo scopo di renderlo completamente ed agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale."

Dall'art. 3 del D.M. 236/89, "**Criteri generali di progettazione**":

"3.1 In relazione alle finalità delle presenti norme si considerano tre livelli di qualità dello spazio costruito. L'**accessibilità** esprime il più alto livello in quanto ne consente la totale fruizione nell'immediato. La **visitabilità** rappresenta un livello di accessibilità limitato ad una parte più o meno estesa dell'edificio o delle unità immobiliari, che consente comunque ogni tipo di relazione fondamentale anche alla persona con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale. La **adattabilità** rappresenta un livello ridotto di qualità, po-

23. D.M. 236 del 14 giugno 1989

Fonte: http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1989_0236.htm

tenzialmente suscettibile, per originaria previsione progettuale, di trasformazione in livello di accessibilità; l'adattabilità è, pertanto, un'accessibilità differita.(...)

3.5. Ogni unità immobiliare, qualunque sia la sua destinazione, deve essere adattabile per tutte le parti e componenti per le quali non è già richiesta l'accessibilità e-o la visitabilità, fatte salve le deroghe consentite dal presente decreto."

Dall'art. 8 del D.M. 236/89, "**Specifiche funzionali e dimensionali**":

"8.1.1. Porte.

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La luce netta delle altre porte deve essere di almeno 75 cm. Gli spazi antistanti e retrostanti la porta devono essere dimensionati nel rispetto dei minimi previsti negli schemi grafici di seguito riportati.

L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra 85 e 95 cm (consigliata 90 cm). (...)

8.1.6. Servizi igienici.

Per garantire la manovra e l'uso degli apparecchi anche alle persone con impedita capacità motoria, deve essere previsto, in rapporto agli spazi di manovra di cui al punto 8.0.2, l'accostamento laterale alla tazza w.c., bidet, vasca, doccia, lavatrice e l'accostamento frontale al lavabo.

A tal fine devono essere rispettati i seguenti minimi dimensionali:

- lo spazio necessario all'accostamento e al trasferimento laterale dalla sedia a ruote alla tazza w.c. e al bidet, ove previsto, deve essere minimo 100 cm misurati dall'asse dell'apparecchio sanitario;
- lo spazio necessario all'accostamento laterale della sedia a ruote alla vasca deve essere minimo di 140 cm lungo la vasca con profondità minima di 80 cm;
- lo spazio necessario all'accostamento frontale della sedia a ruote al lavabo deve essere minimo di 80 cm misurati dal bordo anteriore del lavabo.

Relativamente alle caratteristiche degli apparecchi sanitari inoltre:

- i lavabi devono avere il piano superiore posto a cm 80 dal calpestio ed essere sempre senza colonna con sifone preferibilmente del tipo accostato o incassato a parete;
- i w.c. e i bidet preferibilmente sono di tipo sospeso, in

particolare l'asse della tazza w.c. o del bidet deve essere posto ad una distanza minima di cm 40 dalla parete laterale, il bordo anteriore a cm 75-80 dalla parete posteriore e il piano superiore a cm 45-50 dal calpestio.

Qualora l'asse della tazza w.c. o bidet sia distante più di 40 cm dalla parete, si deve prevedere, a cm 40 dall'asse dell'apparecchio sanitario, un maniglione o corrimano per consentire il trasferimento;

- la doccia deve essere a pavimento, dotata di sedile ribaltabile e doccia a telefono.

Negli alloggi accessibili di edilizia residenziale sovvenzionata di cui al capo II art. 3 deve inoltre essere prevista l'attrezzabilità con maniglioni e corrimano orizzontali e-o verticali in vicinanza degli apparecchi; il tipo e le caratteristiche dei maniglioni o corrimano devono essere conformi alle specifiche esigenze riscontrabili successivamente all'atto dell'assegnazione dell'alloggio e posti in opera in tale occasione.

Nei servizi igienici dei locali aperti al pubblico è necessario prevedere e installare il corrimano in prossimità della tazza w.c., posto ad altezza di cm 80 dal calpestio, e di diametro cm 3-4; se fissato a parete deve essere posto a cm 5 dalla stessa.

Nei casi di adeguamento è consentita la eliminazione del bidet e la sostituzione della vasca con una doccia a pa-

vimento al fine di ottenere anche senza modifiche sostanziali del locale, uno spazio laterale di accostamento alla tazza w.c. e di definire sufficienti spazi di manovra.

Negli alloggi di edilizia residenziale nei quali è previsto il requisito della visitabilità, il servizio igienico si intende accessibile se è consentito almeno il raggiungimento di una tazza w.c. e di un lavabo, da parte di persona su sedia a ruote.

Per raggiungimento dell'apparecchio sanitario si intende la possibilità di arrivare sino alla diretta prossimità di esso, anche senza l'accostamento laterale per la tazza w.c. e frontale per il lavabo. (...)

8.1.9. Percorsi orizzontali e corridoi.

I corridoi o i percorsi devono avere una larghezza minima di 100 cm, ed avere allargamenti atti a consentire l'inversione di marcia da parte di persona su sedia a ruote (vedi punto 8.0.2 - Spazi di manovra). Questi allargamenti devono di preferenza essere posti nelle parti terminali dei corridoi e previsti comunque ogni 10 m di sviluppo lineare degli stessi.

Per le parti di corridoio o disimpegni sulle quali si aprono porte devono essere adottate le soluzioni tecniche di cui al punto 9.1.1, nel rispetto anche dei sensi di apertura delle porte e degli spazi liberi necessari per il passaggio di cui

al punto 8.1.1; le dimensioni ivi previste devono considerarsi come minimi accettabili."

Dall'art. 9 del D.M. 236/89, "**Soluzioni tecniche conformi**":

"9.1.1. Percorsi orizzontali.

Schemi con luce netta della porta pari a 75 cm. (...)

Passaggi in disimpegno e attraverso porte ortogonali tra loro.

D1 - Larghezza del disimpegno cm 100.

Spazio necessario oltre la porta cm 20.

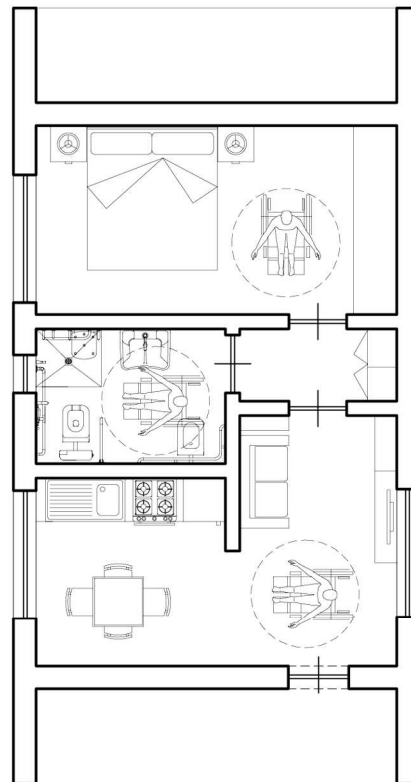
Spazio necessario tra le due porte cm 110.

D2 - Larghezza del disimpegno cm 100.

Apertura porte prefissata a 90°.

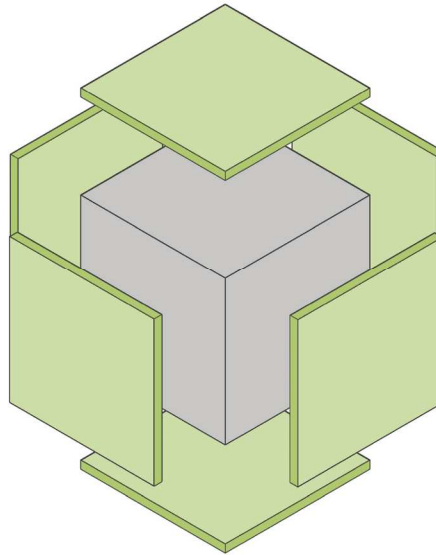
Profondità del disimpegno cm 140."

Nonostante i parametri e le misure siano quasi tutte soddisfatte per una accessibilità a tutti gli effetti (salvo qualche dettaglio), si parla di adattabilità poiché vanno apportate alcune modifiche agli impianti, ai sanitari e all'arredo interno per rendere completamente accessibile il locale. Non necessitano variazioni dal punto di vista dei tramezzi



F82. Pianta adattabilità

Determinazione dell'elemento modulare



F83. Concept determinazione elemento modulare

Se pensiamo al modulo abitativo come un semplice volume di forma cubica (o parallelepipedo), ricordando il rapporto tra gli elementi costruttivi (vedi cap. "La struttura – Riflessioni sul sistema costruttivo"), possiamo sostenere che il metodo più veloce e più intuitivo per ricoprire tutte le facce del solido è quello di predisporre 6 elementi a pannello da ancorare alla struttura formata dagli spigoli: 1 pannello

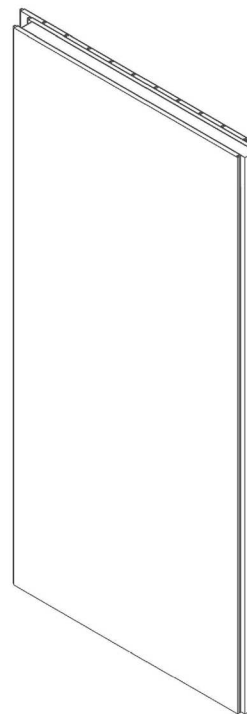
per la pavimentazione, 1 pannello per il solaio di copertura e 4 pannelli per la muratura perimetrale.

Passando dall'idea generale al campo pratico dobbiamo fare alcune riflessioni sulle conseguenze e su ulteriori modifiche possibili della scelta di partenza.

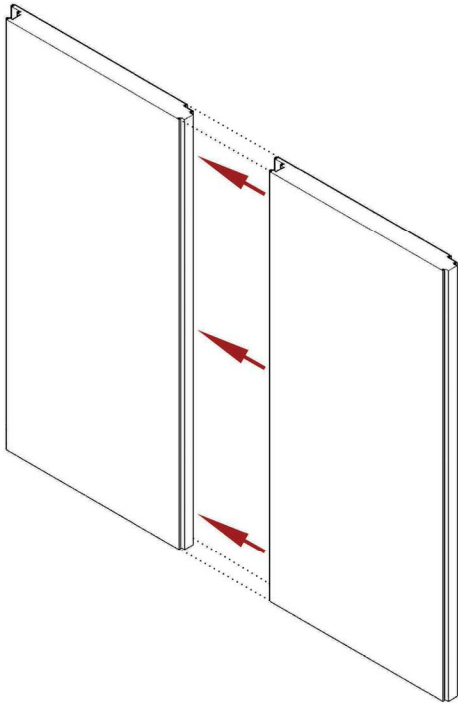
1. La produzione di pannelli di grosse dimensioni comporterebbe l'impiego di molte risorse, soprattutto di trasporto e mezzi pesanti
2. Le dimensioni totali dei 3 progetti M.A.T. non sono le stesse, inevitabile quindi produrre pannelli di varie dimensioni
3. E' preferibile standardizzare i componenti in modo da avere poche varianti dimensionali, ridurre al minimo i cosiddetti "pezzi speciali" così da semplificare la produzione in serie, il montaggio e l'assemblaggio
4. Dati i 3 punti precedenti, risulta necessario scomporre i 4 pannelli di partenza in sotto-moduli standard che siano in grado di comporre le 3 varianti di progetto

Date le misure perimetrali dei 3 M.A.T. scomponibili nel modulo di riferimento "BOX" di 7,50 x 2,50 m, si potrebbe pensare ad un pannello di larghezza 2,50 m creando un rapporto modulare di 3:1. Tuttavia, considerando un'altezza interna di piano tipo di 2,70 m, risulta ancora di dimensioni troppo elevate per poter far a meno di mezzi pesanti. Provando ancora a dimezzare la larghezza arriviamo ad una soluzione molto più realizzabile: un pannello di 1,25 x 2,70 m, il quale potrebbe già essere una dimensione ac-

cettabile dal punto di vista pratico, ma con l'incognita del peso proprio.



F84. Prototipo di pannello stratificato per chiusura verticale del M.A.T. di dimensioni 1,25 x 2,70 m



F85. Assemblaggio di due pannelli ad incastro. Dimensioni 1,25 x 2,70 m

L'unico punto che rimane da verificare è il peso proprio del pannello. Entrando più nel dettaglio si dovrà incrementare lo spessore totale per ottenere una muratura in grado di contenere impianti, isolamento e successivamente di garantire la trasmittanza minima per mantenere un comfort interno adeguato.

Tra l'aumento dello spessore e l'aumento del numero di stratificazioni di materiali diversi ne consegue un inevitabile aumento del carico proprio.

Volendo utilizzare materiali sostenibili, il più possibile naturali contenendo i costi, ci rivolgiamo ad un mercato di prodotti a base di cellulosa come legno e isolanti naturali. Per una breve verifica possiamo calcolare approssimativamente il peso totale del pannello considerando una percentuale di camera d'aria per il passaggio degli impianti.

Nonostante la riduzione del modulo di riferimento, il peso del pannello risulta ancora troppo elevato per renderlo maneggevole e sollevabile da operai, nell'ordine dei 100-150 kg.

Arriviamo finalmente alla soluzione ideale riducendo la larghezza a 0,625 m (metà rispetto alla soluzione precedente), con l'incognita dell'altezza.

L'altezza dell'elemento modulare deve tenere conto di:

- Altezza interna 2,70 m
- Altezza tipo interpiano 3,00 m
- Altezza davanzali dei serramenti finestrati (solitamente intorno a 0,80 m)
- Altezza porte e finestre

Volendo considerare l'altezza interna di 2,70 m, propongo un'altezza standard di 0,50 m. Sommando 5 strati in verticale si arriva ad un'altezza interna di 2,50 m che può essere portata 2,70 m inserendo un elemento di cordolo sia alla base che in copertura.

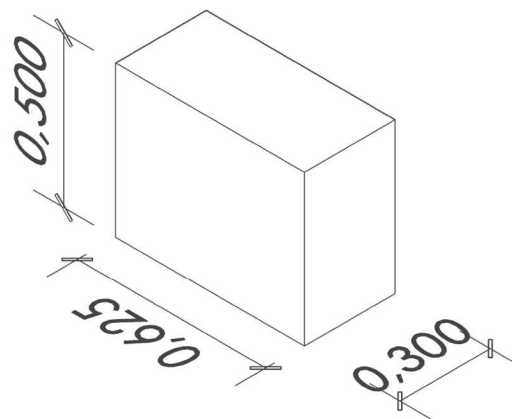
Essendo un edificio composto da un solo piano fuori terra l'altezza di interpiano di 3,00 m non costituisce un vincolo importante.

Per quanto riguarda i serramenti, bisogna tener conto che lo spazio interno a disposizione è molto ristretto, quindi l'arredo dei locali prevede poche varianti di collocamento. Per permettere una dislocazione degli arredi più libera è necessario prevedere un'altezza di davanzale dei serramenti sufficiente da rimanere sopra ai principali piani di appoggio (es. piano cucina, mobili bassi, scrivanie).

Scelgo di aumentare l'altezza del davanzale a 1,00 m dal piano pavimentato, tenendo un giusto margine, facendo coincidere la misura con un multiplo di 0,50 m.

Infine, l'altezza di porte e finestre può essere determinata con lunghezze multiple o sottomultiple della misura scelta. In particolare, ho stabilito un'altezza di finestra di 1,00 m e altezza delle porte di 2,00 m.

Riassumendo, l'elemento modulare che più si presta a questo tipo di intervento e che tiene conto di tutti i fattori precedentemente analizzati misura 0,625 x 0,50 x 0,30 m (0,30 m è uno spessore indicativo della muratura che deve essere verificato in funzione della trasmittanza).



F86. Dimensioni modulo

LA SCELTA DEI MATERIALI

La scelta dei materiali da costruzione incide notevolmente su aspetti legati alla sostenibilità, al comfort abitativo e al metodo costruttivo.

Criteri di selezione

Quando si sceglie un materiale, non si può evitare di confrontare le performance con l'impatto che esso ha sull'ambiente.

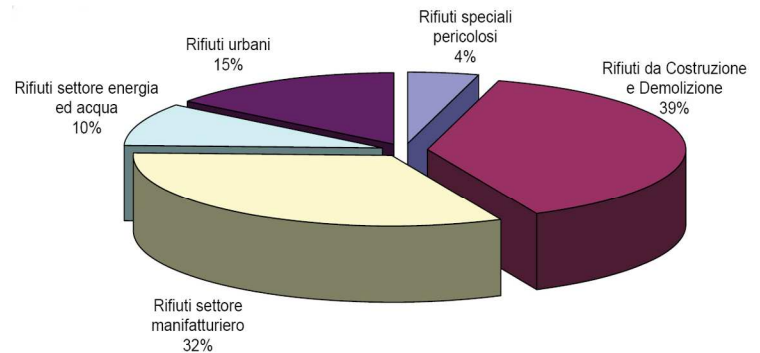
Molto spesso siamo abituati ad effettuare scelte sulla base di esempi già realizzati, senza ragionare sulla vera motivazione che spinge a considerare un materiale piuttosto che un altro.

Vi sono determinati materiali che attualmente hanno raggiunto prestazioni altissime evolvendosi con il miglioramento delle tecnologie, ma purtroppo prevedono un ciclo produttivo sempre più dettagliato con lavorazioni aggiuntive per perfezionare il prodotto finito.

Viceversa, alcuni prodotti mantenuti più grezzi non sono in grado di soddisfare i requisiti minimi di prestazione imposti dalle norme.

La chiave che oggi spinge ad aprire su nuovi orizzonti, soprattutto a livello mondiale, è l'eco-compatibilità. Un prodotto o materiale si definisce ecocompatibile se terminata la sua vita utile è in grado di essere valorizzato in un processo di riciclaggio. In qualche modo si cerca di favorire il reimpiego e il riciclo di più componenti possibili per ridurre al minimo gli scarti.

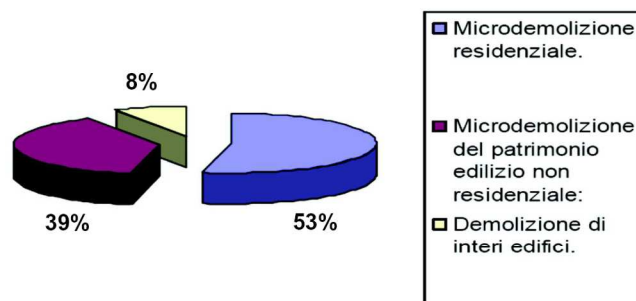
Mi sembra utile, per renderci conto della situazione attuale, consultare qualche dato sui rifiuti prodotti a livello europeo.



F87. Grafico a torta sulla produzione percentuale europea di rifiuti. Elaborazione dati su fonte ANPA 2006

Notiamo dal grafico come la percentuale più elevata di rifiuti proviene proprio dal settore edilizio, più precisamente da costruzioni e demolizioni. Quasi il 40% dei rifiuti totali viene gettato in discarica o avviato per lo smaltimento.

Se fossimo capaci di ridurre questa grossa fetta del grafico, cercando un modo per riutilizzare gran parte dei componenti ancora in buono stato o comunque ri-lavorare i materiali in un processo di riciclo, saremmo in grado di avvicinarci ad un impatto sull'ambiente molto meno negativo.



F88. Produzione di detriti con provenienza da demolizione in Italia

A livello italiano, analizzando l'aspetto delle costruzioni e demolizioni, abbiamo un 53% dei rifiuti prodotti da microdemolizione residenziale, un 39% derivante da microdemolizione del patrimonio edilizio non residenziale e un 8% di demolizione di interi edifici.

L'errore più grande che si può commettere in edilizia, riguardante quest'ultimo aspetto, è quello di progettare pensando unicamente alla costruzione trascurando il problema del "fine vita".

Operando in emergenza si hanno dei cicli di vita più brevi, rapportandoci con il concetto di temporaneità, quindi l'idea di reimpiegare tutti gli elementi del M.A.T. (o quasi) smontando completamente l'edificio per collocarlo in altri luoghi senza produrre scarti e rifiuti rimane un obiettivo determinante.



Il legno

Si è già parlato in precedenza dell'importanza di reinserire i prodotti in nuovi cicli di vita attraverso il riutilizzo o riciclo. Avendo già progettato la fondazione inserendo pneumatici usati e pallet in legno provenienti dalle industrie, si passa alla ricerca di un materiale di riferimento che abbia le giuste caratteristiche per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Uno dei materiali più interessanti, a livello di comfort e lavorabilità, è sicuramente il legno. Ad un costo relativamente basso per i classici prodotti e derivati, si aggiunge una particolare evoluzione in termini di composizione e resistenza. Ne sono l'esempio componenti come l'x-lam, il legno ingegnerizzato, il legno lamellare e molti altri, che forniscono un notevole aumento delle prestazioni in campo strutturale.

Struttura e proprietà

Dalla particolare struttura cellulare del legno dipendono le sue caratteristiche meccaniche e termiche. Viene infatti

definito come materiale anisotropo, cioè con proprietà meccaniche differenti in funzione dell'orientamento delle fibre. La resistenza in direzione perpendicolare alle fibre risulta, infatti, minore rispetto a quella in direzione parallela. La struttura cellulare delle fibre vegetali è composta da:

- **Cellulosa:** rappresenta il 40-50% della composizione. E' un polimero lineare naturale che si basa su unità del glucosio e conferisce una buona resistenza a trazione
- **Emicellulosa:** rappresenta il 20-25%. E' un polimero ramificato formato da diversi polisaccaridi
- **Lignina:** rappresenta il 20-30%. E' una struttura amorfa che conferisce una buona resistenza a compressione

In termini di resistenza specifica, cioè il rapporto tra resistenza meccanica e densità, il legno non ha eguali registrando il valore più elevato.

Normalmente i prodotti a base di legno hanno un'ottima

resistenza a compressione, per questo motivo sono molto utilizzati in edilizia. Spesso si va ad incrementare la resistenza alla curvatura, fondamentale per luci ampie o elementi strutturali sottoposti a grandi sollecitazioni, impiegando tipi di legno lamellari o ingegnerizzati.

Se analizziamo la componente del peso, possiamo avere valori intorno a 600 kg/m^3 per legni provenienti da foreste di conifere, mentre per legni di latifoglie si arriva anche a 800 kg/m^3 . Vi sono poi alcuni legnami superleggeri, in grado di alleggerire notevolmente il carico proprio, come il legno di pioppo (circa 450 kg/m^3) o legni di origine esotica e orientale come il fromager o l'albasia (300 kg/m^3), facendo attenzione però alla disponibilità e trasporto del prodotto.

Dal punto di vista della sostenibilità, ci dobbiamo riferire al ciclo di vita del legno per considerare i fattori più determinanti per l'impatto sull'ambiente.

CICLO DI VITA (Prodotti a base di legno):

1. Estrazione materie prime
2. Lavorazione
3. Produzione
4. Costruzione
5. Uso
6. Fine vita
7. Riciclo/Riuso

Dalla fase di estrazione al prodotto finito si attuano una serie di processi volti al miglioramento della materia prima e per evitare possibili danni/difetti dei prodotti.

FASI PRODUTTIVE:

1. Abbattimento
2. Decorticazione
3. Stagionatura
4. Condizionamento
5. Lavorazioni varie

Una volta abbattuti, i tronchi vengono trasportati nelle zone di produzione dove vengono decorticati e fatti stagionare per ridurre la presenza di acqua.

Tra il legno fresco e il legno stagionato si nota una grossa differenza: la lenta essiccazione a cui viene esposto permette una riduzione del contenuto d'acqua dal 40% al 15%.

Nella fase di condizionamento, invece, avviene lo stoccaggio in ambienti climatizzati da cui dipenderanno le proprietà meccaniche del prodotto finito.

L'aspetto più delicato che riguarda questo materiale è proprio legato all'umidità, essendo esso un materiale igroscopico, cioè in grado di assorbire umidità dall'aria circostante, rende necessaria l'attuazione di alcune accortezze in fase di produzione, ma anche di costruzione.

La presenza di umidità nel legno incide notevolmente su:

- Resistenza meccanica, maggiore con umidità relativamente basse
- Plasticità, aumenta con la presenza di umidità
- Forma dell'elemento, variazioni di volume provocate dall'acqua possono creare deformazioni

Come ultimo dato, ma non meno importante, è bene ricordare che l'albero, essendo in grado di assorbire anidride

carbonica dall'atmosfera e liberare ossigeno, contribuisce al benessere del pianeta imprigionando carbonio al suo interno. Possiamo ritenere che la quantità sottratta all'atmosfera costituisce un buon punto a favore nella riduzione globale delle emissioni di CO₂.

I dati riportati in figura corredati da indicazione grafica quantitativa esprimono chiaramente la differenza tra diversi materiali, in termini di emissioni di CO₂.



Volume di materiale prodotto con l'emissione di 1 tonnellata di CO₂

Certificazioni

Uno dei pericoli che incombe sulla salute nostro pianeta è legato alla deforestazione.

Fenomeno che si evolve maggiormente nei Paesi sudamericani e asiatici in cui gli organi di tutela per l'ambiente non sono ancora in grado di imporre restrizioni.

I Paesi attualmente più colpiti sono: Messico, Brasile, Colombia, India, Cina, Indonesia, Malesia, Thailandia, Birmania, Congo e Nigeria.

Le cause principali sono dovute alla ricerca di spazi estesi per poter coltivare prodotti agricoli o collocare allevamenti di animali e all'esportazione di legname pregiato in tutto il mondo.

Per questo motivo è sempre bene informarsi sulla provenienza dei materiali da costruzione, in particolare nel settore del legname esistono due certificazioni che garantiscono su provenienza e sfruttamento delle risorse con una massima attenzione nei confronti dell'ambiente.

FSC – Forest Stewardship Council

E' il marchio del Consiglio per la Gestione Forestale Sostenibile.

Si occupa di assicurare che una foresta o una piantagio-

ne forestale sia gestita in modo responsabile e sostenibile nel rispetto di particolari standard ambientali, sociali ed economici.

Gli standard si basano su 10 principi e 56 criteri di buona gestione forestale. FSC si prende cura di definire e aggiornare tali principi e criteri prendendo accordi con le parti interessate.



F89. Logo FSC – Forest Stewardship Council

PEFC – Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes

Il PEFC nasce come alternativa ai sistemi di certificazione esistenti, ampliando i principi di gestione forestale anche alle proprietà di piccole dimensioni.

E' un organismo di normazione fondato sulle Conferenze Ministeriali per la protezione delle foreste in Europa che hanno avuto luogo a Helsinki e Lisbona, rispettivamente nel 1993 e 1998, atte a definire gli indicatori fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi.



F90. Logo PEFC - Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes

Il multistrato e i prodotti derivati

In riferimento all'elemento costruttivo determinato in precedenza (Vedi cap. "Concept e determinazione dell'elemento modulare"), il materiale che ho scelto di utilizzare per la produzione è un pannello multistrato leggero.

Il multistrato è un prodotto derivato dal legno, realizzato mediante la sovrapposizione di strati di sfogliato incollati tra loro.

Il meccanismo di assemblaggio del pannello consiste nell'incrocio delle fibre in modo che risultino sempre ortogonali e mai paralleli in due strati consecutivi. Questo garantisce una migliore resistenza a flessione compensando ed eliminando il movimento naturale del legno. A differenza del legno massello, si ottiene un pannello compatto e stabile che non si deforma incurvandosi.

Il numero di strati dipende dallo spessore del pannello desiderato, in ogni caso il numero deve essere dispari per permettere al primo e all'ultimo strato di avere lo stesso orientamento delle fibre.

In alcuni casi il multistrato viene concepito come un'evoluzione del più classico pannello compensato, unicamente con un incremento di spessore: fino ai 12-13 mm compensato, dai 12 ai 30 mm multistrato.

Tra i derivati del legno più comuni possiamo distinguere:

- **Pannello truciolare**, trucioli di legno (60%) impastati con legante (40%) e pressati a caldo
- **Pannello compensato**, almeno 3 strati di fogli di legno incollati tra loro
- **Paniforte**, pannelli di compensato con uno strato di listelli di legno massello tra i due
- **Pannello multistrato**, almeno 5 strati sottili di legno massello o sfogliato incollati tra loro
- **Pannelli di fibre di legno**, defibrazione di scarti, fibre impastate e pressate senza colle speciali

In alcuni pannelli, soprattutto in quelli truciolari, i collanti (resine fenoliche, melamminiche, ureiche) possono rilasciare col tempo sostanze dannose come la formaldeide. Bisogna quindi prestare attenzione ai componenti delle sostanze e attenersi alle relative classi stabilite in base alle emissioni dannose (Classi E1, E2, E3 per le emissioni di formaldeide, per interni ammessa solo classe E1).

Il **multistrato** ha buone proprietà per essere utilizzato in campo edile:

- **Stabilità**, ha una buona resistenza a flessione grazie all'incrocio delle fibre
- **Durezza**, resistente agli urti e in grado di reggere

eventuali tasselli, viti infisse o inserti

- **Leggerezza**, dipende dal legno con cui è costruito, ma essendo di spessori contenuti i pannelli di dimensioni standard risultano abbastanza leggeri ($450-600 \text{ kg/m}^3$)
- **Lavorabilità**, adatto per essere tagliato, incollato, forato con macchinari ma anche manualmente
- **Economicità**, i costi variano in funzione di spessore, tipi di colle e legno utilizzato, i più comuni variano da $8,00 \text{ €/m}^3$ multistrato di pino 10 mm a $27,00 \text{ €/m}^3$ multistrato di pino 30 mm

Inoltre può essere trattato con colle ignifughe per renderlo meno infiammabile ed evitare la propagazione delle fiamme. Procedimento che deve essere svolto prima dell'incollaggio dei singoli strati.



F91. Pannelli multistrato

L'X-lam

Un discorso analogo viene fatto per l'X-lam, si applica la stessa metodologia di assemblaggio del pannello multistrato ma a grande scala, creando dei pannelli molto più spessi e resistenti.

Il pannello X-lam è composto da strati di tavole in legno massiccio incrociati a 90°, incollati insieme grazie ad elevate pressioni e aggiunta di collanti.

Grazie a questa tecnologia è possibile costruire edifici di grandi dimensioni, anche multipiano, impiegando i pannelli sia per partizioni orizzontali che per quelle verticali. Infatti questo materiale, che può raggiungere notevoli spessori, può essere utilizzato con funzione strutturale poiché le sue proprietà risultano eccezionali in entrambe le direzioni. Solitamente si utilizzano legni di conifere, sottoposti ad un processo di essiccazione che riduce l'umidità portandola al 12% (valore accettabile per la protezione naturale contro funghi e insetti).

Gli spessori dipendono dal numero di strati richiesti dai committenti, i più comuni sono composti da 3,5,7 strati ma possono aumentare fino ad arrivare ad uno spessore totale di 60 cm.

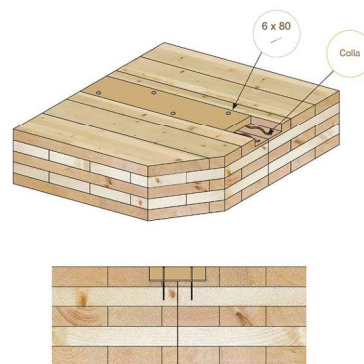
Come per il multistrato, si hanno notevoli vantaggi sulle proprietà meccaniche, incrementate soprattutto dalla

disposizione incrociata delle fibre che riduce a valori trascurabili le variazioni naturali del legno (curvatura, ritiro e rigonfiamento).

Inoltre, il pannello è in grado di essere modificato e lavorato in cantiere senza grosse difficoltà.



F92. Pannello in X-lam



F93. Esempio di giunzione laterale tra più pannelli

Tra le migliori proprietà di questo materiale troviamo:

- Stabilità, ha una buona resistenza a flessione
- Durezza, resistente agli urti e ai carichi
- Distribuzione dei carichi, grazie alle fibre incrociate è in grado di distribuire i carichi in due direzioni ed essere impiegato sia per murature che per solai
- Lavorabilità, in azienda o in cantiere per le modifiche opportune
- Buona resistenza al fuoco (vedi "Alcuni problemi da risolvere: degrado, fuoco e sisma")

I due aspetti che preoccupano maggiormente sono quelli riguardanti i collanti e il trasporto/posa.

Per quanto riguarda le colle utilizzate per l'incollaggio degli strati, rimane fondamentale limitare l'utilizzo di sostanze contenenti formaldeide. La maggior parte dei produttori di X-lam utilizza una colla poliuretanica monocomponente che sfrutta l'umidità naturale del legno per collegare gli elementi in un blocco unico senza l'aggiunta di formaldeide e solventi dannosi. Una volta spalmata la colla, in quantità ridotte, si procede con la pressatura che conferisce la struttura compatta e resistenze che contraddistinguono questo materiale.

Nei punti come solai, o murature, si cerca sempre di ridurre le giunzioni in modo tale da inserire un elemento di continuità più ampio possibile. Questo comporta un grosso dispendio di risorse in termini di trasporto e posa in opera, risulta quindi preferibile progettare pannelli di dimensioni sufficienti ad un trasporto medio-leggero inserendo alcune giunzioni da gestire al meglio.

Avendo scelto l'X-lam come solaio base da posare sullo strato di pallet, che insieme ai pneumatici e agli elementi a vite costituiscono la fondazione del M.A.T., i pannelli dovranno essere posati su un telaio di legno lamellare per garantire una luce degli elementi non superiore a 3 m.

Le tecniche di giunzione tra i vari pannelli devono essere molto rigide per poter creare una piattaforma che abbia comportamento simile ad un unico elemento.

Per il trasporto e la successiva posa in opera, normalmente si procede utilizzando un mezzo di medie dimensioni dotato di braccio meccanico in modo da poter gestire il carico-scarico dei prodotti e il posizionamento sulla fondazione. E' l'unica fase in cui viene utilizzato un aiuto meccanico per la costruzione poiché gli elementi in X-lam raggiungono un carico troppo elevato per poter essere posati da lavoro manuale.

Alcuni problemi da risolvere: degrado, fuoco e sisma

Tra i difetti delle costruzioni in legno troviamo il in primis il degrado, che tuttavia rappresenta solo il 20% delle cause principali di danno (degrado 20%, deformazioni 20%, studi 30%, collegamenti 30%)²⁴.

Nonostante non sia la causa primaria di danno negli edifici in legno, è considerato un aspetto fondamentale da non sottovalutare. Infatti si può andare incontro ad attacchi da parte di agenti biologici come insetti o funghi che possono compromettere la corretta funzione degli elementi edilizi.

Gli **insetti** normalmente non si nutrono del legno, ma depositano le uova al suo interno. Una volta schiuse, le larve scavano il legno creando pori e cunicoli collegati tra loro. Il legno intaccato subisce così un asporto di materia che diminuisce la sua resistenza in sezione e crea un effetto sgradevole alla vista. L'attacco si presenta nell'alburno o nel durame provocando danni anche in profondità all'interno del tronco.

Attualmente non costituiscono un grosso problema per costruzioni moderne soprattutto per i trattamenti a cui sono state esposti i materiali incollati.



F94. Assi danneggiate dall'attacco di insetti

I **funghi**, invece, compaiono in corrispondenza delle zone umide degli elementi legnosi attaccando sia alburno che durame.

A differenza degli insetti, i funghi innescano un attacco localizzato provocando una diminuzione di resistenza totale solo nella zona intaccata.

Il risultato è la distruzione del legno sotto forma di "marciume" ed un continuo proliferarsi di spore che tendono ad allargare la zona danneggiata. La rimozione della zona intaccata non compromette le proprietà dell'intero componente edilizio, ma in caso di elemento strutturale o estetico

Luca Bertolini, Materiali da costruzione, Volume secondo, Degrado, prevenzione, diagnosi, restauro

si deve prevedere la sostituzione totale del componente.

Per quanto riguarda l'aspetto di rischio del degrado nel legno sono state elaborate 5 classi di rischio biologico che si basano sulle condizioni del sito di posa in opera.²⁵

Classe 1: interni delle abitazioni, clima 20°-65°, umidità 12%, legno secco e coperto, rischio non presente

Classe 2: elementi protetti dal contatto diretto con acqua, clima 20°-65°, umidità 20%, legno ancora abbastanza secco, rischio potenziale possibile

Classe 3: elementi a contatto con l'acqua, clima più umido della classe 2, umidità maggiore del 20%, rischio esistente e accettato (misure di protezione)

Classe 4: elementi a contatto con acqua e terreno, clima umido, umidità maggiore del 20%, legno bagnato e degrado assicurato, rischio particolare

Classe 5: elementi a contatto con acqua marina, clima umido, umidità molto maggiore del 20%, legno bagnato o immerso, rischio particolare

Nel progetto dei M.A.T. potremmo rientrare in classe 1, 2 o

3 a seconda dell'umidità della zona in cui avviene l'installazione. In ogni caso i componenti multistrato e X-lam sono entrambi trattati con protezioni impermeabili e contengono colle non tossiche ma in grado di tenere lontani insetti e parassiti.



F95. Attacco da parte di funghi (carie bruna)

25. Normativa UNI EN 335-1/2006

Fonte: www.bosettiegatti.eu

Un altro problema che spesso si associa al termine legno è dato dal **comportamento al fuoco**.

E' noto come il legno sia un materiale facilmente infiammabile e quando si lavora in ambito edilizio la sicurezza va sempre valutata con attenzione.

Se prendiamo come riferimento il legno grezzo possiamo distinguere 3 zone stratificate a contatto con il fuoco:

- Zona carbonizzata: emette fumi e si presenta di colore nero in superficie
- Zona di combustione: appena sotto alla carbonizzata
- Zona di legno inalterato: legno rimasto in condizioni di normalità

Questi strati permettono una conduzione del calore molto più lenta rispetto ad altri materiali utilizzati in edilizia come acciaio o calcestruzzo. La trasmissione del calore avviene lentamente dalla superficie verso l'interno e la zona carbonizzata collabora evitando che l'ossigeno raggiunga il legno intatto.

Nel caso di multistrati o X-lam si hanno caratteristiche simili per quanto riguarda la conduzione del calore, ma le colle e i rivestimenti protettivi aggiuntivi possono ritardare ulteriormente il tempo di resistenza al fuoco.

E' stato verificato che un pannello generico X-lam, in base

al numero di strati da cui è composto, resiste in media tra i 30 minuti (3 strati) e i 60 minuti (5 strati), arrivando anche a più di 90 minuti per spessori più elevati e aggiungendo i dovuti sistemi protettivi.

L'ultimo punto problematico da considerare è legato ai **fenomeni sismici**. Come si comporta il legno in presenza di forti sollecitazioni derivanti dal terreno?

Preciso che non si può fare un discorso univoco sulla stabilità del legno in presenza di terremoti perché la maggior parte dei problemi nascono in funzione dei sistemi costruttivi utilizzati. Il legno come materia prima ha una struttura molto resistente, sta alla forma dei componenti e alle metodologie di assemblaggio il compito di dissipare l'eventuale energia di un sisma.

Le tecnologie costruttive che utilizzano l'X-lam sono state ampiamente valutate soprattutto in corrispondenza di giunti e particolari costruttivi fornendo come risultato una buona resistenza.

Sotto l'aspetto della modularità elaborata per il componente murario, possiamo ritenere che essendo un meccanismo ad incastro di più blocchi autoportanti staticamente sembrerebbe non avere problemi, ma aggiungendo le sollecitazioni derivanti da vento e fenomeni sismici il complesso necessita di un'integrazione strutturale (vedi cap. "Metodo costruttivo con blocco C.U.B.E.").

L'isolante

Per poter raggiungere determinati standard qualitativi a livello di isolamento è necessario progettare una stratigrafia delle partizioni verticali che tenga conto del valore di trasmittanza.
Volendo progettare un M.A.T. adattabile a qualunque si-

tuazione climatica (specialmente in Italia) dobbiamo riferirci alle condizioni peggiori per poter soddisfare i requisiti.
Come già spiegato in precedenza, una delle città italiane con le condizioni climatiche più sfavorevoli è proprio Amatrice.
Dalla classificazione climatica italiana, riporto di seguito la tabella di riferimento per i valori limite.

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m²K) - in vigore dal 14 marzo 2010

Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.
(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tabella V: Allegato B del Decreto del Ministro dello Sviluppo economico dell'11 marzo 2008

Amatrice si trova infatti in zona F, con parametri molto più rigidi rispetto alle altre fasce climatiche.

Per soddisfare il superamento di questi vincoli, è bene inserire un isolante con il dovuto spessore.

La premessa che voglio fare a questo punto, è vincolata alle zone di progetto. In un'ottica di sostenibilità massima, si considera il progetto con alcune variabili. L'esempio per eccellenza è proprio l'isolante, esso infatti può essere cambiato a seconda delle disponibilità di materiale locale così che si evitino lunghi trasporti o importazioni da Paesi esteri. Anche il tipo di legno può costituire una variabile importante per motivi economici ed ecologici: se per esempio sul sito di installazione si ha una predominanza di pioppo o di abete può essere una buona soluzione sfruttare il più possibile una materia a km0 (o quasi) piuttosto che importare un legno esotico brasiliano con performance di poco superiori.

Volendo mantenere, anche per l'isolamento, un materiale proveniente da riciclo, o comunque di scarto da poter ri-immettere in un nuovo ciclo di vita, indirizzo la mia scelta su un isolante naturale in fibra di legno o in cellulosa riciclata.

I materiali isolanti in **fibra di legno** sono composti da almeno l'80% di fibra con aggiunta di alcuni componenti.

Generalmente si utilizzano scarti di legno di conifere sfibrati attraverso un processo meccanico o a vapore, i quali vengono successivamente legati a caldo favorendo l'intervento naturale della lignina capace di saldare insieme le fibre. Tra gli elementi aggiunti più comuni (sali) troviamo il solfato d'ammonio e il solfato d'alluminio in piccole quantità che migliorano la resistenza al fuoco ed agli attacchi degli insetti.

Questi pannelli vengono utilizzati per isolamento termico e acustico e possono essere inseriti in coperture, ambienti interni, pareti esterne e cappotti.

I vantaggi dell'impiego di fibra di legno possono essere:

- No produzione gas tossici in caso d'incendio
- No impiego di additivi o leganti
- No problemi di smaltimento
- Prodotto utilizzando scarti di produzione
- Forma adattabile

L'unico punto a sfavore è il comportamento in presenza di umidità elevata, per la quale ci può essere rischio di attacco di funghi o muffe.



F96. Un pannello di fibra di legno a grana compatta



F97. Un pannello di fibra di cellulosa derivante da carta di giornali di recupero

Dalla cellulosa si possono ottenere diversi tipi di isolante in funzione dei parametri di progetto. Normalmente si producono **focchi o fibra di cellulosa** derivanti da carta di recupero per almeno l'80%, che viene macinata e pressata per ottenere un prodotto finito.

In alcuni casi si ha la produzione di pannelli incrementando la pressatura, in altre situazioni, invece, si preferisce mantenere un prodotto sfuso da utilizzare come riempimento per insufflaggio.

Si possono avere poi alcune varianti di produzione, che differenziano tra loro per il tipo di carta riciclata impiegata: carta di giornale, carta priva di inchiostro, ecc...

I principali vantaggi di questo isolante sono:

- Isolamento anche acustico
- Energia di produzione piuttosto bassa
- In caso di incendio il materiale carbonizza e non

brucia (perchè trattato con sali di boro)

- Prodotto riutilizzabile e smaltibile

I punti sfavorevoli possono essere la necessità di classificazione e certificazione di comportamento al fuoco e la possibilità di liberare polveri di carta durante il processo produttivo (particolare attenzione ma risolubile tramite apposite mascherine protettive). Il fattore di resistenza alla diffusione del vapore risulta più basso rispetto ad altri materiali isolanti sintetici, ma più sostenibile sotto altri aspetti.

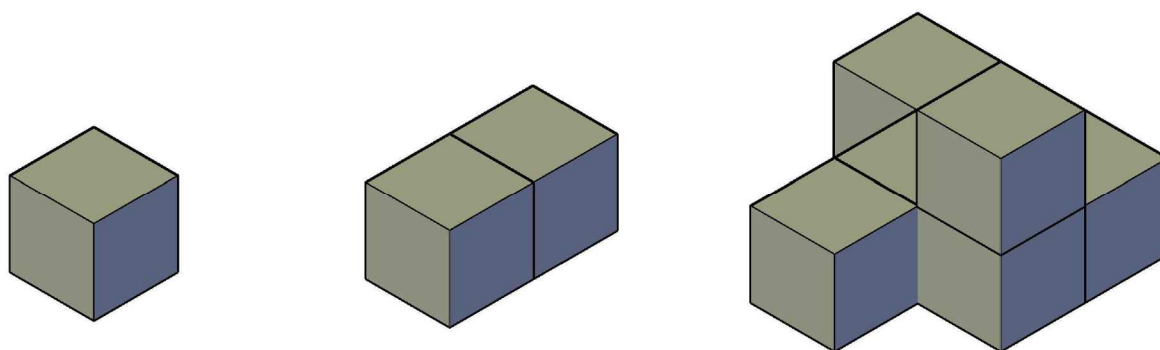
IL BLOCCO C.U.B.E.

Ritornando all'elemento modulare determinato in precedenza (vedi cap. "Concept e determinazione dell'elemento modulare"), possiamo riferirci alle misure principali per analizzare meglio la forma e il metodo di assemblaggio.

Per un'immagine migliore del prodotto, in un'ottica anche di promozione e diffusione, ho chiamato questo prodotto "C.U.B.E.".

C.U.B.E. nasce dall'idea di creare un meccanismo ad incastro attraverso il quale, accostando più blocchi sia in orizzontale che in verticale, si ottiene una struttura autoportante simile alle costruzioni in mattoni e laterizio ma con i vantaggi delle costruzioni in legno.

Il blocco progettato viene concepito come un elemento simile al cubo, anche se le dimensioni lo rendono di forma allungata (0,625 x 0,50 x 0,30 m), e il sistema costruttivo può essere visto come un assemblaggio di più volumi.



F98. Concept assemblaggio cubi

Construction Utility Block Emergency

I 4 fattori su cui si basa C.U.B.E.

CONSTRUCTION (COSTRUZIONE):

Il blocco progettato permette di costruire i moduli M.A.T. con estrema semplicità, seguendo poche semplici istruzioni.

E' dotato di elementi integrativi per potersi rapportare con ogni componente edilizio (solaio, serramenti, angoli).

UTILITY (UTILITA'):

Rappresenta un mezzo facile, intuitivo, ma soprattutto utile per poter sopperire alla mancanza di abitazioni per sfollati vittime di eventi.

Utile sotto numerosi punti di vista, capace di re-inserire un senso di appartenenza della popolazione al nuovo impianto/villaggio abitativo.

BLOCK (BLOCCO):

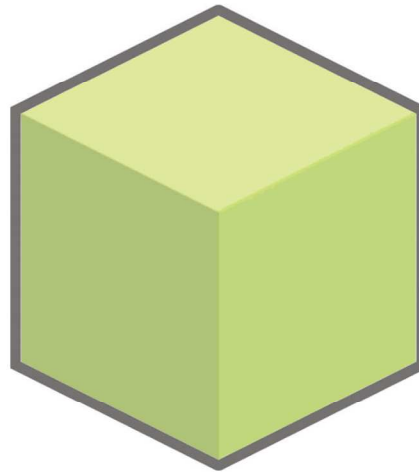
Si presenta sotto forma di blocco compatto già pre-assemblato in azienda e pronto per essere posato direttamente in cantiere. Il grosso vantaggio del blocco è quello di essere facilmente lavorabile, maneggevole e trasportabile. E' opportuno progettare bene le connessioni ad incastro tra un blocco e l'altro per poter ridurre al minimo le dispersioni e le infiltrazioni derivanti da giunzioni.

EMERGENCY (EMERGENZA):

Il campo di applicazione è soprattutto quello di emergenza, situazione in cui si punta al risparmio economico, ai beni di necessità primaria, senza sottovalutare l'aspetto del comfort abitativo e termo-igrometrico.

C.U.B.E. vuole essere un aiuto pratico per molte persone

che oggi si ritrovano senza casa, inserendo una tecnica di autocostruzione assistita volta a spronare gli sfollati e incentivare una reazione ai disastri in prima persona.



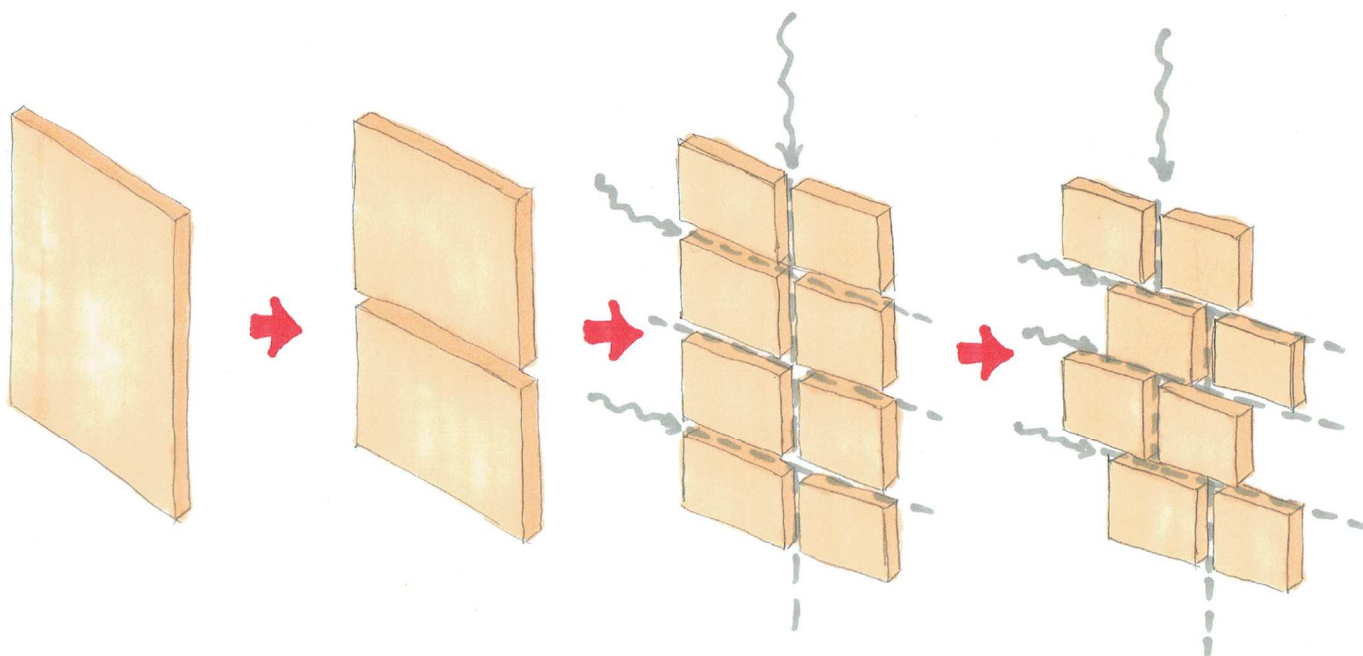
C U B E

CONSTRUCTION UTILITY BLOCK EMERGENCY



F99. Logo C.U.B.E. - Construction Utility Block Emergency

Forma e incastro



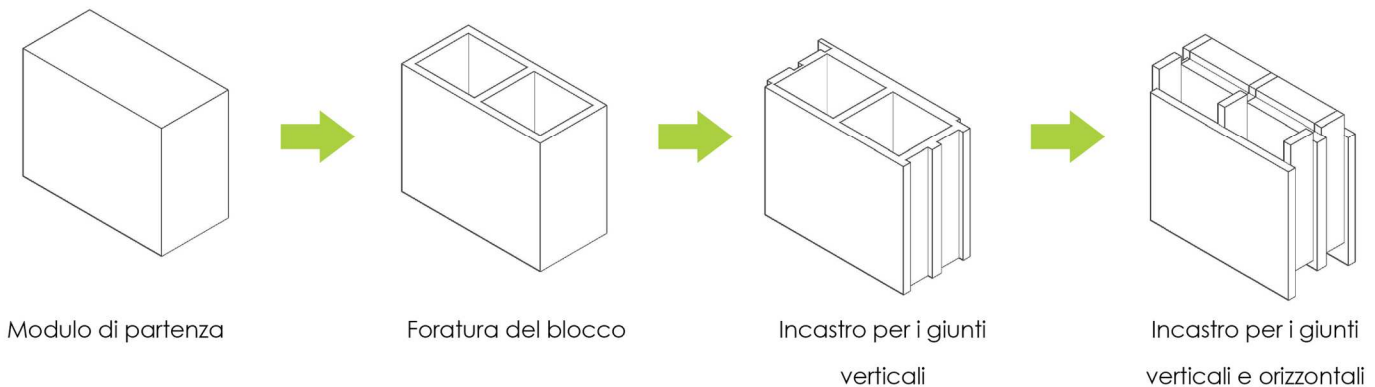
F100. Evoluzione da pannello a blocco

Partendo dall'idea di progetto, il mio obiettivo è quello di creare un blocco di grandi dimensioni capace di incastrarsi al meglio sia in direzione orizzontale che in direzione verticale.

Come evidenziato nello schema di progetto, le giunzioni verticali sono state sfalsate per creare discontinuità dalla copertura alla pavimentazione, mentre quelle orizzontali

vanno studiate in maniera tale da evitare la penetrazione di acqua e aria creando uno sfalsamento di strati che compongono il blocco.

Per potersi incastrare al meglio la sagoma dei bordi è stata studiata in modo tale da creare sporti e rientranze eliminando la continuità di fessura.



F101. Evoluzione del blocco C.U.B.E. dal generale al dettaglio

Grazie a questa discontinuità possiamo avere un notevole miglioramento per quanto riguarda il passaggio dell'aria dall'esterno all'interno e nella conservazione del calore interno.

E' importante che gli elementi siano prodotti con molta **precisione** per evitare difetti di montaggio o incastri non perfettamente accoppiabili. Nel caso in cui si voglia migliorare la tenuta e l'isolamento del punto di incastro si può aggiungere una guaina impermeabile che aumenta la tenuta e diminuisce il passaggio di calore attraverso il muro.

Il progetto di C.U.B.E. è stato concepito come un blocco più **completo** possibile, che integra struttura, tamponamento, isolante, cavedio per impianti e può essere rifinito con finiture leggere a secco o verniciature che non implicano un'unione totale e solida di più C.U.B.E. Ovvero, se la finitura fosse eseguita con malte, leganti o intonaci che inevitabilmente creano una superficie unica e uniforme, si incontrerebbero problemi al momento dello smantellamento dell'intero M.A.T. rendendo i C.U.B.E. non riutilizzabili per altri eventi di emergenza.

Sono accettabili finiture a secco come l'aggiunta di pannelli in cartongesso nei lati rivolti verso l'interno dell'abitazione (poi intonacati in base al gusto degli utenti), oppure rivestimenti in facciata come listellature o pannelli a scopo

estetico leggeri, debitamente fissati tramite viti o bulloni.

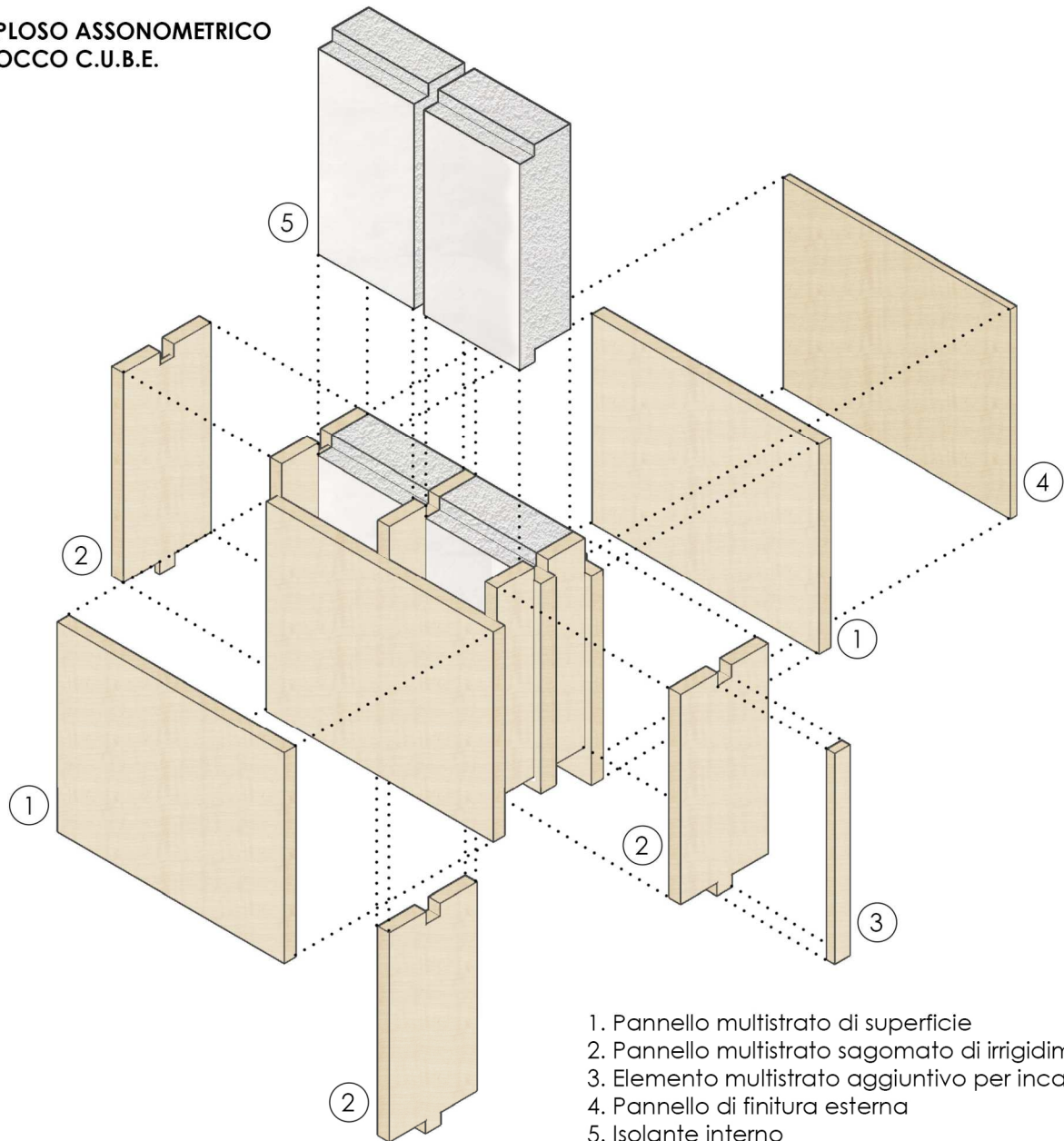
Anche la fase di **produzione** ha la sua importanza in termini di praticità e sostenibilità.

Tenendo conto che una catena di montaggio semplice facilita molto la produzione e riduce l'energia impiegata, dobbiamo prevedere componenti simili di forma che possano essere riprodotti in serie senza grosse eccezioni.

Per questo motivo i pezzi che compongono il blocco C.U.B.E. sono i seguenti:

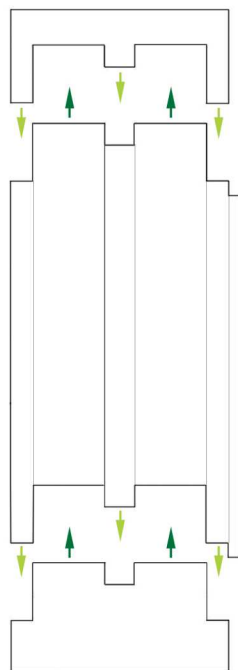
- **1 pannello 15 mm** impermeabile di copertura esterna
- **2 pannelli multistrato 30 mm** disposti parallelamente che fungono da piano verticale (esterno e interno)
- **3 elementi sagomati multistrato 30 mm** che hanno funzione di irrigidimento ortogonale ai 2 pannelli precedenti (1 elemento modificato con asportazione centrale di 20 mm per un incastro corretto e 1 elemento completato con aggiunta di listello 20 mm)
- **2 elementi interni di isolante** sagomato per un incastro verticale ottimale

**ESPLOSO ASSONOMETRICO
BLOCCO C.U.B.E.**

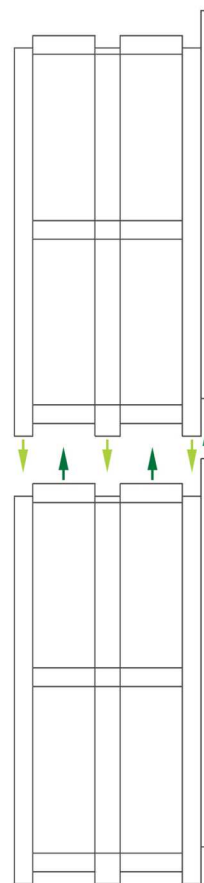


Il riferimento ai famosi cubetti LEGO® è inevitabile, semplici cubetti incastrabili tra loro, con la differenza che le teste di ogni cubetto non sono semplici superfici accostate ma diventano profili più elaborati.

Di seguito vengono rappresentate le sezioni dei C.U.B.E. con relativo metodo di incastro.



F102. Incastro tra blocco, elemento "Guida" ed elemento "Sigillo" in sezione



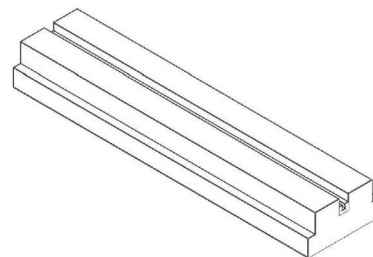
F103. Incastro tra due blocchi in pianta

Per la costruzione dei M.A.T. secondo le dimensioni 2BOX, 3BOX, 4BOX bisogna predisporre un "elemento guida" che fissato solidamente al piano di pavimento sia in grado di indirizzare il collocamento dei blocchi C.U.B.E. in base al progetto in pianta.

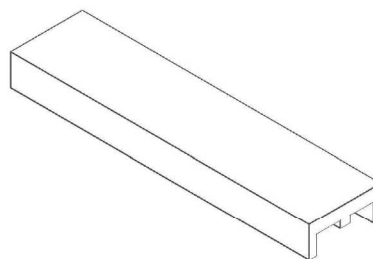
L'elemento progettato (di cui la sezione in figura) chiamato più semplicemente **"GUIDA"** deve comportarsi come una cornice perimetrale rigida su cui poggiare la muratura. Discorso analogo va fatto per l'elemento **"SIGILLO"**, che è il componente utilizzato in corrispondenza del solaio di copertura per completare la parte muraria.

Questi due elementi, disposti parallelamente, hanno il compito di racchiudere la muratura evitando che i blocchi slittino verso l'esterno o verso l'interno dell'edificio.

Poiché risulterebbe complicato trasportare due cornici di grandi dimensioni, la GUIDA e il SIGILLO sono stati scomposti in componenti di dimensioni più ridotte in modo da essere maneggiati più agevolmente. Le giunzioni tramite avvitamento o imbullonatura devono essere molto rigide per permettere una buona resistenza nel complesso.



F104. Pezzo GUIDA alla base



F105. Pezzo SIGILLO in copertura

Verifica del peso e dei parametri prestazionali

Una volta stabilita la forma e i materiali che compongono il blocco C.U.B.E. possiamo passare ad una rapida verifica del peso proprio in modo che rientri in un intervallo di carico accettabile per essere sollevato e maneggiato da 1-2 persone durante la fase di montaggio.

Riporto di seguito alcuni esempi calcolati inserendo materiali diversi per far notare eventuali differenze di peso.

BLOCCO C.U.B.E. (Multistrato generico + fibra di legno):

Multistrato generico: 600 kg/m^3

Isolante fibra di legno: 115 kg/m^3

Lati lunghi:

$$0,625 \times 0,5 \times 0,03 \times 600 = 5,60 \text{ kg} \times 2 = 11,20 \text{ kg}$$

Intermezzi:

$$0,24 \times 0,5 \times 0,03 \times 600 = 2,16 \text{ kg} \times 3 = 6,48 \text{ kg}$$

Isolante:

$$0,27 \times 0,5 \times 0,14 \times 115 = 2,17 \text{ kg} \times 2 = 4,34 \text{ kg}$$

Tot. peso:

$$11,20 + 6,48 + 4,34 = \mathbf{22,02 \text{ kg}} \text{ (PESO ELEVATO)}$$

BLOCCO C.U.B.E. (Multistrato pioppo + fibra di legno):

Multistrato di pioppo: 450 kg/m^3

Isolante fibra di legno: 115 kg/m^3

Lati lunghi:

$$0,625 \times 0,5 \times 0,03 \times 450 = 4,21 \text{ kg} \times 2 = 8,42 \text{ kg}$$

Intermezzi:

$$0,24 \times 0,5 \times 0,03 \times 450 = 1,62 \text{ kg} \times 3 = 4,86 \text{ kg}$$

Isolante:

$$0,27 \times 0,5 \times 0,14 \times 115 = 2,17 \text{ kg} \times 2 = 4,34 \text{ kg}$$

Tot. peso:

$$8,42 + 4,86 + 4,34 = \mathbf{17,62 \text{ kg}} \text{ (PESO MEDIO)}$$

BLOCCO C.U.B.E. (Pannello listellare superleggero + fibra di legno):

Pannello listellare superleggero: 300 kg/m^3 (Sfogliato di Fromager e anima in legno di Albasia, esotico-orientale)

Isolante fibra di legno: 115 kg/m^3

Lati lunghi:

$$0,625 \times 0,5 \times 0,03 \times 300 = 2,81 \text{ kg} \times 2 = 5,62 \text{ kg}$$

Intermezzi:

$$0,24 \times 0,5 \times 0,03 \times 300 = 1,08 \text{ kg} \times 3 = 3,24 \text{ kg}$$

Isolante:

$$0,27 \times 0,5 \times 0,14 \times 115 = 2,17 \text{ kg} \times 2 = 4,34 \text{ kg}$$

Tot. peso:

$$5,62 + 3,24 + 4,34 = \mathbf{13,20 \text{ Kg}} \text{ (PESO ACCETTABILE)}$$

BLOCCO C.U.B.E. (Multistrato pioppo + fibra di cellulosa):

Multistrato generico: 450 kg/m^3

Isolante fibra di cellulosa: 55 kg/m^3

Lati lunghi:

$$0,625 \times 0,5 \times 0,03 \times 450 = 4,21 \text{ kg} \times 2 = 8,42 \text{ kg}$$

Intermezzi:

$$0,24 \times 0,5 \times 0,03 \times 450 = 1,62 \text{ kg} \times 3 = 4,86 \text{ kg}$$

Isolante:

$$0,27 \times 0,5 \times 0,14 \times 55 = 1,04 \text{ kg} \times 2 = 2,08 \text{ kg}$$

Tot. peso:

$$8,42 + 4,86 + 2,08 = \mathbf{15,36 \text{ kg}} \text{ (PESO ACCETTABILE)}$$

In tutti gli esempi ci si riferisce a valori medi di peso per ogni prodotto, in realtà in commercio si trovano alcuni prodotti con peso ancora più ridotto. L'obiettivo in ogni caso è rimanere all'interno di una fascia che varia dai 10 ai 15 kg per non incorrere in pesi troppo elevati dannosi per la salute fisica dei lavoratori.

A tal proposito è possibile rapportarsi con una tabella di valori presenti nel D.Lgs. 81/08 sulla valutazione del rischio da Movimentazione Manuale dei Carichi (MMC) con riferimento alla norma ISO 11228:

“Il peso massimo sollevabile in condizioni ottimali (ovvero senza curvare o ruotare la schiena) è di 25 kg per gli uomini e 15 kg per le donne e gli adolescenti maschi, 10 kg per le adolescenti femmine”

Se consideriamo, invece, i parametri prestazionali dobbiamo riferirci a valori accettabili in termini di trasmittanza corrispondenti alla zona climatica interessata. (Vedi allegato 2)

ZONA CLIMATICA F – Strutture opache verticali: 0,26 W/m²K

età	uomini		donne	
	Occasionali	Frequenti	Occasionali	Frequenti
16 - 18	19	14	12	9
18 - 20	23	17	14	10
20 - 35	25	19	15	11
35 - 50	21	16	13	10
più di 50	16	12	10	7
Donne incinta				
Primi 6 mesi di gravidanza			10	5
a partire dal 7 mese			0	0
Valori indicativi per il peso massimo (in kg), manutenzione frequente o occasionali				

Tabella VI. Valori D.Lgs. 81/08 sulla valutazione del rischio da Movimentazione Manuale dei Carichi (MMC) con riferimento alla norma ISO 11228

Metodo costruttivo con blocco C.U.B.E.

Il processo costruttivo, come ho già evidenziato più volte, è molto semplice per permettere a chiunque di intervenire nella fase di montaggio attraverso la tecnica dell'autocostruzione assistita.

Si può descrivere in più fasi con tempi di costruzione relativamente bassi. Nelle fasi si traslascia la prima parte sulla posa delle fondazioni costituite da pneumatici riempiti e pallet di legno.

FASI DEL PROCESSO COSTRUTTIVO:

1. Posa del piano di pavimento

In questa fase si procede con la posa dei pannelli in X-lam che collegati tra loro formano un piano di calpestio resistente e una solida base su cui posare i carichi soprastanti. Ogni pannello poggia sulla fondazione costituita da uno strato di pallet, che a sua volta poggia su uno strato "antisismico" formato da pneumatici di recupero riempiti con pietrisco o detriti.

Il piano di pavimento è inoltre vincolato dall'aggancio con la fondazione a vite installata nel sottosuolo, in maniera

tale da limitare gli spostamenti orizzontali e verticali.

Lo strato d'aria che si viene a creare tra il terreno e il piano di calpestio permette un buon isolamento soprattutto da umidità di risalita.

2. Posa della GUIDA

Si posizionano tutti i componenti GUIDA in corrispondenza del perimetro del piano di pavimento secondo le istruzioni riportate in pianta, tenendo conto di angoli e aperture.

Prima di fissare definitivamente i componenti, è necessario assicurarsi che non vi siano errori di misurazione nel complesso e che la parte pavimentata rimanga all'interno.

Controllati possibili errori di disposizione, si può procedere al fissaggio avvitando le parti laterali della GUIDA al pannello X-lam sottostante.

3. Posa della muratura esterna con blocchi C.U.B.E.

Seguendo la GUIDA, risulta estremamente semplice posare i primi due strati di C.U.B.E. facendo attenzione allo sfalsamento tra due strati consecutivi in verticale.

Man mano che si procede, assemblando blocchi progressivamente, è bene predisporre già tubi o condotti per impianti in modo che si possano effettuare lavorazioni

eventuali (come foratura parziale di blocchi, inserimento scatole di derivazione o altro) già a partire dal primo strato salendo successivamente con l'altezza della muratura.

In corrispondenza dei serramenti, che intervengono a partire dal terzo strato perimetrale (altezza da pavimento 1,00 m) ad eccezione della porta di ingresso, si deve prevedere un vuoto di dimensioni standard in funzione del locale e di altezza pari a due C.U.B.E. (1,00 m).

Arrivati al quarto strato finito, si passa all'inserimento dei telai per i serramenti (vedi parte successiva "I componenti speciali"), i quali vengono inseriti ad incasso dall'alto verso il basso.

Successivamente si completa la muratura con il quinto strato di blocchi arrivando ad un'altezza di 2,50 m.

4. Inserimento barre strutturali

Nel verificare il metodo costruttivo dal punto di vista statico possiamo sostenere che l'impiego di blocchi rende la muratura autoportante senza il bisogno di inserire controventature. Tuttavia, analizzando le sollecitazioni che intervengono in condizioni normali e a maggior ragione in zone sismiche, dobbiamo ipotizzare un comportamento della struttura variabile secondo numerosi modi di vibrazione.

Nel caso di carichi accidentali, come la **neve**, si ha una

buona resistenza a compressione e non si perde stabilità in quanto l'edificio viene compresso in direzione verticale.

L'altro fattore che interviene è l'**azione del vento**: esso costituisce un problema nella maggior parte degli edifici poiché ne consegue, a livello strutturale, un inserimento di setti murari rigidi o di controventature che resistano alle forze agenti perpendicolarmente al piano.

Il vantaggio di costruire una muratura completamente a secco diventa svantaggio in questo campo per una rigidità di parete non sufficiente a sopportare gravi pressioni. I danni che potrebbero nascere in presenza di forte vento potrebbero essere soprattutto in prossimità della parte centrale di lunghe pareti perimetrali, zone in cui i legami tra i vari blocchi sono indeboliti perché distanti da GUIDA e SIGILLO (spanciamiento dei blocchi C.U.B.E.).

L'ultimo punto di debolezza si trova in presenza di **azione sismica**: i modi di vibrazione possono essere infiniti, spesso si verificano edifici tramite software che combinano azioni agenti in diverse direzioni e che aumentano di entità. La combinazione di queste azioni può essere in qualunque direzione dello spazio tridimensionale. Per semplicità si preferisce sempre scomporre la forza sismica in 3 principali componenti: componente orizzontale in direzione x, com-

ponente orizzontale in direzione y e componente verticale secondo la direzione z.

In direzione z, abbiamo già visto come la resistenza a compressione sia garantita (verso il basso), mentre se consideriamo un movimento sussultorio verso l'alto dobbiamo scontrarci con una problematica maggiore capace di portare al collasso l'edificio o parte di esso.

Per tutti questi motivi ho creato una soluzione in grado di sopperire alle mancanze principali. Terminata la posa dei blocchi si procede con l'inserimento di alcune **barre metalliche** a sezione circolare negli appositi fori predisposti in corrispondenza degli elementi di irrigidimento all'interno di ogni C.U.B.E.

Queste barre vengono inserite a distanza costante facendo attenzione ai vani finestrati, creando uno scheletro interno perimetrale.

Ogni barra viene inserita dall'alto verso il basso fino ad incastrarsi nella fessura centrale dei componenti GUIDA e una volta ruotata di 90° si accoppia perfettamente con l'incastro progettato senza più uscirne (vedi figura pagina successiva).

5. Posa del SIGILLO

La parte di chiusura che va a completare definitivamente

la parte muraria è la cornice SIGILLO. Essa viene incastrata e collegata rigidamente in maniera molto simile alla GUIDA.

6. Chiusura delle barre metalliche

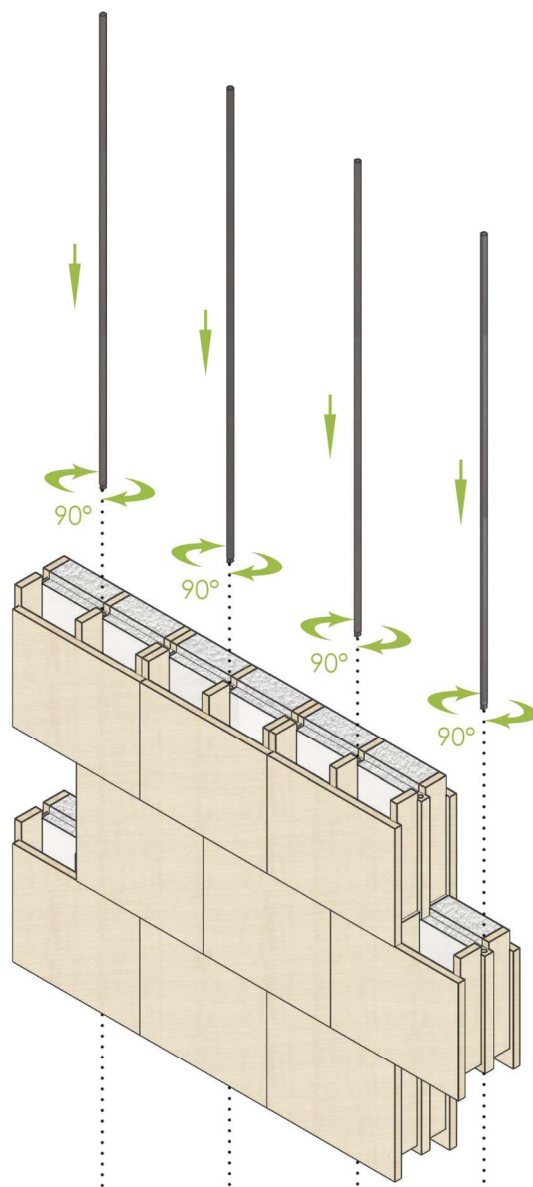
Le barre metalliche fissate in precedenza alla GUIDA passano nei fori lungo tutta la muratura e fuoriescono in parte dal SIGILLO. La parte terminale è filettata per poter permettere ai costruttori di chiudere definitivamente la parte muraria con l'aiuto di alcuni bulloni. Questa fase è molto importante perché lega la GUIDA al SIGILLO comprimendo i blocchi posizionati tra essi, acquisisce una funzione di tirante in grado di resistere anche alla componente verticale delle forze sismiche.

Inoltre, le barre mantengono la loro posizione verticale grazie alla struttura dei blocchi, la quale impedisce la rotazione attorno ai fulcri alle estremità comportandosi proprio come un controvento.

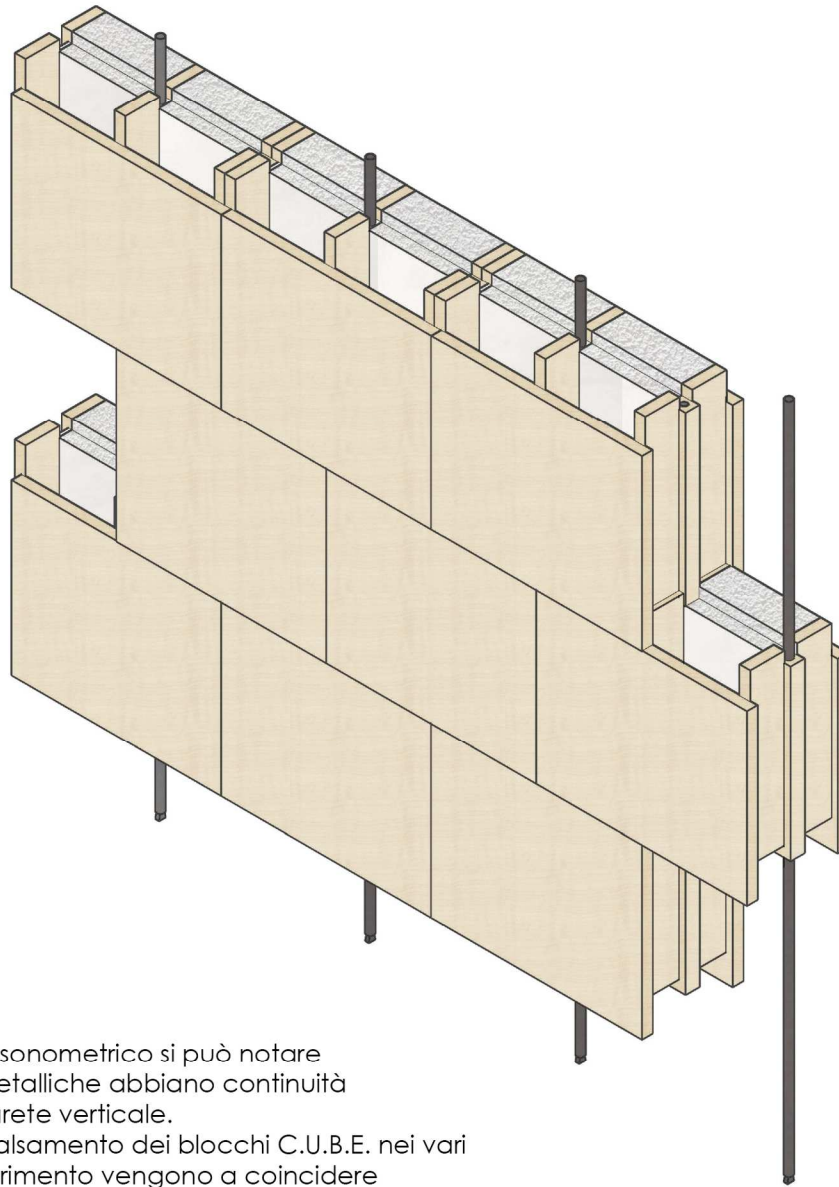
7. Posa della copertura

Come ultima fase vi è la posa della copertura costituita da struttura in tubolari di cartone e pannelli di falda in lamiera grecata (vedi cap. "La copertura").

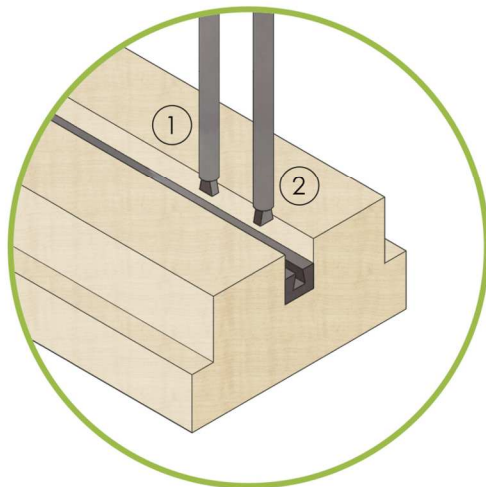
SCHEMA INSERIMENTO BARRE METALLICHE



SCHEMA INSERIMENTO BARRE METALLICHE



Dallo schema assonometrico si può notare come le barre metalliche abbiano continuità lungo tutta la parete verticale. Nonostante lo sfalsamento dei blocchi C.U.B.E. nei vari strati, i fori di inserimento vengono a coincidere.



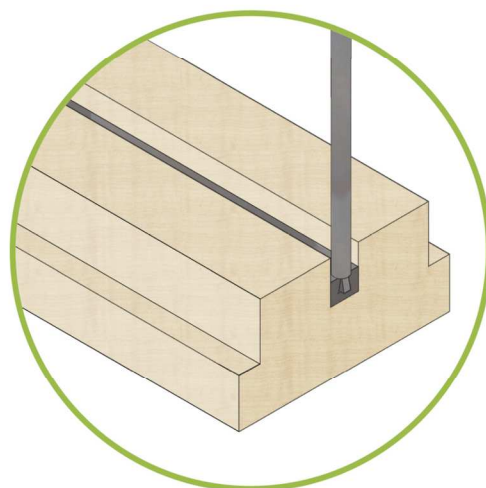
INSERIMENTO BARRE METALLICHE NELLA GUIDA

1. Prima fase: inserimento della barra in corrispondenza della GUIDA con terminale parallelo al binario

2. Seconda fase: rotazione della barra di 90° che favorisce l'ancoraggio definitivo in posizione ortogonale al binario

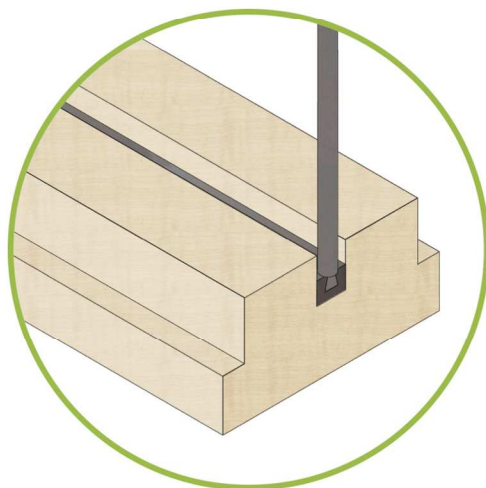
PRIMA FASE

Posizione corretta di inserimento



SECONDA FASE

Posizione corretta post-rotazione



I “componenti speciali”

Per un discorso di facilità di montaggio si preferisce un tipo di pacchetto a moduli, così facendo si risparmia sulle varianti dimensionali al momento della produzione dei pannelli e inoltre si facilita il montaggio avendo componenti standard di riferimento. Le variazioni dimensionali, ove strettamente necessarie, sono preferibili a grande scala: ad esempio se si crea un pannello di dimensioni standard 1,25 x 2,5 m, nel caso si debba modificare la larghezza o l'altezza per motivi progettuali si favorisce una variante maggiore, meglio se multipla del modulo, piuttosto che una variante minima che comporta confusione al momento dell'installazione e difficoltà di riconoscimento dei pezzi (pannello 2,5 x 2,5 m migliore rispetto ad un pannello modificato 1,35 x 2,5 m).

La parola chiave rimane sempre “semplicità”, intesa come organismo ben progettato ed efficace, ma soprattutto chiaro e facile da comprendere, che non significa semplificare le tecnologie o ridursi ad una progettazione superficiale, ma renderla mirata.

La standardizzazione dei componenti contribuisce alla semplicità dell'edificio rendendolo adattabile ed integrabile, con le giuste accortezze, secondo vari modelli di edificio progettati in base al nucleo familiare.

La progettazione modulare nasce per la costruzione secondo un criterio di “ripetibilità”. Cercando di sfruttare al meglio gli elementi modulari in modo che siano fabbricati in serie, si può assemblare gran parte dell'edificio. Sarebbe utopico pensare di creare un complesso composto unicamente da pezzi standard utilizzabili in qualsiasi parte. Nasce quindi l'esigenza di creare alcuni componenti variabili sotto l'aspetto di forma da inserire nei più comuni “punti critici” in edilizia. Principalmente gli angoli, i punti di giunzione con i serramenti, spigoli a vista e tramezzi interni.

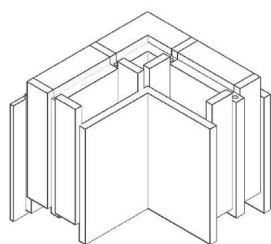
I **componenti angolari** servono ad irrigidire l'angolo retto che si crea tra due murature, viene proposto in due versioni per incastrarsi nei diversi strati sfalsati tra loro.

Nei punti in cui si incontrano i **serramenti** o semplicemente termina la muratura con uno **spigolo** a vista risulta obbliga-

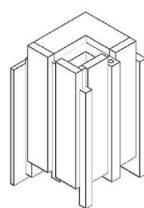
torio creare un blocco che abbia misure ridotte della metà del blocco base C.U.B.E. in modo da poter completare la parete con spigolo verticale netto e senza sfalsamento.

Per i **tramezzi** invece, avendo misure di spessore ridotto rispetto ai muri perimetrali, ho pensato ad un **C.U.B.E. INTERNO** che abbia le medesime lunghezze ma uno spessore totale di 20 cm.

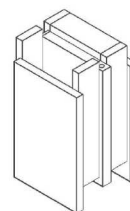
Composto anch'esso da due pannelli multistrato di spessore 3 cm e da una cassa vuota di 14 cm permette il passaggio di tubi e condotti necessari per impianto elettrico e idraulico. Il metodo di incastro è molto simile a quello per esterni, con una leggera differenza nella sagoma di inserimento.



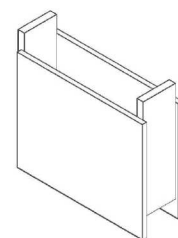
CUBE angolare a "L"



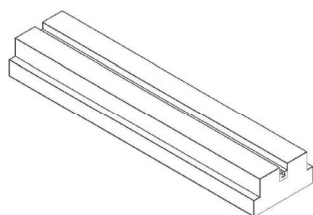
CUBE angolare semplice



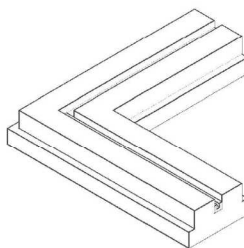
Mezzo blocco CUBE



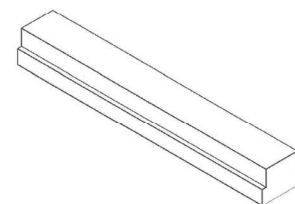
CUBE INTERNO tramezzo



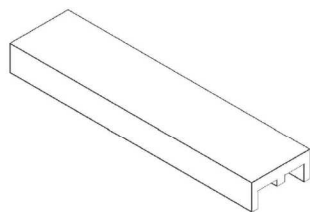
GUIDA standard



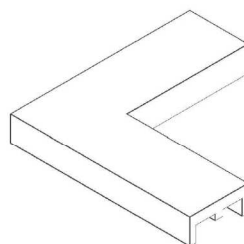
GUIDA angolare



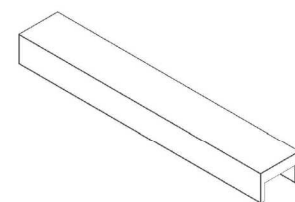
GUIDA INTERNA per tramezzi



SIGILLO standard

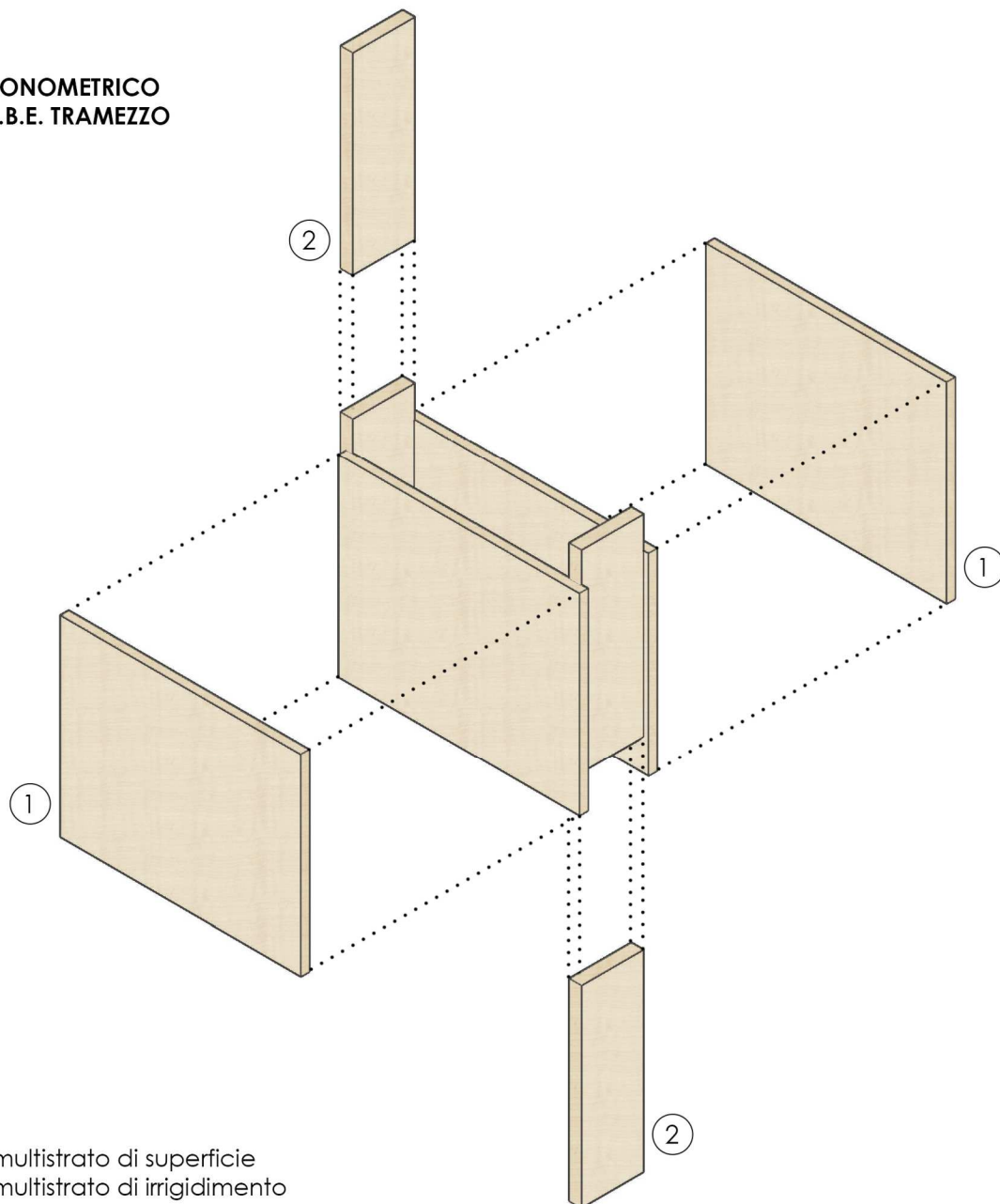


SIGILLO angolare



SIGILLO INTERNO per tramezzi

**ESPLOSO ASSONOMETRICO
BLOCCO C.U.B.E. TRAMEZZO**



- 1. Pannello multistrato di superficie
- 2. Pannello multistrato di irrigidimento

Rapporto con i serramenti

Per uniformare il più possibile la produzione di telai e serramenti per i progetti M.A.T. sono state inserite le seguenti tipologie:

- Portoncino di ingresso H= 2,00 m, L= 0,85 m
- Porta interna scorrevole H= 2,00 m, L= 0,80 m (apribile fino a 0,75 m)
- Finestra bagno H= 1,00 m, L= 0,53 m
- Finestra grande H= 1,00 m, L= 1,78 m
- Finestra piccola H= 1,00 m, L= 1,15 m

Per una maggiore resistenza è stato progettato un tipo di controtelaio ad incastro, capace di inserirsi perfettamente nei blocchi C.U.B.E.

Il **controtelaio** è stato pensato come una cornice unica molto solida in grado di fungere anche da architrave per il peso sovrastante (non elevato).

Al telaio verrà poi accostato il serramento vero e proprio in legno e vetro e successivamente fissato con le dovute misure.

Le **porte interne scorrevoli** sono preferibili quando lo spazio

interno è molto ridotto. Soprattutto in corrispondenza di disimpegni si ha un notevole miglioramento, il senso di apertura di porte tradizionali creerebbe qualche problema.

In commercio esistono diversi tipi di porte scorrevoli, le più interessanti sono quelle "a scomparsa" perché non occupano spazio durante l'apertura. Esse infatti vengono integrate direttamente nello spessore del muro scorrendo su un binario nascosto alla vista. La cosa fondamentale per l'utilizzo di queste porte è lo spazio di muro adiacente alla porta: bisogna infatti progettare uno spazio di lunghezza almeno pari a quello della porta che deve rimanere vuoto per ospitare il serramento durante l'apertura.

Normalmente questi serramenti sono più costosi rispetto a quelli tradizionali, perché i produttori cercano di dare un'impronta di design a livello estetico unita ad un meccanismo di scorrimento con buona tecnologia.

Nel caso di un progetto in emergenza di questo tipo, si può risparmiare creando un "**blocco porta**" già pre-assemblato in azienda da inserire ad incastro nei muri di tramezzo. Il blocco porta può essere costituito dagli stessi materiali impiegati per i C.U.B.E. unendo pannelli di legno multistrato con il meccanismo di scorrimento legato al serramento.

Per le **finestre** bisogna cercare di mediare tra performance e costo. Chiaramente l'obiettivo è quello di montare

un tipo di serramento che eviti il più possibile eventuali dispersioni e ponti termici, ma al giorno d'oggi il prezzo della tecnologia è aumentato notevolmente.

La soluzione migliore sarebbe contattare un gran numero di aziende per prevedere una convenzione all'ingrosso, cercando di risparmiare sul numero elevato di prodotti. Provare a recuperare serramenti usati risulterebbe poco conveniente per una variazione dimensionale troppo dispersa.

La tecnologia che più si presta ad ottenere una buona prestazione è sicuramente il vetrocamera, almeno ad uno strato. Per quanto riguarda il telaio, invece, si può optare per 4 principali soluzioni: pvc, alluminio, legno o misto. Mantenendo lo stesso materiale da produzione ritengo che un serramento in legno sia più consono e compatibile per questo tipo di costruzione.

LA COPERTURA

Nel progettare la copertura si deve tener conto innanzitutto del peso proprio della struttura, del manto e di alcuni carichi accidentali molto importanti.

Volendo costruire una copertura semplice a due falde, caratteristica per eccellenza dell'abitazione tipo, devo considerare una buona resistenza, una leggerezza elevata e dei componenti pratici per il montaggio/smontaggio.

Prendendo spunto dalle costruzioni dell'Architetto giapponese Shigeru Ban, voglio inserire un elemento "povero" ma allo stesso tempo ricco di vantaggi sotto molti punti di vista: il **"tubo di cartone"**.

Questo tubolare costituito da cartone riciclato, macinato finemente e pressato a caldo secondo varie dimensioni, ha delle caratteristiche eccezionali:

- Vasta gamma di diametri e spessore
- Lunghezza variabile, fino a 10 m (anche oltre secondo alcuni test teorici)
- Possibilità di personalizzare la finitura esterna (trattamenti contro acqua, fuoco, parassiti)
- Assemblaggio a secco

- Elevata resistenza sia in verticale che in orizzontale (in base allo spessore)
- Ha superato i test strutturali (compressione, trazione, rottura, ecc...)
- Può variare esteticamente (colore, disegni)

La percentuale di fibra riciclata è molto elevata, raggiunge nella maggior parte dei casi il 90-100%. Si può avere un'aggiunta di alcune cariche per proteggere gli elementi dal fuoco o di prodotti impermeabilizzanti che rendono il tubo resistente all'acqua.

I tubolari in cartone possono essere prodotti principalmente secondo due processi: il primo è detto "a spirale" che consiste nell'avvolgere strisce di cartone pressato attorno ad un cilindro metallico fino a formare un elemento abbastanza solido; il secondo metodo è detto "in parallelo" è consiste nel produrre fogli sottilissimi di cartone che sovrapponendosi in senso circolare creano lo spessore desiderato dei tubi.

Per una corretta progettazione del manto di copertura è necessario considerare alcuni fattori caratteristici:

- Tipologia e stratigrafia degli elementi costituenti
- Pendenza delle falde

- Regolarità geometrica
- Lunghezza di falda

E' bene ricordare che i fattori da analizzare possono essere genericamente considerati tramite norme a livello nazionale o locale, ma vanno poi rapportati a dei valori più precisi in funzione della zona climatica del sito di interesse.



F106. Tubolari in cartone riciclato

Tipologia e stratigrafia degli elementi costituenti

Le coperture realizzate in qualunque materiale devono garantire la tenuta all'acqua mediante elementi correttamente posizionati e giuntati nel senso della pendenza.

Nella stratigrafia del tetto è importante prevedere una struttura principale portante, una struttura secondaria con interassi più ridotti e una copertura costituita generalmente da tegole, coppi, lose, pannelli di lamiera grecata o altri pannelli. L'isolante può essere integrato sia nel solaio di copertura del piano abitato che nel pannello di copertura (ad esempio lamiera grecata + poliuretano espanso).

Pendenza delle falde

La pendenza delle falde è il rapporto tra il dislivello compreso tra la linea di gronda e la linea di colmo e la loro distanza in proiezione orizzontale.

Comunemente si esprime in percentuale o in raggio angolare.

Questo parametro è fondamentale per consentire il giusto scivolamento dell'acqua dal colmo alla gronda e per sopportare il carico della neve in maniera tale che possa sciogliersi senza accumularsi in quantità esagerate.

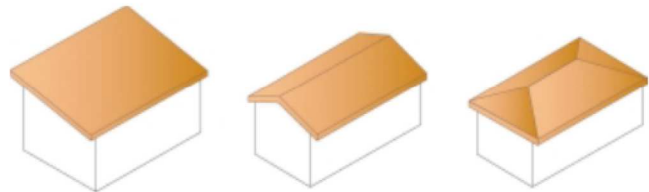
Per zone climatiche mediamente piovose e con presenza

di neve si fa riferimento ad un 30-35% di pendenza, che può arrivare a valori di gran lunga superiori in zone montane o estremamente nevose. (Tabella 1 e 2)

Regolarità geometrica

E' un parametro che esige precisione nella forma delle falde e nel relativo accumulo delle acque alla linea di gronda.

Tiene conto infatti della capacità di accumulo di acqua tra linea di colmo e linea di gronda passando per linee di compluvio o displuvio correttamente progettate.



F107. Diverse soluzioni di forma in copertura

Lunghezza di falda

La lunghezza della falda viene progettata in modo da non superare i limiti consentiti dalle normative, soprattutto per ovviare al problema di scivolamento e convoglio dell'acqua battente.

Con lunghezze di falda elevate si corre il rischio di infiltrazioni di acqua grazie alla grande velocità acquisita durante la discesa, senza contare che la gronda potrebbe essere totalmente saltata dal getto di acqua abbondante.

Di seguito una tabella sulle lunghezze massime consentite (Tabella 3).

Nel caso dei M.A.T. avremo da coprire una superficie con dimensioni differenti, ma comunque nei limiti dei 10-12 m di lunghezza di falda (tra i 3 e i 5 m).

La struttura principale è costituita da tubolari in cartone impermeabili connessi tra loro tramite alcuni giunti particolari, i quali incastrati e fissati solidamente sono in grado di resistere alle sollecitazioni agenti.

Più precisamente, saranno presenti 3 capriate in corrispondenza dei lati corti degli edifici e della mezzeria, in modo da ridurre l'interasse totale a metà della lunghezza. Avremo quindi un interasse di circa 4,00 m nel caso dei moduli

2BOX e 3BOX e di 5,30 m nel caso di moduli 4BOX.

La struttura secondaria si appoggia ortogonalmente alla principale ed è composta anch'essa da tubolari in cartone ma con diametro e spessore più piccolo. I **tubolari secondari** vengono fissati ad intervallo regolare, utilizzando bulloni, per comporre un piano di appoggio distribuito lungo tutte le falde.

Come ultima fase si passa alla posa dei pannelli di **lamiera grecata coibentata**. Siccome non è possibile installare elementi unici, si provvede ad un assemblaggio progressivo di più pannelli tenendo conto del criterio di sovrapposizione nel senso della pendenza.

I **giunti** sono elementi in legno o plastica riciclata con forme diverse a seconda delle ramificazioni tubolari che convergono in essi. Possiamo avere infatti giunti semplici per connessione di due tubolari oppure giunti più complessi in corrispondenza di nodi particolari (come capriata-colmo). In sezione hanno forma circolare per potersi inserire rapidamente nei tubolari, presentano un terminale di diametro ridotto rispetto a quello dei tubi di cartone per un ottimo incastro senza scorrimento. La struttura così composta viene fissata tramite viti o bulloni in ogni giunzione in maniera tale da resistere a sollecitazioni senza incorrere nel rischio di fuoriuscita dei componenti tubolari.

1 Pendenza e lunghezza delle falde riferite a m 1,00

pendenza (p) in %	inclinazione delle falde	lunghezza delle falde
5	2°52'	1,001
10	5°43'	1,005
15	8°32'	1,011
20	11°19'	1,020
22	12°25'	1,024
25	14°02'	1,030
30	16°42'	1,044
35	19°17'	1,059
38	20°48'	1,069
40	21°48'	1,077
42	22°47'	1,080
45	24°13'	1,096
48	25°38'	1,109
50	26°34'	1,118
52	27°28'	1,127
55	28°48'	1,141
58	30°07'	1,156
60	30°57'	1,166
65	33°01'	1,192
70	34°59'	1,220
75	36°52'	1,249
80	38°39'	1,280
85	40°22'	1,312
90	41°59'	1,345

2 Pendenza delle falde in rapporto al tipo di manto

pendenza		tegole		coppi	
in percentuale	in gradi	sovrapposizione	consigli per la posa in opera	sovrapposizione	consigli per la posa in opera
> 60%	>30°57'	per incastro	fissaggio integrale		
45 - 60%	24°13' - 30°57'	per incastro	fissaggio della fila di gronda e di 1 tegola ogni 5 nel resto della copertura	7 cm	fissaggio necessario
35 - 45%	19°17' - 24°13'	per incastro			
pendenza minima marsigliesi	35%	19°17'	per incastro	nessun fissaggio	7 - 9 cm
pendenza minima	30%	16°42'	per incastro		9 cm
					fissaggio opportuno

3 Lunghezza massima di falda in rapporto al tipo di elemento del manto e alle diverse fasce climatiche

tipo elemento del manto	regioni	lunghezze max di falda (in proiezione orizzontale)
Marsigliese, portoghese, olandese e tipi assimilati	Nord Italia e zone appenniniche	10 m
	Italia centrale, meridionale e insulare	12 m
coppi	tutto il territorio nazionale	10 m

Tabella VII, 1-2-3

Fonte tabelle: Antonio Lauria, *La forma del tetto*
www.architettoaleo.it/La%20forma%20del%20tetto.pdf

IMPIANTISTICA

A differenza di molti prodotti presenti sul mercato, è bene progettare un modulo abitativo che preveda già un predimensionamento degli impianti. Non avendo le competenze e non essendo questa una tesi di tipo tecnico-fisica e impiantistica, mi limito a determinare il tipo di impianto da utilizzare nel progetto senza scendere troppo nel dettaglio. Con predimensionamento intendo semplicemente la predisposizione di spazi accessibili con dimensioni adeguate ad alloggiare i componenti più ingombranti (quadri, centraline, accumuli, ecc...) e spazi sufficientemente spessi per il passaggio di tubi e condotti di diverso diametro.

Per quanto riguarda il passaggio degli impianti si può utilizzare lo spazio di cassa vuota all'interno dei blocchi C.U.B.E. perimetrali e dei tramezzi interni che garantiscono uno spessore netto di circa 15 cm, adeguato anche per passaggio di scarichi e cucina.

Nel progettare gli ambienti interni si è previsto l'**affiancamento dei locali bagno e cucina** mantenendo così il tramezzo divisorio in comune che necessita di più impianti in

assoluto e permettendo ai tubi di seguire la stessa direzione.

In ottica di sostenibilità, si vuole dare importanza anche all'aspetto legato alle **fonti rinnovabili**, installando principalmente 2 impianti: la pompa di calore e il fotovoltaico.

La pompa di calore

In materia di fonti rinnovabili, la pompa di calore utilizza energia aerotermica, idrotermica o geotermica in funzione dell'impianto installato.

Il meccanismo consiste nel prelevare energia dall'ambiente esterno (sorgente esterna) e trasferirla ad una sorgente interna che può essere l'ambiente interno da scaldare o l'acqua di un accumulo da scaldare.

In parole povere possiamo sostenere che la pompa di calore funziona inversamente al frigorifero, in grado di mantenere basse temperature prelevando calore più elevato dall'esterno.

Il principio su cui si basano questi impianti è quello del contenuto di energia: infatti l'ambiente esterno contiene energia a qualunque temperatura esso ci trovi, si tratta di prelevarla per poterla immettere sotto forma di calore in un ambiente interno che necessita di riscaldamento.

I componenti principali di una pompa di calore sono:

- **L'unità esterna "estrattrice"**
- **Lo scambiatore di calore**
- **L'accumulo**

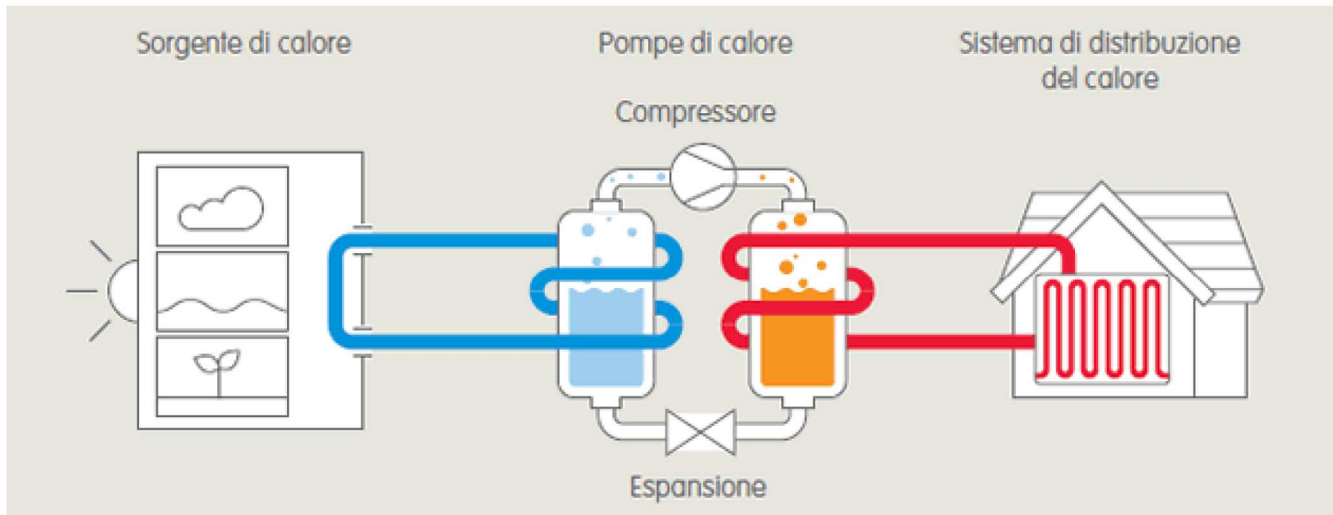
Alcune pompe di calore hanno la possibilità di diventare "reversibili", cioè in periodo estivo sono in grado di invertire il loro processo raffreddando l'ambiente interno come un climatizzatore.

Nel caso in cui si voglia sfruttare unicamente il sistema di

riscaldamento si può installare un tipo di **pompa aria-aria**, che preleva calore dall'aria esterna immettendola in un circuito di riscaldamento.

Nel nostro caso, possiamo aggiungere un procedimento per ottenere anche il riscaldamento di acqua calda sanitaria. Installiamo quindi un tipo di **pompa aria-acqua** che sfrutta la conversione di calore per scaldare ambiente e acqua contenuta negli accumulatori (generalmente boiler).

Per poter alloggiare questi dispositivi, i quali hanno dimen-



F108. Schema di funzionamento di una pompa di calore

sioni.

Esistono infine le pompe acqua-acqua che prelevano calore da pozzi scavati nel sottosuolo o da energia geotermica tramite sonde molto profonde.

In definitiva possiamo ritenere che dal punto di vista prestazionale le pompe aria-aria e aria-acqua lavorano molto bene con temperature esterne che raggiungono la soglia limite dei 5°C, al di sotto di questo valore si può incorrere in qualche problema riguardante i consumi. La pompa riesce a lavorare comunque ma consuma più energia durante la fase di estrazione di calore (caso diverso per pompe acqua-acqua perché lavorano con temperatura più costante e stabile).

In zone molto rigide bisogna valutare l'installazione tenendo conto che la tecnologia in continua evoluzione sta studiando nuovi prodotti in grado di lavorare anche a temperature minime, ma ancora con un costo troppo elevato per associarli a progetti in emergenza.

In termini di costo, le tipologie più convenienti e più flessibili a livello impiantistico sono le pompe aria-aria perché utilizzano un impianto base. I prezzi si aggirano intorno ai **250-300 €/kW** in condizioni normali, 700/800 €/kW per situazioni molto problematiche.

Le pompe aria-acqua necessitano di un collegamento aggiuntivo al circuito dell'acqua calda sanitaria in presenza di accumulo, di conseguenza il costo sale leggermente arrivando tra i **300 e i 900 €/kW**.

Le più costose in assoluto sono le pompe acqua-acqua o geotermiche, le quali avendo il vantaggio di un buon funzionamento anche in presenza di climi rigidi, necessitano di un impianto molto più elaborato: pozzo scavato nel terreno, sonda geotermica in profondità e collegamenti.

I prezzi per questo tipo di pompe si aggirano tra i **900 e i 1700 €/kW** (sempre sopra 1000 €/kW in genere).

Il fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è in grado di sfruttare l'energia solare (rinnovabile) per la produzione di energia elettrica tramite appositi pannelli.

Esistono numerose tipologie di pannelli, alcuni più costosi, altri più accessibili, ma comunque selezionabili in funzione delle condizioni climatiche del sito, esposizione, obiettivi di progetto, risparmio.

L'impianto più tradizionale prevede la posa di alcuni pannelli (in grado di captare la luce solare incidente) sulle fal-

de della copertura dell'edificio. Fissati con sostegni metallici e orientati secondo il massimo rendimento possibile (sud migliore, poi est e ovest accettabili) si integrano alla rete elettrica o si autoproducono il fabbisogno energetico.

La soluzione chiamata **"Grid-connected"** che integra la rete elettrica con la produzione da parte dei pannelli fotovoltaici ha dei prezzi accessibili considerando pannelli di ultima generazione. I pannelli migliori sono quelli gestiti singolarmente perché riescono a lavorare in maniera autonoma compensando oscuramenti parziali o totali di alcuni pannelli sul totale.

L'energia prodotta durante le ore di sole viene conteggiata e utilizzata per apparecchi domestici fino ad esaurimento, nel caso in cui l'energia consumata risulti maggiore di quella prodotta si provvede con un prelievo direttamente dalla rete, in caso contrario l'energia prodotta in eccesso viene comprata a prezzi esigui dal gestore di rete.

L'altra soluzione viene chiamata anche **"Stand-alone"** e consiste nel rendere autonomo un impianto puntando all'obiettivo "autosufficienza".

Completamente staccato dalla rete elettrica, questo impianto viene munito di batterie di accumulo per immagazzinare l'energia prodotta, al momento dell'utilizzo da parte

delle utenze domestiche può essere prelevata dall'accumulatore fino ad esaurimento.

Questo tipo di impianto risulta molto conveniente nel periodo estivo, arrivando ad una produzione molto superiore rispetto all'energia consumata, tuttavia in periodo invernale il rischio di non arrivare ad una soglia minima di energia è assai probabile.

Per questo motivo, oltre al costo spropositato delle batterie di accumulo, si preferisce l'installazione di un fotovoltaico "Grid-connected" compatibilmente con le infrastrutture. Integrando i due sistemi, fotovoltaico e pompa di calore, si ha un notevole miglioramento in risparmio economico (considerando gli incentivi di detrazione sul costo totale), in emissioni di CO₂ e sostenibilità.

Un impianto fotovoltaico è composto da:

- **Pannelli fotovoltaici** (in copertura)
- **Centralina e quadro gestionale**
- **Inverter**
- **Batterie di accumulo** (solo in caso di "Stand-alone")

Riguardo ai costi possiamo prendere come riferimento un'abitazione tipo con impianto da 3kW, tenendo presente che in emergenza si cercherà di ridurre gli elettrodome-

stici superflui. Il costo di un impianto da 3kW può variare da 6000 ai 9000 € circa, che con detrazioni e agevolazioni si riduce della metà arrivando a 3000-4000 € di costo effettivo.

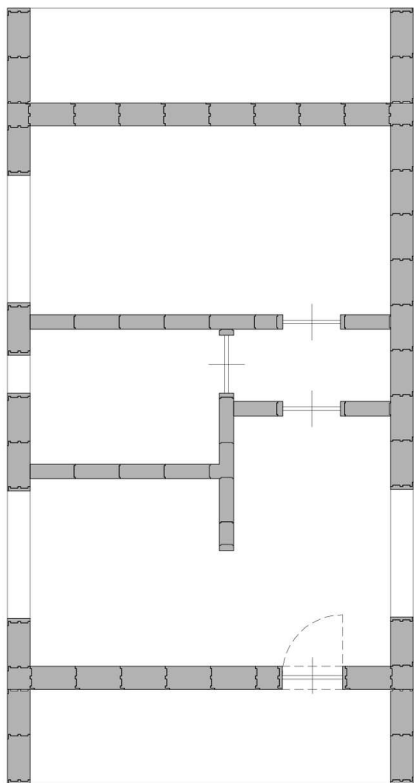
Il **vano impianti**, che ospita tutti i componenti più ingombranti come accumuli e centraline, è stato ricavato sul retro dei M.A.T. sfruttando lo spazio che si crea accostando due edifici in linea tra loro. Lo spazio, analogo a quello sul lato ingresso, ha dimensioni sufficienti per poter collocare i componenti e per depositare materiale utile agli utenti (magazzino).



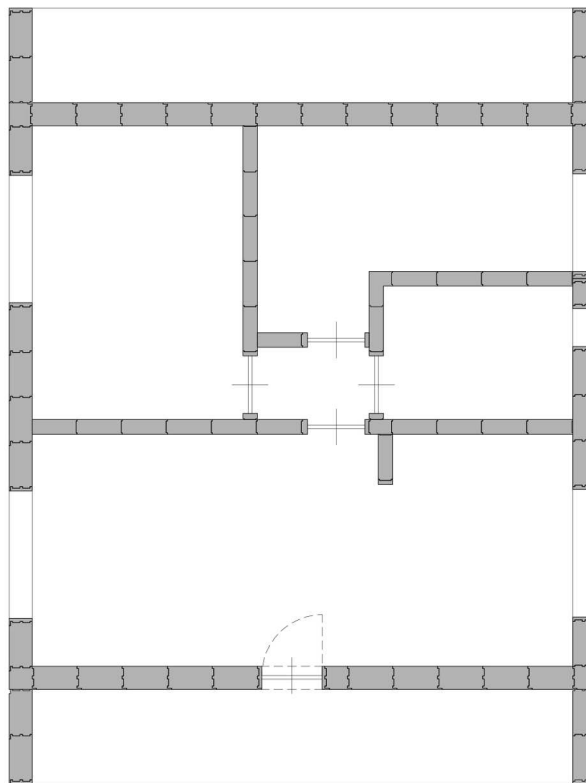
PIANTA DISPOSIZIONE M.A.T. - Scala 1:500

**PIANTE CON DISPOSIZIONE TIPO
DEI BLOCCHI C.U.B.E.**

Scala 1:100



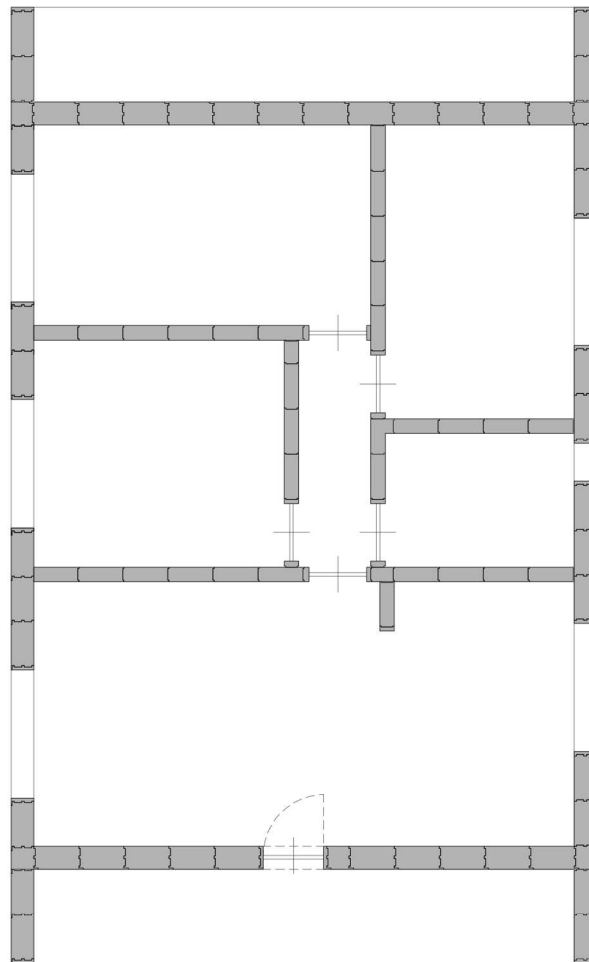
Pianta modulo 2BOX



Pianta modulo 3BOX

**PIANTE CON DISPOSIZIONE TIPO
DEI BLOCCHI C.U.B.E.**

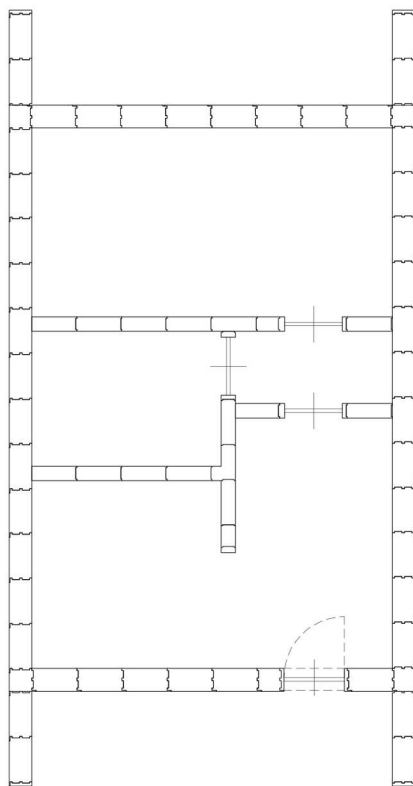
Scala 1:100



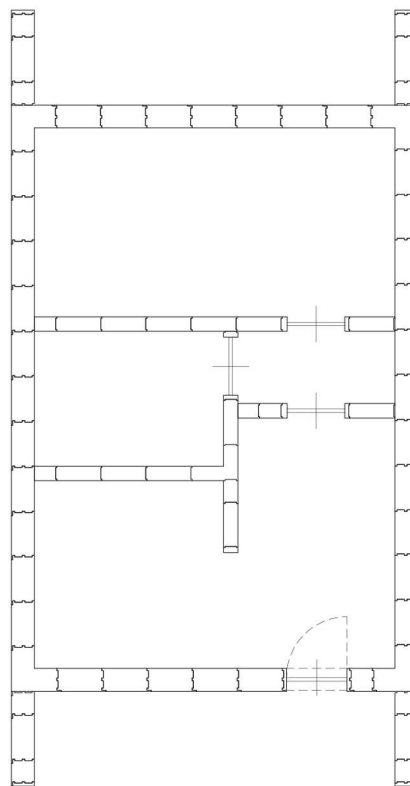
Pianta modulo 4BOX

**PIANTE CON DISPOSIZIONE DEI
BLOCCHI C.U.B.E. NEGLI STRATI**

Modulo di riferimento 2BOX
Scala 1:100



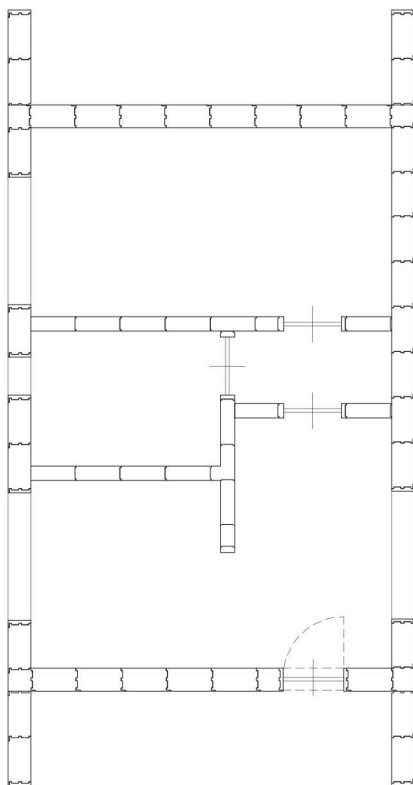
Pianta 1° e 5° strato



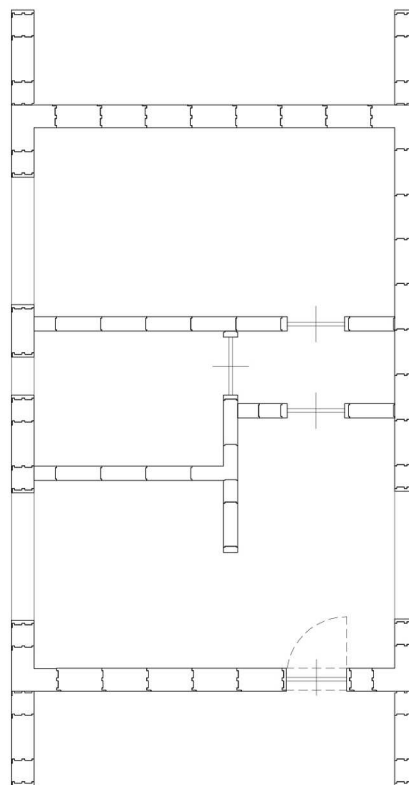
Pianta 2° strato

PIANTE CON DISPOSIZIONE DEI BLOCCHI C.U.B.E. NEGLI STRATI

Modulo di riferimento 2BOX
Scala 1:100

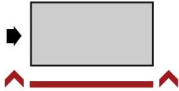
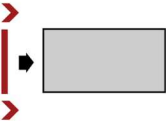


Pianta 3° strato



Pianta 4° strato

Scala 1:100

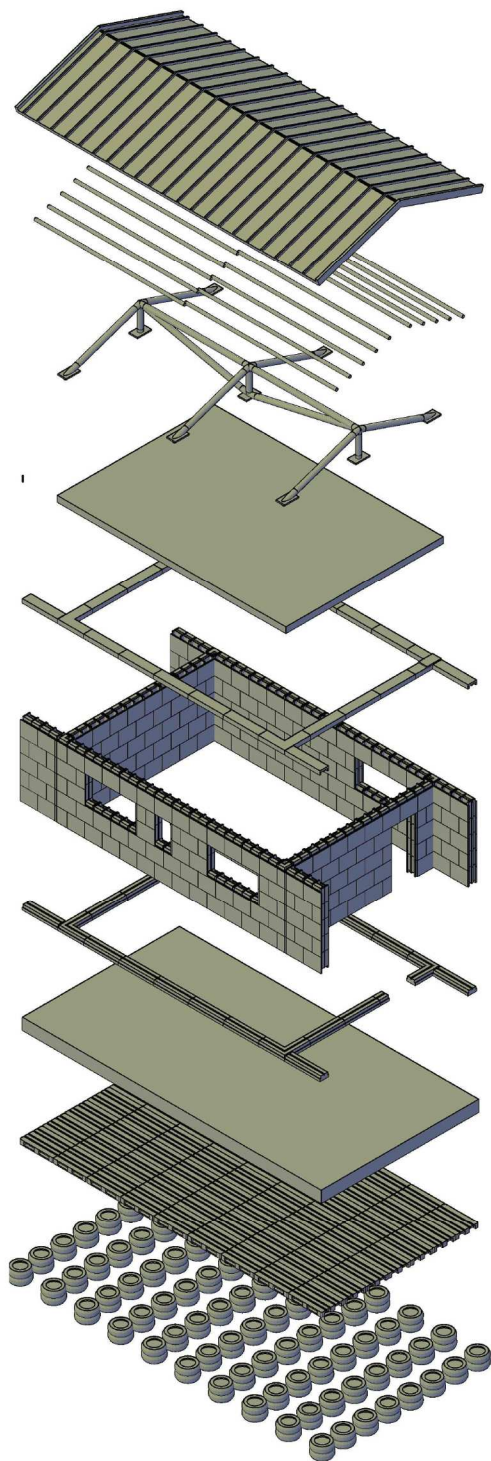


Scala 1:100



Scala 1:100





COPERTURA

ORDITURA SECONDARIA

ORDITURA PRINCIPALE

SOLAIO DI COPERTURA

CORNICE "SIGILLO"

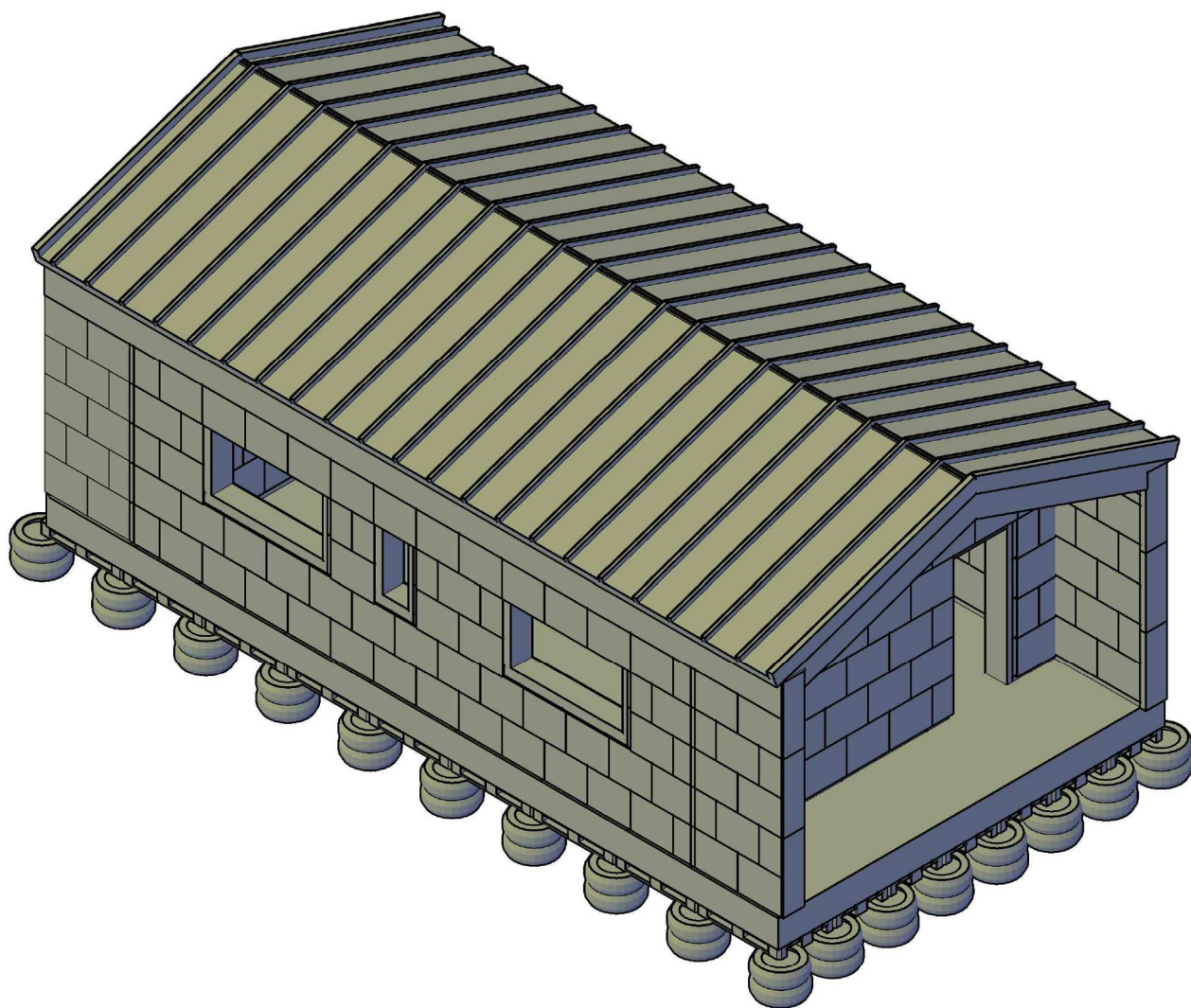
MURATURA CUBE

CORNICE "GUIDA"

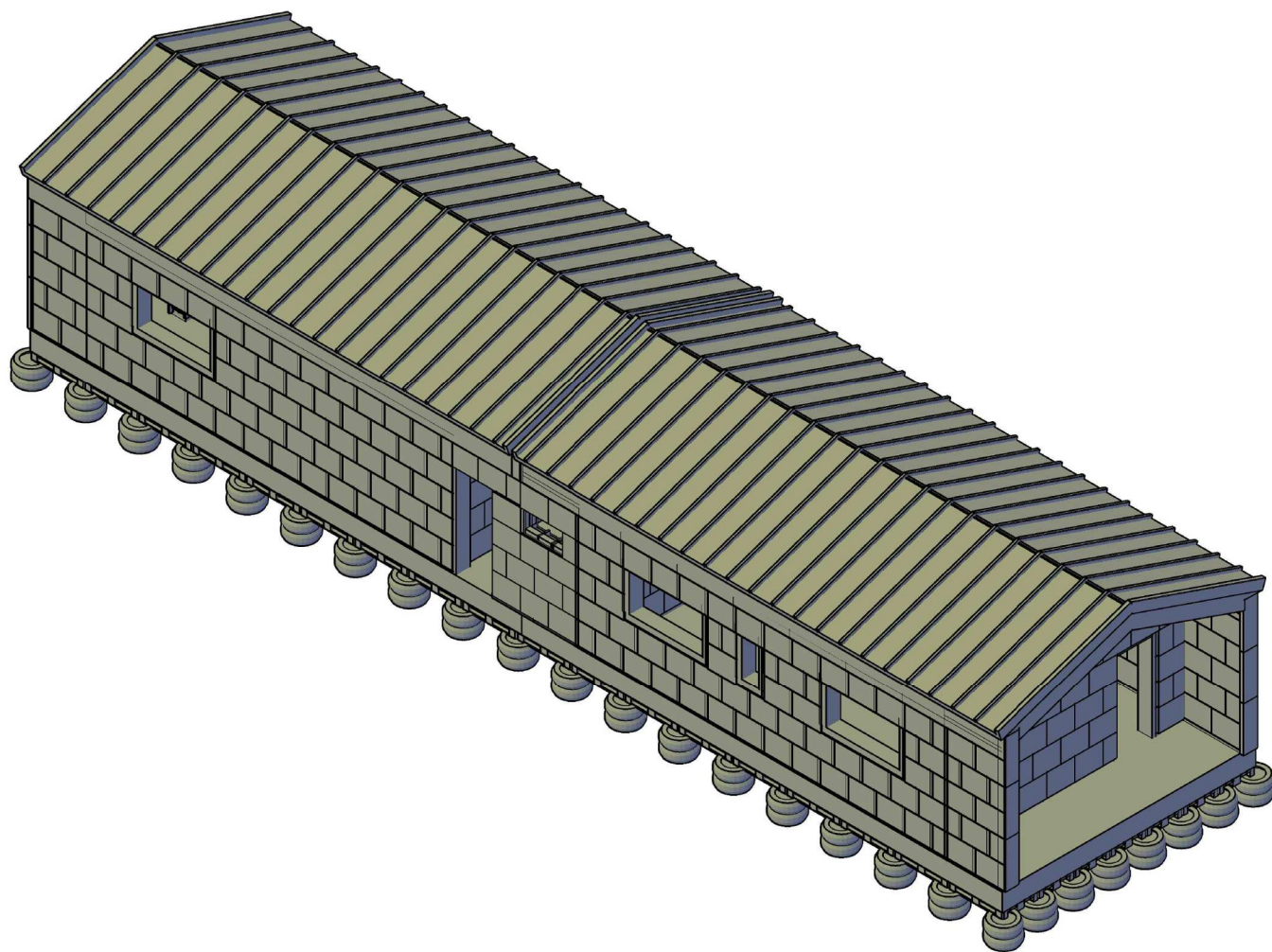
SOLAIO DI PIANO

PIANO DI PALLET

FONDAZIONE CON PNEUMATICI

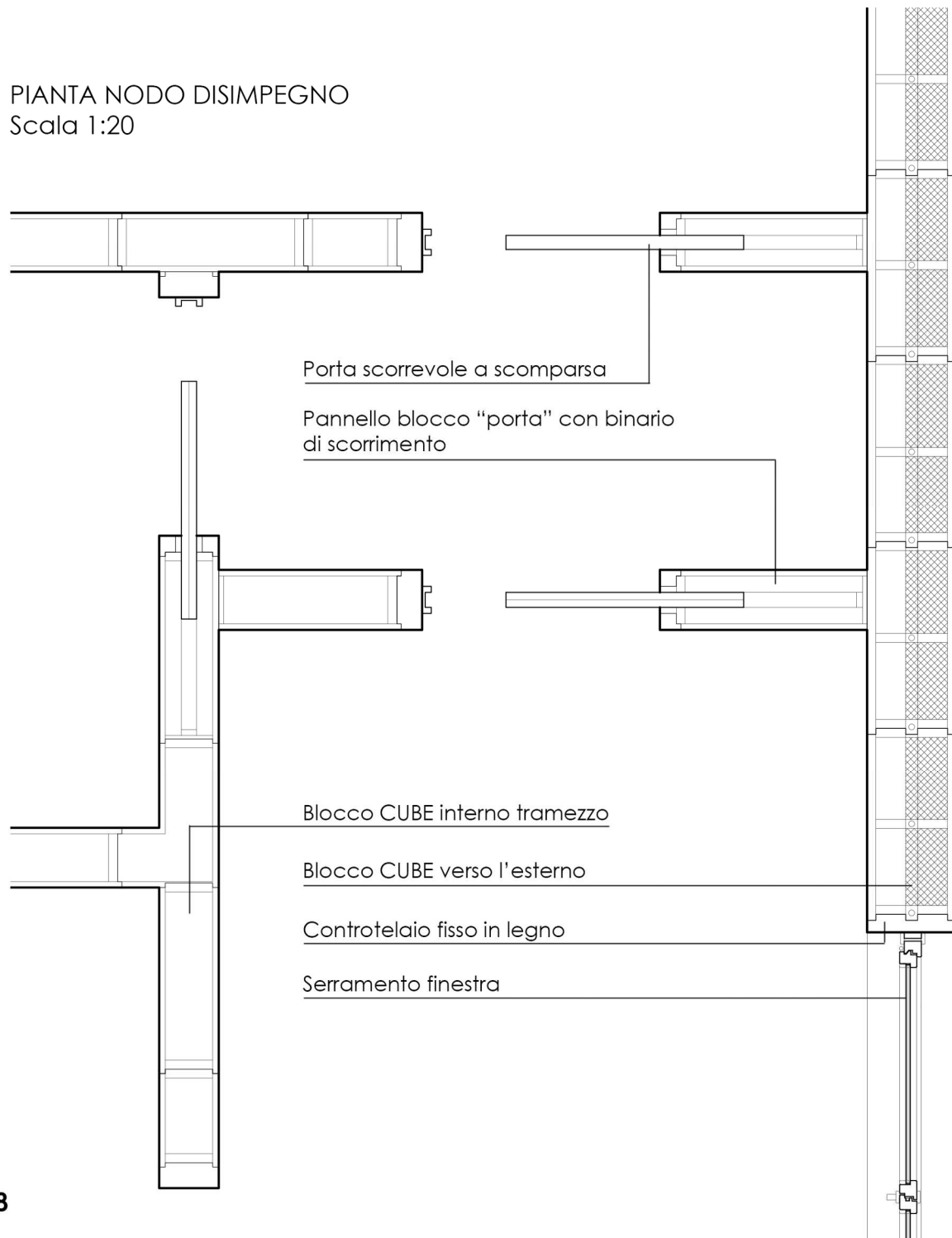


VISTA 3D DELL'EDIFICIO MONTATO



VISTA 3D DI DUE M.A.T. ACCORPATI

PIANTA NODO DISIMPEGNO
Scala 1:20



PIANTA NODO FINESTRA
Scala 1:20

Blocco CUBE verso esterno

Controtelaio fisso in legno

Controtelaio serramento

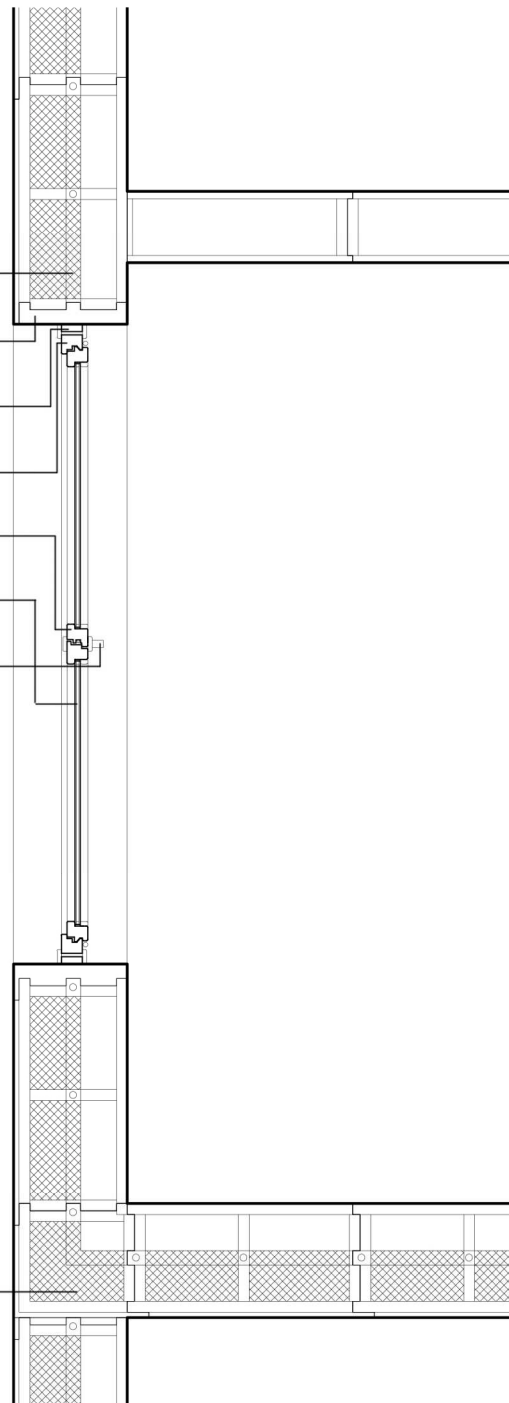
Telaio fisso serramento

Telaio mobile serramento

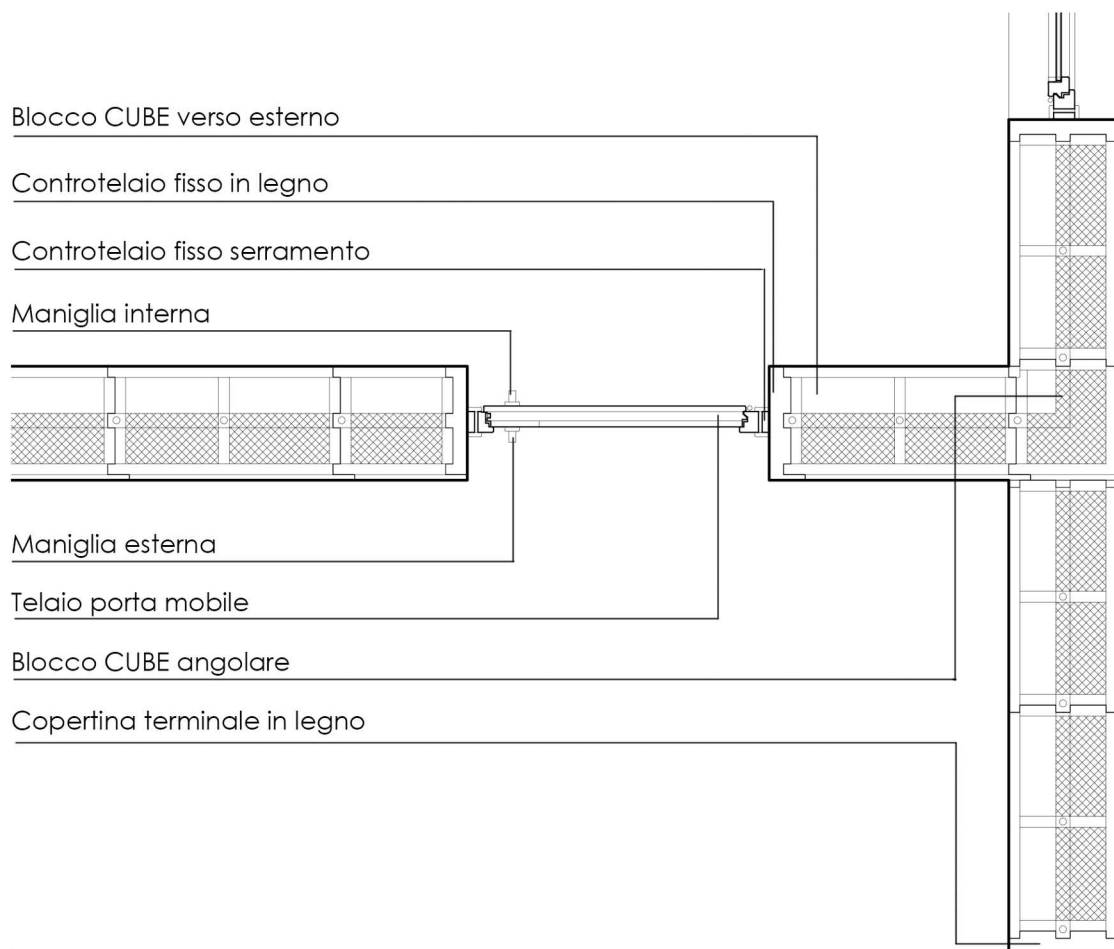
Vetrocamera

Maniglia interna

Blocco CUBE angolare



PIANTA NODO INGRESSO
Scala 1:20



Conclusioni

Quando si affronta un qualunque progetto architettonico bisogna rapportarsi con un'infinità di fattori mediando per ottenere il miglior risultato possibile.

Normalmente il campo delle costruzioni ci offre un'immagine esteriormente curata nei minimi dettagli, sofisticata a volte, dai tratti moderni, ma comunque sempre piacevole alla vista.

Questo fattore acquisisce così tanta importanza perché il cliente, non avendo competenze in materia architettonica, esige un prodotto che soddisfi in buona parte il suo "bisogno visivo".

Un tipo di progettazione volto unicamente ad una buona immagine o che considera l'estetica il mezzo più veloce per vendere un prodotto è altamente sconsigliata, a maggior ragione se ci si addentra nel campo dell'architettura di emergenza.

Dietro ogni risultato ci sono delle scelte. Esse devono essere ben motivate e ragionate per poter raggiungere gli obiettivi prefissati.

Possiamo ritenere che le motivazioni sono come le fondamenta di un'abitazione: il primo elemento portante da posare per poterci costruire sopra. Senza queste la costruzione rischia di crollare collassando su se stessa.

E' importante stabilire un ordine gerarchico tra le diverse scelte da effettuare, in modo che alcuni aspetti risultino più

importanti rispetto ad altri. Specialmente quando si tratta di fattori riguardanti la vivibilità dell'utenza, la praticità, l'utilizzo e il benessere abitativo.

Si può dire che siamo abituati a concepire l'abitazione secondo una visione antropocentrica, cioè mettendo al centro della progettazione l'uomo, come essere vivente che ha delle necessità, dei bisogni e delle caratteristiche ben precise.

Tutto questo ci porta a mettere in evidenza problematiche, mancanze e difetti che devono essere risolti. Soffermandoci sul delicato argomento dell'emergenza notiamo come, sin dal principio in fase preliminare, l'approccio utilizzato è composto sostanzialmente dall'esperienza sul campo, la quale comporta un'attenta analisi di partenza su cui fondare le scelte progettuali.

L'emergenza è quindi una particolare situazione in cui il campo di fattori caratteristici viene ampliato notevolmente. Infatti, nell'edilizia tradizionale viene dato per assodato il concetto stazionario delle condizioni di vita e del sito: buona disponibilità economica, grandi comodità, allacciamenti disponibili, disposizione classica di un'abitazione nel lotto di pertinenza, disponibilità di imprese e materiali, ecc...

Tutte queste caratteristiche rappresentano lo stato di par-

tenza per una qualsiasi costruzione, di conseguenza il ragionamento e la progettazione vengono influenzati da tali requisiti.

Ed è proprio questa la "chiave" di lettura della progettazione in emergenza: dare valore alle giuste caratteristiche per ottenere un risultato in grado di sopperire alle condizioni stazionarie che sono venute a mancare. Rendere la vita delle persone sfollate migliore cercando di soddisfare i bisogni primari in attesa di ritornare alle comodità di tutti i giorni.

Il progetto di Tesi elaborato vuol essere, in quest'ottica, un aiuto reale in grado di essere adottato in situazioni generiche di emergenza. Analizzando i fattori più importanti, cercando di definire un'alternativa alle tradizionali metodologie costruttive che spesso tralasciano l'aspetto sostenibile, spero di essermi almeno avvicinato ad una risposta all'attuale e complessa domanda: l'emergenza può essere sostenibile?

Voglio concludere con una mia riflessione personale che mi coinvolge sia sotto la veste di futuro Architetto che dal punto di vista umano. Il percorso di studi che ho concluso con questo lavoro di Tesi mi ha dato il coraggio e la spinta per portare avanti il connubio tra professionalità e onestà,

valori che oggi giorno vengono raramente premiati.

Indagando sulle soluzioni adottate per gli sfollati degli ultimi terremoti italiani ho notato come lo spirito di accoglienza e di aiuto verso il prossimo siano sempre sopraffatti dal potere, dalla corruzione, dal desiderio di arricchirsi sfruttando le disgrazie altrui, e da tutta una serie di fattori negativi che contribuiscono ad una sensazione di scontento e di critica capace di creare ombra anche sull'architettura stessa.

Se solo fossimo capaci di seguire linee guida pulite, che siano in grado di portare benefici reali gestendo in maniera responsabile e sostenibile le risorse impiegate, allora forse potremmo contribuire ad un cambiamento unico nel suo genere.

In definitiva, forse non ci farebbe male, ogni tanto, accorgerci delle "ricchezze" che abbiamo prima di perderle definitivamente.

Allegato 1

Verifiche di aero-illuminazione

MODULO STANDARD 2BOX

VERIFICA SUPERFICI DI AERO-ILLUMINAZIONE	Superficie locale (m ²)	$\frac{1}{8}$ Superficie locale (m ²)	Superficie aero-illum.(m ²)	
Cucina/Soggiorno	14.73	1.84	3.56	✓
Camera	13.13	1.64	1.78	✓

MODULO STANDARD 3BOX

VERIFICA SUPERFICI DI AERO-ILLUMINAZIONE	Superficie locale (m ²)	$\frac{1}{8}$ Superficie locale (m ²)	Superficie aero-illum.(m ²)	
Cucina/Soggiorno	24.05	3.01	3.56	✓
Camera 1	11.92	1.49	1.78	✓
Camera 2	10.18	1.27	1.36	✓

MODULO STANDARD 4BOX

VERIFICA SUPERFICI DI AERO-ILLUMINAZIONE	Superficie locale (m ²)	$\frac{1}{8}$ Superficie locale (m ²)	Superficie aero-illum.(m ²)	
Cucina/Soggiorno	27.40	3.43	3.56	✓
Camera 1	13.04	1.63	1.78	✓
Camera 2	10.71	1.34	1.78	✓
Camera 3	10.90	1.36	1.78	✓

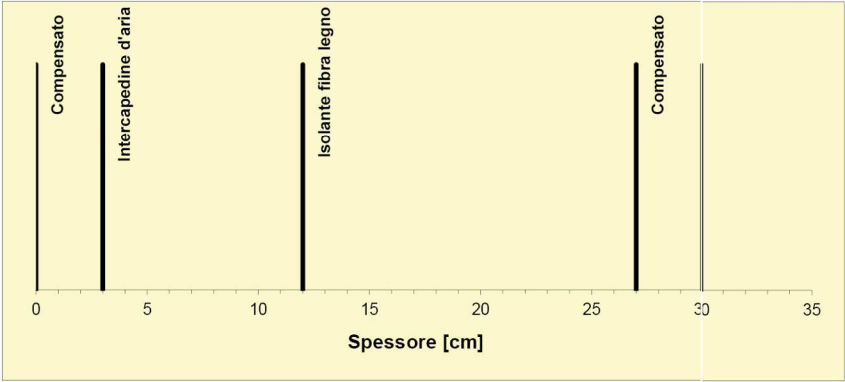
Allegato 2

Verifica trasmittanza CUBE

Tipo di componente		Chiusura verticale					
Stratigrafia (int-est)		s	ρ	μ	c	λ	R
		[cm]	[kg/m³]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[m²C/W]
Strato liminare interno							0,13
I	Compensato	3,0	600	32	2100	0,160	
II	Intercapedine d'aria	9,0	1	1	1000		0,16
III	Isolante fibra legno	15,0	160	5	2100	0,038	
IV	Compensato	3,0	600	32	2100	0,160	
V							
VI							
VII							
VIII							
IX							
X							
Strato liminare esterno							0,04

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y _{ti})	2,471 W/(m²K)	3,30 h
Ammettenza termica esterna (Y _{te})	2,908 W/(m²K)	4,00 h
Trasmittanza termica periodica (Y _{tp})	0,067 W/(m²K)	-11,75 h
Capacità termica areica interna (κ _i)	34,6 kJ/(m²K)	
Capacità termica areica esterna (κ _e)	40,5 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	4,652 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	0,215 W/(m²K)	
Fattore di attenuazione (f)	0,314	

Spessore (s)	30,0 cm	
Massa superficiale (m)	60 kg/m²	
Sfasamento (φ)	11,75 h	



LEGENDA
s = spessore
ρ = massa volumica
μ = fattore di resistenza al vapore
c = calore specifico
λ = conducibilità termica
R = resistenza termica

Bibliografia

Alessandro Rogora (a cura di), *Carta e cartone in edilizia*, EdicomEdizioni, Manzano (UD) 2006

Andrea Cantini, *E.V.A. ha cacciato il serpente. L'autocostruzione contro le non logiche del post-terremoto*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 15-24

Azienda Comieco, *Costruire con il cartone. Guida all'utilizzo del cartone negli allestimenti e nel design*, Lucense, Lucca 2012

Cadoni Andrea, *La gestione dei rischi e dei danni causati da eventi catastrofici: studio quantitativo, stima dei danni e possibili schemi assicurativi del patrimonio edilizio italiano*, tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, a.a. 2015/16, rel. Prof. Andrea Giuseppe Ferro

Cecilia Cecchini, *Altro che scatole. Dalle realizzazioni di Shigeru Ban ai casseri tubolari, le caratteristiche e gli impieghi di un materiale insolito per l'edilizia*, in «Costruire», settembre 2003, n. 243, pp. 116-122

Federica Maietti (a cura di), *Una scuola nel deserto. Progetto di recupero di un edificio scolastico nella comunità beduina di Abu Hindi, Gerusalemme Est, Cisgiordania*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 6-14

Federica Maietti (a cura di), *Harvest Home. Abitazioni autocostruite in bambù per gli sfollati nella valle del Cauca, Colombia*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 25-30

Federica Maietti (a cura di), *Softshelter. Rifugi flessibili per i senzatetto vittime di disastri*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 31-38

Federica Maietti (a cura di), *Costruire con la terra. Scuola comunitaria a Kobà, Yelekebougou, Repubblica del Mali*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 48-57

Federica Maietti (a cura di), *Living Tebogo. Casa di accoglienza per bambini portatori di handicap a Orange Farm, Johannesburg, Sudafrica*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 58-64

Giulio Baiocco, *Ricerca per lo sviluppo di un modulo abitativo di emergenza sostenibile a carattere provvisorio*, tesi di dottorato, Università degli studi Roma Tre, Scuola dottorale XXI ciclo sezione Progetto Urbano e Sostenibile, 2010, rel. Frascarolo Marco

Ignazio Caruso, *Riusare senza rifiutare. I rifiuti come innovazione tecnologica per l'edilizia nei pvs (e non solo)*, tesi di dottorato, Politecnico di Torino, Dottorato di ricerca XXV ciclo sezione Innovazione Tecnologica per l'ambiente costruito, 2013, rel. N. Maritano Comoglio, pp. 65-73, 195-200, 215-222

Lorena Alessio, *Shigeru Ban*, EdilStampa, Roma 2008

Marcello Balzani, *Nel solco autocostruito delle nuove emergenze*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 2-5

Messina Giuseppe, *Progettazione di un'abitazione monofamiliare in legno, adattabile in funzione dell'utenza e del contesto*, tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, a.a. 2014/15, rel. Prof. Valentino Manni, correl. Prof.ssa Silvia Gron

Natale Salamone, *L'utilizzo di profilati sagomati a freddo per l'edilizia d'emergenza*, tesi di laurea, Università degli studi di Palermo, Facoltà di Ingegneria, a.a. 2004/05, rel. Prof. Ing. A.Cottone, pp. 66-85

Nicola Montini, Marcello Galiotto, Alessandra Rampazzo, A.A.A. *Mani da architetto cerca-sì! Progetto e realizzazione di un laboratorio artigianale in Ruanda*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 39-47

Prof. Sergio Rinaldi, *Progetto di unità abitativa smontabile ad elevata efficienza energetica*, sussidiario per il progetto Laboratori di costruzione dell'architettura, Seconda Università di Napoli, Dipartimento di Architettura e disegno industriale "Luigi Vanvitelli", a.a. 2013/14

Simona Ferrioli, *As simple as that. Pelip Housing, Port Elizabeth, Sudafrica*, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 64-69

Tiziana Firrone, *Sistemi abitativi di permanenza temporanea*, Aracne editrice S.r.l., Roma 2010

Turnaturi Francesca, *H.E.L.P. Housing in Emergency for Life and People: il progetto di una struttura temporanea per Accumoli*, tesi di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, a.a. 2016/17, rel. Prof.ssa Lorena Alessio

Sitografia

<https://www.facebook.com/CASE-e-difetti-LAquila-163325477020179/>

<http://www.mygreenbuildings.org/>

<https://www.greenme.it/abitare/bioedilizia-e-bioarchitettura/6025-case-materialiriciclati>

http://www.edilportale.com/news/2016/09/focus/soluzioni-antisismiche-per-la-progettazione-degli-edifici_54085_67.html

<https://www.ingegneri.cc/politecnico-di-torino-gli-isolatori-sismici-de-laquila-sono-difettosi.html>

<http://www.leditoriale.com/index.php?page=articoli&articolo=32520>

<http://www.archdaily.com/878170/method-in-modular-10-floor-plans-using-shipping-container-architecture/5968d046b22e38bb9b0002f0-method-in-modular-10-floor-plans-using-shipping-container-architecture-image>

<http://www.archdaily.com/878170/method-in-modular-10-floor-plans-using-shipping-container-architecture>

http://www.dma-ny.com/site_sba/?page_id=331

<https://focusarchitettura.wordpress.com/2014/04/05/shigeru-ban-architettura-di-carta/>

<https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/modulo-bambu-calamita-133/>

<http://www.fotovoltaiacosulweb.it/guida/bioedilizia-costruire-edifici-usando-bottiglie-di-plastica.html>

<https://www.idealista.it/news/immobiliare/costruzioni/2017/03/14/122446-i-vantaggi-delle-case-in-paglia-tutto-cio-che-ce-da-sapere-su-questo-tipo-di>

<https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/recensioni/costruire-alternativo-materiali-tecniche-707/>

<https://www.curbed.com/2017/4/27/15443264/shipping-containers-homes-design-ideas-ho>

meless

https://www.designboom.com/architecture/yasutaka-yoshimura-architects-ex-container/?utm_source=feedly

http://www.shigerubanarchitects.com/works/2011_onagawa-container-temporary-housing/index.html

<http://www.promiseland.it/2003/05/12/bioarchitettura-il-cartone-trova-casa/>

<https://abbedariourbano.wordpress.com/2013/09/12/esistenzminimum-ex-container-project/>

<https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/plastica/case-bottiglie-ecologiche-868/>

<https://www.faidatehobby.it/casa-fai-da-te-con-mattoni-simili-ai-lego.html>

<https://www.greenme.it/abitare/bioedilizia-e-bioarchitettura/19028-ecodomum-case-plastica-riciclata>

<https://www.kickstarter.com/projects/257093720/home2o-roof-system-building-a-prototype-shelter>

<http://www.inspiration.news/it/2016/11/04/brikawood-una-casa-ecologica-costruita-con-mattoni-di-legno/>

<http://www.brikawood-ecologie.fr/>

<http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/casa-in-bambu-blooming-bamboo-565/>

<http://www.faidate360.com/legno-multistrato.html>

<http://www.qualenergia.it/articoli/20150422-pompe-di-calore-quando-convergono-e-quanto-fanno-risparmiare>

<http://www.steko.ch/>

Fonti immagini

PREMESSA:

- F1: www.protezionecivile.gov.it
- F2: www.lastampa.it
- F3: <http://www.archilovers.com/projects/30079/casette-map.html>
- F4: <http://www.laquilablog.it/utigli/progetto-case-e-map-dall1-al-30-settembre-e-possibile-chiedere-il-cambio-dellalloggio-105580>
- F5: <http://www.meteoweb.eu/2018/01/terremoto-sindaco-amatrice-interventi-immediati-sgombero-delle-casette/1025986/>
- F6: <http://www.ingegneri.info/news/strutture/come-sono-fatti-i-moduli-abitativi-sae-per-i-terremotati-del-centro-italia/>
- PAG. 5:
<http://cultura.biografieonline.it/terremoto-in-abruzzo/>
<http://tuttoggi.info/terremoto-emilia-protezione-civile-di-castel-ritaldi-in-prima-linea-nelle-zone-colpite-dal-sisma/141061/>
<http://www.retsolidali.it/terremoto-centro-italia-come-aiutare/>
- PAG. 7-8-9: <http://contropiano.org/altro/2016/08/24/terremoto-cancella-amatrice-altri-comuni-dellitalia-centrale-082748>

PARTE 1:

- CONTAINER GUEST HOUSE PAG.17-18-19: <https://www.archdaily.com/127570/container-guest-house-poteet-architects>
- MANIFESTO HOUSE PAG. 20-21-22: <https://www.archdaily.com/41001/manifesto-house-james-mau-for-infiniski>
- CONTAINER MICROHOUSE PROJECT F7-F8, PAG. 24: <https://www.treehugger.com/modular-design/do-shipping-container-houses-make-sense-disaster-relief-housing.html>
- CONTAINER TEMPORARY HOUSING PAG. 26: http://www.shigerubanarchitects.com/works/2011_onagawa-container-temporary-housing/index.html

- CONTAINHOTEL F9, PAG. 28-29: <http://www.floornature.it/blog/containhotel-repubblica-ceca-artikul-architects-12943/>
- CASA DE BOTELLAS F10-F11-F12-F13-F14, PAG. 32-33-34: <http://www.esustentable.com/2011/01/30/casas-hechas-con-botellas/>
<http://www.prefabbricatisulweb.it/guida/il-riciclo-e-anche-architettotnico-la-casa-di-bottiglie.html>
<http://ilmiocarnetdiviaggio.blogspot.it/2013/11/la-casa-delle-bottiglie.html>
- HOME2O F15-F16-F17-F18, PAG. 35-36-37-38-39-40: <https://www.kickstarter.com/projects/257093720/home2o-roof-system-building-a-prototype-shelter>
- ECODOMUM F19, PAG.43: <https://www.greenme.it/abitare/bioedilizia-e-bioarchitettura/19028-ecodomum-case-plastica-riciclata>
- BRICK F20-F21-F22, PAG. 45: <https://www.faidatehobby.it/casa-fai-da-te-con-mattoni-simili-ai-lego.html>
- CASE DI PAGLIA F23, PAG. 47: <https://www.lifegate.it/persone/news/la-casa-di-paglia-come-e-perche>
- VILLAGGIO E.V.A. F24-F25-F26, PAG. 50-51-53-54-55: <https://www.greenme.it/approfondire/buone-pratiche-a-case-history/1888-eva-leco-villaggio-di-pescomaggiore-autori-costruito-dagli-abitanti-dopo-il-terremoto>
<https://www.idealista.it/news/immobiliare/costruzioni/2017/03/14/122446-i-vantaggi-delle-case-in-paglia-tutto-cio-che-ce-da-sapere-su-questo-tipo-di>
Andrea Cantini, E.V.A. ha cacciato il serpente. L'autocostruzione contro le non logiche del post-terremoto, in «Architetti», settembre 2011, n. 41, pp. 15-24
- BRIKAWOOD F27, PAG. 59-60-62: <http://www.brikawood-ecologie.fr/>
- STEKO F28-F29, PAG. 63-64-65: <http://www.steko-latinoamerica.com/specifications/technical-information-2/>
http://www.lamasiera.it/it/edilizia/case_legno/bifamiliare-steko.html#ad-image-0

<http://www.steko.ch/metanavigation/home/>

- BLOOMING BAMBOO HOUSE F30-F31-F32-F33F34-F35-F36-F37, PAG. DA 68 A 74: <https://www.archdaily.com/431271/bb-home-h-and-p-architects>
- PAPER LOG HOUSE DA F38 A F47, PAG. 77-78-80-81
<https://focusarchitettura.wordpress.com/2014/04/05/shigeru-ban-architettura-di-carta/>
http://www.dma-ny.com/site_sba/?page_id=331
<https://www.flickr.com/photos/nachetz/sets/72157627506538080/> tavole
<https://www.curbed.com/2017/3/27/15077038/shigeru-ban-sherman-contemporary-art-foundation-emergency-shelter>
- OPOD TUBE HOUSE F48, PAG. 83: <https://www.area-arch.it/en/opod-tube-house/>

PARTE 2:

- TENDOPOLI F49-F50-F51-F52, PAG. 84-85: <http://www.tenews.it/giornale/2015/09/09/barbetti-una-tendopoli-per-i-rifugiati-a-pianosa-60693/>
http://www.corriere.it/cronache/16_settembre_04/terremoto-errani-arriva-freddo-presto-smantelleremo-tendopoli-amatrice-acqua-non-potabile-2ac7c4b0-72a2-11e6-9754-0294518832f8.shtml
http://www.alfredomacchi.it/?viba_portfolio=abruzzo-il-terremoto
<http://www.tvsette.net/2016/08/26/sisma-campania-celle-frigo-alimenti-unita-cinofile/>
- MODULARITA' F53, PAG. 92: <http://www.designtrasparente.com/it/arredamenti-in-plexiglass-negozi/1122-cubi-plexiglass-su-misura.html>
- QUALITA' DI VITA PAG. 94: <http://www.lagazzettadelmezzogiorno.it/news/home/836122/qualita-della-vita-puglia-e-basilicata-insufficienti.html>
- SCHEMI SOSTENIBILITA' F54-F55, PAG. 96-97: https://it.wikipedia.org/wiki/Sviluppo_sostenibile#/media/File:Sviluppo_sostenibile.svg
<http://www.alfera.it/lca-analisi-del-ciclo-di-vita-del-prodotto/>

- SCHEMI FONDAZIONE F56-F57-F58-F59-F60-F61, PAG. 101-102-103-104-105: immagine elaborata dall'autore
 - ISOLATORI SISMICI F62-F63-F64-F65, PAG. 107: http://www.edilportale.com/prodotti/fip-industriale/isolatori-sismici/fip-isolatore-sismico_11043.html
 - SCHEMA ISOLATORI F66, PAG. 108: immagine elaborata dall'autore
 - PNEUMATICI F67, PAG. 109: <https://terrasemplice.wordpress.com/2011/02/28/costruzioni-di-paglia-e-fondazioni-speciali/>
 - TEORIE LANG, SARGENT E TSANG F68-F69, PAG. 111: Ignazio Caruso, Riusare senza rifiutare. I rifiuti come innovazione tecnologica per l'edilizia nei pvs (e non solo), tesi di dottorato, Politecnico di Torino, Dottorato di ricerca XXV ciclo sezione Innovazione Tecnologica per l'ambiente costruito, 2013, rel. N. Maritano Comoglio, pp. 65-73, 195-200, 215-222
 - FONDAZIONE PNEUMATICI E PALLET F70-F71-F72, PAG. 111-113: immagine elaborata dall'autore
 - FONDAZIONE A VITE F73-F74-F75, PAG. 115: <http://fondazioniavite-techcenter.blogspot.it/>
 - RIFLESSIONI SUL SISTEMA COSTRUTTIVO F76, PAG. 119: immagine elaborata dall'autore
 - DISEGNI CASA F77, PAG. 120: disegni di Beatrice, 6 anni
 - CONCEPT CASA F78, PAG. 122: immagine elaborata dall'autore
 - MODULO BOX F79-F80, PAG. 123-124: immagine elaborata dall'autore
 - ESPOSIZIONE PIANTE F81, PAG. 127: immagine elaborata dall'autore
 - PIANTE PAG. 128-129-130: immagine elaborata dall'autore
 - PIANTA ADATTABILITA' F82, PAG. 134: immagine elaborata dall'autore
 - CONCEPT ELEMENTO MODULO F83, PAG. 135: immagine elaborata dall'autore
 - PANNELLI F84-F85, PAG. 136,137: immagine elaborata dall'autore
 - MODULO F86, PAG. 138: immagine elaborata dall'autore
-

- GRAFICI A TORTA F87-F88, PAG. 139-140: Giordano R., I Prodotti per l'edilizia sostenibile Sistemi editoriali Esselibri, 2010, Napoli
M. Morabito, I Rifiuti da Costruzione & Demolizione. http://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/597_2008_80_1960.pdf
- LEGNO PAG. 141: <http://www.crea.gov.it/foreste-e-legno/>
<https://www.sciuker.it/>
- GRAFICO VOLUME MATERIALE CO2, PAG. 143: <http://www.abitazioniecologiche.it/legnoveneto.html>
- FSC F89, PAG. 144: <https://www.homegreenhomeblog.com/2015/01/31/forest-stewardship-council-fsc/>
- PEFC F90, PAG. 145: <http://www.inside-rge.com/sustainable-operations/april-group-pefc-certification/>
- MULTISTRATO F91, PAG. 146: <http://www.villadefendente.it/l-04.html>
- X-LAM F92-F93, PAG. 147: http://www.edilservicewood.it/pannelli_legno_massiccio_xlam_strati_incrociati.html
<http://www.francescomirrione.com/case-in-legno/sistema-x-lam/>
- INSETTI F94, PAG. 149: <http://www.woodlab.info/it/blog/quali-sono-i-fattori-che-permettono-lo-sviluppo-di-funghi-e-parassiti-del-legno/216/829>
- FUNGHI F95, PAG. 150: <http://www.disinfestazionetarli.it/funghi-degradatori-del-legno/>
- FIBRA LEGNO F96, PAG. 154: <https://isofloc.ch/it/i-nostri-prodotti-isolanti/pannelli-in-fibra-di-legno-pavatex/>
- FIBRA CELLULOSA F97, PAG. 154: <http://jove.it/prodotti/case-prefabbricate-in-legno/materiali-isolanti/>

- CONCEPT CUBI F98, PAG. 155: immagine elaborata dall'autore
- LOGO CUBE F99, PAG. 157: immagine elaborata dall'autore
- EVOLUZIONE BLOCCHI F100-F101, PAG. 158-159: immagine elaborata dall'autore
- BLOCCO CUBE F102-F103-F104-F105, PAG. 161-162-163: immagine elaborata dall'autore
- BARRE METALLICHE PAG. 170-171-172: immagine elaborata dall'autore
- PEZZI SPECIALI PAG. 174-175: immagine elaborata dall'autore
- TUBI CARTONE F106, PAG. 178: www.architetto.info
- COPERTURA F107, TABELLA VII, PAG. 179-181: Antonio Laurià, La forma del tetto
www.architettodileo.it/La%20forma%20del%20tetto.pdf
- POMPA DI CALORE F108, PAG. 183: <http://www.accumulo-fotovoltaico.it/pompa-di-calore/pompa-di-calore-funzionamento-e-prezzi/>
- ELABORATI GRAFICI DA PAG. 187 A 200: immagine elaborata dall'autore