

**ARCHITETTURA SOTTOVUOTO:  
PROGETTO DI UNA STRUTTURA DI RICOVERO  
PER SITUAZIONI D'EMERGENZA.**

---

**Martina Cristina**

matricola 754977

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. Introduzione .....</b>  | <b>2</b>   |
| <b>PARTE I - L'EMERGENZA .....</b>  | <b>3</b>   |
| <b>2. Gli scenari d'emergenza .....</b>   | <b>4</b>   |
| 2.1 Tipi di disastro, intervento e gli attori di uno scenario d'emergenza. .... | 4          |
| 2.2 La gestione della situazione e dell'insediamento d'emergenza.....           | 6          |
| 2.3 Esigenze degli scenari di emergenza .....                                   | 12         |
| 2.3.1 Esigenze logistiche   | 12         |
| 2.3.2 Esigenze tecniche   | 14         |
| 2.3.3 Esigenze sociali  | 18         |
| <b>3 I manufatti per l'emergenza.....</b>                                       | <b>20</b>  |
| 3.1 Requisiti dei manufatti e strategie di risposta. ....                       | 21         |
| 3.2 Casi studio .....   | 39         |
| 3.2.1 Sintesi delle caratteristiche dei casi studio                             | 89         |
| 3.3 Le tecnologie costruttive.....  | 97         |
| 3.4 I materiali dei manufatti per l'emergenza .....                             | 100        |
| <b>PARTE II - ARCHITETTURA SOTTOVUOTO E ARCHITETTURA PNEUMATICA .....</b>       | <b>104</b> |
| <b>4 Tecnologie e casi studio per il progetto .....</b>                         | <b>105</b> |
| 4.1 La tecnologia pressostatica .....   | 106        |
| 4.1.1 La tecnologia pressostatica strutturale                                   | 107        |
| 4.1.2 La tecnologia pressostatica di tamponamento                               | 118        |
| 4.2 La tecnologia depressostatica .....   | 121        |
| 4.2.1 Le strutture depressostatiche portanti.                                   | 123        |
| 4.2.2 Casi studio di strutture depressostatiche portanti                        | 131        |
| 4.2.3 Le strutture depressostatiche autoapprontabili                            | 136        |
| 4.2.4 Le strutture di tamponamento vacue e sottovuoto                           | 139        |
| 4.2.5 Casi studio per l'isolamento vacuo e sottovuoto                           | 141        |
| 4.3 Tecnologie di aspirazione dell'aria .....                                   | 146        |
| 4.4 I polimeri per le tecnologie pressostatica e depressostatica .....          | 147        |
| <b>PARTE III - PROGETTO.....</b>  | <b>153</b> |
| <b>5 Progetto di una struttura di ricovero per scenari d'emergenza .....</b>    | <b>154</b> |
| 5.1 Studio e scelta dei materiali .....   | 155        |
| 5.1.1 I materiali di riempimento granulari                                      | 156        |
| 5.1.2 I materiali di riempimento a pannelli                                     | 162        |
| 5.1.3 Il materiale di riempimento aria in pressione e depressione               | 166        |
| 5.1.4 Altri materiali ed elementi di progetto                                   | 168        |
| 5.2 Studio della forma e della struttura .....                                  | 169        |
| 5.3 Progetto finale.....  | 177        |
| <b>6 CONCLUSIONI .....</b>  | <b>194</b> |
| <b>7 Indice delle figure .....</b>  | <b>195</b> |
| <b>8 Indice delle tabelle.....</b>  | <b>198</b> |
| <b>9 Bibliografia .....</b>   | <b>200</b> |
| <b>10 Appendice I – Schede tecniche dei manufatti per l'emergenza .....</b>     | <b>205</b> |
| <b>11 Appendice II – Schede tecniche dei materiali di progetto .....</b>        | <b>236</b> |

Testo del bando di concorso internazionale di architettura  
“OUTSIDE THE BOX\_Low and High Technologies for the Emergencies”

*Il concorso ricerca idee progettuali in grado di risolvere i diversi problemi che nascono in situazioni di emergenza.*

*Negli ultimi anni frequenti fenomeni naturali hanno sconvolto la vita di molte comunità sparse per il mondo: Fukushima in Giappone, Haiti, L’Aquila e New Orleans.*

*Il Box è una piccola struttura temporanea che può svolgere diverse funzioni: uno spazio che sia al contempo workstation e centro informazioni aperto al pubblico che permetta alla popolazione di rimanere sempre in contatto con il resto del mondo.*

*Nella proposta progettuale saranno considerati preminenti gli aspetti tecnologici siano essi di natura low tech o high tech. La sfida è coniugare la sostenibilità e il design parametrico.*

Come sottolineato dallo stesso bando di concorso, il ripetersi negli ultimi anni di svariate situazioni d’emergenza ha portato all’attenzione generale le condizioni di vita e il processo di ricostruzione e ritorno alla normalità delle popolazioni colpite. Dalla calamità che hanno colpito l’Europa e il nord America, a quelle in Asia e sull’Oceano, tutte hanno in comune il disagio delle persone in uno degli spazi più personali e importanti per l’essere umano: la casa, il proprio spazio privato.

Distrutta o danneggiata dall’evento calamitoso, ciò che riguarda l’abitazione è uno degli interventi primari messi in campo dai soccorritori, attraverso la messa in sicurezza degli edifici o la temporanea sostituzione con i rifugi d’emergenza. La storia delle calamità italiane ha mostrato come spesso il ricovero temporaneo venga invece abitato per mesi, a volte anni, con tutti i disagi che ciò comporta.

Discostandomi dall’oggetto del bando, cioè il progetto di uno spazio di lavoro, è lo spazio di abitazione secondo me l’ambito più importante da studiare e migliorare. Ho scelto di indagare il campo dell’architettura residenziale per l’emergenza come oggetto della mia tesi di Laurea; in particolare, i manufatti per la prima emergenza che si configurano come unità specifiche per la situazione, antecedenti alle fasi di bonifica e ricostruzione, e con la necessità di essere pronte all’uso.

Il bando di concorso enfatizza gli aspetti tecnologici, la sostenibilità ambientale e il design parametrico. Nel mio lavoro ho cercato di usare questi parametri come guida per la ricerca di uno spazio più confortevole per gli abitanti ma al contempo adatto all’uso in situazioni d’emergenza.

La prima parte del lavoro si occupa dello studio del tema dell’emergenza. Essa ha riguardato sia l’analisi degli scenari d’emergenza che dei manufatti usati come rifugio e abitazione. Questo ha portato all’individuazione di una serie di requisiti propri dell’emergenza e di alcune caratteristiche tipiche dei manufatti usati per rispondere a questi requisiti, che sono stati presi come riferimento per i successivi studi.

La seconda parte del lavoro ha riguardato l’approfondimento, sia teorico sia attraverso casi studio, di due tecnologie costruttive che, da un’analisi preliminare, potrebbero essere adatte e migliorative in uno scenario d’emergenza: la tecnologia pressostatica e la tecnologia depressostatica.

La terza e ultima parte è stata di progetto di un manufatto di ricovero, il quale è stato sviluppato in conseguenza a ciò che è stato studiato nelle parti precedenti. La progettazione ha comportato una verifica sulle prestazioni delle tecnologie e dei materiali precedentemente studiati, in relazione ai requisiti individuati nella parte riguardante l’emergenza. Ciò ha fatto evolvere la scelta dei materiali, della forma del manufatto e della tecnologia usata; si è passati dall’uso della tecnologia pressostatica strutturale con materiali granulari a quella con materiali a pannello, fino alla scelta finale di unire la tecnologia pressostatica con quella depressostatica, sia strutturale che di tamponamento vacuo.

*Questa prima parte contiene lo studio degli scenari e dei manufatti per l'emergenza.*

*Il primo step del lavoro è stato di documentazione sul tema generale del concorso, in cui è stato studiato in cosa consiste una situazione d'emergenza, quali sono i suoi protagonisti, il tipo di azioni messe in campo e le necessità specifiche nella gestione di questo tipo di situazione.*

*Il secondo step ha riguardato i manufatti per l'emergenza esistenti, con lo studio dei requisiti dati dal tipo di situazione e delle conseguenti strategie di risposta tipiche di ogni tipologia di manufatto; in particolare, sono stati studiati i vari manufatti per l'emergenza impiegati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalle organizzazioni internazionali di soccorso, ma anche manufatti non originariamente concepiti per quest'uso ma che ho ritenuto interessanti viste le necessità delle situazioni d'emergenza. Se ne è fatta una comparazione delle qualità secondo i requisiti precedentemente individuati.*

*I requisiti e le relative caratteristiche, individuate ed analizzate in questa parte, faranno da riferimento per il progetto.*

*Questo ha portato all'individuazione di due tecnologie strutturali che, da questa analisi preliminare, risultavano interessanti per il tema di progetto.*

## 2. GLI SCENARI D'EMERGENZA

### 2.1 TIPI DI DISASTRO, INTERVENTO E GLI ATTORI DI UNO SCENARIO D'EMERGENZA.

Uno *scenario d'emergenza* si ha, ai fini di protezione civile, quando esiste un rischio rappresentato dalla possibilità che un fenomeno naturale o indotto dalle attività dell'uomo possa causare effetti dannosi sulla popolazione, gli insediamenti abitativi e produttivi e le infrastrutture, all'interno di una particolare area, in un determinato periodo di tempo.

La Protezione Civile identifica nelle seguenti categorie i *tipi di rischi* possibili per la popolazione:

- rischio sismico
- rischio vulcanico
- rischio idrogeologico
- rischio incendi
- rischio sanitario
- rischio nucleare
- rischio ambientale
- rischio industriale

Gli *interventi* dell'uomo conseguenti alla presenza di questi rischi possono essere di vario tipo:

- interventi preventivi, tramite azioni mirate a far sì che il rischio non diventi un disastro effettivo
- interventi di previsione, tramite azioni di studio mirate all'attuazione di interventi preventivi
- interventi di soccorso, tramite azioni di mitigazione del danno e salvataggio di persone e cose a seguito di un disastro
- interventi di superamento dell'emergenza, tramite azioni mirate ad accompagnare la popolazione ad uno stato di normalità

Gli scenari d'emergenza hanno al loro interno una serie di *attori*, che sono sia coloro che sono vittime dell'emergenza che coloro che gestiscono la situazione con l'obiettivo della protezione civile e per il ritorno alla normalità. Data la precedente descrizione dei tipi di disastro, è chiaro come l'azione di protezione civile si identifichi nell'azione di tutela della vita umana, dei beni, degli insediamenti e dell'ambiente dai danni conseguenti a calamità naturali e antropiche.

Nel mondo, gli attori cambiano a seconda della zona geografica in cui si manifesta l'emergenza e sono legati alla cultura, alla società, alla disponibilità economica e all'avanzamento tecnologico del Paese.

Gli attori in uno scenario d'emergenza possono essere:

- i governi (attraverso entità appositamente predisposte come per l'Italia il Dipartimento della Protezione Civile o normalmente operanti come un corpo di vigili del fuoco)
- associazioni non governative (locali, nazionali e internazionali) che si integrano o si sostituiscono all'azione degli Stati
- interventi spontanei di volontari
- la stessa popolazione colpita.

Fra le maggiori agenzie non governative internazionali ricordiamo: il Movimento Internazionale della Croce Rossa e della Mezzaluna Rossa, le Nazioni Unite, Medici senza frontiere.

Fra gli interventi spontanei di volontari e della popolazione colpita, è di grande importanza nella storia italiana l'inondazione di Firenze ad opera del fiume Arno del 4 novembre 1966. Eccezionale per portata d'acqua e conseguenze, rimase famosa anche per l'ampio coinvolgimento popolare, anche internazionale, di migliaia dei cosiddetti "angeli del fango", volontari che aiutarono la città nei giorni successivi l'inondazione. Storicamente, si fa risalire a questo movimento popolare spontaneo la nascita in Italia dell'idea di un corpo di protezione civile.



Sul territorio italiano, la gestione dell'emergenza con l'obiettivo della protezione civile è di competenza del **Dipartimento della Protezione Civile**. Tramite la legge numero 225 del 24 febbraio 1992, "Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile", viene disciplinata l'azione di tale dipartimento cioè la tipologia di situazioni e azioni in cui l'intervento del Dipartimento è richiesto.

Il Servizio Nazionale di Protezione Civile è un sistema che comprende tutte le strutture e le attività messe in opera dallo Stato ai fine della protezione civile; nell'articolo 3 della legge 225/1992, "Attività e compiti di protezione civile", vengono specificati gli ambiti e le modalità di azione del sistema, declinati nelle azioni di previsione, prevenzione, soccorso e superamento dell'emergenza.

Le competenze in materia sono ripartite fra diversi enti, l'articolo 11 della legge n. 225 individua come strutture operative del Servizio nazionale: il Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco quale componente fondamentale della Protezione civile, le Forze Armate, le Forze di Polizia, il Corpo Forestale dello Stato, la comunità scientifica, la Croce Rossa Italiana, le strutture del Servizio Sanitario Nazionale, le Organizzazioni di volontariato, il Corpo Nazionale del Soccorso Alpino e Speleologico - Cnsas-Cai.

Nel resto del mondo, le situazioni d'emergenza vengono gestite da organizzazioni governative analoghe a quelle italiane (oltre che da organizzazioni di soccorso internazionali che affiancano o sopperiscono alle organizzazioni nazionali, come precedentemente spiegato).



## 2.2 LA GESTIONE DELLA SITUAZIONE E DELL'INSEDIAMENTO D'EMERGENZA

In seguito al verificarsi di uno dei rischi precedentemente presentati, si ha una situazione di "prima emergenza". La prima emergenza è la situazione che si verifica in quell'intervallo di tempo coincidente col verificarsi di un disastro, mentre l'azione di quest'ultimo è ancora in corso (es: i giorni di un' alluvione), o immediatamente successivo all'azione disastrosa (es: dopo la fine delle scosse di un terremoto).

La gestione della prima emergenza si occupa del soccorso immediato di persone, ambiente e costruzioni, finalizzato a fermare o contenere i danni nel modo più immediato possibile (es: la cura delle ferite o il rafforzamento di un argine), dell'allontanamento in tempi rapidi dalle zone pericolose della popolazione coinvolta, della costruzione di ripari d'emergenza.

Per quanto riguarda gli *spazi necessari* per le operazioni di primo soccorso, cioè per la prima assistenza alla popolazione e il ripristino delle funzioni primarie di una comunità, si individuano:

- le *aree di attesa* (meeting point), luoghi di incontro sicuri per radunare la popolazione all'avvenire di un evento calamitoso
- le *aree di ammassamento funzionali*, per ricevere la Protezione Civile con i suoi mezzi e strutture
- le *aree di accoglienza*, per l'installazione delle strutture di abitazione

Gli *attori* che intervengono nella prima emergenza sono:

- il dipartimento della Protezione Civile per la gestione di tutti gli attori in gioco,
- il personale medico sanitario per le cure alla popolazione,
- la protezione civile con i vigili del fuoco, l'esercito e i corpi forestali e marittimi per il salvataggio delle persone e il contenimento e la cessazione del danno sull'ambiente e sulle cose,
- il personale, specializzato o non specializzato, per la messa in opera e la gestione dei campi di ricovero di prima emergenza,
- il personale, specializzato o non specializzato, delle organizzazioni non governative nelle posizioni precedentemente elencate e sotto la gestione della Protezione Civile.

La prima emergenza è la prima fase di una situazione che si evolve nel tempo, che parte dal verificarsi della situazione calamitosa al ritorno alla situazione normale. Questo periodo può essere suddiviso in fasi, che si differenziano a seconda degli avvenimenti, delle necessità della popolazione e delle azioni di risposta messe in campo. Il tipo di evoluzione delle fasi dell'emergenza è influenzata dal Paese in cui si verifica lo stato di emergenza, le capacità economiche degli Stati coinvolti, l'avanzamento tecnologico della società, la cultura del territorio.

Dal punto di vista dei manufatti usati durante una situazione di calamità, ne esistono diverse tipologie legate al momento in cui vengono utilizzati, seguendo l'evoluzione delle fasi dell'emergenza. Comunque, tutti rispondono alle esigenze primarie di rifugio, per poi evolversi per rispondere a tutti gli altri livelli di necessità dell'uomo.

Esistono diverse teorie di pianificazione di un insediamento, ma nel caso di un campo di rifugio essi sono direttamente correlati a come viene gestita l'intera situazione d'emergenza, non soltanto la parte insediativa.

Di seguito, sono spiegate le tre *tipologie di gestione dell'insediamento d'emergenza* che vengono attualmente usate:

- approccio multifase
- variante all'approccio multifase (progetto c.a.s.e.)
- approccio incrementale

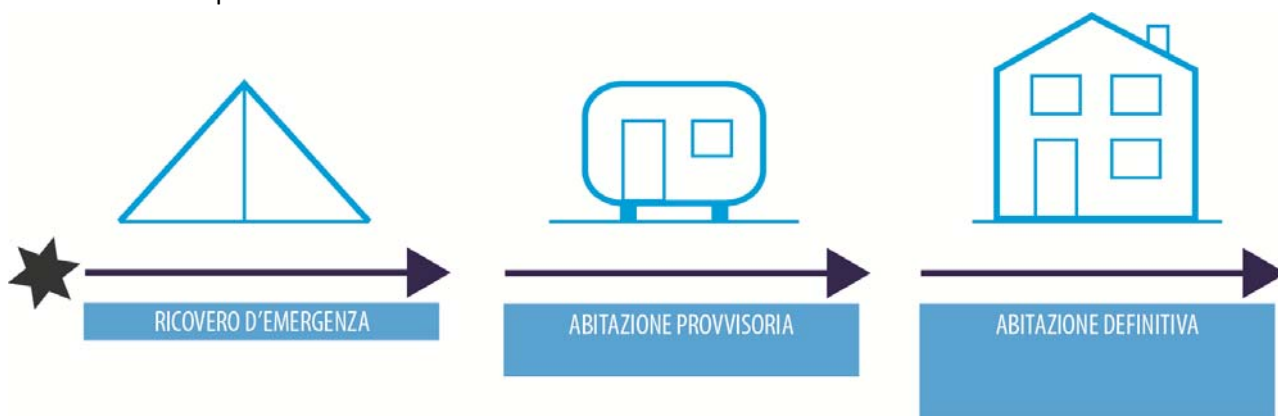
e una ipotesi alternativa di gestione dell'insediamento, cioè

- insediamento autogenerativo.

## APPROCCIO MULTIFASE

La classica strategia di gestione dell'emergenza usata in un paese industrializzato, detto *approccio multifase*, si sviluppa nel corso di tre fasi principali con l'uso di tre tipi di manufatti (ricoveri d'emergenza immediati, costruzioni temporanee, costruzioni permanenti) suddivise nel tempo come segue:

- FASE 1 – PRIMA EMERGENZA: tende o simili + centro medico. Durata: 5 giorni.  
– PRIMA EMERGENZA: tende o simili + scuole e altri servizi sociali. Durata: 3-6 mesi.
- FASE 2 – ACCOGLIENZA: container o casa prefabbricata + altri servizi. Durata: 10 mesi – 2 o 3 anni.  
– VERSO LA RICOSTRUZIONE: casa prefabbricata temporanea. Durata: + 2 anni.
- FASE 3 – RIENTRO EDIFICI PERMANENTI: ritorno agli edifici esistenti o costruzione di nuovi edifici definitivi permanenti.



### 3 Schema dell'approccio multifase



4 Fase immediata dell'approccio multifase: tendopoli di Coppito (Abruzzo, aprile 2009)

5 Fase temporanea dell'approccio multifase: moduli abitativi provvisori a Coppito (Abruzzo, giugno 2009)

6 Fase permanente dell'approccio multifase: nuovi edifici a Pettino (Abruzzo, dicembre 2009)

Fonte delle foto 4, 5, 6: sito della protezione Civile ([www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it))

Questo tipo di strategia prevede una preparazione ad una eventuale situazione d'emergenza, sia dal punto di vista organizzativo che di disponibilità dei manufatti necessari. Lo sviluppo in tre fasi permette di avere una risposta rapida alle prime necessità di ricovero, che poi viene raffinata su necessità meno immediate ma comunque fondamentali fino ad arrivare al rientro permanente nelle proprie case o nei nuovi edifici, ricreando la situazione di normalità pre emergenza, sia dal punto di vista abitativo che sociale. Questo tipo di approccio è quello usato dalla Protezione Civile italiana.

Dal punto di vista degli attori dell'emergenza, i limiti di questa strategia sono la necessità di creare a priori, immagazzinare per tempi indefiniti, trasportare, approntare e mantenere in efficienza una serie di manufatti diversi. Questo significa disponibilità economica degli Stati e di chi si occupa della gestione dell'emergenza, disponibilità tecnologica per quanto riguarda creazione e gestione di manufatti e campi, di spazi diversi e variabili nel tempo e di personale addestrato.

Dal punto di vista della popolazione colpita, questo susseguirsi di spazi e manufatti da una parte risponde bene alle necessità concrete dell'emergenza, alla loro evoluzione nel tempo e alle necessità di ricostruzione del panorama originario, dall'altro richiede tempi lunghi per il rientro ad una situazione di normalità con un conseguente peggioramento della situazione temporanea di disagio.

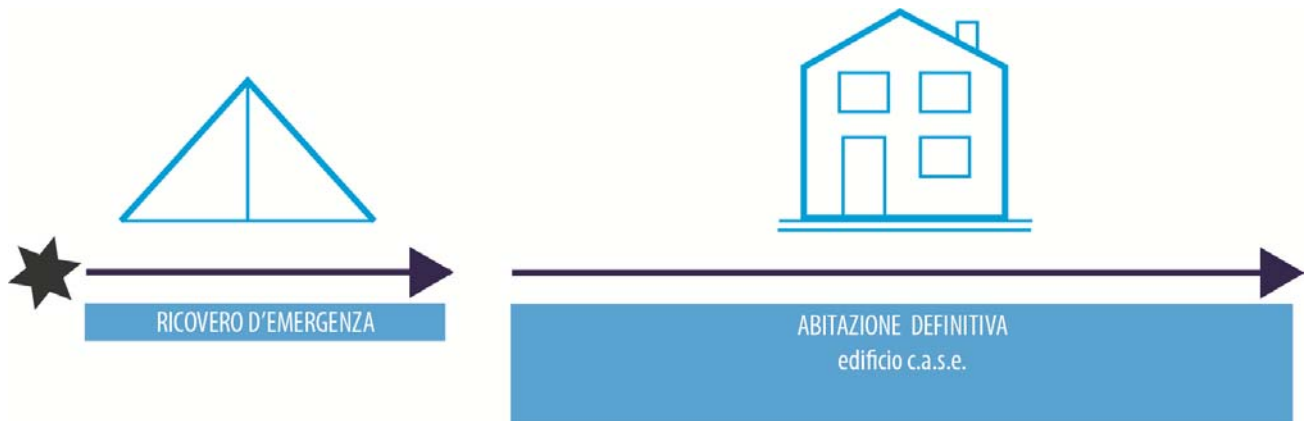


## APPROCCIO C.A.S.E.

Una **variante all'approccio multifase** è stato applicato in risposta al terremoto dell'Aquila del 2009, dove si è usata la strategia di progetto **c.a.s.e. (Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili)**. Tale strategia prevede che dopo l'intervento di ricovero immediato con tende (cioè per un lasso di tempo dai 0 ai 6 mesi), si passi direttamente alla fase definitiva di abitazione che va quindi ad inglobare la fase di abitazione provvisoria.

Questa strategia è quindi suddivisa come segue:

- FASE 1 – PRIMA EMERGENZA: tende + altri servizi. Durata: 0-6 mesi.
- FASE 2 – DEFINITIVO: abitazione definitiva.



7 Schema dell'approccio multifase c.a.s.e.



8 Fase immediata dell'approccio c.a.s.e.: tendopoli a Coppito (Abruzzo, aprile 2009)

9 Fase definitiva dell'approccio c.a.s.e.: un nuovo edificio a Cese (Abruzzo, ottobre 2009).

I limiti di questa strategia sono la permanenza in ricoveri di prima emergenza, con una bassa qualità della vita, per periodi di tempo medi, mentre gli edifici che vengono costruiti rispondono soltanto alla necessità di creazione di nuove abitazioni e non di rientro negli edifici esistenti con la messa in sicurezza e parziale ricostruzione degli edifici danneggiati, e di ritorno completo alla normalità pre-emergenza. Questo tipo di strategia è stato applicato nel caso del terremoto dell'Aquila nel 2009; il progetto c.a.s.e. ha portato all'insoddisfazione della popolazione per alcuni importanti aspetti logistici e sociali delle cosiddette new town e il parziale abbandono, o prolungamento, dei lavori sul patrimonio edilizio storico. La creazione di nuovi complessi residenziali definitivi in aree sicure in tempi rapidi ha avuto come conseguenza il trasferimento di massa in aree lontane dai centri abitati disastriati, aree cioè senza servizi e slegate dal tessuto sociale originario. Questo ha portato a una serie di disagi sociali e logistici nella popolazione, che si è ritrovata con la necessità primaria di abitazione soddisfatta in tempi rapidi ma contemporaneamente con tutte le altre necessità (sociali, lavorative, di comunità, di spostamento, di ricostruzione, di riappropriazione degli spazi familiari, ...) non prese in considerazione e anzi messe in una condizione "definitiva" che ne impedisce di fatto il ritorno ad una completa normalità.

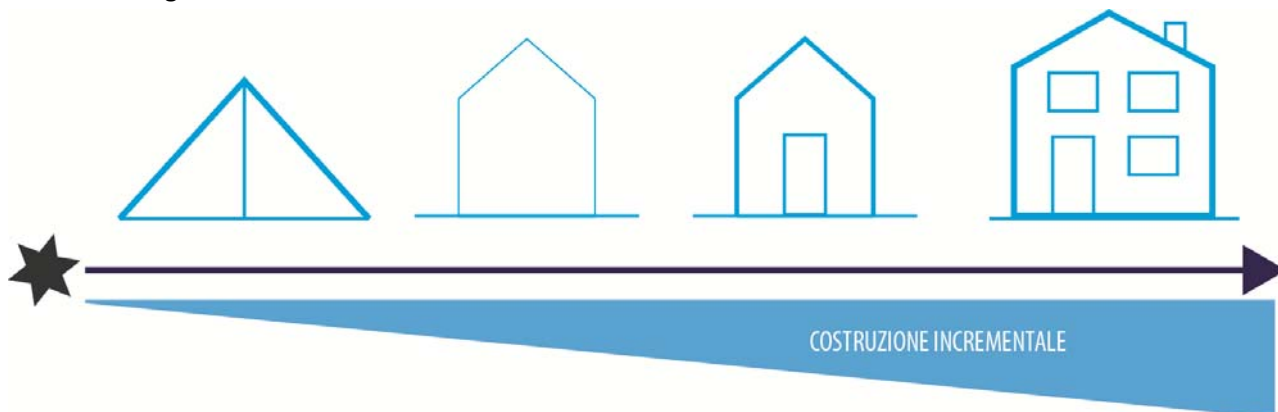


complessi antisismici sostenibili ed ecocompatibili

**c.a.s.e.**

## APPROCCIO INCREMENTALE

La terza strategia di gestione dell'emergenza ha un **approccio incrementale** alle necessità della prima emergenza, alla ricostruzione e alla ripresa della vita normale. Secondo questa tipologia di gestione non esiste la suddivisione fra ricovero immediato, abitazione provvisoria e abitazione definitiva; il tipo di ricovero derivante da questa strategia è definito come **Transitional Shelter**, non è un manufatto finito (tenda, container o simili) ma è un processo, cioè non viene sostituito in più fasi ma si evolve nel tempo da rifugio immediato ad abitazione definitiva tramite l'integrazione successiva di materiali e servizi.



### 10 Schema dell'approccio incrementale

I manufatti derivanti da questo approccio sono definiti da cinque caratteristiche principali:

1. possono essere implementati come parte dell'edificio definitivo
2. possono essere riutilizzati con un'altra destinazione d'uso
3. possono essere trasferiti da una sistemazione temporanea ad una definitiva
4. possono essere venduti per avere un guadagno da usare nella ricostruzione
5. possono essere riciclati come materiali da costruzione

Una ricostruzione seguendo un approccio multifase può interessare un periodo che va da alcuni mesi ad alcuni anni prima del rientro nell'abitazione definitiva ed è predefinita da chi fornisce i manufatti, con l'approccio incrementale invece la ricostruzione viene immediatamente iniziata e segue modalità adatte alla cultura interessata, molto spesso usando materiali locali e usando la manodopera della popolazione stessa. Il processo inizia con la distribuzione di materiale per la costruzione di un primo ricovero di base e poi continua tramite l'assistenza alla ricostruzione. Questo processo si svolge in una serie di step temporali così definiti:

- prima settimana: distribuzione di materiale prima necessità (non cibo) come teli di plastica
- prima settimana: ulteriore distribuzione di materiali da costruzione e arnesi
- primo mese: integrazione di servizi per l'acqua e l'igiene
- sei mesi: ulteriori materiali da costruzione per l'implementazione e la ricostruzione
- soluzione permanente: implementazione e ricostruzione completate

Questo tipo di approccio permette alla popolazione di rimanere vicino alle loro case e luoghi di lavoro (come le coltivazioni), permettendo la continuazione delle loro attività quando è possibile e nel contempo una ricostruzione spesso mirata al miglioramento delle condizioni di vita normali. Date le modalità di questo tipo di processo, e anche a causa dell'uso della manodopera della popolazione stessa e alla ridotta necessità di disponibilità economica, fa sì che il Transitional Shelter venga maggiormente usato in Paesi in via di sviluppo e meno avanzati tecnologicamente.

Un esempio: in seguito allo tsunami del 2004 in Sri Lanka, le Nazioni Unite e altre agenzie internazionali per l'emergenza prevedono che la popolazione sarebbe rimasta in alloggi di fortuna per alcuni anni, a causa dell'estensione del danno, della disponibilità economica del Paese e delle famiglie, e della necessità di riprendere immediatamente il lavoro necessario alla sopravvivenza (quindi sottraendo manodopera alla ricostruzione). Le tende non vennero ritenute adeguate per questo lungo periodo di tempo. Dopo il periodo della prima emergenza, in cui la popolazione era stata fatta rifugiare in templi e in case di altre famiglie, e un'analisi SWOT (Strengths Weakness Opportunities Threats) della situazione, la ricostruzione è iniziata immediatamente ma associandola ad un processo Transitional Shelter.

L'analisi SWOT dell'approccio incrementale è così definita:

#### STRENGTHS – *punti di forza*

- il processo interessa tutto il periodo, dall'emergenza al ritorno alla normalità
- i Transitional Shelter offrono uno spazio abitabile migliore delle tende, specialmente per la cura dei bambini, la preparazione del cibo e attività lavorative a domicilio
- si offre un ambiente sicuro e sano, che preserva la dignità e la privacy delle persone
- la popolazione è coinvolta nel processo decisionale, costruendo in tempi appropriati per ogni famiglia e usando modalità, forme e materiali familiari alla popolazione
- si offre l'occasione di risolvere eventuali problemi sulla proprietà dei terreni, in quanto si devono organizzare e contrattare usi temporanei dei terreni
- i materiali per la ricostruzione sono locali, creando così un effetto positivo sull'economia locale e promuovendo l'indipendenza economica della popolazione disastrosa
- il numero di Transitional Shelter può aumentare nel tempo, in quanto vengono usati materiali locali e non tende pre-disposte
- i materiali possono essere riusati, riciclati, implementati, spostati e rivenduti

#### WEAKNESSES - *punti deboli*

- il programma può creare false aspettative, per cui tutti si aspettano l'assistenza nella ricostruzione
- l'attenzione dalla situazione generale può essere distolta e concentrarsi solo su iniziative di breve periodo
- può ostacolare l'insegnamento e l'uso di tecniche sostenibili di costruzione
- gli step di implementazione possono essere rallentati dalla disponibilità dei materiali locali da costruzione
- sono necessarie significative risorse umane per organizzare l'acquisizione dei materiali, la pianificazione tecnica e il coinvolgimento della comunità
- su brevi periodi, le tende sono più economiche di un Transitional Shelter

#### OPPORTUNITIES - *opportunità*

- si possono usare materiali recuperati dagli edifici danneggiati
- i materiali fanno parte del Transitional Shelter fin dalla prima distribuzione, invece che una distribuzione in più fasi come prima dei materiali per un ricovero e poi una tenda
- un Transitional Shelter può essere spostato da un'area di ricovero immediato ad una di abitazione definitiva
- un Transitional Shelter può essere riusato come negozio o ricovero animali o per altri usi alternativi
- la ripresa dell'economia è aiutata dall'uso di materiali e lavoro locali
- si sostiene una ricostruzione migliore, insegnando tecniche migliori contro eventuali calamità (ad esempio tetti più resistenti ai venti degli uragani)

#### THREATS – *minacce*

- una possibile mancanza di risorse per completare un Transitional Shelter potrebbe lasciare la popolazione in difficoltà e con abitazioni incomplete
- un Transitional Shelter potrebbe essere malamente costruito, se non ci sono abbastanza capacità, conoscenze tecniche e coordinamento. Potrebbe risultare in edifici poco sicuri.
- Il prezzo dei materiali da costruzione potrebbe impennarsi in seguito alla crescita della domanda post emergenza.
- I campi dei Transitional Shelter potrebbero diventare baraccopoli, se non adeguatamente gestiti.
- Le risorse locali potrebbero essere ultra sfruttate in seguito alla domanda e potrebbero essere non rinnovabili.

Questo approccio non può essere applicato in tutte le situazioni d'emergenza, in quanto devono essere presenti alcune caratteristiche nella popolazione. Perché esso funzioni, deve esistere un'attitudine (mentale e tecnica) all'autocostruzione, l'accettazione di una soluzione "dinamicamente precaria" di ricovero, un atteggiamento proattivo nel tempo.

## INSEDIAMENTO AUTOGENERATIVO

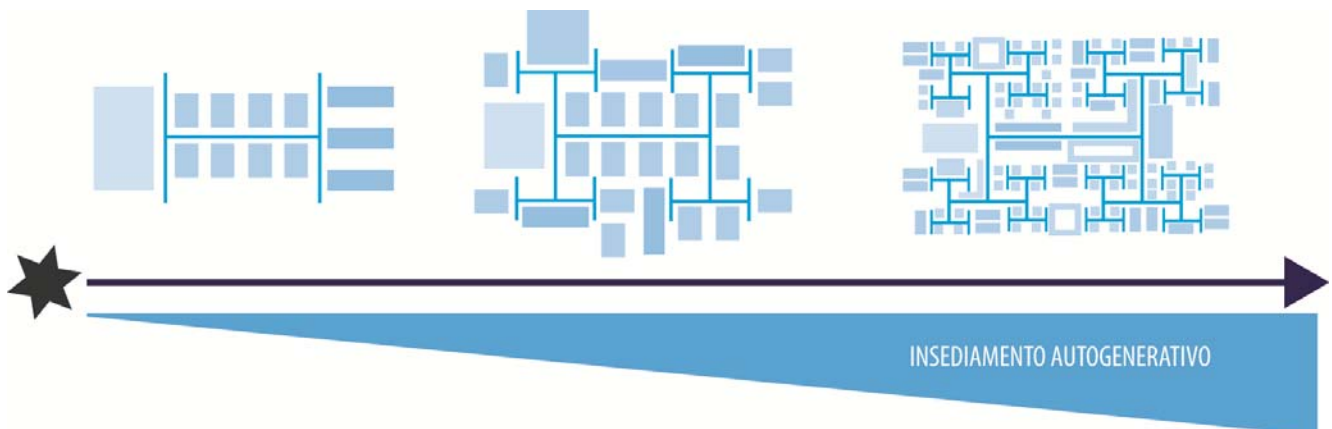
Svincolate, anzi a volte in opposizione, da queste strategie oggi in uso, c'è una visione dell'insediamento d'emergenza non solo come risposta tecnica ed economica ad un bisogno primario ma come riappropriazione di un paesaggio (fisico ma anche emozionale) normale da parte della popolazione. Secondo questa visione, i comuni metodi insediativi del campo a pianta ortogonale e con moduli standardizzati (siano essi tende o container), impediscono all'uomo di ricostruire il proprio spazio privato distrutto dall'evento calamitoso e lo forzano in schemi troppo restrittivi, soprattutto sui periodi medio lunghi. Anche dal punto di vista sociale, l'anonimità e la rigidità di questo tipo di approccio impediscono il ricrearsi e il nascere di relazioni sociali e luoghi necessari alla vita comunitaria. Vengono cioè priorizzate le necessità tecniche di riparo e sopravvivenza, che benché indispensabili nel momento della prima emergenza poi impediscono la soddisfazione delle necessità psicologiche, estetiche e sociali dell'individuo.

Per questa visione più olistica della pianificazione, ciò che meglio si presta è il **piano distributivo frattale**. Cioè un disegno dello spazio che si basa sulla ripetizione di un modulo base, che cresce nel tempo e crea relazioni dal piccolo al grande e centro-periferia sia nelle sue parti che nel suo intero, senza delimitare un confine netto di chiusura dello spazio. L'organizzazione frattale permette l'auto-evoluzione del campo in tutti i suoi componenti, sia insediativi che di servizio, in maniera dinamica e in diretta relazione con la vita della popolazione nel tempo. In quest'ottica, la pianificazione isomorfa del campo serve meramente ad ordinare (anche dal punto di vista della gestione del campo) gli spazi, mentre la libertà morfologica dei manufatti permette di creare un paesaggio che risponde alle esigenze delle persone.

La potenzialità di poter avere una libertà morfologica degli elementi e al contempo mantenere un'organizzazione generale necessaria per la gestione del campo, crea la possibilità di avere un **insediamento autogenerativo**. Questo tipo di insediamento nega la serialità rigida dei classici campi, basandosi sui principi frattali di:

- Autopoiesi conservativa la produzione spontanea e sempre simile di se stesso
- Multiscalarità coerente riconoscere e identificare le varie scale di organizzazione, dal grande al piccolo, dal privato al pubblico, dal composito al semplice
- Assenza di gerarchia autoreferenzialità della matrice strutturante

In questo modo il campo può crescere in maniera graduale, con la creazione graduale di spazi autogenerati, figli delle necessità e delle loro variazioni localizzate, ordinato ma libero dall'omogeneità, non dispersivo ma non finito entro confini preposti.



### 11 Schema dell'insediamento autogenerativo

Date queste tre strategie contemporanee di gestione dell'emergenza e la teoria del piano distributivo frattale per un insediamento autogenerativo, si è deciso di continuare il mio percorso di tesi con l'obiettivo di progettare un manufatto insediativo che abbia la capacità di rispondere sia alle esigenze primarie comuni a tutti gli approcci sia alle necessità dinamiche e diversificatrici dell'approccio incrementale e dell'insediamento autogenerativo.

Questo processo progettuale si baserà sullo studio preliminare delle esigenze degli scenari d'emergenza e sui requisiti che un manufatto deve possedere in questa situazione, riportati nei capitoli successivi.

## 2.3 ESIGENZE DEGLI SCENARI DI EMERGENZA

Date le caratteristiche degli scenari d'emergenza, queste creano delle esigenze specifiche per i siti e i manufatti coinvolti, date dal tipo di situazione che si viene a creare e dalle azioni che si mettono in campo per superarla. Queste esigenze sono di tipo logistico, tecnico e sociale; verranno qui di seguito descritte, con particolare attenzione per l'aspetto insediativo e il tipo di approccio all'emergenza.

### 2.3.1 ESIGENZE LOGISTICHE

#### ESIGENZE DEL SITO

La scelta dei siti utili ai vari interventi e funzioni va fatta tenendo conto delle funzioni che ospiteranno e della durata variabile del loro utilizzo, da immediata a medio-lunga.

Le aree di attesa (meeting point), sono aree predefinite e integrate nella pianificazione dell'abitato o delle costruzioni. Sono edifici (es: palestre) o aree (es: campo da calcio, parcheggio) sempre disponibili e ritenute sicure in caso di eventuali calamità. Le loro esigenze principali sono:

- o la sicurezza
- o la raggiungibilità in caso di emergenza
- o la dimensione adeguata al numero di persone a cui vengono riferite.

Le aree di ammassamento funzionali sono le prime aree utilizzate all'arrivo della Protezione Civile per la gestione della prima emergenza, vengono individuate durante la pianificazione del territorio comunale e indicate in cartografia, secondo le modalità descritte nel documento regionale "Linee guida per la pianificazione comunale d'emergenza". Le esigenze specifiche sono:

- o dimensioni adeguate per accogliere una tendopoli da almeno 500 persone con relativi servizi primari
- o collocazione in prossimità di vie di comunicazione adeguate all'accesso di mezzi, anche di grandi dimensioni
- o disponibilità di risorse idriche ed elettriche
- o sicurezza nei confronti di eventuali calamità (es: alluvioni) e delle loro conseguenze (es: interruzione dei servizi primari)
- o posizione baricentrica nel territorio a rischio, per garantire l'accessibilità all'area e il raggiungimento capillare del territorio disastroso
- o entro una massima distanza dai centri abitati, percorribile dalla popolazione per rimanere coinvolta nella vita e nella ricostruzione del centro urbano (max 2 km)
- o prevedere interventi di adeguamento funzionale di aree per l'accoglienza di strutture temporanee

Le aree di accoglienza, da predisporre nella pianificazione territoriale, riguardano gli spazi urbani del Comune in cui espletare la necessità abitativa temporanea una volta superata la prima emergenza e prima del ripristino della situazione normale, con periodi di permanenza medio-lunghi. Le esigenze per l'accoglienza sono:

- o creare un piano d'emergenza sulla disponibilità di strutture ricettive (pubbliche e private) per l'alloggiamento temporaneo (alberghi, centri sportivi, militari o scolastici, campeggi, alloggi liberi, edifici pubblici non utilizzati)
- o prevenire le modalità di accesso e assegnazione alle strutture (accordi, convenzioni ecc...), compresa l'autonoma sistemazione
- o la rapida messa in sicurezza tramite interventi di verifica e di ripristino leggeri, per permettere il rapido rientro nelle proprie abitazioni
- o realizzare insediamenti abitativi temporanei di emergenza, per evitare lunghe permanenze nei centri di prima accoglienza (tendopoli) creati durante la prima emergenza e prima del rientro nelle proprie abitazioni
- o scelta dell'area per gli alloggi temporanei in prossimità di vie di comunicazione adeguate all'accesso di mezzi, anche di grandi dimensioni
- o disponibilità di risorse idriche ed elettriche a cui collegare gli alloggi

- evitare eccessive frammentazioni degli insediamenti per prevenire un'eccessiva frammentazione delle opere infrastrutturali necessarie
- sicurezza del sito nei confronti di eventuali calamità (es: alluvioni) e delle loro conseguenze (es: interruzione dei servizi primari)
- sito situato entro una massima distanza dai centri abitanti, percorribile dalla popolazione anche a piedi, per permettere il coinvolgimento nella vita e nella ricostruzione del centro urbano (max 2 km)

## ESIGENZE DEI MANUFATTI

I manufatti usati per la prima emergenza hanno esigenze logistiche derivanti dal fatto che, per essere immediatamente disponibili al verificarsi dell'emergenza, essi debbano essere costruiti in anticipo, immagazzinati per un periodo medio-lungo di tempo e poi trasportati sul luogo del bisogno al momento opportuno. Si devono quindi prevedere in anticipo numero e tipologia dei manufatti, la costruzione degli stessi, i luoghi sul territorio per l'immagazzinamento e la cura, i luoghi di smistamento, le modalità di distribuzione. Queste esigenze di tipo logistico si riflettono sia sulle esigenze logistiche proprie degli scenari dell'emergenza sia sulle esigenze tecniche dei manufatti di ricovero, come specifici requisiti che permettano di rispondere a questo tipo di necessità.

Le esigenze logistiche della gestione dell'emergenza creano i seguenti campi di requisiti per i manufatti:

- immagazzinamento
- trasportabilità
- approntabilità
- manutenzione

## ESIGENZE DI COMUNICAZIONE

La comunicazione d'emergenza è necessaria in due modalità: quella personale delle vittime dell'emergenza e quella da parte degli operatori di soccorso.

Per gli operatori di soccorso, comunicare ed informare sono due aspetti essenziali nella gestione sia della situazione (soccorsi, aiuto, logistica) sia degli individui (controllo delle iniziative personali, evitare un involontario ostacolo dei soccorsi, supporto psicologico). Perché la comunicazione verso la popolazione sia effettiva in questo tipo di scenario, essa deve avere obiettivi e caratteristiche precise.

Gli obiettivi della comunicazione d'emergenza sono:

- Comunicare i fatti.
- Comunicare chi si è, come si opera e per quale motivo si opera.
- Comunicare cosa si sta facendo e il programma d'intervento.
- Comunicare cosa deve fare la popolazione coinvolta.

La comunicazione d'emergenza deve sopperire ai limiti creati dalla situazione in cui si trovano gli individui. La tipologia di comunicazione deve tenere conto dello stato alterato di chi si trova in una situazione di shock e stress, quindi della limitata recettività (fisica e mentale) e della possibile mancanza di attenzione a comunicazioni di lunghezza ignota a priori.

Caratteristiche della comunicazione d'emergenza:

- Essere schematica e breve.
- Utilizzare un linguaggio semplice, preciso e perentorio.
- Fornire le informazioni in una sequenza logica.
- Concentrare all'inizio gli elementi più importanti.
- Ripetere gli elementi in grado di attirare l'attenzione.

## 2.3.2 ESIGENZE TECNICHE

### CAMPO DI RIFUGIO IMMEDIATO PER LA PRIMA EMERGENZA

La soluzione più immediata e largamente usata, per far fronte ad una situazione di prima emergenza, è la **tendopoli**. Un campo tende approntato secondo le regole della Protezione Civile italiana è caratterizzato da specifiche caratteristiche, sia del sito (area di ammassamento funzionale) sia delle strutture che vi vengono erette.

Il sito deve avere le seguenti caratteristiche: pianeggiante (pendenza <2%), ben drenato, riparato dai venti, sicuro (cioè lontano da tralicci, corsi d'acqua, elettrodotti interrati, conduttore di acquedotti e gasdotti, elementi a rischio d'incendio, di crollo, di cedimenti, smottamenti e frane, e sufficientemente distanti dalle operazioni di soccorso sanitario), non inquinato, non interessato da colture pregiate. Se queste aree sono state individuate prima dell'emergenza, con il piano comunale, esse spesso sono campi sportivi che hanno accesso alle reti fognaria, idrica ed elettrica, già dotati di opere di drenaggio, con strade di accesso e parcheggi. Se non già esistenti, gli impianti elettrici, idrici e fognari vengono costruiti appositamente nel momento dell'emergenza, secondo modalità diverse a seconda dei tempi di azione (es: l'impianto fognario va dall'immediata creazione di una fossa di scarico scavata nel terreno ad un impianto di trattamento e pompaggio nelle settimane successive).

Le tendopoli devono essere organizzate in gruppi da massimo 50 tende (trasportabili in un solo container), di capacità massima di 8 persone ciascuna, con l'installazione di servizi comuni (cucine, servizi igienici). In genere il campo contiene 16 moduli-tenda. I moduli sono organizzati in 6 tende, in due file da tre. Ogni tenda occupa uno spazio di 7x6 m, con distanze di almeno 1 m fra le piazzole (per consentire il passaggio di tubazioni, la manutenzione e la pulizia) e di circa 4 m dalla strada carrabile. In totale, il modulo occupa una superficie di 23x16 m, pari a 368 mq. Una tendopoli di questo tipo occupa circa 6200 m<sup>2</sup>, compresi 10 container di servizi igienici (generalmente distribuiti su due file da cinque e separate da un percorso di servizio, distanti non più di 50 metri dai moduli-tenda), due grandi tende (12x15 m) per il servizio mensa e come luogo di ritrovo, e appositi moduli-tenda per le funzioni amministrative.



12 Foto aerea della tendopoli di Coppito (Abruzzo, aprile 2009)

## CAMPO PROVVISORIO DI ABITAZIONE

In Italia, seguendo la strategia multifase di gestione dell'emergenza, la creazione di un campo provvisorio di alloggi temporanei viene coordinata in tempi brevi da un Gruppo Tecnico che si occupa di acquisire l'area adatta, tenendo conto delle esigenze della popolazione, della disponibilità di spazi, della presenza di imprese e artigiani a cui poter affidare i lavori.

Le dimensioni di un campo provvisorio devono essere proporzionali al numero di persone che l'abiteranno (da 40 a 500), per garantire una sufficiente qualità della vita degli abitanti e rispettando le esigenze logistiche sopra descritte. L'insediamento è composto solitamente dagli 8 fino a 130 moduli abitativi.

Dopo aver preparato il terreno per contenere la formazione di polveri e fango (pulizia, livellamento, ecc), vengono eseguite le opere di urbanizzazione primaria: percorsi carrabili principali (8-10 m di larghezza, con sistema di raccolta acque piovane), percorsi secondari per il traffico leggero (larghezza 5 m), e percorsi pedonali fra le unità abitative (larghezza 3 m).

Viene pianificata la distribuzione dei **moduli abitativi**, tale da consentire la ventilazione e l'illuminazione naturale, rispettando la conformazione del terreno (declivi, elementi naturali inamovibili, ...) e le distanze minime fra unità (8 m per la distribuzione perpendicolare e quella obliqua).

Vengono predisposti gli allacciamenti alla rete dei servizi necessari per le unità abitative (rete elettrica, messa a terra, rete idrica, rete fognaria con separazione di acque bianche e nere) e per gli spazi pubblici (rete antincendio, illuminazione pubblica e quant'altro possa servire).

Le unità possono essere disposte secondo vari schemi distributivi, tipicamente a schiera o a corte, o essere adattate alla conformazione del terreno su cui viene creato il campo.

La tipologia a schiera prevede che le unità siano allineate fra di loro. È adatta ad aree limitate ed irregolari o a terreni con terrazzamenti. Il suo limite è di non consentire la creazione di spazi di aggregazione sociale. Le unità abitative così disposte occupano ognuna una superficie fra i 112 e i 220 metri quadri.

La tipologia a corte prevede che i moduli siano aggregati in gruppi da 4 o 6, che si affacciano su una corte interna pedonale, orientata per permettere l'illuminazione interna naturale e che si chiuda ai venti freddi. In questo modo, vengono creati spazi aggregativi protetti e piacevoli.

Le tipologie distributive possono essere modificate secondo le necessità climatiche, ambientali, logistiche o culturali dell'utenza. Devono comunque essere sempre garantiti spazi di aggregazione per i servizi e le attività comuni. Le reti infrastrutturali devono essere interrato per non intralciare la circolazione e le attività.

Le unità devono garantire flessibilità, modularità, facilità e velocità di trasporto e posa in opera, facilità di manutenzione, riusabilità.

Le unità abitative hanno di solito le dimensioni dei **container ISO standard** (larghezza 244 cm, lunghezza 610 cm, altezza interna utile inferiore a 2,20 m). Siano esse container o prefabbricati, sono solitamente trasportati in dimensioni da container o smontati in sub-sistemi edilizi (con una riduzione dello spazio occupato anche dell'80%) che però poi necessitano di squadre di operai specializzati per la messa in opera.

Fra i vari tipi di unità, sono preferite quelle con struttura a secco a telaio (facilmente reversibili, smontabili e riutilizzabili) che necessitano di piccole opere di fondazione (10-20 cm dal terreno di plinti di cemento) che consentono la salubrità della costruzione. Gli elementi di tamponamento sono solitamente pannelli a sandwich che garantiscono l'isolamento, rivestiti esternamente di doghe di legno sia per migliorarne l'estetica (e quindi aumentare il benessere psico-fisico degli utenti) sia per creare un'intercapedine ventilata. La copertura è a due falde, sempre per ragioni sia estetiche che di comfort.

Le unità vengono dotate di arredi e servizi che sfruttino al meglio lo spazio e garantiscano la durabilità e la manutenzione. Gli impianti e i relativi accessori devono essere certificati.

Un'unità abitativa da 50 m<sup>2</sup>, come descritta, può essere eretta e approntata in 5 giorni da una squadra di 4 operai.



Un tipo di manufatto usato recentemente in Italia (terremoto dell'Abruzzo del 2009) per la creazione di un campo provvisorio è il **MAP (Modulo Abitativo Prefabbricato)**. I MAP sono casette in legno mono piano, bifamiliari o a schiera, di 40/50/70 mq e dotate di tutti i servizi necessari. I moduli devono essere conformi alle norme di sicurezza, antisismiche e di igiene. In Italia, vengono forniti alla popolazione dopo alcuni mesi dall'avvenimento della calamità e rimangono in uso fino anche a 3 anni.

Le opere di urbanizzazione delle aree espropriate per costruire il campo devono prevedere strade, marciapiedi e vialetti pedonali in conglomerato bituminoso su base in calcestruzzo. Devono essere create le infrastrutture elettriche, del gas, idriche, di fognatura ed altre eventuali.

I moduli devono poggiare su opere di fondazione in cemento debolmente armato. La struttura portante in legno deve essere recuperabile e riutilizzabile. Gli elementi strutturali, sia verticali che orizzontali, devono essere adeguatamente dimensionati e devono essere ben progettati i vincoli alla struttura di fondazione, anche con pareti lamellari. Il legno deve essere asciutto e repellente all'attacco di insetti, muffe, funghi, ecc; deve quindi essere impregnato con idrorepellenti, antimuffa, antitarlo e antibatterici.

Le pareti esterne devono resistere alle condizioni di carico e termiche, devono essere finite ad intonaco o simile per proteggere dall'aria e dall'acqua, non ci deve essere formazione di condensa e tutti gli elementi metallici presenti devono essere in acciaio inossidabile. La copertura, ad una o più falde, deve essere ancorata alla struttura sottostante e deve essere non spingente o a spinta eliminata e resistere alle intemperie. Tutte le strutture opache del modulo verso l'esterno devono avere una trasmittanza non superiore a 0,40 W/m<sup>2</sup>K. All'interno, il piano di calpestio deve essere in materiale resistente all'usura.

Per quanto riguarda serramenti, porte interne, portoncini, comignoli, gronde, esalatori, ecc. vengono date indicazioni come quelle per le normali abitazioni civili.

Per quanto riguarda i servizi, deve essere prevista l'installazione completa di un impianto idrico-sanitario, con una caldaia esterna, apparecchi sanitari di bagno e cucina in ceramica e acciaio e scarico in fognatura delle acque chiare e delle acque scure. L'impianto elettrico può essere incassato o a vista, in canaline di pvc. L'impianto di riscaldamento è a corpi radianti con tubazioni in acciaio o rame. In cucina deve esserci la cappa di esalazione fumi. Alla gara di appalto per la produzione dei MAP, in risposta all'emergenza in Abruzzo del 2009, il prezzo base di gara era di 760 €/mq.



**13** Fotografia del campo MAP a Coppito (Abruzzo, 2009)



**14** Fotografia del campo MAP a Rocca di Cambio (Abruzzo, 2009)

## CAMPO DI RIFUGIO E ABITAZIONE INCREMENTALE

In un approccio incrementale alla gestione dell'emergenza non vengono creati campi distinti in tempi e luoghi definiti, cioè campi immediati di ricovero e poi campi provvisori di abitazione, ma essi fanno parte di un processo evolutivo incrementale. Le varie fasi evolutive di un Transitional Shelter possono essere situate:

- sullo stesso sito di abitazione pre-emergenza
- su un nuovo sito di futura abitazione permanente
- in uno (o più) siti di abitazione provvisoria

Se il Transitional Shelter viene costruito sullo stesso sito di abitazione pre-emergenza, si devono verificare una serie di condizioni che rendano possibile questa decisione:

- Sicurezza dalle conseguenze di una calamità (alluvioni, smottamenti, ecc)
- Sicurezza da crolli dell'abitazione originaria derivanti dall'evento calamitoso
- Condizioni igieniche del sito

Se il sito di costruzione scelto è quello della futura nuova abitazione definitiva, oltre ai requisiti di igiene e sicurezza, già elencati nel punto precedente, il sito deve tenere conto di esigenze a lungo termine dei residenti, e di standard e leggi che regolano l'abitazione permanente nel Paese.

Nel caso si scelga un sito di abitazione provvisorio, oltre ai requisiti igienici, di sicurezza e adesione alle normative edilizie, sarà importante individuare il sito anche in relazione alla proprietà del suolo. Bisogna individuare il proprietario (che può essere la famiglia nella situazione d'emergenza, un altro privato o un'istituzione pubblica), negoziare i termini dell'uso provvisorio, gestire la transizione prima, durante e alla fine dell'uso provvisorio per l'abitazione.

Poiché questo tipo di gestione dell'emergenza viene usato in maggioranza in Paesi in via di sviluppo e in condizioni economiche disagiate, il Transitional Shelter diventa anche un'occasione di costruzione a standard più alti, quindi spesso andando ad occupare un sito di abitazione definitivo.



15 In Indonesia, una casa viene modificata per elevarsi ai nuovi standard anti tsunami dopo lo tsunami del 2004.

### ESIGENZE DI COMUNICAZIONE

La comunicazione personale è un bisogno forte sia durante il momento dell'avvenimento della situazione d'emergenza, dove gli individui hanno principalmente la necessità di far conoscere le proprie condizioni e apprendere le condizioni altrui, sia nel periodo di transizione verso la ripresa della vita normale, per ricostruire la rete di legami personali e ricevere affetto e supporto. Una situazione d'emergenza porta la popolazione a perdere contatto con la realtà, con il rischio di isolamento e disagio psicologico. Ecco quindi che il contatto da parte della popolazione con il resto del mondo e con gli affetti diventa parte importante nella gestione dell'emergenza.

Per permettere la comunicazione personale della popolazione, nel caso di inaccessibilità dei normali luoghi, strumenti e modalità, devono esserne previsti di alternativi. Poiché la comunicazione personale della popolazione colpita è necessaria in due modalità e tempi (nel momento dell'emergenza per necessità di sopravvivenza e notizie, nel periodo di transizione dopo l'avvenimento d'emergenza per riallacciare i rapporti umani), dal punto di vista insediativo questa necessità, similmente a quella della comunicazione di chi gestisce l'emergenza, necessita di luoghi per la comunicazione.

### ESIGENZE DI AGGREGAZIONE

In una situazione di sradicamento dal normale ambiente di vita dato da un evento calamitoso, si verifica di conseguenza una situazione di stress psicologico sulla popolazione colpita. Oltre all'esigenza di comunicazione, hanno la necessità di ricreare rapporti sociali, ricevere affetto e dare supporto reciproco per superare la situazione, anche tramite la presenza e l'aggregazione con altre persone. L'esigenza di aggregazione diventa parte fondamentale nella ricostruzione dei legami sociali persi o momentaneamente interrotti dall'emergenza, e del superamento psicologico della situazione.

Dal punto di vista insediativo, questo si riflette sui requisiti sia della singola unità abitativa sia quelli dell'intero campo di ricovero, sia negli spazi aperti che in quelli al chiuso. Le linee guida delle Nazioni Unite raccomandano un impianto insediativo tale da favorire l'aggregazione, attraverso ad esempio la creazione di corti tramite la disposizione dei moduli abitativi, la protezione degli spazi aperti dai venti principali, la creazione di zone d'ombra, ecc.

Interessante il recente esempio di organizzazione degli spazi aperti in Giappone, in seguito al terremoto e tsunami del 2011. In conseguenza alla creazione di un campo provvisorio di abitazione su un terreno in pendenza per la popolazione di un villaggio, i moduli abitativi sono stati disposti in un'unica lunga fila su dei terrazzamenti. Questo ha totalmente azzerato lo spazio di aggregazione pubblico e reso difficoltosi gli spostamenti soprattutto per la popolazione anziana. La creazione di scalini e zone di sosta fra i vari terrazzamenti ha risolto il problema.

### ESIGENZA DI PRIVACY

Durante un evento calamitoso e nei tempi successivi di soccorso e ricostruzione, il paesaggio sociale viene sconvolto e poi riformato in una situazione precaria. Il tipo di ricovero offerto alla popolazione può fare la differenza nella ricostruzione della sfera intima personale e di quella pubblica sociale. La convivenza forzata in palestre o simili, soprattutto su tempi prolungati, esalta l'esigenza alla privacy. Dopo lo tsunami giapponese del 2011, molte famiglie furono fatte rifugiare nelle palestre delle scuole; con il protrarsi del tempo, si rilevò un crescente disagio psicologico dato dalla forzata prossimità fra rifugiati in un unico spazio. Limitare la promiscuità, sia della singola persona che fra nuclei familiari, è quindi un'esigenza che incide sulla creazione e gestione di rifugi e campi d'accoglienza.

L'architetto Shigeru Ban ha sviluppato negli anni vari tipi di partizioni, da usare proprio in situazioni di ricovero d'emergenza indoor (tipicamente palestre in Giappone), in cartone e tubi di cartone. Sono state studiate diverse soluzioni: Paper House/Paper Partition System 1 (2004), Paper Partition System 2 (2005), Paper Partition System 3 (2006), Paper Partition System 4 (2011).



16 Il Paper Partition System di Shigeru Ban: PPS1/2004, PPS2/2005, PPS3/2006 , PPS3/2006 i singoli componenti, PPS4/2011 in uso in una palestra di una scuola giapponese. (Fonte: [www.shigerubanarchitects.com](http://www.shigerubanarchitects.com))

Come parte delle azioni di risposta ad una situazione d'emergenza, esistono vari manufatti il cui uso risulta essenziale per la creazione di spazi protetti e dedicati alle varie funzioni e necessità di tale situazione. Durante il tempo, la tipologia e l'organizzazione delle strutture di accoglienza d'emergenza si evolvono. Questa evoluzione è influenzata dal tipo di Paese in cui si verifica lo stato di emergenza, le capacità economiche degli Stati, l'avanzamento tecnologico della società e dal tipo di approccio scelto per la gestione dell'emergenza.

Come precedentemente analizzato nei capitoli sulle caratteristiche e sulle esigenze degli scenari d'emergenza, i manufatti sia di uso immediato che di uso temporaneo devono rispondere a precisi requisiti prestazionali di tipo logistico, tecnico e sociale. In quest'ottica, sono stati analizzate le caratteristiche dei tipi di manufatti esistenti, rispondenti ai requisiti così definiti.

Dallo studio della bibliografia sul tema, sono stati individuati i **requisiti principali** a cui questi tipi di manufatti devono rispondere, i quali sono:

- Immagazzinamento
- Trasportabilità
- Approntabilità
- Manutenzione
- Durabilità
- Gestione dell' energia
- Comfort
- Adattabilità climatica
- Sostenibilità ambientale
- Adattabilità
- Modularità
- Privacy
- Prezzo (quando disponibile)

Nel capitolo 3.1 ogni requisito è stato scomposto e approfondito nelle sue diverse componenti caratteristiche, e sono state raccolte le strategie di risposta esistenti o le indicazioni per la costruzione dei manufatti di ricovero e abitazione. In particolare, essi vengono esemplificati attraverso alcuni casi studio ritenuti interessanti per le loro strategie di risposta.

Nel capitolo 3.2 i casi studio sono di manufatti oggi in uso dagli enti di soccorso, manufatti proposti dai costruttori, manufatti proposti da progettisti. Essi sono stati approfonditi secondo i singoli requisiti in analisi, per poi essere nuovamente comparati alla fine in modo globale. Si evidenzia come le strategie di risposta ad ogni singolo requisito siano in diretta relazione con tutti gli altri requisiti del manufatto, facendo ipotizzare un processo di progettazione non lineare ma ricorsivo fra le sue parti.

Nel capitolo 3.3 e 3.4 sono state rispettivamente studiate le diverse strategie di risposta riguardanti le tecnologie costruttive dei manufatti e i materiali da costruzione.

### 3.1.1 IMMAGAZZINAMENTO

Un ricovero d'emergenza deve rispondere all'esigenza di una pronta disponibilità all'uso in caso di calamità, ciò significa che i ricoveri d'emergenza devono essere immagazzinati in attesa d'uso. Dati il costo e i tempi per il trasporto, la cosa migliore è la suddivisione dei magazzini su scala regionale e non centralizzata. I magazzini devono essere spazi adatti a quest'uso, cioè asciutti, protetti dai raggi UV, protetti dagli animali e dalle muffe, ventilati. I tempi di attesa prima dell'uso sono stimati in media di almeno 5 anni.

Questa situazione di immagazzinamento comporta la necessità per il manufatto di avere *caratteristiche* atte allo scopo, cioè:

- Dimensioni compatte
- Peso contenuto
- Impilabili o accostabili
- Semplicità di movimentazione
- Resistenza al degrado del tempo
- Resistenza allo schiacciamento

Esistono varie *tipologie di impacchettamento* possibili:

- Impacchettamento morbido il manufatto smontato, ripiegato su se stesso o con le varie parti ammassate l'una sull'altra, viene inserito in un contenitore esterno morbido, che una volta aperto potrà essere ripiegato e occuperà uno spazio minimo ma non avrà un altro uso
- Impacchettamento rigido il manufatto smontato, ripiegato su se stesso o con le varie parti ammassate l'una sull'altra, viene inserito in un contenitore rigido, che una volta aperto non cambia di volume e non ha altri usi
- Use-it-all il manufatto e il contenitore sono la stessa cosa, l'elemento che funziona da contenitore, morbido o rigido, diventa poi una parte funzionale del manufatto in uso, sia per un manufatto da approntare sia per uno pronto all'uso
- Matrioska le varie parti del manufatto sono inserite una nell'altra al fine di ridurre il volume, con il contenitore esterno che può essere rigido o morbido ed essere una parte funzionale o solo il contenitore del manufatto
- Ad incastro il manufatto è smontato e con le varie parti incastrate l'una con l'altra al fine di formare un volume compatto, con l'elemento più esterno di impacchettamento che può essere morbido, rigido o use-it-all

### 3.1.2 TRASPORTABILITÀ

Pensando alle condizioni sia delle infrastrutture di trasporto sia a quelle ambientali del sito dell' emergenza, si definiscono le seguenti **caratteristiche di trasportabilità** per la struttura:

- Leggerezza
- Resistenza
- Volume ridotto
- Facilità di movimentazione

La trasportabilità deve essere considerata ai vari livelli in cui viene effettuata, cioè come unit load, ship pack, secondary pack e primary pack.

Per la prima emergenza, la Protezione Civile ha in dotazione tende in contenitori morbidi (primary pack) che di regola vengono trasportate in pile su pallet (secondary pack), in gruppi da 50 in un solo container (ship pack), numero adatto a formare un campo di prima accoglienza insieme alle strutture per i servizi (insieme, formano una unit load). Le tende vengono distribuite sul territorio tramite ferrovia e automezzi, portate sul sito tramite automezzi e movimentate nel sito a mano da due a sei persone.

La qualità della trasportabilità è direttamente collegata alla tipologia di impacchettamento del manufatto abitativo, influenzando le sue caratteristiche dimensionali, di peso e la sua facilità di movimentazione; sono requisiti diversi che hanno bisogno di una strategia di risposta comune. Come precedentemente visto, le tipologie di impacchettamento possibili definiscono soprattutto il volume e l'uso dell'elemento contenitore.



17 Trasporto a mano di una tenda della Protezione Civile

Per quanto riguarda i manufatti in uso, i vari tipi di tenda per la prima emergenza hanno pesi che variano fra i 70 e i 100 kg l'una; sono impacchettate principalmente in due modi: in contenitori morbidi con apposite prese per lo spostamento a mano da parte di da due a sei persone direttamente sul campo, oppure in casse rigide di legno.

I manufatti per i campi provvisori di abitazione (case-container, MAP) sono invece trasportabili sempre e solo con l'ausilio di macchinari, a tutti i livelli del trasporto sul campo, e sono sempre impacchettati in contenitori rigidi o use-it-all rigidi.

Il tipo di trasportabilità sul campo è il più critico, in quanto è in diretta relazione con le condizioni ambientali dello scenario d'emergenza e il numero e la tipologia degli aiuti presenti. L'ultima fase di trasporto, cioè quella riguardante il primary pack, che risulta più semplice e versatile è il trasporto manuale da parte di un piccolo gruppo di persone; questo permette di adattare liberamente il trasporto alle condizioni del sito, senza quindi avere necessità di spazi carrabili, e tramite il lavoro di persone non specializzate.

Dai casi studio esaminati, si è visto come la migliore trasportabilità si abbia con dimensioni e peso adatti ad essere movimentati a mano da 1 a 6 persone, permettendo così la trasportabilità dei manufatti in tutte le condizioni del sito. Ciò avviene grazie a tipologie del manufatto a tenda (tende della Protezione Civile autostabile e pneumatica, tenda Desert Seal) o sottovuoto (casa del tè di Masaaki Iwamoto/ILEK).

### 3.1.3 APPRONTABILITÀ

---

Con approntabilità si intendono tutte quelle operazioni necessarie a rendere un manufatto usabile creando uno spazio protetto, per cui il fine delle operazioni deve essere l'uso ottimale del manufatto senza ulteriori operazioni. Le operazioni possono essere di vario tipo: la messa in posizione e l'allacciamento ai servizi di unità casa-container, il montaggio meccanico di varie parti, l'apertura e il dispiegamento, il gonfiaggio, la messa in tensione.

#### **Esigenze di approntabilità:**

- Rapidità                      pronta risposta alle esigenze di una situazione d'emergenza
- Facilità                        operazioni possibili sia da parte di operatori di soccorso, preparati o non specializzati, sia da parte della popolazione stessa
- Sicurezza del risultato    approntare il manufatto per come è stato progettato, senza errori che ne compromettano l'uso ottimale

L'approntabilità è strettamente legata al **tipo di struttura** da approntare; esistono vari **metodi** per approntare un manufatto trasportabile, corrispondenti ad altrettante tipologie di strutture. Inoltre, la scelta del tipo di struttura incide anche sulla trasportabilità della stessa, per quanto riguarda volume e peso; tutti i requisiti del manufatto sono di fatto in diretta relazione l'uno con l'altro e influenzano reciprocamente le varie strategie di risposta.

Il tipo di struttura incide anche sui **tempi** di erezione della stessa. Nell'ambito dell'emergenza, il tempo è un fattore molto importante; la pronta risposta alla necessità di rifugio può incidere grandemente sulla salute e sul comfort della popolazione colpita.

La facilità di erezione è ancora una volta in relazione al tipo di struttura, ma dipende anche dal numero e dalla preparazione delle **persone** che vengono coinvolte e dagli **strumenti** in loro uso.

Esistono vari tipi di strutture trasportabili. Esse possono essere ad elementi rigidi, oppure strutture a elementi rigidi movimentabili, oppure con un sistema tensostrutturale a membrana (che può essere a struttura fissa, o con membrane retrattili, o strutture con sia sostegni che membrana trasformabili). Esistono poi sistemi che utilizzano l'aria come elemento portante, cioè i sistemi pneumatici. Per i manufatti d'emergenza, generalmente si hanno strutture ad elementi rigidi (prefabbricati), o strutture tensostrutturali con telaio rigido fisso (tende) o sistemi pneumatici (tende pneumatiche). Nell'Appendice I si possono vedere le istruzioni di approntabilità per le due più comuni tende usate dalla Protezione Civile italiana, a telaio rigido e pneumatica, con il numero di persone, gli strumenti e la serie di operazioni necessarie.

Per quanto riguarda i tempi e le persone coinvolte, le classiche tende oggi usate più comunemente impiegano dalle 2 alle 6 persone, con tempi variabili a seconda della tipologia (fino ad un'ora per quella con telaio rigido o qualche minuto per la pneumatica), della grandezza e della complessità delle parti (una tenda estiva è generalmente più semplice di una tenda invernale in quanto è composta da meno parti), e degli strumenti usati (picchetti e mazzette oppure un compressore oppure bombole di CO<sub>2</sub>).

La sicurezza del risultato è importante per garantire la corretta funzionalità e le prestazioni dei manufatti così come erano state progettate. La riduzione di errori riguarda anche le caratteristiche di rapidità e facilità delle operazioni da parte delle persone coinvolte, che possono essere specializzate o meno. Le tende pneumatiche garantiscono una migliore qualità del risultato finale in quanto sono preformate e non vanno montate per parti.



### 3.1.4 MANUNTENZIONE

La manutenzione deve essere prevista in due tempi e modalità diverse: durante l'uso sul campo nel periodo dell'emergenza e alla conclusione dell'uso sul campo, cioè prima del re-immagazzinamento.

Per la manutenzione, i requisiti necessari sono:

- Adattabilità
- Riparabilità
- Pulizia

Con **adattabilità** si intende la possibilità di adattare parti della struttura in seguito a rottura o usura, modificandone l'uso oppure togliendo, sostituendo o aggiungendo la parte problematica. Con **riparabilità** si intende la rimessa in uso delle parti danneggiate dopo un intervento di ripristino delle stesse.

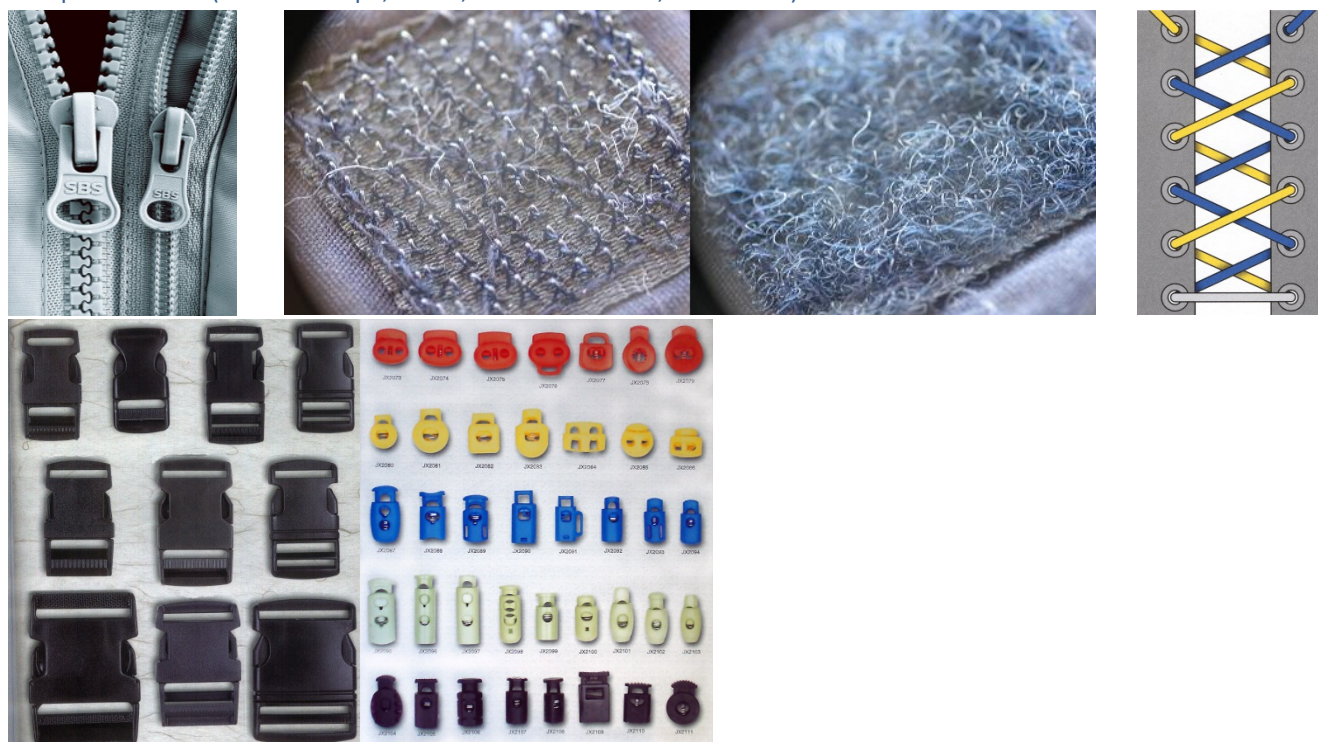
Ad esempio, degli strappi nel tessuto possono essere ricuciti, incollati (cioè riparati) o sovrapposti da una pezza di tessuto nuovo (cioè la parte viene adattata). La riduzione dell'impermeabilità può essere risolta con l'eliminazione degli elementi di disturbo (ad esempio oggetti in contatto con il tessuto), o con la sostituzione della parte rovinata, o con il trattamento con materiali impermeabili o con la sovrapposizione con un ulteriore strato impermeabile. La rottura di elementi strutturali (pali o corde) può essere risolto con la sostituzione dell'intero elemento, oppure le parti possono venire riparate riaggiustandole fra i loro (saldatura, annodatura, incollatura, cucitura, ...) o possono venire inserite ulteriori parte in sostituzione.

**Punti di criticità** nelle strutture delle tende sono: le giunzioni, le pieghe, le parti sottoposte ad un forte tensionamento, le parti sottoposte ad usura intensa (come le aperture).

Per quanto riguarda le aperture, nell' "Handbook for Emergencies" delle Nazioni Unite vengono indicati i tipi e i loro tipici problemi dei vari sistemi di chiusura:

- Cerniera lampo                      rottura degli elementi
- Velcro                                otturazione degli spazi fra i ganci e gli uncini
- Occhielli                            rottura
- Corda                                congelamento in posizione nei climi freddi
- Allacciamento                    non permettono un'apertura e una chiusura veloce
- Chiusure ad incastro            con uno strato di tessuto sovrapposto sono una soluzione preferenziale

#### 18 Tipi di chiusura (cerniera lampo, velcro, ad allacciamento, ad incastro)



Per quanto riguarda la **pulizia** del manufatto, deve essere garantita per ogni parte che la compone, con sistemi poco costosi e comuni (acqua, detersivi comuni neutri, acqua a pressione, strofinamento e raschiatura con utensili).

Ad esempio, in un bando per la manutenzione delle tende della Protezione Civile (“Gara per la manutenzione straordinaria delle tende pneumatiche PC/07-042 e TMM e delle tende da campo autostabili”), vengono definiti puntualmente i tipi di detersivi e trattamenti usabili per non rovinare i manufatti: idropulitrice con acqua a bassa pressione, detersivo neutro (tipo marsiglia), asciugatura al sole e all’aria aperta e non in macchine asciugatrici che potrebbero rovinare i materiali a causa delle alte temperature e dell’azione meccanica.

### 3.1.5 DURABILITÀ

---

La durabilità di un manufatto per l’emergenza è un requisito importante, sia nella fase di immagazzinamento sia durante l’uso. Essa si articola in:

- Resistenza agli sbalzi termici e agli estremi di temperatura
- Resistenza ai fenomeni atmosferici (pioggia, vento, peso della neve)
- Resistenza al fuoco
- Resistenza ai raggi UV
- Resistenza ad agenti chimici
- Resistenza all’attacco di animali e insetti
- Resistenza al taglio
- Resistenza all’usura
- Resistenza alla marcescenza

Le strategie di risposta a tali requisiti riguardano sia la progettazione della struttura sia la scelta dei materiali secondo le loro caratteristiche.

La progettazione dovrebbe tenere conto dei punti di criticità che potrebbero compromettere la durata del manufatto: evitare punti di tensionamento eccessivo, prevedere intercapedini di ventilazione per abbassare la temperatura e permettere l’allontanamento dell’umidità, progettare per l’allontanamento delle acque meteoriche, accoppiare materiali in modo opportuno, prevedere materiali diversi per componenti con necessità diverse.

I materiali dovrebbero avere le caratteristiche fisiche e chimiche per cui sia per loro possibile adempiere ai requisiti sopra elencati, valutandone il modo e lo scopo d’uso, l’eventuale accoppiamento fra di loro e il grado di resistenza voluto.

Ad esempio i “catini” delle tende, cioè le parti a contatto con il terreno, vengono solitamente progettati in un materiale diverso dal resto del corpo della tenda, impermeabile e resistente all’usura da camminamento (come il PVC).

### 3.1.6 GESTIONE DELL'ENERGIA

Le necessità energetiche di uno scenario d'emergenza derivano dall'esigenza di sostenere la domanda energetica dei mezzi tecnologici, sia forniti da chi si occupa della gestione dell'emergenza sia personali della popolazione.

Questa domanda energetica crea per il manufatto i requisiti di:

- allacciamento alla rete energetica
- autoproduzione di energia (stand-alone)

Normalmente, i campi di rifugio vengono allacciati alle reti energetiche esistenti e i manufatti di abitazione forniti di apparecchi per l'illuminazione, la conservazione e cottura del cibo, il riscaldamento e il condizionamento, e accolgono gli apparecchi appartenenti alla popolazione (per la comunicazione, lo svago, ecc.).

Dove non esistono o non è possibile l'allacciamento alla rete, vengono forniti o portati dalla popolazione stessa apparecchi indipendenti dalla rete, quali apparecchi elettronici a batteria, lampade a combustibile, fornelli e stufe a legna, carbone, kerosene, alcol.

Non è diffusa la pratica di progettare integrata nei manufatti stessi una fonte d'energia come dei pannelli fotovoltaici, sia per ragioni economiche che pratiche.

Esistono comunque delle versioni portatili di pannelli fotovoltaici che si è visto la popolazione acquista e usa in caso di bisogno in Paesi con disponibilità economica, diffusa cultura tecnologica e una cultura alla preparazione all'emergenza (come si è notato nella popolazione giapponese durante il terremoto e tsunami del 2006, dove la cultura della preparazione all'emergenza è diffusa e radicata e i terremoti avvengono spesso), seppure non ancora in modo diffuso. Questi pannelli possono venire usati per caricare batterie, mezzi di comunicazione quali cellulari e piccoli strumenti di illuminazione.

Di ingombro e peso ridotti rispetto ai tradizionali pannelli fotovoltaici, esistono i film fotovoltaici. Essi hanno anche un costo minore rispetto ai pannelli, allargandone la possibilità d'uso. Si sta diffondendo, soprattutto per ora in campo militare, l'integrazione dei filmi fotovoltaici nei teli ombreggianti e di riparo. Ad esempio, PowerFilm® produce vari tipi di film fotovoltaici, resistenti alle intemperie, piegabili, arrotolabili e nelle più svariate dimensioni. Essa produce anche PowerShade®, un telo ombreggiante da campo che può produrre 1, 2 o 3 kW a seconda delle versioni; per ora un grosso limite di questo prodotto è il peso, di circa 400 kg per la versione da 2 kW.



19 Da sinistra: film fotovoltaico arrotolabile R-14, film fotovoltaico piegabile USB+AA, presa USB del precedente (tutto PowerFilm)



**20** PowerShade (telo ombreggiante con film fotovoltaico integrato), marca PowerFilm.

Una panoramica degli accessori energivori che possono venire installati in una tenda d'emergenza sono quelli forniti da Ferrino alla Protezione Civile italiana, per l'illuminazione, il riscaldamento e il raffreddamento.

**Illuminazione:**

- o plafoniera neon 36W
- o lampada in policarbonato con lampadina 60W

**Riscaldamento:**

- o stufetta portatile a kerosene
- o radiatore elettrico ad olio 11 elementi
- o condizionatore portatile/pompa di calore
- o generatore d'aria calda 32000 kWkcal/h

potenza termica 2300W, volume riscaldato 80 m<sup>3</sup>

potenza termica 1000 / 1500 / 2055 W,  
volume riscaldato 60 m<sup>3</sup>

riscaldamento: potenza termica 4,22 kW, potenza  
assorbita 1500 W;

condizionamento: capacità raffreddamento 4,35 kW,  
potenza assorbita 1440 kW; portata aria 550 mc/h

potenza termica nominale 32 kW, potenza termica  
resa effettiva 25 kW, portata d'aria 1150 mc/h,  
consumo gasolio 2,7 kg/h,  
assorbimento elettrico 370W



**21** Accessori per l'illuminazione: lampada al neon e lampada 60 W (marca: Ferrino)



22 Accessori per il riscaldamento e raffreddamento: stufetta a kerosene, radiatore elettrico, condizionatore/pompa di calore, generatore d'aria calda (marca: Ferrino)

### 3.1.7 COMFORT

---

La qualità ambientale dei manufatti per l'emergenza, cioè il comfort dell'utente al loro interno, è di ovvia importanza sia fisica che psicologica. Le caratteristiche che definiscono questo requisito sono:

- comfort acustico
- comfort d'illuminazione
- comfort termico
- comfort igrometrico
- ventilazione
- tossicità

Queste caratteristiche sono influenzate dalla forma del manufatto e dalle sue caratteristiche costruttive (aperture, ombreggiatura, ... ), dalle caratteristiche dei materiali (isolamento, traspirabilità, ... ), dalle attività svolte al loro interno e dalle caratteristiche climatiche (vedi capitolo seguente).

Con comfort acustico si intende la capacità da parte degli utenti di poter sostenere una conversazione o riuscire a riposare all'interno dei manufatti, in termine di smorzamento dei rumori provenienti dall'esterno. Normalmente le tende forniscono uno smorzamento dei rumori di poco conto, mentre un migliore comportamento acustico si ha con i manufatti prefabbricati. La valutazione della rumorosità di un ambiente , cioè non una misura in decibel ma una sensazione di comfort acustico, è soggettiva. Per un'abitazione (non d'emergenza) si indica il livello di comfort acustico con un noise rating (NR) pari a 30 nelle zone giorno e 25 nelle zone notte.

Il comfort dell'illuminazione è la possibilità da parte degli utenti di svolgere azioni quotidiane. Le Nazioni Unite raccomandano nelle tende un'ampiezza di aperture trasparenti tali da permettere di leggere all'interno dei manufatti con la sola luce diurna naturale.

Il comfort termico e quello igrometrico riguardano lo scambio di calore del corpo con lo spazio, cioè l'essere "al caldo" in inverno e "al fresco" in estate. I manufatti per l'emergenza rispondono a questa esigenza in due modi: l'adeguata progettazione del manufatto e l'uso di apparecchi di riscaldamento e condizionamento. Il manufatto incide sulla qualità termoigrometrica dell'ambiente attraverso la sua forma, il rapporto superficie/volume, il volume abitabile, l'ombreggiatura, la presenza di intercapedini ventilate, aperture adeguate alla ventilazione o air-lock, i materiali e le loro caratteristiche. Nel capitolo seguente, si vedrà come i diversi climi portino alla progettazione con alcuni accorgimenti per il controllo ambientale interno. Gli apparecchi di riscaldamento e condizionamento vengono usati per migliorare le prestazioni dei manufatti e sopperire alle loro mancanze. Nel capitolo precedente si possono vedere gli apparecchi comunemente usati dalla Protezione Civile italiana. L'uso di apparecchi tecnologici presuppone, per la popolazione colpita, per chi la aiuta e per chi si occupa di gestire l'emergenza, la disponibilità economica adeguata, la disponibilità tecnologica e una o più fonti d'energia.

La ventilazione è legata sia al comfort termoigrometrico che alla salubrità dell'aria. Il comfort termoigrometrico beneficia dalla ventilazione per la rimozione dell'umidità e l'abbassamento della temperatura, nonché per la sensazione di fresco data dalla brezza. Per quanto riguarda la salubrità, l'aria all'interno dei manufatti può col tempo arricchirsi di CO<sub>2</sub> derivante dalla respirazione, dei gas e dei fumi dagli apparecchi di riscaldamento, per la cottura dei cibi e l'illuminazione, dei gas emessi dal terreno, dalle sostanze volatili emesse dai materiali del manufatto stesso e dagli oggetti presenti al suo interno. A seconda delle attività, del numero delle persone e degli apparecchi presenti all'interno e del volume di aria interna, la necessità di ricambio d'aria può variare molto. Per questo viene indicata come necessaria la possibilità per i fruitori degli spazi di poter aprire e chiudere parti del manufatto a loro piacimento, assicurandone un'ampiezza tale da garantire il ricambio dell'aria. Viene indicato che queste aperture possano essere sempre protette da zanzariere e oscuramento.

La tossicità riguarda i materiali del manufatto. Essi devono essere stabili e non rilasciare sostanze nocive per l'uomo e l'ambiente sotto i comuni scenari d'uso, cioè in presenza di acqua (con un grado di acidità variabile a seconda dell'inquinamento presente, che può essere causa lui stesso dell'emergenza come nel caso di un incidente

industriale), irraggiamento solare, sbalzi di temperatura, congelamento, normali detergenti, sostanze per la cucina (come ad esempio schizzi d'olio), gas naturalmente presenti nell'aria e provenienti dal sottosuolo (radon), salinità (per le aree costiere), fuoco, marcescenza.

### 3.1.8 ADATTABILITÀ CLIMATICA

---

Durante l'emergenza e nei tempi a seguire fino al rientro alla normalità, si possono avere delle ampie differenze climatiche, sia fra il giorno e la notte sia stagionali. Inoltre, lo stesso tipo di manufatto di ricovero e abitazione può essere fornito in una zona geografica varia con diverse caratteristiche climatiche. Per far fronte a queste esigenze vengono seguiti due metodi di risposta alla necessità dell'adattabilità climatica:

- **differenti manufatti per differenti climi**
- **implementazione dello stesso manufatto** con l'aggiunta di parti (strato isolante, teli ombreggianti) e apparecchi (condizionatore/pompa di calore)

La guida delle Nazioni Unite diversifica i climi in tre tipi:

- clima caldo secco
- clima caldo umido
- clima freddo

Per il **clima caldo secco** vengono date le seguenti indicazioni costruttive per le tende:

- la funzione della tenda è quella di ombreggiare e permettere la ventilazione per raffrescare. La tenda deve essere in grado di resistere a polvere e vento. Nel caso il clima sia desertico o ad alte altitudini, l'escursione termica notturna rende necessario l'uso di tende per climi freddi.
- un telo ombreggiante è il metodo migliore per abbassare la temperatura interno. Dovrebbe essere sollevato rispetto al corpo della tenda in modo da formare un'intercapedine ventilata.
- Devono essere presenti ampie aperture che possono essere tenute aperte. I lati della tenda possono essere rialzati lungo il perimetro tramite la messa in tensione delle corde.
- Creare spazi ombreggiati esterni, sia con teli ombreggianti che naturali.

Per i climi **caldo umidi** le indicazioni per le tende sono:

- La funzione principale della tenda è quella di ombreggiare. Le tende devono essere ventilate e permettere il deflusso dell'acqua in merito all'umidità dell'aria e alle precipitazioni.
- La protezione dalla marcescenza dall'umidità dei materiali è importante, soprattutto sui periodi lunghi.

Per i **climi freddi** vengono date le seguenti indicazioni:

- Le tende sarebbero da evitare, in quanto disperdono facilmente calore.
- Una tenda invernalizzata deve avere almeno le seguenti parti base: un telo esterno di copertura, una camera interna in cotone, un'apertura appropriata per un camino (cioè lontana dalle pareti e circondata da un'area in metallo o materiale ignifugo), una copertura o rialzo dal terreno.
- Devono essere evitate infiltrazioni d'aria fredda (ad esempio creando una zona buffer) ma avendo cura di mantenere una minima ventilazione per la salubrità dell'aria.

Diversi enti seguono diverse metodologie di risposta alle variazioni climatiche: le Nazioni Unite hanno diversi manufatti per diversi climi (in quanto operano su scala mondiale), mentre la Protezione Civile italiana implementa lo stesso tipo di tenda a seconda dell'area geografica e della stagione.

Per quanto riguarda l'implementazione delle tende della Protezione Civile, esse rispondono così come spiegato di seguito ai diversi tipi di clima, mantenendo sempre lo stesso manufatto come corpo principale.

Clima caldo:

- Aperture delle tende nei due ingressi di testa e nelle aperture secondarie laterali
- Telo ombreggiante superiore
- Installazione di apparecchi di condizionamento

Clima freddo:

- Chiusura delle aperture secondarie e creazione di una zona buffer all'ingresso della tenda
- Telo di copertura esterno
- Installazione di uno strato isolante alle pareti della tenda
- Installazione di un pavimento in gomma
- Installazione di apparecchi per il riscaldamento



### 3.1.9 SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

I manufatti per l'emergenza impattano sull'ambiente in tre diversi momenti: durante la creazione dei materiali, durante l'uso del manufatto e alla sua dismissione. Ciò crea degli specifici requisiti di sostenibilità ambientale per i manufatti:

- Materiali con bassa energia incorporata e basse emissioni di CO<sub>2</sub>
- Riusabilità
- Riciclabilità
- Riparabilità
- Riduzione delle risorse necessarie

L'energia incorporata (EE – Embodied Energy) di un materiale è la somma di tutte le energie spese per la sua creazione: dal recupero delle materie prime, alle lavorazioni, ai trasporti, al montaggio e infine allo smaltimento. Le emissioni di CO<sub>2</sub> incorporate (EC – Embodied Carbon) di un materiale sono la somma di tutte le emissioni di anidride carbonica svoltesi durante tutte le fasi della sua creazione, in concorso all'uso dell'energia.

Essi sono due importanti indici di impatto ambientale, in quanto riassumono il ciclo di produzione del materiale e danno una valutazione quantitativa del suo impatto sull'ambiente. Il gruppo di ricerca dell'Università di Bath ha stilato l'Inventory of Carbon and Energy (ICE), in cui riassumono questi valori per i più diffusi materiali nelle loro forme più diffuse, mediando i valori dei prodotti oggi presenti sul mercato. Si sta diffondendo l'uso di divulgare i documenti attestanti l'energia incorporata (e ancora più raramente la CO<sub>2</sub> incorporata) insieme alla schede tecniche dei materiali, anche se per ora questa prassi è praticata solo dai produttori di materiali particolarmente vantaggiosi sotto questo punto di vista, in quanto non è obbligatorio.

| ICE v2.0                      | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|-------------------------------|--------------------------------|---|
| acciaio tubolare              | 24,90                          | 1,94  |
| alluminio in fogli            | 155,00                         | 8,24  |
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                         | 8,16  |
| cartone in pannelli           | 24,80                          | 1,32  |
| compensato in pannello        | 15,00                          | 0,81  |
| cotone                        | 143,00                         | 6,78  |
| HDPE                          | 76,70                          | 1,93  |
| LDPE                          | 78,10                          | 2,08  |
| poliestere                    | 80,50                          | 3,31  |
| polietilene                   | 83,10                          | 1,94  |
| PVC                           | 68,60                          | 3,19  |

**Tabella 1** Sostenibilità ambientale: tabella di comparazione fra i principali materiali dei casi studio per l'emergenza

Nei casi studio che verranno analizzati nel capitolo successivo, si è fatto uno studio sull'energia incorporata per ogni tipo di manufatto di ricovero. Questo ha implicato l'uso di un metodo di calcolo delle prestazioni apposito, cioè di ogni manufatto sono stati analizzati gli elementi principali, strutturali e di chiusura, per le loro caratteristiche rilevanti al calcolo dell'EE; è stata quindi calcolata l'energia incorporata sia per ogni tipo di elemento analizzato (in MJ), sia per la totalità degli elementi del manufatto (MJ), sia come indice dell'energia incorporata rispetto alla superficie calpestabile interna del manufatto (MJ/m<sup>2</sup>), in modo da poter comparare tra loro i vari tipi di rifugio. I risultati di ogni caso studio sono presenti nella parte riguardante la sostenibilità di ognuno di essi, inoltre sono presenti delle ulteriori considerazioni nel capitolo successivo dedicato ai materiali (capitolo 3.4).

La riusabilità è la possibilità di riusare, con una minima lavorazione o operazioni di montaggio e smontaggio, un materiale, un componente o un intero manufatto. È evidente la riusabilità dei manufatti per l'emergenza, in quanto il loro stesso tipo di uso ne permette una riutilizzazione in più occasioni. La riusabilità delle singole componenti (camera interna, telo ombreggiante, telo per terreno) è legata sia al riutilizzo dell'intero manufatto a cui erano associate sia all'intercambiabilità con altri manufatti. Questo requisito presuppone delle caratteristiche di durabilità dei manufatti e dei materiali.

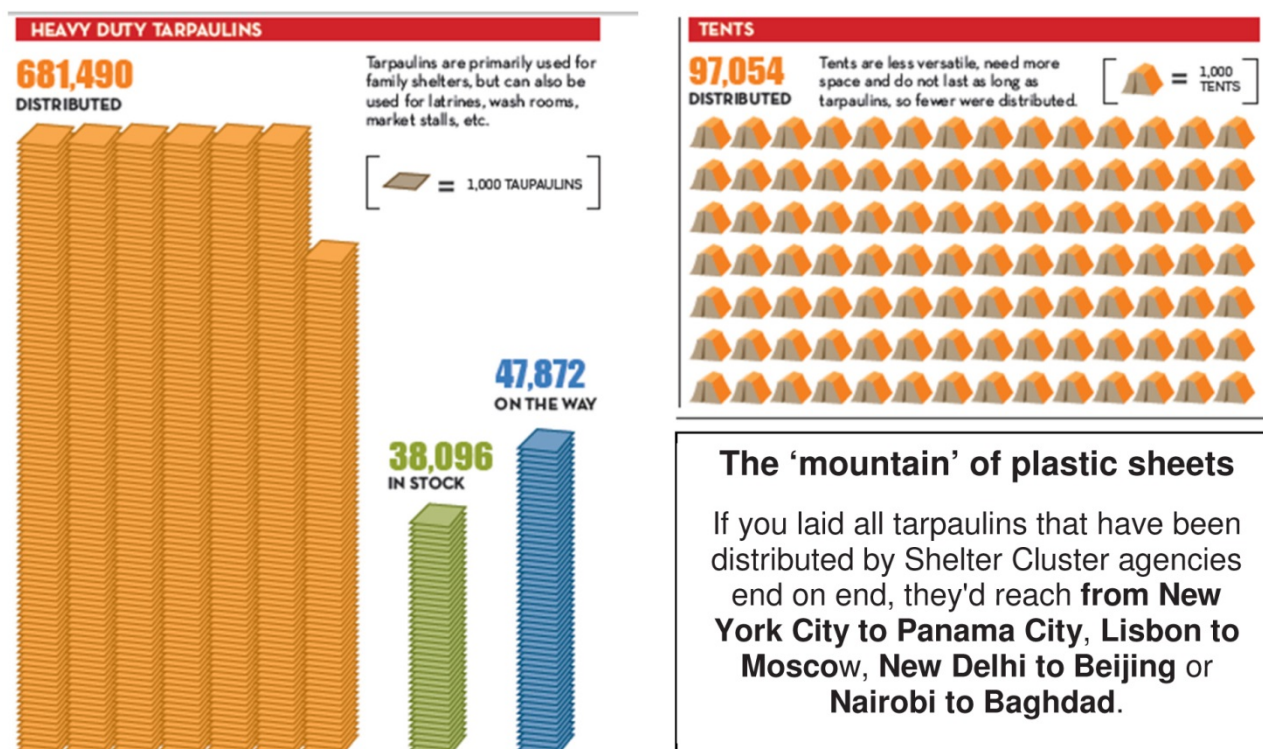
La riciclabilità è la possibilità di riutilizzo dei materiali dopo essere stati nuovamente lavorati, per funzioni identiche o "degradata", a seconda delle caratteristiche del materiale.

La riparabilità, già approfondita nel capitolo dedicato alla manutenzione, è anche un requisito di sostenibilità ambientale in quanto previene la dismissione e il conseguente uso di nuovo materiali.

La riduzione delle risorse è strettamente legata ai requisiti precedenti di riusabilità, riciclabilità e riparabilità, in quanto permettono di limitare lo sfruttamento di risorse vergini. È inoltre legata ad un'appropriata progettazione, in cui non venga usato materiale in eccesso rispetto alle necessità.

I manufatti per l'emergenza normalmente in uso vengono tipicamente riusati. Parti di essi possono essere riparate o sostituite. Non sono state trovate indicazioni in merito all'utilizzo di materiali riciclati ma è stata affrontata la tematica del riciclo a fine vita.

La IASC (Inter Agency Standing Committee) ha rilasciato una pubblicazione in merito alla dismissione dei teli plastici (vedi bibliografia). Dopo il terremoto di Haiti, erano stati distribuiti più di 700000 teloni plastici. Si è visto che c'è stato un loro grande riuso, anche con la loro integrazione nelle case ricostruite. Comunque, una grande quantità non veniva più usata. Sono state quindi proposte diverse alternative di vita: riutilizzo da parte delle agenzie dopo pulizia, riutilizzo dopo minime trasformazioni, riciclo (ma esiste una sola ricicleria adeguata in tutta Haiti), bruciatura. Si è notato che parte della popolazione interrava i teloni con l'idea di farli marcire nel terreno e quindi dissolverli; poiché l'operazione non è possibile con questo materiale, è stata data nota di evitare questo comportamento in quanto potenzialmente dannoso per l'ambiente.



23 Schema quantitativo sulla distribuzione di teloni plastici ad Haiti (Fonte: IASC)

### 3.1.10 ADATTABILITÀ

---

L'adattabilità del manufatto è la possibilità da parte degli occupanti di modificare gli spazi secondo le loro necessità, a piacimento. Ad esempio, suddividendo lo spazio interno o avendo la possibilità di usare lo spazio esterno prospiciente al manufatto.

Perché questo sia possibile, ci sono due aspetti importanti da considerare nella progettazione:

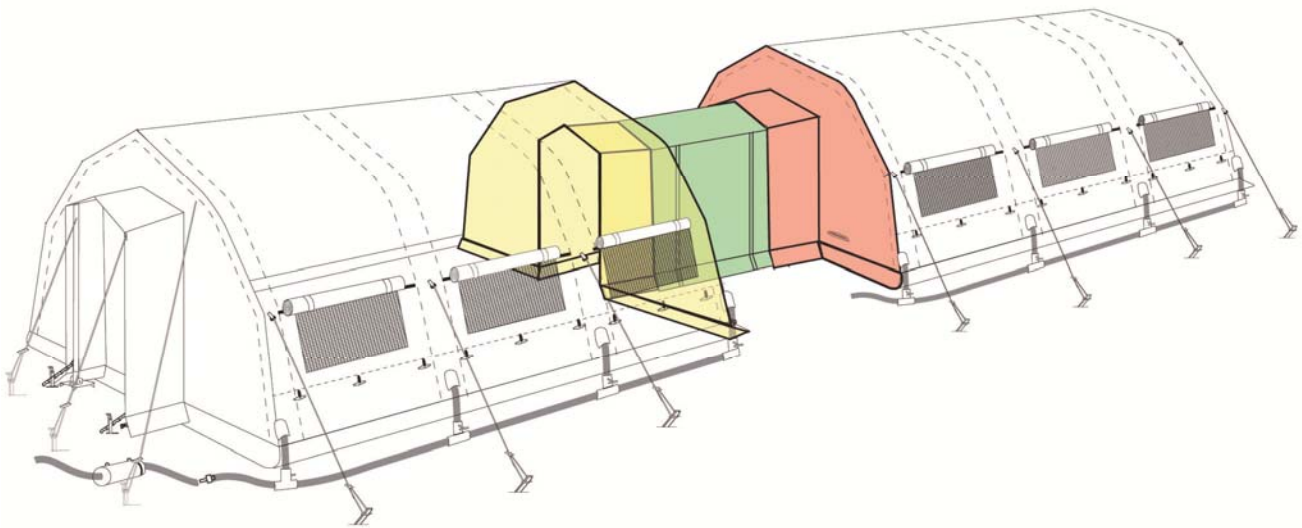
- Minimizzare il numero di ostacoli                      cioè creare spazi, sia interni che esterni, che abbiano il numero minimo possibile di pali e corde di tensionamento.
- Predisporre delle adattamenti                      predisporre la possibilità di adattamenti, sia interni che esterni, in modo progettato. Ad esempio, creando dei divisori interni.

### 3.1.11 MODULARITÀ

---

Con modularità del manufatto si intende la possibilità di connettere più manufatti fra di loro, per creare manufatti più grandi e complessi. La risposta a questa requisito può essere di due tipi:

- Predisporre delle connessioni                      predisporre la possibilità di connettere più manufatti dello stesso tipo fra di loro, sia direttamente che attraverso passaggi, progettando dei punti di connessione nella struttura e nella copertura.
- Connessioni varie                                      tenere in conto che in punti di connessione potrebbero essere usati con manufatti di tipo diverso o con materiali locali



24 Moduli di connessione nelle tende Montana FR della Protezione Civile

### 3.1.12 PRIVACY

---

Per privacy si intende la necessità riservatezza degli utilizzatori del manufatto, sia interna tra i vari occupanti sia verso l'esterno, che quindi diventa un requisito del manufatto. La strategia di risposta è diversificata per l'interno e l'esterno.

La riservatezza interna dovrebbe essere garantita attraverso la suddivisione interna degli spazi, tramite divisori o camere.

La riservatezza verso l'esterna può essere garantita in vari modi: attraverso la possibilità di oscurare le aperture, con la creazione di uno spazio interno a vestibolo, con la creazione di una schermatura esterna prospiciente all'ingresso.

### 3.1.13 STANDARD DI PRESTAZIONE E INDICATORI DELLE NAZIONI UNITE

Dalla pubblicazione delle Nazioni Unite *“Tents. A guide to the use and the logistics of family tents in humanitarian relief.”* (vedi bibliografia), vengono indicati degli standard prestazionali e degli indicatori per tali standard sull’uso delle tende come abitazione d’emergenza, che ben riassumono i requisiti per i manufatti.

| <b>a logistics standards and indicators</b><br>tents should minimize logistics requirements and costs, while maximizing the logistics options for their transport |                      |  |
|---|----------------------|--|
| <b>a1</b>   | <b>total weight</b>  | <b>tents should be as light as possible</b>  |
| a1.1  |                      | 40 – 60 kg for a non-winterized tent with a liner  |
| <b>a2</b>   | <b>packed volume</b> | <b>packed, the tent should occupy the minimum volume possible</b>  |
| a2.1  |                      | 0.3-05 m <sup>3</sup> packed volume for a non-winterized tent with a liner   |
| <b>a3</b>   | <b>packed size</b>   | <b>tents should pack to a sensible size for transport</b>  |
| a3.1  |                      | tents should pack to less than 2 m in length   |
| a3.2  |                      | tents should fit on a euro pallet 120 x 80 cm, however, if stacked vertically, the packed height of the tent should be less than 2 m |
| <b>a4</b>   | <b>storage</b>       | <b>it should be possible to stockpile tents without degradation</b>  |
| a4.1  |                      | 5 years minimum, without degradation   |

| <b>b physical standards and indicators</b><br>tents should be appropriate and safe for full-time occupation by a family |                      |   |
|---|----------------------|---|
| <b>b1</b>   | <b>usable area</b>   | <b>tents should be large enough for a family to live in</b>   |
| b1.1  |                      | meet UNHCR and Sphere standards for covered living space of 3.5 m <sup>2</sup> per person:<br>- 21 m <sup>2</sup> for a tent classed for a family of six<br>- 17.5 m <sup>2</sup> for a tent classed for a family of five<br>- 14 m <sup>2</sup> for tent classed for a family of four              |
| <b>b2</b>   | <b>usable volume</b> | <b>tents should be in a form appropriate for constant use</b>   |
| b2.1  |                      | 33 per cent of total floor area should have 1.8 m minimum head height   |
| <b>b3</b>   | <b>durability</b>    | <b>the structure and covering provided by tents should be durable</b>   |
| b3.1  |                      | the structure and covering must be capable of 18 months continuous usage  |
| b3.2  |                      | the covering must meet Ultra Violet light resistance standards of plastic sheeting: maximum 5 per cent loss on original tarpaulin tensile strength under ISO 1421 after 1500 hours UV under ASTM G53/94 (UVB 313 nm peak), to be tested outside and inside reinforcement bands (ICRC standard 2003) |
| b3.3  |                      | able to withstand a temperature range of 25 °C to 45 °C without structurally weakening  |

|           |                  |   |
|-----------|------------------|---|
| <b>b4</b> | <b>integrity</b> | <b>the structure and covering should be able to withstand the most extreme weather conditions that can reasonably be expected</b> |
| b4.1      |                  | the structure should have sufficient redundancy so that if the covering or one fixing fails, the tent will remain upright         |
| b4.2      |                  | the tent should not fail in wind speeds peaking at 75 km/h (21 m/s), or Force 8 on the Beaufort Scale (Gale Force)                |
| b4.3      |                  | water should not leak through the covering under any conditions   |

|           |                       |   |
|-----------|-----------------------|---|
| <b>b5</b> | <b>flooring</b>       | <b>tents should be supplied with appropriate ground sheet or flooring</b>   |
| b5.1      |                       | water should not leak through the ground sheet under any conditions   |
| b5.2      |                       | insulating flooring, rugs or mattresses should be made available to tent beneficiaries in temperatures averaging below 0 °C overnight                                     |
| <b>b6</b> | <b>ventilation</b>    | <b>the ventilation of tents should be adaptable by beneficiaries</b>  |
| b6.1      |                       | doors, windows and vents should be openable to control heat gain or loss  |
| b6.2      |                       | an opening in the tent should maintain minimum ventilation, to prevent suffocation and reduce the risk of morbidity resulting from air pollution and communicable disease |
| <b>b7</b> | <b>fire safety</b>    | <b>people should have time to escape from a burning tent</b>  |
| b7.1      |                       | the tent should have two opposite openings to facilitate escape in the event of fire  |
| b7.2      |                       | it should be possible to exit the tent within two minutes when all doors are fully closed   |
| b7.3      |                       | a flame from a cigarette or match should not spread across the entire covering or structure   |
| <b>b8</b> | <b>vector control</b> | <b>measures should be taken to protect inhabitants from mosquitoes, flies and other disease vectors</b>   |
| b8.1      |                       | where used, mosquito nets should be sealed at the ground and cover all openings   |

|            |                               |  |
|------------|-------------------------------|--|
| <b>b9</b>  | <b>environmental toxicity</b> | <b>tent component materials should not be toxic to fabricators, inhabitants, or the environment</b>  |
| b9.1       |                               | tents should not involve materials that are toxic to beneficiaries, even when cut or modified for later re-use   |
| b9.2       |                               | when disposed, tents should not involve materials that are toxic, by burning or burying, and should not pollute the ground water table or enter the food chain |
| b9.3       |                               | there should be minimal negative environmental impacts from the manufacturing or disposal of tents   |
| <b>b10</b> | <b>colour</b>                 | <b>tents should be of an appropriate colour, both inside and outside</b>   |
| b10.1      |                               | cultural and political sensitivities should be taken into account, for example in the use of colours used in national or factional flags                       |
| b10.2      |                               | military or camouflage colours should not be used  |
| b10.3      |                               | tents must admit adequate daytime light for reading  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>c social standards and indicators</b>                |  |  |
| <b>tents should be suited to the needs of occupants</b> |  |  |
| <b>c1</b>   | <b>buildability</b>  | <b>tents should be easy to put up</b>  |
| c1.1  |  | instructions for assembling the tent should be packed with each tent, or printed on the tent or tent bag, including both illustrations and descriptions in appropriate languages |
| c1.2  |  | it should be possible for a minimum of two adults to assemble the tent without involving any intricate sequence of construction  |
| c1.3  |  | the tent should be distributed complete, ready to put up, with all components included and all appropriate tools   |
| <b>c2</b>   | <b>repairability</b>   | <b>tents should be repairable by beneficiaries and allow occupants a reasonable degree of adaptation to better suit their needs</b>  |
| c2.1  |  | the number of different types of components should be kept to a minimum  |
| c2.2  |  | the number of components should be kept to a minimum   |
| c2.3  |  | components should be interchangeable where possible  |
| c2.4  |  | components should be available locally, or appropriate materials, tools and skills should be available for their local manufacture   |
| c2.5  |  | repairs should be possible with non-specialist skills and equipment  |
| c2.6  |  | tents should include a repair kit, with appropriate tools, spare components and material   |
| c2.7  | some component materials used should be suitable for later re-use, upgrading, modification or reconstruction on return |  |

|      |                     |  |
|------|---------------------|--|
| c3   | <b>adaptability</b> | <b>tents should be adaptable by beneficiaries and allow occupants a reasonable degree of adaptation to better suit their needs</b>   |
| c3.1 |                     | the minimum of obstacles, such as poles and guy ropes, should be placed in entry areas to make the adaptation of space for childcare and cooking easier                              |
| c3.2 |                     | common patterns of adaptations of tents should be considered and supported in the design of the tent, including mud brick side walls   |
| c4   | <b>modularity</b>   | <b>it should be possible to connect tents together easily, so that more than one tent can be distributed to accommodate larger beneficiary families</b>                              |
| c4.1 |                     | there should be connection points in the covering, and ideally in the structure, appropriate to connecting tents of the same type  |
| c4.2 |                     | connecting points should also take into consideration the adaptability of the tent for use with tents of other types and for expansion or upgrading with locally-available materials |
| c5   | <b>privacy</b>      | <b>tents should provide a suitable level of privacy to beneficiary individuals within a tent</b>   |
| c5.1 |                     | it should be possible to sub-divide the internal volume  |
| c5.2 |                     | when made available, vestibule spaces should increase visual privacy   |





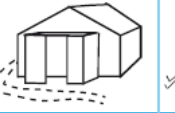
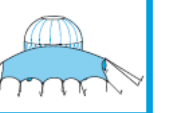
|                      |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|---|---|---|--|---|---|
| type of tent         | ridge tent  | centre pole tent (tall wall)  | centre pole tent (low wall)   | hoop tent  | frame tent  | nomadic tent (traditional)  |
| description          | traditional relief tent. Poles: 2-3 vertical, 1 ridge pole                          | centre pole tent with high walls. Walls held up by poles                            | tent with centre pole and low walls   | tunnel-shaped tent   | tent built on a rigid frame from flat poles   | tents used by nomadic peoples (many designs exist)                                    |
| covered area         | 12 m <sup>2</sup> - 16 m <sup>2</sup>   | 16 m <sup>2</sup> - 24 m <sup>2</sup>   | 12 m <sup>2</sup> -16 m <sup>2</sup>  | 12 m <sup>2</sup> -18 m <sup>2</sup>   | 16 m <sup>2</sup>   | 10 m <sup>2</sup> -30 m <sup>2</sup>  |
| advantages           | tried and tested design   | good headroom   | relatively lightweight  | good headroom, small footprint   | good headroom throughout  | well adapted to local climates materials and traditions                               |
| dis-advantages       | limited headroom at sides   | can suffer in strong winds. Heavy   | limited headroom  | requires many poles. Technology in development                                       | requires many poles. Often expensive  | large scale production in short period not possible                                   |
| weight with flysheet | 75-120 kg   | 120 kg  | 50-100 kg   | 40-80 kg   | 100-120 kg  | 200-300 kg  |

Tabella 2 Caratteristiche dei tipi di tenda delle Nazioni Unite

## 3.2 CASI STUDIO

Sono qui raccolti i casi studio che ho indagato in base ai requisiti precedentemente elencati. Sono presenti sia casi di architettura per l'emergenza (della Protezione Civile italiana, delle Nazioni Unite, dei produttori, dei progettisti), sia casi di architettura portatile, reversibile o altresì interessante per la mia ricerca, bensì non sia stata progettata appositamente per l'emergenza.

Essendo questo studio relativo alla gestione dell'emergenza, le tipologie di casi studio sono stati inizialmente concentrati sui manufatti in uso dalla varie organizzazioni che si occupano delle popolazioni disastrose. Attraverso la scoperta di alcuni esempi di architettura leggera (qui non inclusi perché troppo lontani dal mio tema), ho iniziato in parallelo lo studio delle tecnologie e dei materiali più adatti. La ricerca di casi studio si è così affinata, cercando esempi che rispondessero anche a requisiti tecnologici e materici, già implicati nella prima fase della ricerca ma a questo punto più definiti. Questo ha portato alla scelta di due tecnologie (pressostatica e depressostatica) che sono state indagate più dettagliatamente, come verrà spiegato nel prossimo capitolo.

I casi studio qui di seguito analizzati sono così suddivisi:

### 1) tende in uso da corpi di soccorso

- Tenda autostabile della Protezione Civile italiana
- Tenda pneumatica della Protezione Civile italiana
- Tenda Gammax per clima caldo delle Nazioni Unite
- Tenda Gammax per clima freddo delle Nazioni Unite
- Tenda Ferrino per clima freddo delle Nazioni Unite
- Tenda a tunnel Ferrino delle Nazioni Unite
- Tenda a palo centrale delle Nazioni Unite
- Tenda Shelter box

### 2) tende per le emergenze proposte dai produttori

- Tenda modulare rapida Ferrino
- Tenda MV 6x6 FR – montaggio veloce Ferrino
- Tenda Self-erecting TPSE-07
- Tenda Autogonfiabile Pronto Impiego

### 3) altri tipi di rifugi /abitazioni /spazi

- Tenda "Desert Seal"
- Hexayurth
- Partizioni in cartone
- Paper Log House
- Casa del tè (Mawasaki Iwamoto / ILEK)
- Kuchenmonument



## TENDA AUTOSTABILE DELLA PROTEZIONE CIVILE ITALIANA

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                               |
| Superficie calpestabile: | 20 mq   |
| Materiale principale:    | Involucro esterno in tessuto di cotone-modacrilico impermeabile ignifugo. |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido in acciaio zincato, chiusure in tessuto         |



### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impacchettate in contenitori morbidi e stipate per impilaggio l'una sull'altra, in gruppi su pallet.

### TRASPORTABILITÀ

Le tende vengono trasportate in container in gruppi di 50 (ship pack), impilate su pallet (secondary pack) e chiuse singolarmente in contenitori morbidi (primary pack). Ogni primary pack viene spostato sul campo a mano da 2 a 6 persone.

Peso del primary pack:  
101 kg in 3 colli  
collo 1 – 33 kg  
collo 2 – 45 kg  
collo 3 – 23 kg

Volume primary pack:  
0,305 m<sup>3</sup> in 3 colli  
130x40x25 cm  
190x23x18 cm  
40x40x60 cm



Fonte: [www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)



### APPRONTABILITÀ

Scheletro portante in tubolare componibile in acciaio zincato. Involucro esterno in tessuto di cotone-modacrilico impermeabile ignifugo. Approntabile senza picchetti di base se necessario grazie allo scheletro metallico di base autostabile. (vedi Appendice I)

Attrezzatura:  
a mano con attrezzature  
semplici (mazze)

Tempo:  
medio in minimo  
3 persone



#### MANUTENZIONE

Lavaggio con acqua a bassa pressione ed eventuale detergente neutro (tipo marsiglia), asciugatura naturale all'aria e al sole. Non ci sono indicazioni specifiche sulla riparabilità.

#### DURABILITÀ

Scheletro in tubolare di acciaio zincato imputrescente, ignifugo, resistente a sostanze chimiche e raggi UV, agli sbalzi di temperatura, all'attacco di insetti, con una buona resistenza all'usura. Materiale di chiusura ignifugo e impermeabile(cotone/modacrilato). Falda a terra in tessuto di poliestere ignifugo spalmato di PVC per renderlo impermeabile. Pavimento in tessuto di poliestere spalmato in PVC ignifugo, impermeabile, imputrescente, resistente all'usura da camminamento. Non vengono fornite altre caratteristiche.

#### GESTIONE DELL'ENERGIA

Predisposizione nell'involucro della tenda per il passaggio di tubi e cavi per l'allaccio alle reti energetiche esistenti.



Fonte: Ferrino

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.   |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre ci sono due ingressi alle due estremità, oscurabili.<br>La predisposizione al passaggio di cavi rende semplice l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. (vedi Appendice I)   |
| Comfort termico         | La tenda base può essere implementata con un telo ombreggiante esterno o con camera isotermica interna, in cotone-modacrilico trapuntato con ovatta e foglio di alluminio. (vedi Appendice I)<br>La predisposizione al passaggio di cavi e tubi rende semplice l'installazione di accessori per il riscaldamento e condizionamento. (vedi Appendice I)  |
| Comfort igrometrico     | La chiusura in cotone-modacrilico è impermeabile (400 mm) e previene la condensa interna. La falda a terra è in tessuto di poliestere spalmato di PVC per renderlo impermeabile. Telone base impermeabile in polietilene (200 g/m <sup>2</sup> ). Pavimento della camera in tessuto di poliestere spalmato in PVC impermeabile. La camera interna in cotone-modacrilico previene la condensa. |
| Ventilazione            | Sono presenti tre aperture per lato, due ingressi alle due estremità e un'apertura protetta sotto la verandina d'ingresso.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La strategia di questo manufatto per l'adattabilità climatica è l'implementazione della tenda base attraverso l'aggiunta di parti (camera coibentata, telo ombreggiante, pavimentazione in gomma) e macchine accessorie di riscaldamento e condizionamento. (Vedi Appendice I)

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche e lo scheletro in acciaio sono riciclabili. Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

È stata fatta un'analisi particolareggiata sulle quantità dei materiali impiegati e sulle loro caratteristiche ambientali (tramite gli indicatori di energia incorporata ed emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti), riassunta nella tabella seguente purché incompleta per mancanza di dati. Essa è quindi indicativa solo degli elementi di chiusura, non dei portanti.

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo. Ai lati possono essere tirate delle corde di tensionamento, che però potrebbero non essere necessarie in quanto solo di controventatura mentre lo scheletro interno è autostabile.

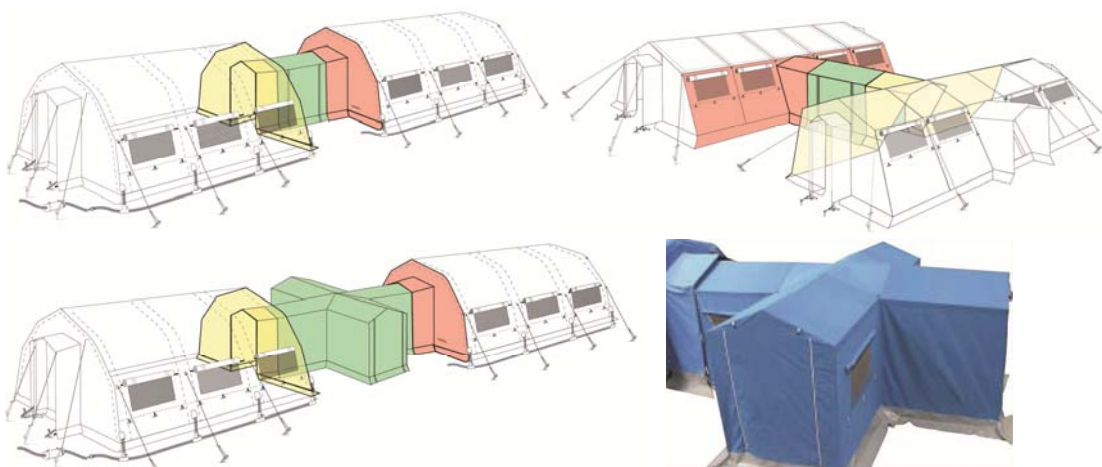
L'interno può essere suddiviso a piacere attraverso l'uso di camere di diverse misure, tutte connettabili ai punti predisposti sulla struttura.



Camera interna della tenda Montana

## MODULARITÀ

La tenda può essere connessa ad altre tende identiche in serie o attraverso moduli di connessione, a due e quattro vie.



Connessioni modulari della tenda Montana FR

## PRIVACY

La riservatezza degli utenti è garantita all'interno attraverso l'uso dei divisori e all'esterno tramite la possibilità di oscurare le aperture laterali e gli ingressi.



Chiusura aperture laterali della tenda Montana

## PREZZO

4740 € prezzo consigliato dal produttore (Ferrino)

## TENDA PNEUMATICA DELLA PROTEZIONE CIVILE ITALIANA

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                               |
| Superficie calpestabile: | 26 mq   |
| Materiale principale:    | Involucro esterno in tessuto di cotone/modacrilico impermeabile ignifugo. |
| Tecnologia costruttiva:  | pneumatico strutturale  |

### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impacchettate in contenitori morbidi e stipate per impilaggio l'una sull'altra.

### TRASPORTABILITÀ

Pieghevole, contenitore morbido  
A mano, 6 persone

Dimensioni:  
0,727 m3 in 3 colli  
Collo 1 - 135x90x50  
Collo 2 - 115x20x15  
Collo 3 - 37x37x62

Peso:  
150 kg in 3 colli  
Collo 1 - 105  
Collo 2 - 25  
Collo 3 - 20



### APPRONTABILITÀ

Aria in pressione come elemento portante,  
in camere chiuse in PVC.

Attrezzatura:  
compressore elettrico e fissaggio a  
mano con attrezzature semplici

Tempo:  
x minuti in x persone



Elementi di attacco al compressore della tenda pneumatica della Protezione Civile



Stadi di gonfiaggio della tenda pneumatica della Protezione Civile

#### MANUTENZIONE

Lavaggio con acqua a bassa pressione ed eventuale detergente neutro (tipo marsiglia), asciugatura naturale all'aria e al sole. Non ci sono indicazioni specifiche sulla riparabilità.

#### DURABILITÀ

Archi strutturali in PVC ignifugo, protetti in quanto all'interno della copertura. Materiale di chiusura ignifugo e impermeabile(cotone/modacrilato). Falda a terra in tessuto di poliestere ignifugo spalmato di PVC per renderlo impermeabile. Pavimento in tessuto di poliestere spalmato in PVC ignifugo, impermeabile, imputrescente, resistente all'usura da camminamento. Non vengono fornite altre caratteristiche.

#### GESTIONE DELL'ENERGIA

Predisposizione nell'involucro della tenda per il passaggio di tubi e cavi per l'allaccio alle reti energetiche esistenti.



## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura. Rispetto alle classiche strutture pneumatiche totalmente in PVC, la copertura in cotone-modacrilato smorza il riverbero.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre ci sono due ingressi alle due estremità, oscurabili. La predisposizione al passaggio di cavi rende semplice l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. (vedi Appendice I)  |
| Comfort termico         | La tenda base può essere implementata con un telo ombreggiante esterno o con camera isotermica interna, in cotone-modacrilico trapuntato con ovatta e foglio di alluminio. (vedi Appendice I)<br>La predisposizione al passaggio di cavi e tubi rende semplice l'installazione di accessori per il riscaldamento e condizionamento. (vedi Appendice I)  |
| Comfort igrometrico     | La chiusura in cotone-modacrilico è impermeabile (400 mm) e previene la condensa interna. La falda a terra è in tessuto di poliestere spalmato di PVC per renderlo impermeabile. Telone base impermeabile in polietilene (200 g/m <sup>2</sup> ). Pavimento della camera in tessuto di poliestere spalmato in PVC impermeabile. La camera interna in cotone-modacrilico previene la condensa. |
| Ventilazione            | Sono presenti tre aperture per lato, due ingressi alle due estremità e un'apertura protetta sotto la verandina d'ingresso.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La strategia di questo manufatto per l'adattabilità climatica è l'implementazione della tenda base attraverso l'aggiunta di parti (camera coibentata, telo ombreggiante, pavimentazione in gomma) e macchine accessorie di riscaldamento e condizionamento. (Vedi Appendice I)

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche sono riciclabili. Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo. Ai lati possono essere tirate delle corde di tensionamento, che però potrebbero non essere necessarie in quanto solo di controventatura poiché gli archi interni portanti sono autostabili.

L'interno può essere suddiviso a piacere attraverso l'uso di camere di diverse misure, tutte connettabili ai punti predisposti sulla struttura.



## MODULARITÀ

La tenda può essere connessa ad altre tende identiche in serie o attraverso moduli di connessione, a due e quattro vie. I moduli di connessione non sono pneumatici ma con scheletro portante in tubolare d'alluminio e chiusura in cotone-modacrilato, connettabili sia alla tenda pneumatica Pneu-tex che a quella tipo Montana.



## PRIVACY

La riservatezza degli utenti è garantita all'interno attraverso l'uso dei divisori e all'esterno tramite la possibilità di oscurare le aperture laterali e gli ingressi.



## PREZZO

13760 € prezzo consigliato dal produttore (Ferrino)



## TENDA GAMMAX PER CLIMA CALDO DELLE NAZIONI UNITE

---

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso    |
| Superficie calpestabile: | 24 m <sup>2</sup>                              |
| Materiale principale:    | tubi in alluminio, tessuto in cotone           |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido, chiusure in tessuto |

### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impacchettate in casse di legno e impilate una sull'altra.

### TRASPORTABILITÀ

|   |   |   |
|---|---|---|
| Casse in legno con maniglie.<br>Trasportabili a mano da 2<br>persone per cassa. | Dimensioni<br>Cassa1 144x44x29cm<br>Cassa2 108x44x29 cm | Peso<br>Cassa 1: 40,5 kg<br>Cassa 2: 37,0 kg<br>Totale: 77,5 kg |
|---|---|---|

### APPRONTABILITÀ

|  |  |  |
|--|--|--|
| Scheletro portante modulare in tubolari<br>d'alluminio. Corde di tensionamento.<br>Chiusura esterna in cotone. | Attrezzatura:<br>a mano con attrezzature semplici<br>(mazze) | Tempo:<br>medio in minimo<br>2 persone |
|--|--|--|

### MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di alluminio è adattabile e riparabile, la chiusura in cotone è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

### DURABILITÀ

La copertura polimerica del pavimento (in PES 450 g/m<sup>2</sup>) è impermeabile, imputrescente e resistente all'usura. La striscia alla base della copertura è in PES (450 g/m<sup>2</sup>) impermeabile e imputrescente.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.   |
| Comfort d'illuminazione | È presente un'unica apertura ma di grandi dimensioni.<br>Non c'è nessuna predisposizione al passaggio di cavi per l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. |
| Comfort termico         | Non sono state prese particolari misure di controllo termico.   |
| Comfort igrometrico     | La chiusura in cotone è traspirante e previene la condensa interna. La falda a terra è in PES impermeabile. Telone base impermeabile in PES.                                      |
| Ventilazione            | È presente un'unica apertura di grandi dimensioni.<br>La chiusura è in cotone, traspirante.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Questa tenda è progettata per essere usata in climi tropicali (chiusura in cotone traspirante, grande apertura verso l'esterno). Non vengono indicati elementi di implementazione già predisposti in progettazione, come un telo ombreggiante.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Le materie plastiche e lo scheletro d'alluminio sono riciclabili.

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti:

| ICE v2.0                      | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|-------------------------------|--------------------------------|---|
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                         | 8,16  |
| cotone                        | 143,00                         | 6,78  |
| Plastica (generale)           | 80,50                          | 3,31  |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo. Ai lati possono essere tirate delle corde di tensionamento. Non ci sono divisori interni predisposti.

## MODULARITÀ

Non ci sono punti ed elementi di connessione predisposti.

## PRIVACY

Non c'è nessun divisorio predisposto per la riservatezza interna. La chiusura verso l'esterno è oscurabile.

## TENDA GAMMAX PER CLIMA FREDDO DELLE NAZIONI UNITE

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso   |
| Superficie calpestabile: | 24 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | tubi in alluminio,<br>tessuto esterno in poliestere, tessuto interno in cotone 200 g/m <sup>2</sup> |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido, chiusure in tessuto  |



### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impaccettate in casse di legno e impilate una sull'altra.

### TRASPORTABILITÀ

Casse in legno con maniglie.

Trasportabili a mano da 2 persone per cassa.

Dimensioni

Cassa1 144x44x29cm

Cassa2 108x44x29 cm

Peso

Cassa 1: 61,9kg

Cassa 2: 30,0 kg

Totale: 91,9 kg



### APPRONTABILITÀ

Scheletro portante modulare in tubolari d'alluminio. Corde di tensionamento.

Chiusura esterna in cotone.

Attrezzatura:

a mano con attrezzature semplici (mazze)

Tempo:

medio in minimo  
2 persone

### MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di alluminio è adattabile e riparabile, la chiusura in cotone è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

## DURABILITÀ

La copertura in poliestere è impermeabile e imputrescente. La camera interna è in cotone traspirante, di cui non sono date altre informazioni. La copertura polimerica del pavimento (in PES 450 g/m<sup>2</sup>) è impermeabile, imputrescente e resistente all'usura. La striscia alla base della copertura è in PES (450 g/m<sup>2</sup>) impermeabile e imputrescente.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, predisposizione nella copertura per il passaggio di un tubo a camino per un'eventuale stufa.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.   |
| Comfort d'illuminazione | È presente un'unica apertura di grandi dimensioni, ma non c'è una chiusura trasparente, solo d'oscuramento.<br>Non c'è nessuna predisposizione al passaggio di cavi per l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. |
| Comfort termico         | La chiusura è a doppio strato, esterna in poliestere e interna in cotone da 200 g/m <sup>2</sup> .<br>C'è la predisposizione al passaggio di un tubo di camino per una stufa.   |
| Comfort igrometrico     | La chiusura esterna in poliestere è impermeabile. La chiusura interna in cotone è traspirante e previene la condensa interna. La falda a terra è in PES impermeabile. Telone base impermeabile in PES.                                  |
| Ventilazione            | È presente un'unica apertura di grandi dimensioni.<br>La chiusura interna è in cotone, traspirante.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Questa tenda è progettata per essere usata in climi freddi (doppio strato di chiusura, predisposizione al passaggio di un tubo a camino). Non vengono indicati elementi di implementazione già predisposti in progettazione, come uno strato isolante per le pareti o il pavimento.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Le materie plastiche e lo scheletro d'alluminio sono riciclabili.

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0                      | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|-------------------------------|--------------------------------|---|
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                         | 8,16  |
| cotone                        | 143,00                         | 6,78  |
| Plastica (generale)           | 80,50                          | 3,31  |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo. Ai lati possono essere tirate delle corde di tensionamento. Non ci sono divisori interni predisposti.

**MODULARITÀ** Non ci sono punti ed elementi di connessione predisposti.

**PRIVACY** Non c'è nessun divisorio predisposto per la riservatezza interna.  
La chiusura verso l'esterno è oscurabile.

## TENDA FERRINO PER CLIMA FREDDO DELLE NAZIONI UNITE

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso   |
| Superficie calpestabile: | 32 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | tubi in alluminio,<br>tessuto esterno in cotone 340 g/m <sup>2</sup> ,<br>tessuto interno in cotone, ovatta e foglio di alluminio |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido, chiusure in tessuto  |

### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impaccettate in casse di legno e impilate una sull'altra.

### TRASPORTABILITÀ

Casse in legno con maniglie,  
1 pallet per tenda.

Trasportabili a mano da 2  
persone per cassa.

#### Dimensioni

|         |                     |
|---------|---------------------|
| Cassa1  | 200x38x44 cm        |
| Cassa2  | 200x38x44 cm        |
| Cassa3  | 200x38x24 cm        |
| Cassa4  | 200x38x24 cm        |
| Totale: | 1,05 m <sup>3</sup> |

#### Peso

|          |        |
|----------|--------|
| Cassa 1: | 63 kg  |
| Cassa 2: | 50 kg  |
| Cassa 3: | 67 kg  |
| Cassa 4: | 33 kg  |
| Totale:  | 240 kg |



### APPRONTABILITÀ

Scheletro portante modulare in tubolari  
d'alluminio. Corde di tensionamento.  
Approntabile senza picchetti di base se  
necessario grazie allo scheletro metallico di  
base. (vedi Appendice I)

Attrezzatura:  
a mano con attrezzature semplici  
(mazze)

Tempo:  
medio in minimo  
5 persone

## MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di alluminio è adattabile e riparabile, la chiusura in cotone è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

## DURABILITÀ

Telo di copertura in tessuto di cotone impermeabile ignifugo. La falda a terra è in tessuto poliestere ignifugo spalmato PVC imputrescente.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre ci sono due ingressi alle due estremità, oscurabili.   |
| Comfort termico         | La tenda base può essere implementata con un telo ombreggiante esterno o con camera isoterma interna, in cotone trapuntato con ovatta e foglio di alluminio. (vedi Appendice I)  |
| Comfort igrometrico     | La falda a terra è in tessuto di poliestere spalmato di PVC per renderlo impermeabile. Pavimento della camera in tessuto di poliestere spalmato in PVC impermeabile. La camera interna in cotone previene la condensa. |
| Ventilazione            | Sono presenti tre aperture per lato e due ingressi alle due estremità.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La strategia di questo manufatto per l'adattabilità climatica è l'implementazione della tenda base attraverso l'aggiunta di parti (camera coibentata, telo ombreggiante, pavimentazione in gomma) e macchine accessorie di riscaldamento e condizionamento. (Vedi Appendice I)

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche e lo scheletro d'alluminio sono riciclabili. Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

Si noti che i valori di energia incorporata si riferiscono alla camera interna semplice, non quella isoterma.

### ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo. Ai lati possono essere tirate delle corde di tensionamento, che però potrebbero non essere necessarie in quanto solo di controventatura mentre lo scheletro interno è autostabile. L'interno può essere suddiviso a piacere attraverso l'uso di camere di diverse misure, tutte connettabili ai punti predisposti sulla struttura.

### MODULARITÀ

Non c'è nessuna predisposizione all'attacco fra tende o a moduli.

### PRIVACY

La riservatezza degli utenti è garantita all'interno attraverso l'uso dei divisori e all'esterno tramite la possibilità di oscurare le aperture laterali e gli ingressi.



Camera interna della tenda



Tenda con aperture laterali oscurate

### PREZZO

3860 € prezzo consigliato dal produttore (Ferrino)

## TENDA A TUNNEL FERRINO "LIGHTWEIGHT EMERGENCY TENT" PER LE NAZIONI UNITE

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso  |
| Superficie calpestabile: | 17,05 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | paleria è in vetroresina da 14 mm rinforzata con guaina esterna, telo esterno è in poliestere rip-stop ignifugo 170 g/m <sup>2</sup> , camera interna in tessuto cotone/poliestere ignifugo traspirante 130 g/m <sup>2</sup> |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido, chiusure in tessuto   |



### IMMAGAZZINAMENTO

Le tende sono impaccettate in casse di legno e impilate una sull'altra.

### TRASPORTABILITÀ

Cassa in legno con maniglie.  
Trasportabili a mano da 2  
persone .

Dimensioni  
Borsone

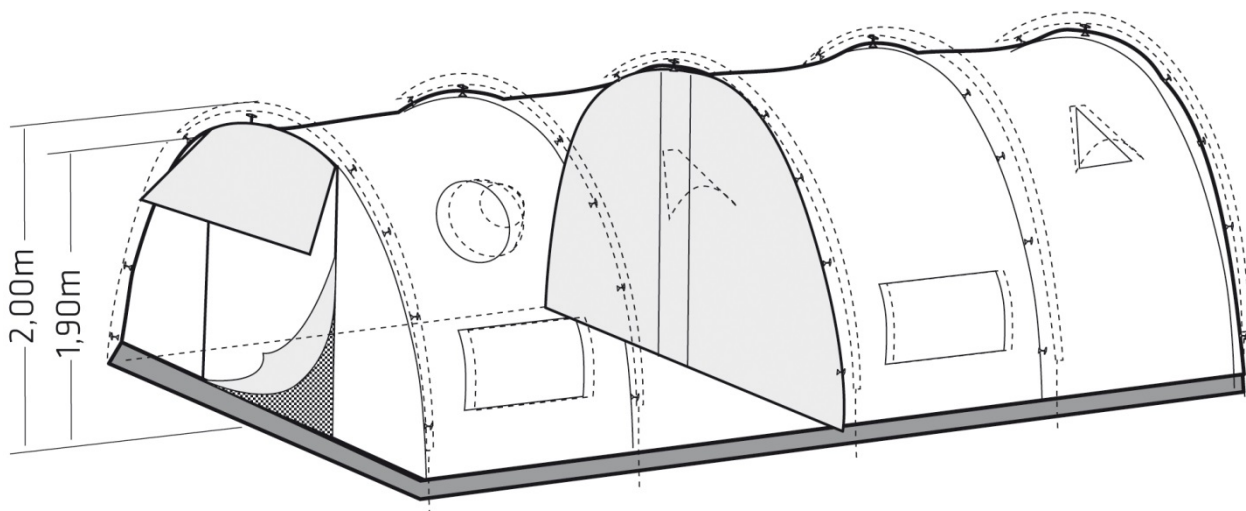
Peso  
Solo tenda: 55 kg

### APPRONTABILITÀ

Scheletro portante tubolare infilato nella copertura e fissato in tensionamento. Involucro esterno in tensione. (vedi Appendice I)

Attrezzatura:  
a mano con attrezzature  
semplici (mazze)

Tempo:  
medio in minimo  
2 persone





## MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di alluminio è adattabile e riparabile, la chiusura in cotone/poliestere è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

## DURABILITÀ

Tessuto esterno ripstop ignifugo. Tessuto interno ignifugo traspirante.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche. Il catino rialzato alla pavimentazione rende difficoltoso il passaggio di tubi e cavi. Nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.   |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre c'è un ingresso all'estremità, oscurabile.  |
| Comfort termico         | Non sono state prese particolari misure di controllo termico.   |
| Comfort igrometrico     | La chiusura esterna in cotone-poliestere è impermeabile e previene la condensa interne traspirante. Il pavimento forma un catino in polietilene, impermeabile. La camera interna in cotone-poliestere previene la condensa. |
| Ventilazione            | Sono presenti due aperture per lato e un ingresso ad una estremità.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Non sono state previste implementazioni climatiche.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche e lo scheletro d'alluminio sono riciclabili. Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub>:

## ADATTABILITÀ

La tenda all'esterno presenta le due corde di tensionamento del parasole, nell'area prospiciente l'ingresso. Ai lati sono presenti le corde di tensionamento. L'interno è suddiviso in modo fisso in due spazi con una camera interna.

**MODULARITÀ** Non c'è nessuna predisposizione all'attacco fra tende o a moduli.

**PRIVACY** La riservatezza degli utenti è garantita all'interno con la camera e all'esterno tramite la possibilità di oscurare le aperture laterali e l'ingresso.



Camera interna

## TENDA A PALO CENTRALE DELLE NAZIONI UNITE

---

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso  |
| Superficie calpestabile: | 16 m <sup>2</sup>  |
| Materiale principale:    | tubi in ferro, chiusura esterna in cotone impermeabile immarcescente da 425 g/m <sup>2</sup> , tenda interna accoppiata in cotone impermeabile immarcescente da 425 g/m <sup>2</sup> e cotone 160 g/m <sup>2</sup> . |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido con palo centrale, chiusure in tessuto   |



### IMMAGAZZINAMENTO

In un solo contenitore morbido di tela.

### TRASPORTABILITÀ

A mano. Non ci sono indicazioni su peso e volume dell'intero manufatto nel contenitore.

### APPRONTABILITÀ

A mano, con attrezzature semplici.

### MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di ferro è adattabile e riparabile, la chiusura in cotone è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

### DURABILITÀ

Tutti i tessuti in cotone sono impermeabili e immarcescenti.

### GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti due aperture di grandi dimensioni.<br>Non c'è nessuna predisposizione al passaggio di cavi per l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. |
| Comfort termico         | Intercapedine ventilata sotto il tetto.  |
| Comfort igrometrico     | La chiusura esterna è in cotone impermeabile, la chiusura interna in cotone è traspirante e previene la condensa interna.  |
| Ventilazione            | Sono presenti due aperture di grandi dimensioni.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La copertura presenta un'intercapedine ventilata per i climi caldi, le pareti hanno un triplo strato in cotone pesante come isolamento termico.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0 | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|----------|--------------------------------|---|
| cotone   | 143,00                         | 6,78  |
| ferro    | 25,00                          | 2,30  |

## ADATTABILITÀ

La tenda all'interno presenta un palo centrale. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo, ci sono due corde di tensionamento spostate verso i lati. Ai lati sono tirate delle corde di tensionamento. Non ci sono divisori interni predisposti.

## MODULARITÀ

Non ci sono punti ed elementi di connessione predisposti.

## PRIVACY

Non c'è nessun divisorio predisposto per la riservatezza interna.

## TENDA SHELTER BOX

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso    |
| Superficie calpestabile: | -  |
| Materiale principale:    | Involucro esterno in tessuto                   |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido, chiusure in tessuto |



## IMMAGAZZINAMENTO

In contenitori morbidi, impilabili.

Caratteristica tipica del progetto Shelter Box è l'implementazione del "box" a seconda delle necessità e caratteristiche de luogo dell'emergenza. Quindi tutti i singoli componenti del box sono immagazzinati singolarmente e il kit viene approntato solo nel momento dell'emergenza. Il box viene poi usato secondo l'ideologia dell' use-it-all (la popolazione l'ha usato come contenitore per i propri beni, per l'acqua, come culla).



## TRASPORTABILITÀ

A mano, da due persone, in una scatola rigida di plastica. Più scatole per volta e dorso degli animali della popolazione stessa. Più scatole impilate una sull'altra e assicurate fra di loro per trasporti su strada.





## APPRONTABILITÀ

A mano, da 2/4 persone, con attrezzature semplici.



## MANUTENZIONE

La struttura interna in tubolari di alluminio è adattabile e riparabile, la chiusura è riparabile e pulibile con metodi e strumenti semplici.

## DURABILITÀ

Tessuti impermeabili e immarcescenti.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti varie aperture laterali e una centrale di grandi dimensioni.<br>Non c'è nessuna predisposizione al passaggio di cavi per l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. |
| Comfort termico         | Non vengono fornite specifiche. Presenza di un parasole all'ingresso.  |
| Comfort igrometrico     | La chiusura esterna impermeabile, la chiusura interna non viene dichiarato il materiale.   |
| Ventilazione            | Sono presenti varie aperture laterali e una centrale di grandi dimensioni.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Progettata per resistere al caldo inteso, ai venti forti e alle precipitazioni intense.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).  
Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno ed è predisposta e fornita di una camera divisoria interna.  
Lo spazio prospiciente all'ingresso è occupato da due pali di sostegno al parasole.

## MODULARITÀ

Non ci sono punti ed elementi di connessione predisposti.

## PRIVACY

Divisorio interno e chiusura dell'ingresso.

## TENDA MODULARE RAPIDA FERRINO

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                                  |
| Superficie calpestabile: | 13,5 mq  |
| Materiale principale:    | Scheletro in alluminio. Involucro esterno in tessuto di poliestere ignifugo. |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido in alluminio, chiusure in tessuto                  |



### IMMAGAZZINAMENTO

In contenitore morbido.



### TRASPORTABILITÀ

A mano da 1 persona.

Dimensioni: 0,149 cm<sup>3</sup>  
155 x 31 x 31 cm

Peso:  
36 kg

### APPRONTABILITÀ

A mano, da due persone, in 60 secondi. Struttura a pantografo e gambe telescopiche.



Fissaggio a terra opzionali con corde di tensionamento e picchetti, con l'uso di una mazza, o con sacco pesante. (vedi Appendice I)

### MANUTENZIONE

Battere il telo asciutto, spazzolarlo e pulirlo bene. Non riporre il telo bagnato. Eliminare eventuali macchie solo con acqua e non solventi.

### DURABILITÀ

Tessuti impermeabili e immarcescenti.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti varie aperture laterali e una centrale di grandi dimensioni.<br>Non c'è nessuna predisposizione al passaggio di cavi per l'installazione di accessori d'illuminazione interna elettrica. |
| Comfort termico         | Non vengono fornite specifiche. Si ipotizza che non siano rilevanti.   |
| Comfort igrometrico     | La chiusura esterna è impermeabile, potrebbe portare alla formazione di condensa.  |
| Ventilazione            | Sono presenti varie aperture laterali.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Non vengono fornite specifiche. Si ipotizza che non siano rilevanti.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile, riparabile e riciclabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub>:

| ICE v2.0                      | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|-------------------------------|--------------------------------|---|
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                         | 8,16  |
| poliestere                    | 86,40                          | 2,70  |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno ed esterno. I tipi di pareti sono cambiabili (opaca, con finestra, con ingresso).

## MODULARITÀ

Le strutture possono essere affiancate su entrambi i lati e una gronda di collegamento in PVC impedisce le infiltrazioni di acqua tra i due tetti.

## PRIVACY

Chiusura delle pareti e dell'apertura dell'ingresso.

## PREZZO

1234 € prezzo consigliato dal produttore (Ferrino).



## TENDA MV 6X6 FR – MONTAGGIO VELOCE FERRINO

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                                    |
| Superficie calpestabile: | 36 mq  |
| Materiale principale:    | Involucro esterno in tessuto di poliestere spalmato PVC impermeabile ignifugo. |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro modulare rigido in alluminio, chiusure in tessuto                    |



### IMMAGAZZINAMENTO

La tenda è impacchettata in 4 colli. Non sono state trovate informazioni in merito a contenitore e impilabilità.

### TRASPORTABILITÀ

Da notare, il peso totale dichiarato dal produttore è di 327 kg, cioè più del *triplo* delle tende comunemente usate dagli organi di soccorso (vedi la sintesi delle caratteristiche dei casi studio).

#### Dimensioni:

1,928 m3 in 4 colli  
Collo 1 – 130x90x60  
Collo 2 – 235x90x50  
Collo 3 – 37x37x62  
Collo 4 – 70x40x30

#### Peso:

327 kg suddivisi in 4 colli  
Collo 1 – 140 kg  
Collo 2 – 143 kg  
Collo 3 – 20 kg  
Collo 4 – 24 kg



Lo scheletro portante in posizione chiusa.

## APPRONTABILITÀ

Quattro operatori possono erigere la tenda in 3 minuti. La struttura è autostabile.

La struttura si apre a pantografo e la chiusura in tessuto viene appesa al suo interno, a dei sostegni prefissati.



## MANUTENZIONE

Il produttore non fornisce indicazioni.

## DURABILITÀ

La chiusura esterna e il pavimento sono in tessuto di poliestere spalmato PVC, immarcescente, impermeabile e ritardante di fiamma. Il telo di ombreggiamento in tessuto a rete di poliestere è ignifugo. La camera interna è in cotone ignifugo.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

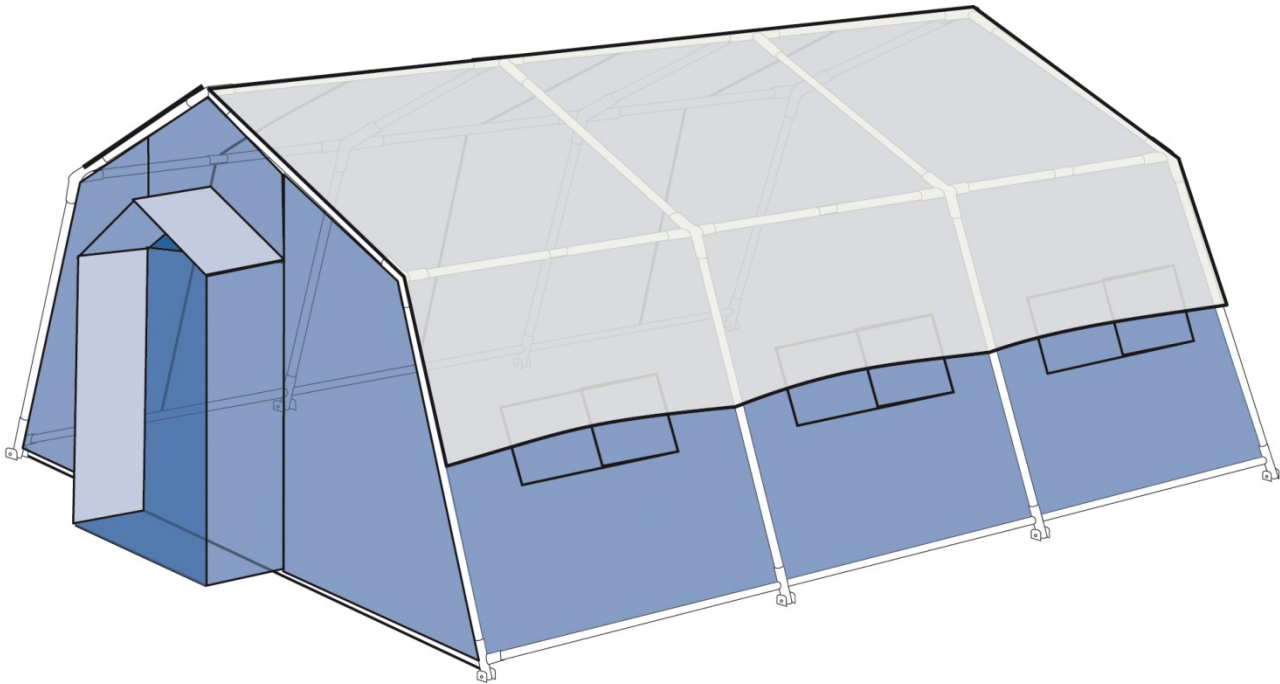
Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.  |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre ci sono due ingressi alle due estremità, oscurabili.   |
| Comfort termico         | La tenda base può essere implementata con un telo ombreggiante esterno predisposto o con camera isolante interna in cotone.  |
| Comfort igrometrico     | La chiusura in tessuto di poliestere spalmato PVC è impermeabile. Pavimento in tessuto di poliestere spalmato in PVC impermeabile. La camera interna in cotone previene la condensa. |
| Ventilazione            | Sono presenti tre aperture per lato e due ingressi alle due estremità.   |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La strategia di questo manufatto per l'adattabilità climatica è l'implementazione della tenda base attraverso l'aggiunta di parti predisposte (camera coibentata, telo ombreggiante).



## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche e lo scheletro d'alluminio sono riciclabili.

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0                      | embodied energy | embodied carbon |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                               | EE              | EC              |
|                               | MJ/kg           | kgCO2e/kg       |
| alluminio in tubolare estruso | 154,00          | 8,16            |
| cotone                        | 143,00          | 6,78            |
| poliestere                    | 86,40           | 2,70            |
| PVC                           | 68,60           | 3,19            |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno. L'area prospiciente gli ingressi è libera da elementi di ostacolo.

## MODULARITÀ

Non ci sono punti ed elementi di connessione predisposti.

## PRIVACY

Oscuramento delle aperture nel rivestimento. La camera interna in cotone è della stessa misura dello spazio interno, cioè non suddivide lo spazio interno in spazi atti a garantire la riservatezza interna.

## TENDA SELF-ERECTING TPSE-07 EUROVINIL

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                         |
| Superficie calpestabile: | 29 mq   |
| Materiale principale:    | Involucro esterno in tessuto spalmato PVC a prestazioni migliorate. |
| Tecnologia costruttiva:  | pneumatica strutturale air-inflated                                 |



### IMMAGAZZINAMENTO

In contenitore morbido con maniglie.

### TRASPORTABILITÀ

A mano  
da almeno 2 persone

Dimensioni:  
C 130x100x50 cm  
A 562x515x280 cm

Peso:  
135 kg



### APPRONTABILITÀ

Aria in pressione come elemento  
portante, in camere chiuse in PVC.

Attrezzature:  
pompa manuale o  
compressore elettrico con  
kit gonfiaggio simultaneo

Tempo:  
con compressore elettrico,  
1 persona in 4 minuti

### MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

### DURABILITÀ

Il tessuto spalmato PVC, di cui è fatto l'intero manufatto, è ignifugo, resistente a funghi e muffe, con elevata resistenza meccanica.

### GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura.   |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti tre aperture trasparenti per lato, con oscuramento esterno. Inoltre ci sono due ingressi alle due estremità, oscurabili.  |
| Comfort termico         | La tenda base può essere implementata con un telo ombreggiante esterno predisposto o con camera isolante interna in cotone. Il tessuto spalmato in PVC è di nuova concezione e riduce l'irraggiamento solare. |
| Comfort igrometrico     | La chiusura e il pavimento sono in tessuto spalmato PVC impermeabile. La camera interna in cotone previene la condensa.   |
| Ventilazione            | Sono presenti tre aperture per lato e due ingressi alle due estremità.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

La strategia di questo manufatto per l'adattabilità climatica è l'implementazione della tenda base attraverso l'aggiunta di parti predisposte (camera coibentata, telo ombreggiante).

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche sono riciclabili.

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0   | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO2e/kg |
|------------|--------------------------------|------------------------------------|
| cotone     | 143,00                         | 6,78                               |
| poliestere | 86,40                          | 2,70                               |
| PVC        | 68,60                          | 3,19                               |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno ed esterno.

Può essere divisa internamente coi divisori preposti.

## MODULARITÀ

Possibilità di connessione con altre strutture.

## PRIVACY

Possibilità di oscurare le aperture e chiusura delle camere interne.



## TENDA AUTOGONFIABILE PRONTO IMPIEGO EUROVINIL

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / multiuso  |
| Superficie calpestabile: | 10 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | parte pneumatica in tessuto spalmato poliuretano; copertura in tessuto di nylon; catino in PVC. |
| Tecnologia costruttiva:  | pneumatica strutturale air-inflated   |



### IMMAGAZZINAMENTO

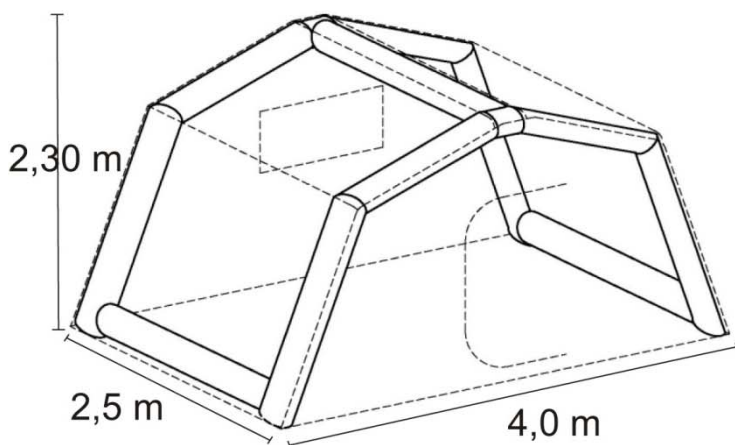
In contenitore morbido a volume ridotto.

### TRASPORTABILITÀ

A mano  
da 1 o 2 persone

Dimensioni:  
C 50x85x304 cm  
A 400x250x230 cm

Peso:  
40 kg



## APPRONTABILITÀ

Aria in pressione come elemento portante, in camere chiuse in PVC.

Attrezzature:  
bombola di CO<sub>2</sub>

Tempo:  
1 persona in 30 secondi

### Sequenza illustrativa dell'apertura rapida



## MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

## DURABILITÀ

Il catino in PVC è ad elevata resistenza meccanica e impermeabile, la chiusura in nylon è idrorepellente.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, il catino rialzato potrebbe ostacolare il passaggio di cavi. Nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico, c'è un lieve smorzamento dato dai materiali di chiusura. |
| Comfort d'illuminazione | Sono presenti un ingresso e una apertura secondaria, oscurabili.  |
| Comfort termico         | Non è progettata per l'isolamento termico, non prevede l'implementazione con accessori.                             |
| Comfort igrometrico     | La chiusura e il pavimento sono impermeabili.   |
| Ventilazione            | Sono presenti un ingresso e una apertura secondaria.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Il manufatto non ha nessuna strategia di adattabilità climatica.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini). Le materie plastiche sono riciclabili.

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

I principali materiali di cui è composta la tenda hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0   | embodied energy<br><b>EE</b><br><i>MJ/kg</i> | embodied carbon<br><b>EC</b><br><i>kgCO2e/kg</i> |
|------------|--|--|
| nylon      | 130,00                                       | 6,70   |
| poliestere | 86,40  | 2,70   |
| PVC        | 68,60  | 3,19   |

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno ed esterno.

## ADATTABILITÀ

Lo spazio interno e prospiciente all'ingresso sono liberi da ostacoli.

## MODULARITÀ

Non è previsto l'uso modulare.

## PRIVACY

Possibilità di chiudere l'ingresso.



## TENDA "DESERT SEAL"

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Progettista:             | Arturo Vittori e Andreas Vogler / ESA    |
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza                      |
| Superficie calpestabile: | 3,35 m <sup>2</sup>                      |
| Materiale principale:    | tessuto alluminizzato ad alta resistenza |
| Tecnologia costruttiva:  | pneumatico strutturale air-inflated      |

### IMMAGAZZINAMENTO

Non vengono date indicazioni in merito. Da notare che questa tenda è un prototipo e non è commercializzata.

### TRASPORTABILITÀ

Pieghevole  
Contenitore morbido  
A mano, 1 persona

Dimensioni:  
C 50x50x30 cm  
A 126x266x226 cm

Peso:  
6 kg

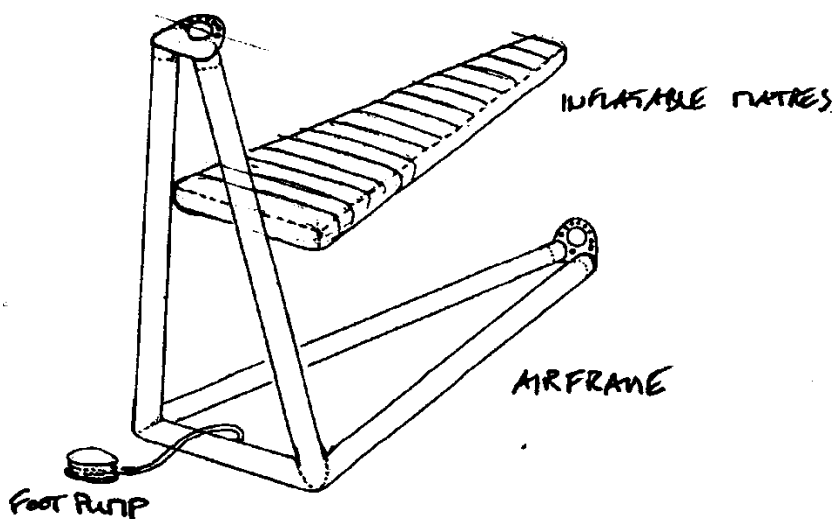
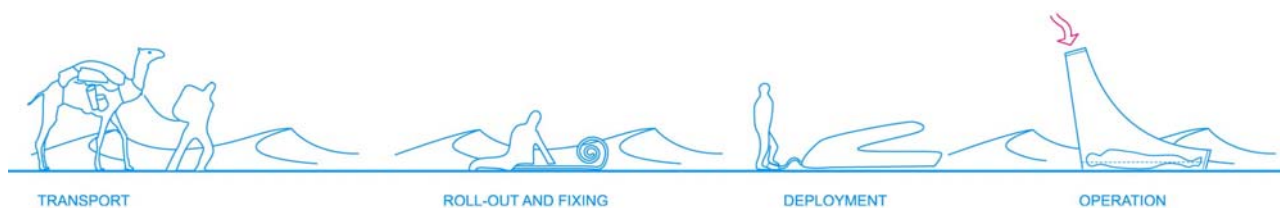


## APPRONTABILITÀ

Aria in pressione come elemento portante, in camere polimeriche chiuse.

Attrezzatura:  
pompa a piede

Tempo:  
pochi minuti per 1 persona



## MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

## DURABILITÀ

Non vengono fornite indicazioni.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Il manufatto ha un pannello fotovoltaico thin-film integrato, per l'alimentazione del ventilatore e della luce integrati.

Produzione d'energia: Flexcell Sunpack 4,5 Watts. Akku-Pack 12V, Ni-MH 2300mAh

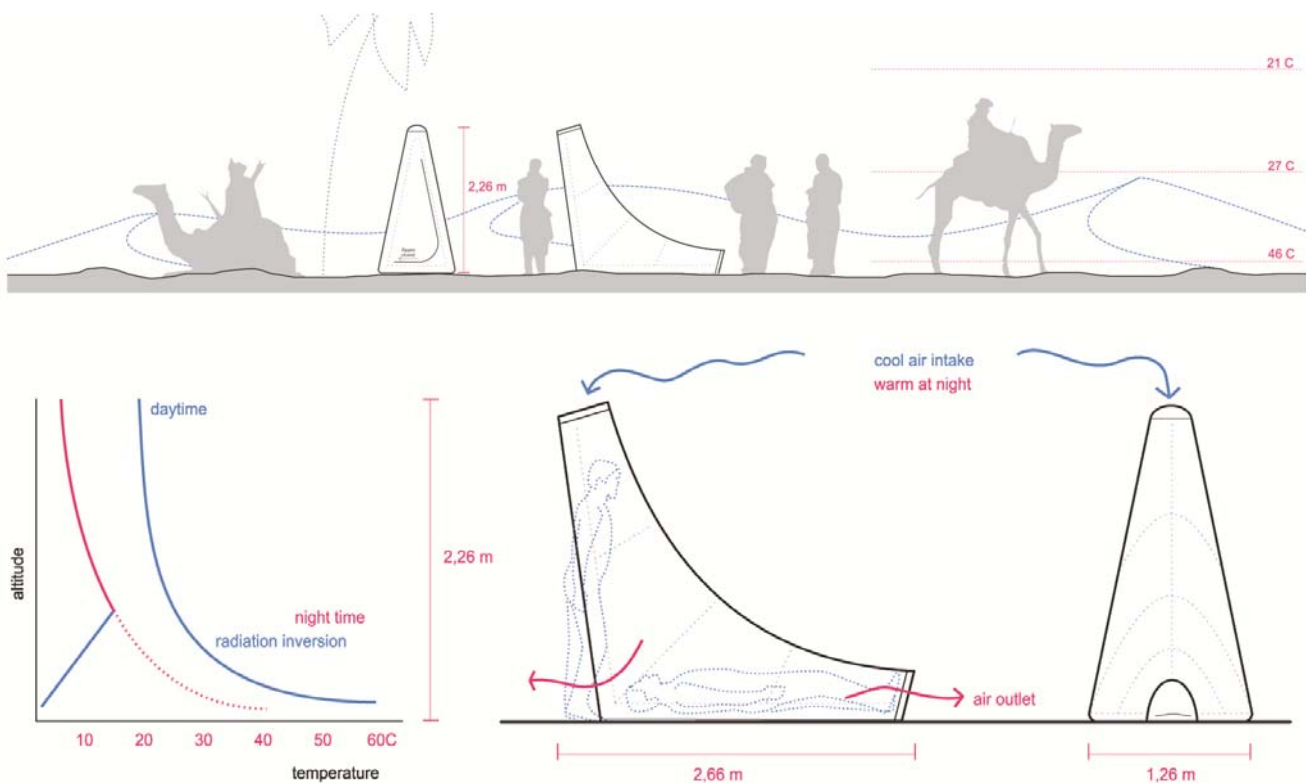
Assorbimento d'energia: 12V ventilatore, 113 m<sup>3</sup>/h, 200mA LED luce interna



Pannello fotovoltaico Flexcell Sunpack in uso e arrotolato per il trasporto, ventilatore elettrico ai piedi del manufatto.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Non vengono prese misure apposite per il comfort acustico.   |
| Comfort d'illuminazione | E' presente una luce interna a led.  |
| Comfort termico         | Progettata per l'uso in clima caldo, sfrutta l'andamento delle isoterme dell'aria in altitudine tipico del clima desertico, in cui ci sono grandi differenze (anche di 20 gradi) in pochi metri. Il materiale di copertura è un tessuto alluminizzato, simile a quello usato in campo spaziale (MLI – multi layer insulation) che riflette l'irraggiamento solare. |
| Comfort igrometrico     | La chiusura e il pavimento sono impermeabili.  |
| Ventilazione            | Sono presenti un ingresso e una apertura secondaria, integrata con un ventilatore elettrico autoalimentato dal manufatto stesso e con batteria.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |



## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Il manufatto è progettato per il clima desertico.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non si conoscono le caratteristiche del tessuto alluminizzato.

Il PVC è riparabile ed ha dei valori di energia incorporata (EE) di 68,60 MJ/kg ed emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate 6,19 khCO<sub>2</sub>e/kg.

## ADATTABILITÀ

Spazio interno minimo e inadattabile per altri usi. Spazio esterno prospiciente all'ingresso libero, sono presenti due corde di tensionamento ai lati.

**MODULARITÀ** Non prevista.

**PRIVACY** Ingresso chiudibile.

## HEXAYURT

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Progettista:             | Vinay Gupta   |
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso                 |
| Superficie calpestabile: | 20 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | pannelli sandwich con schiuma di poliisocianurato "Tuff-R™" |
| Tecnologia costruttiva:  | pannelli autoportanti giuntati da nastro adesivo            |



### IMMAGAZZINAMENTO

I pannelli possono essere impilati.

### TRASPORTABILITÀ

Smontabile in pannelli  
A mano

Dimensioni:

C 122x244 cm pannello tipo 1  
122x274 cm pannello tipo 2  
122x305 cm pannello tipo 3  
Spessore da 0,85 a 2,54 cm  
A d 4,8 m h 2,4 m

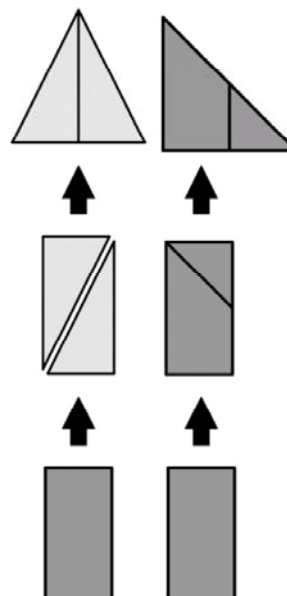
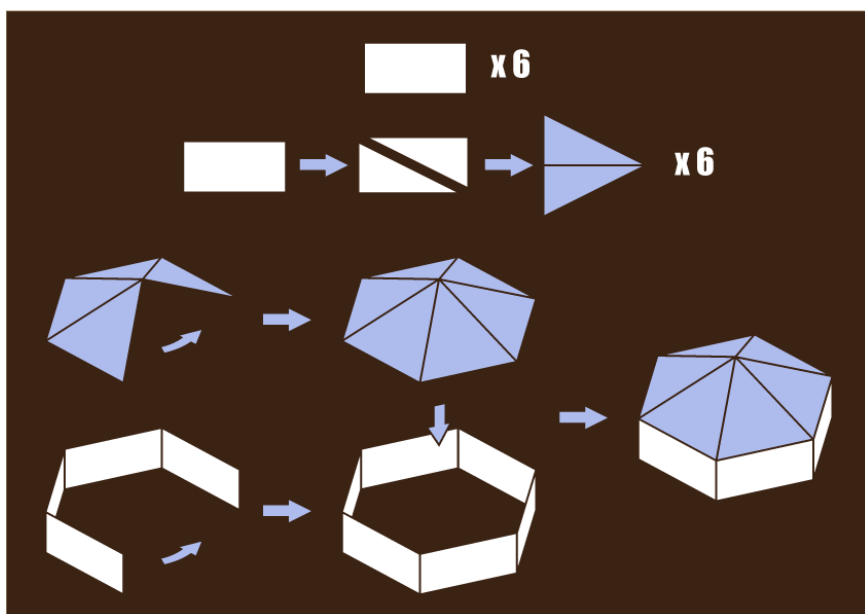
Peso totale:  
20 kg

### APPRONTABILITÀ

Pannelli sandwich autoportanti,  
unione dei pannelli tramite nastro  
adesivo.

Attrezzatura:  
a mano con attrezzature semplici  
(taglierino, nastro adesivo)

Tempo:  
60 minuti in 4 persone



## MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

## DURABILITÀ

I pannelli sono impermeabili, immarcescenti, resistenti ai raggi UV ma infiammabili (il produttore raccomanda di usarli dietro uno strato di un altro materiale).

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Smorzamento dato dal materiale.  |
| Comfort d'illuminazione | Comfort ridotto perché essendo i pannelli portanti non possono venire create grandi aperture.  |
| Comfort termico         | Valori di resistenza che variano da 1,14 m <sup>2</sup> K/W(per spessore 0,85 cm) a 2,29 m <sup>2</sup> K/W (per spessore 2,54 cm). Rivestimento in alluminio riflettente. |
| Comfort igrometrico     | Copertura impermeabile, pericolo di condensa.  |
| Ventilazione            | Comfort ridotto perché essendo i pannelli portanti non possono venire create grandi aperture, oltre all'ingresso.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Progettata per resistere al caldo.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile.

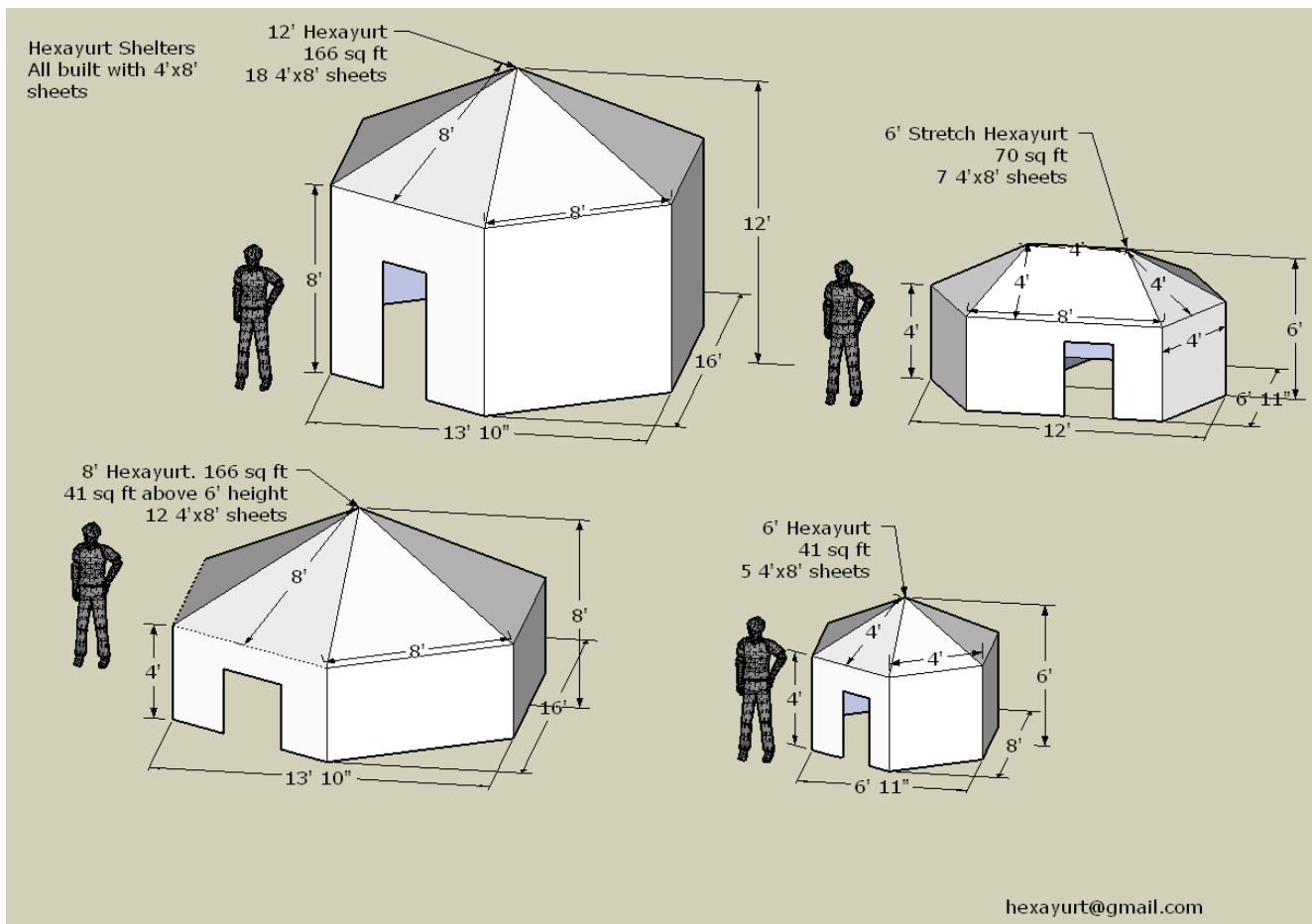
Il produttore dei pannelli Tuff-R indica che il loro pannello è fabbricato con agenti espandenti idrocarburi, che non hanno potenziale di riduzione dell'ozono.

## ADATTABILITÀ

La tenda non presenta nessun ostacolo interno ed esterno. È possibile creare dei divisori interni con dei pannelli opportunamente approntati.

## MODULARITÀ

Il manufatto è composta da pannelli, interi o tagliati in forme semplici, che possono essere composti in svariati modi, al fine di creare manufatto di diverse misure e forme. La modularità è possibile con un'opportuna progettazione degli attacchi.



## PRIVACY

La chiusura dell'ingresso deve essere approntata sul campo o progettata a parte.

All'interno è possibile creare dei divisori.

## PREZZO

Prezzo per manufatto è dai 100 ai 400 \$, a seconda delle dimensioni e dei materiali usati nei pannelli sandwich. In questo caso si è studiato un manufatto di 20 m<sup>2</sup> creato con pannelli Tuff-R, per un costo totale di 100\$.

## PARTIZIONI IN CARTONE

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Progettista:             | Shigeru Ban and Architects                           |
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / partizione per spazi interni   |
| Superficie calpestabile: | variabile  |
| Materiale principale:    | pannelli di cartone, tubi di cartone, teli in cotone |
| Tecnologia costruttiva:  | pareti portanti ad incastro                          |



Il Paper Partition System in ordine: PPS1 anno 2004, PPS2 anno 2005, PPS3 anno 2007, PPS4 anno 2011  
(Fonte: [www.shigerubanarchitects.com](http://www.shigerubanarchitects.com))

### IMMAGAZZINAMENTO

I vari elementi rigidi vengono impilati l'uno sull'altro, liberi o in scatole di cartone.  
I tessuti vengono arrotolati su tubi di cartone.



## TRASPORTABILITÀ

A mano, da almeno due persone per insieme di elementi.

## APPRONTABILITÀ

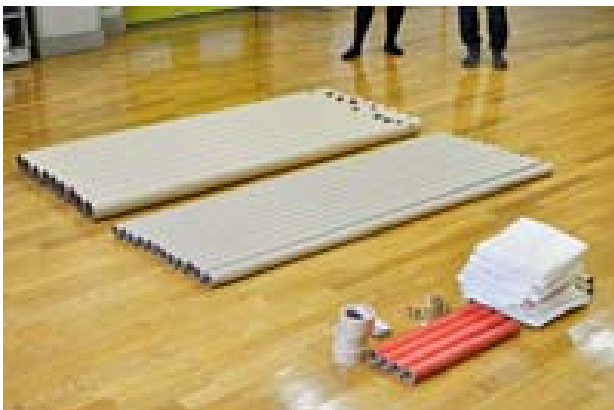
A mano, semplice, tramite l'unione ad incastro e con nastro adesivo.

Attrezzatura:  
nastro adesivo

Tempo:  
veloce



Costruzione dei Paper Partition System 1 e 2.



Assemblaggio del Paper Partition System 4.

## MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

## DURABILITÀ

Il cartone ha una scarsa resistenza al fuoco, è soggetto a marcescenza.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.



## COMFORT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Comfort acustico        | Smorzamento dato dal materiale, dai pannelli in cartone in modo superiore  |
| Comfort d'illuminazione | PPS1: basso comfort perché una sola apertura presente che si apre su un ulteriore ambiente interno.<br>PPS2, PPS3 e PPS4: non c'è alcuno ostacolo all'illuminazione proveniente dall'ambiente, diventa un problema per l'oscuramento che è di fatto impossibile da modificare.   |
| Comfort termico         | Non preso in considerazione.   |
| Comfort igrometrico     | Non preso in considerazione.   |
| Ventilazione            | PPS1: comfort ridotto perché essendo i pannelli portanti non possono esserci grandi aperture, oltre all'ingresso, che comunque si apre su un ulteriore ambiente interno.<br>PPS2: nessun ostacolo all'areazione.<br>PPS3 e PPS4: nessuno ostacolo all'areazione dall'alto, leggero ostacolo dalle pareti in tessuto di cotone. |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.  |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

L'uso in spazi interni (come palestre, palazzetti dello sport, auditorium, ecc) coperti, generalmente riscaldati e/o climatizzati, limita l'incidenza dei diversi climi.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile (nel caso dei pannelli in cartone e nei tubi in cartone, non è sempre possibile, dipende dall'entità del danno).

I materiali di costruzione hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub> incorporate:

| ICE v2.0            | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|---------------------|--------------------------------|---|
| cartone in pannelli | 24,80                          | 1,32  |
| cotone              | 143,00                         | 6,78  |

## ADATTABILITÀ

Non ci sono ostacoli all'interno o all'esterno dei manufatti. Nel caso i Paper Partition System 3 e 4 vengano usati a campata multipla, i tubi agli spigoli diventano centrali nello spazio creato.



Il Paper Partition System in modalità d'uso a doppia campata, con chiusure laterali chiuse ed aperte.

## MODULARITÀ

PPS1: possibile modularità per semplice accostamento delle aperture.

PPS2: composizione libera degli elementi nella creazione degli spazi.

PPS3: modularità prevista.

PPS4: modularità prevista potenzialmente infinita.



Paper Partition System 4 in una palestra che accoglie i rifugiati del terremoto e tsunami in Giappone del 2011.

## PRIVACY

PPS1: possibilità di chiusura delle aperture verso l'esterno, non sono previste divisioni interne.

PPS2: nessuna privacy, ne interna ne verso l'esterno

PPS3: possibilità di chiusura verso l'esterno e di suddivisione interna, seguendo la struttura portante.

PPS4: possibilità di chiusura verso l'esterno e di suddivisione interna, seguendo la struttura portante.

## PAPER LOG HOUSE

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Progettista:             | Shigeru Ban and Architects                  |
| Destinazione d'uso:      | rifugio d'emergenza / abitazione / multiuso |
| Superficie calpestabile: | variabile                                   |
| Materiale principale:    | tubi di cartone                             |
| Tecnologia costruttiva:  | pareti portanti                             |



Paper Log House 1 in Giappone nel 1995, Paper Log House 2 in Turchia nel 2000, Paper Log House 3 in India nel 2001.

### DESCRIZIONE

**Paper Log House 1 in Giappone:** le fondamenta sono composte da casse di birra in plastica donate dai produttori sul territorio e appesantite da sacchi di sabbia. Le pareti sono composte da tubi in cartone spessi 4 mm e di 106 mm di diametro. Tetto in tessuto. Come isolamento, una spugna fissata con nastro adesivo è infilata fra un tubo e l'altro.

**Paper Log House 2 in Turchia:** ogni unità è di 3x6 m, leggermente più grande rispetto all'esperienza precedente in Giappone a causa della maggior grandezza delle famiglie e per le dimensioni dei pannelli standard di compensato in Turchia. Come isolamento sono state inserite strisce di carta da macero all'interno dei tubi e uno strato di lana di vetro sul soffitto; inoltre, sono stati usati pannelli di cartone e teli di plastica all'occorrenza.

**Paper Log House 3 in India:** diversamente dai tipi 1 e 2, questo tipo di costruzione ha le fondamenta fatte dalle macerie delle abitazioni distrutte e coperte da fango, per andare a creare il tradizionale pavimento in terra battuta. Inoltre, il tetto è stato creato usando canne di bambù locali, inframezzate da un telone plastico per garantire l'impermeabilità. Sui due fronti sono stati lasciati degli elementi di areazione.

## IMMAGAZZINAMENTO

L'idea alla base di questo progetto è di evitare l'immagazzinamento di manufatti per l'emergenza ma , usando materiali comuni e di facile e veloce produzione, fabbricarli nel momento del bisogno. Altri materiali vengono anche recuperati localmente, come le casse di birra in Giappone, pannelli di compensato in Turchia, macerie delle abitazioni distrutte e bambù in India.

## TRASPORTABILITÀ

Non vengono date indicazioni in merito. Si noti che tutti gli elementi sono di dimensioni e peso tali da poter essere singolarmente maneggiati da una o due persone.

## APPRONTABILITÀ

Non vengono date indicazioni in merito.

## MANUTENZIONE

Non vengono fornite indicazioni.

## DURABILITÀ

Il cartone ha una scarsa resistenza al fuoco, è soggetto a marcescenza. La parti in plastica, fondamenta in casse di birra e teloni di copertura, sono impermeabili e immarcescenti.

## GESTIONE DELL'ENERGIA

Nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Smorzamento dato dai materiali, in maniera maggiore quando i tubi di cartone vengono riempiti con carta.  |
| Comfort d'illuminazione | Nel PLH1, oltre alle finestre sulle pareti, il telo di copertura fa entrare una luce diffusa; il controllo dell'oscuramento è possibile tramite un controsoffitto in cartone o compensato. Nel PLH2 la copertura è opaca, si ha una discreta illuminazione attraverso le finestre. Nel PLH3 sono state tenute al minimo le aperture per difendersi dal caldo e dall'irraggiamento solare eccessivo, l'illuminazione si ha attraverso l'ingresso e le parti alte di areazione. |
| Comfort termico         | In tutti i casi, l'isolamento è dato dal cartone, in maniera maggiore per i tubi riempiti di carta (Turchia) e dalla spugna infilata fra i tubi (Giappone). Nella versione indiana il tetto assicura isolamento termico grazie alla stratificazione di canne di bambù, mentre l'areazione nella parte alta dei due fronti permette il passaggio dell'aria e il raffrescamento.  |
| Comfort igrometrico     | Fondamenta rialzate, coperture impermeabili. Le aperture diminuiscono la possibilità di condensa. Nella versione indiana le grate di areazione permettono un continuo ricambio d'aria all'interno e limitano l'accumulo di umidità.   |
| Ventilazione            | Nelle Paper Log House 1 (Giappone) e 2 (Turchia), c'è una discreta ventilazione data dalle aperture degli ingressi e delle finestre, su pareti opposte dell'abitazione. Nella Paper Log House 3 (India), si hanno delle ampie aperture fisse di ventilazione alla sommità, tramite delle grate poste sotto l'imposta nel tetto nei due fronti.  |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |



Interno di una Paper Log House del primo tipo, in Giappone.

### ADATTABILITÀ CLIMATICA

Ogni manufatto è progettato per il clima in cui viene costruito, vengono fatte le implementazioni necessarie nella forma e nei materiali (isolamento, ventilazione, impermeabilità, controllo della radiazione solare).

### SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riusabile e riparabile (nel caso dei pannelli in cartone e nei tubi in cartone, non è sempre possibile, dipende dall'entità del danno).

I materiali di costruzione hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sup>2</sup> incorporate:

| ICE v2.0            | embodied energy | embodied carbon        |
|---------------------|-----------------|------------------------|
|                     | EE              | EC                     |
|                     | MJ/kg           | kgCO <sub>2</sub> e/kg |
| cartone in pannelli | 24,80           | 1,32                   |
| plastica (generico) | 80,50           | 3,31                   |

### ADATTABILITÀ

Nei tre tipi di costruzione non ci sono ostacoli né all'interno né all'esterno dei manufatti. Essi vengono comunque progettati e costruiti adattandoli al clima e alle necessità locali, non sono predefiniti.

### MODULARITÀ

Il singolo elemento costruttivo, il tubo in cartone, è modulare, usabile in tutte le configurazioni possibili; i manufatti nella loro interezza non sono predefiniti.

### PRIVACY

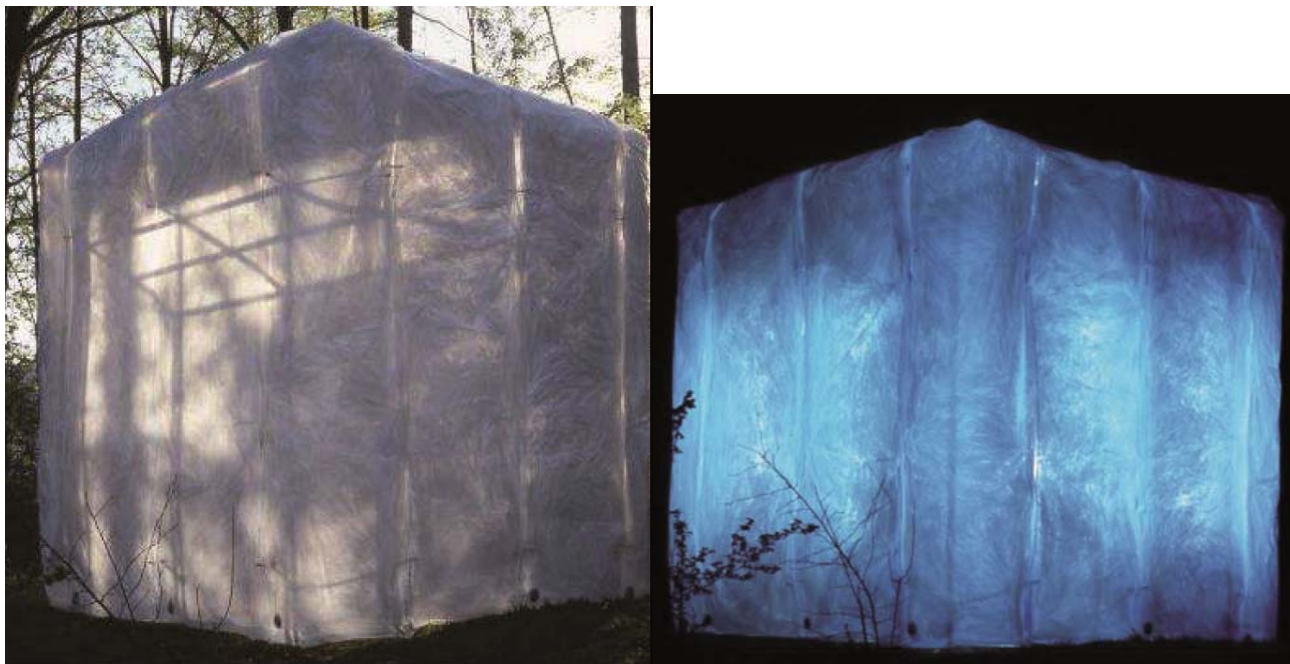
È garantita la riservatezza verso l'esterno tramite le pareti opache e l'oscuramento delle aperture. L'interno è pianificabile a piacere, è possibile creare partizioni tramite pareti in tubi di cartone.



Campo di rifugio a Kobe (Giappone, 1995).

## CASA DEL TÈ (MAWASAKI IWAMOTO / ILEK)

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Progettista:             | Mawasaki Iwamoto (ILEK workshop)  |
| Destinazione d'uso:      | casa del tè   |
| Superficie calpestabile: | 4 m <sup>2</sup>  |
| Materiale principale:    | membrana in polietilene, tubolari in acciaio  |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro rigido portante,<br>chiusura vacua in pellicola di polietilene riempita di cannuce di polietilene |



### DESCRIZIONE

Questo manufatto è un prototipo creato nel workshop dell'ILEK riguardante le facciate stabilizzate in depressione. Lo scheletro portante in tubolari d'acciaio sorregge la chiusura, precedentemente creata in fabbrica, formata da una membrana in polietilene chiusa contenente cannuce, sempre in polietilene, con una valvola per il controllo della pressione interna. La chiusura è già inizialmente vacua (cioè a pressione interna ridotta), permettendo una manipolazione plastica degli elementi interni a piacere (coprendo la struttura portante interna, creando la forma desiderata in facciata).

### IMMAGAZZINAMENTO

Non previsto (prototipo).

### TRASPORTABILITÀ

Pieghevole,  
Use-it-all  
A mano, 1 persona

Dimensioni:  
A 200x200x200 cm circa  
C 50x200x30 cm circa

Peso:  
-

### APPONTABILITÀ

Elementi portanti rigidi  
componibili,  
involucro esterno manipolabile a  
mano.

Attrezzatura:  
a mano e con un compressore

Tempo:  
-



## COMFORT

Comfort acustico

Smorzamento dato dai materiali e dal parziale sottovuoto.

Comfort d'illuminazione

L'intero manufatto è traslucido e permette una buona trasmissione parziale della radiazione luminosa.

Comfort termico

L'isolamento è dato dalla resistenza termica e la quantità di radiazione solare passante dati dai materiali di chiusura (pellicola in polietilene) e riempimento (cannucce di polietilene), migliorati dal sottovuoto (totale o parziale) che viene creato all'interno dell'elemento.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Non vengono date indicazioni sull'origine dei materiali (riciclati o vergini).

Il manufatto, sia nel suo insieme che nelle sue parti, è riutilizzabile e riparabile.

I materiali di costruzione hanno i seguenti valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti:

| ICE v2.0        | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> e/kg |
|-----------------|--------------------------------|---|
| Acciaio estruso | 29,20                          | 2,77  |
| polietilene     | 83,10                          | 1,94  |

## KUCHENMONUMENT

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Progettisti:             | Plastique Fantastique - Raumlabor Berlin     |
| Destinazione d'uso:      | spazio pubblico multiuso                     |
| Superficie calpestabile: | variabile                                    |
| Materiale principale:    | membrana in polietilene con rete di rinforzo |
| Tecnologia costruttiva:  | pneumatico strutturale air-supported         |



### IMMAGAZZINAMENTO

La parte espandibile rientra nel carrello.

### TRASPORTABILITÀ

Use-it-all rigido con ruote  
Mezzo di traino meccanico.

Dimensioni:  
A 3,5 x 18 m

Peso:  
membrana 100 g/m<sup>2</sup>



### APPRONTABILITÀ

Contenitore rigido autoportante in metallo. / Aria libera in pressione come elemento portante dell'involucro in pellicola di polietilene

Attrezzatura:  
compressore elettrico built-in  
ad uso continuo

Tempo:

-

### MANUTENZIONE

Non vengono date indicazioni.

### DURABILITÀ

Il polietilene è immarcescente e impermeabile. Dato l'esiguo spessore di una pellicola, i maggiori punti di criticità sono i tagli e l'usura.



## GESTIONE DELL'ENERGIA

All'interno dello spazio pneumatico: nessuna predisposizione per l'allaccio alle reti energetiche, nessun accessorio di autoproduzione dell'energia. All'interno del carrello: predisposizione per l'allaccio a reti energetiche.

## COMFORT

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Comfort acustico        | Lievissimo smorzamento dato dal materiale.  |
| Comfort d'illuminazione | Totalmente traslucida nella parte pneumatica..  |
| Comfort termico         | Conduttività della membrana in polietilene: 0,32/0,51 W/mK. Non ci sono altre misure di controllo del clima interno riguardanti la struttura. |
| Comfort igrometrico     | Copertura impermeabile, pericolo di condensa.   |
| Ventilazione            | Comfort ridotto, ventilazione solo attraverso il ventilatore ad uso continuo per il mantenimento in pressione dell'aria interna.              |
| Tossicità               | Non vengono date indicazioni particolari.   |

## ADATTABILITÀ CLIMATICA

Non sono state prese misure a riguardo. Possibile integrazione con accessori di riscaldamento e condizionamento.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

I materiali sono riciclabili, non vengono date indicazioni sulla provenienza (vergini/riciclati). Il manufatto può essere riutilizzato sia nelle sue parti che nella sua interezza.

Valori di energia incorporata ed emissione di CO<sub>2</sub> incorporate per il polietilene:

EE= 83,10 MJ/kg

EC= 1,94 kgCO<sub>2</sub>e/kg

## ADATTABILITÀ

La parte pneumatica non presenta ostacoli né all'interno né all'esterno. La pellicola di copertura si può adattare allo spazio in cui viene installata.

## MODULARITÀ

Non prevista.

## PRIVACY

Nella parte pneumatica, non è possibile avere nessuna privacy verso l'esterno perché il materiale è totalmente trasparente. Lo spazio libero interno permette di installare qualsiasi manufatto voluto per la ripartizione dello spazio interno.

### 3.2.1 Sintesi delle caratteristiche dei casi studio

I casi studio qui di seguito riassunti nelle loro caratteristiche sono così suddivisi:

- ① tende in uso da corpi di soccorso:
  - Tenda autostabile della Protezione Civile italiana
  - Tenda pneumatica della Protezione Civile italiana
  - Tenda Gammax per clima caldo delle Nazioni Unite
  - Tenda Gammax per clima freddo delle Nazioni Unite
  - Tenda Ferrino per clima freddo delle Nazioni Unite
  - Tenda a tunnel Ferrino “Lightweight emergency tent” delle Nazioni Unite
  - Tenda a palo centrale delle Nazioni Unite
  - Tenda Shelter box
  
- ② tende per le emergenze proposte dai produttori:
  - Tenda modulare rapida Ferrino
  - Tenda MV 6x6 FR – montaggio veloce Ferrino
  - Tenda Self-erecting TPSE-07
  - Tenda Autogonfiabile Pronto Impiego
  
- ③ altri tipi di rifugi /abitazioni /spazi
  - Tenda “Desert Seal”
  - Hexayurth
  - Partizioni in cartone
  - Paper Log House
  - Casa del tè (Mawasaki Iwamoto / ILEK)
  - Kuchenmonument



|                         |  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|-------------------------|--|---|---|----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|--|
| GESTIONE ENERGIA        | ALLACCIAMENTO ALLA RETE  | Predisposizione per il passaggio di tubi e cavi | Predisposizione per il passaggio di tubi e cavi | Nessuna predisposizione          | Nessuna predisposizione          | Nessuna predisposizione                                   | Nessuna predisposizione, difficoltoso a causa catino rialzato | Nessuna predisposizione                         | Nessuna predisposizione                                  |
|                         | AUTOPRODUZIONE inclusa in struttura                                | non inclusa                                     | non inclusa                                     | non inclusa                      | non inclusa                      | non inclusa   | non inclusa   | non inclusa                                     | non inclusa  |
| COMFORT                 | ACUSTICA   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | ILLUMINAZIONE  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | TEMPERATURA  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | VENTILAZIONE   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | UMIDITA'   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | TOSSICITA'   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
| ADATTABILITA' CLIMATICA | implementazione isolamento   | possibile                                       |   |                                  |                                  | possibile   |   |   |  |
|                         | implementazione ombreggiatura                                      | prevista struttura aggiuntiva                   | prevista struttura aggiuntiva                   | non prevista                     | non prevista                     | non prevista  | non prevista  | non prevista                                    | non prevista   |
|                         | implementazione areazione  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | resistenza all'acqua   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
| ECO SOSTENIBILITA'      | riparabilità   |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | riusabilità  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | riciclabilità  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
|                         | energia incorporata per 1 m2 di superficie calpestabile EE (MJ/m2) | 257,74<br>(senza struttura portante)            | 211,88  | -                                | -                                | 230,33<br>(con camera interna semplice, non isotermitica) | 20,97<br>(senza struttura portante)                           | -   | -  |
|                         | energia incorporata totale manufatto EE (MJ)                       | 5.154,82  | 5.508,82  | -                                | -                                | 7.370,45  | 671,02  | -   | -  |
| PERSONALIZZAZIONE       | adattabilità   | divisori interni, spazio frontale libero        | divisori interni, spazio frontale libero        | spazio interno e frontale libero | spazio interno e frontale libero | divisori interni, spazio frontale libero                  | divisori interni, spazio frontale con corde parasole          | palo centrale interno, nessun divisorio interno | divisorio interno, spazio frontale con pali del parasole |
|                         | modularità   | moduli di connessione preposti                  | moduli di connessione preposti                  | non prevista                     | non prevista                     | non prevista  | non prevista  | non prevista                                    | non prevista   |
|                         | privacy  |   |   |                                  |                                  |   |   |   |  |
| COSTO                   | prezzo per manufatto   | 4.740 €   | 13.760 €  | -                                | -                                | 3.860 €   | -   | -   | -  |

**TABELLA 4 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLE TENDE PER LE EMERGENZE PROPOSTE DAI PRODUTTORI**

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>CARATTERISTICHE BASE</b>              | DESTINAZIONE D'USO              |
|  | SUPERFICE CALPESTABILE m2       |
|  | TECNOLOGIA COSTRUTTIVA          |
|  | MATERIALE PRINCIPALE            |
| <b>TRASPORTABILITA' IMMAGAZZINAMENTO</b> | PESO totale kg                  |
|  | PESO kg/m2 superficie calp.     |
|  | VOLUME                          |
|  | RESISTENZA al DEGRADO DEL TEMPO |
|  | MOVIMENTAZIONE                  |
|  | IMPILABILITA'                   |
| <b>APPRONTABILITA'</b>                   | FACILITA'                       |
|  | RAPIDITA'                       |
|  | SICUREZZA DEL RISULTATO         |
| <b>MANU - TENZIONE</b>                   | ADATTABILITA'                   |
|  | RIPARABILITA'                   |
|  | PULIZIA                         |

|                                     |   |                                      |   |   |   |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|---|---|
| <b>DURABILITA'</b>                  | RESISTENZA AI DIVERSI CLIMI                 | unica caratteristica: impermeabilità | struttura base implementabile con isolamento o ombreggiamento | struttura base implementabile con isolamento o ombreggiamento | unica caratteristica: impermeabilità                          |
|                                     | RESISTENZA AI FENOMENI ATMOSFERICI          |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA AL FUOCO                         | ignifugo                             | ignifugo  | ignifugo  | n.d.  |
|                                     | RESISTENZA AI RAGGI UV                      |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI              |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA ALL'ATTACCO DI ANIMALI E INSETTI |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA AL TAGLIO                        |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA ALL'USURA                        |                                      |   |   |   |
|                                     | RESISTENZA ALLA MARCESCENZA                 |                                      |   |   |   |
|                                     | <b>GESTIONE ENERGIA</b>                     | ALLACCIAMENTO ALLA RETE              | Nessuna predisposizione                                       | Nessuna predisposizione                                       | Nessuna predisposizione, difficoltoso a causa catino rialzato |
| AUTOPRODUZIONE inclusa in struttura |   | non inclusa                          | non inclusa   | non inclusa   | non inclusa   |
| <b>COMFORT</b>                      | ACUSTICA                                    |                                      |   |   |   |
|                                     | ILLUMINAZIONE                               |                                      |   |   |   |
|                                     | TEMPERATURA                                 |                                      |   |   |   |
|                                     | VENTILAZIONE                                |                                      |   |   |   |
|                                     | UMIDITA'                                    |                                      |   |   |   |
|                                     | TOSSICITA'                                  |                                      |   |   |   |

|                                |  |                                      |                                      |  |                                      |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| <b>ADATTABILITA' CLIMATICA</b> | implementazione isolamento   |                                      | possibile                            | possibile                                    |                                      |
|                                | implementazione ombreggiatura                                      | non prevista                         | prevista struttura aggiuntiva        | prevista struttura aggiuntiva                | non prevista                         |
|                                | implementazione areazione  |                                      |                                      |  |                                      |
|                                | resistenza all'acqua   |                                      |                                      |  |                                      |
| <b>ECO SOSTENIBILITA'</b>      | riparabilità   |                                      |                                      |  |                                      |
|                                | riusabilità  |                                      |                                      |  |                                      |
|                                | riciclabilità  |                                      |                                      |  |                                      |
|                                | energia incorporata per 1 m2 di superficie calpestabile EE (MJ/m2) | 275,74                               | -                                    | -  | -                                    |
|                                | energia incorporata totale manufatto EE (MJ)                       | 8,62                                 | -                                    | -  | -                                    |
|                                |  | (senza struttura portante)           |                                      |  |                                      |
| <b>PERSONALIZZAZIONE</b>       | adattabilità   | spazio interno e frontale libero<br> | spazio interno e frontale libero<br> | divisori interni, spazio frontale libero<br> | spazio interno e frontale libero<br> |
|                                | modularità   | moduli di connessione preposti<br>   | non prevista<br>                     | moduli di connessione preposti<br>           | non prevista<br>                     |
|                                | privacy  |                                      |                                      |  |                                      |
| <b>COSTO</b>                   | prezzo per manufatto   | 1.234 €                              | 23.900 €                             | -  | -                                    |

TABELLA 5 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DEGLI ALTRI TIPI DI RIFUGIO/ ABITAZIONE/ SPAZI

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| CARATTERISTICHE BASE                | DESTINAZIONE D'USO                          |
|                                     | SUPERFICE CALPESTABILE m2                   |
|                                     | TECNOLOGIA COSTRUTTIVA                      |
|                                     | MATERIALE PRINCIPALE                        |
| TRASPORTABILITA' - IMMAGAZZINAMENTO | PESO totale kg                              |
|                                     | PESO kg/m2 superfice calp.                  |
|                                     | VOLUME                                      |
|                                     | RESISTENZA al DEGRADO DEL TEMPO             |
|                                     | MOVIMENTAZIONE                              |
| IMPILABILITA'                       |   |
| APPRONTABILITA'                     | FACILITA'                                   |
|                                     | RAPIDITA'                                   |
|                                     | SICUREZZA DEL RISULTATO                     |
| MANU - TENZIONE                     | ADATTABILITA'                               |
|                                     | RIPARABILITA'                               |
|                                     | PULIZIA                                     |
| DURABILITA'                         | RESISTENZA AI DIVERSI CLIMI                 |
|                                     | RESISTENZA AI FENOMENI ATMOSFERICI          |
|                                     | RESISTENZA AL FUOCO                         |
|                                     | RESISTENZA AI RAGGI UV                      |
|                                     | RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI              |
|                                     | RESISTENZA ALL'ATTACCO DI ANIMALI E INSETTI |
|                                     | RESISTENZA AL TAGLIO                        |
|                                     | RESISTENZA ALL'USURA                        |
|                                     | RESISTENZA ALLA MARCESCENZA                 |



|                         |  |                             |   |  |  |  |  |
|-------------------------|--|-----------------------------|---|--|--|--|--|
| GESTIONE ENERGIA        | ALLACCIAMENTO ALLA RETE  | Nessuna predisposizione<br> | Nessuna predisposizione<br>                   | -  | Nessuna predisposizione<br>                | Nessuna predisposizione<br>                | Nessuna predisposizione<br>                |
|                         | AUTOPRODUZIONE inclusa in struttura                                | Pannello fotovoltaico<br>   | non inclusa<br>                               | non inclusa<br>                            | non inclusa<br>                            | non inclusa<br>                            | non inclusa<br>                            |
| COMFORT                 | ACUSTICA   |                             |   |  |  |  |  |
|                         | ILLUMINAZIONE  |                             |   |  |  |  |  |
|                         | TEMPERATURA  |                             |   |  |  |  |  |
|                         | VENTILAZIONE   |                             |   |  |  |  |  |
|                         | UMIDITA'   |                             |   |  |  |  |  |
|                         | TOSSICITA'   |                             |   |  |  |  |  |
| ADATTABILITA' CLIMATICA | implementazione isolamento   |                             |   |  | tramite riempimento dei tubi               |  |  |
|                         | implementazione ombreggiatura                                      | non prevista                | struttura aggiuntiva                          | struttura aggiuntiva                       | progettazione adeguata copertura           | struttura aggiuntiva                       | struttura aggiuntiva                       |
|                         | implementazione areazione  |                             |   |  |  |  |  |
|                         | resistenza all'acqua   |                             |   |  |  |  |  |
| ECO SOSTENIBILITA'      | riparabilità   |                             |   |  |  |  |  |
|                         | riusabilità  |                             |   |  |  |  |  |
|                         | riciclabilità  | -                           |   |  |  |  |  |
|                         | energia incorporata per 1 m2 di superficie calpestabile EE (MJ/m2) | -                           | -   | -  | -  | -  |  |
|                         | energia incorporata totale manufatto EE (MJ)                       | -                           | -   | -  | -  | -  |  |
| PERSONALIZZAZIONE       | adattabilità   | spazio minimo<br>           | interno libero, spazio frontale libero<br>    | interno libero, spazio frontale libero<br> | interno libero, spazio frontale libero<br> | interno libero, spazio frontale libero<br> | interno libero, spazio frontale libero<br> |
|                         | modularità   | non prevista<br>            | liberamente personalizzabile coi pannelli<br> | modulare<br>                               | liberamente assemblabile<br>               | non prevista<br>                           | non prevista<br>                           |
|                         | privacy  |                             |   |  |  |  |  |
| COSTO                   | prezzo per manufatto   | -                           | 100 / 400 \$                                  | -  | -  | -  | -  |

### 3.3 LE TECNOLOGIE COSTRUTTIVE

Dallo studio dei casi studio visti precedentemente, dallo studio della bibliografia e dai cataloghi dei produttori, in questo sotto capitolo sono state fatte delle valutazioni qualitative delle tecnologie per le strutture portanti rispetto alle classi di requisiti discussi nel sotto capitolo precedente. Queste otto classi di requisiti sono così articolate nelle loro componenti caratteristiche:

- Immagazzinamento e trasportabilità
- Approntabilità
- Manutenzione
- Durabilità
- Qualità ambientale
- Adattabilità climatica
- Ecosostenibilità
- Personalizzazione

Ogni classe è stata valutata scomposta nelle sue componenti caratterizzanti, a cui è stata assegnata una valutazione qualitativa verde/giallo/rosso (●/●/●), ad indicare dalla migliore prestazione alla peggiore. Con il rosso si intende una criticità intrinseca al tipo di tecnologia e non risolvibile, con il giallo un punto medio di criticità che può essere evitato con un'appropriata progettazione, in verde una caratteristica positiva intrinseca della tipologia.

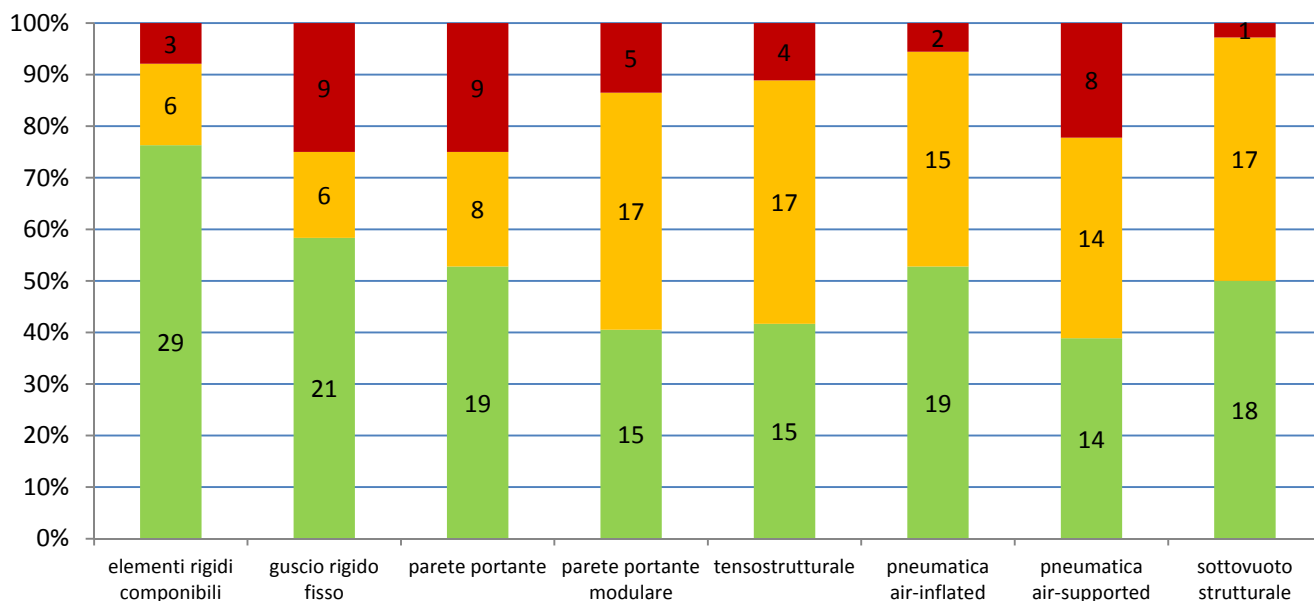
Le valutazioni sono state fatte rispetto alla tecnologia, tenendo conto della possibilità d'uso di materiali diversi per la stessa tecnologia portante (ad esempio, la durabilità ha valutazione positiva nelle sue componenti che riguardano i materiali come la resistenza alla marcescenza, perché non sono influenzate dalla tecnologia portante ma dal materiale usato, mentre quelle che riguardano direttamente la tipologia della struttura portante hanno una valutazione derivante dal loro comportamento dato dal tipo, ad esempio le differenze di resistenza al taglio fra un cavo e un guscio rigido).

Le tecnologie della struttura portante studiate sono quelle derivanti dall'analisi dei casi studio di manufatti per l'emergenza, cioè quelle attualmente più usate, e una (il sottovuoto strutturale) di cui sono venuta a conoscenza tramite la ricerca di "strutture leggere" attraverso i lavori dell'ILEK (Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design). Esse sono:

- Elementi rigidi componibili (le tende usate da Protezione Civile e Nazioni Unite, il Paper Partition System)
- Guscio rigido (container e prefabbricati)
- Parete portante (Hexayurt)
- Parete portante modulare (Paper Log House)
- Tensostrutturale (tende, coperture di spazi pubblici)
- Pneumatica air-inflated (tende pneumatiche)
- Pneumatica air-supported (spazi pubblici come Kuchenmonument)
- Sottovuoto strutturale







**Tabella 7** Manufatti: sintesi qualitativa delle tecnologie per la struttura portante

Come si può vedere dalla tabella sovrastante, in termini assoluti la tecnologia per la struttura portante con più risultati positivi (in verde) è quella ad elementi rigidi componibili. Cioè è quella attualmente più largamente usata nei manufatti per l'emergenza, basti guardare i vari tipi di tende usati dalla protezione Civile italiana e dalle Nazioni Unite che si basano tutte su uno scheletro portante componibile in tubolare metallico. Si nota che la categoria con i risultati peggiori per questa tecnologia è quella dell'approntabilità. Ciò significa che in uno scenario d'emergenza dove è fondamentale la rapidità e il personale impiegato è solo in parte preparato, in quanto conta anche di volontari e della stessa popolazione colpita, questa categoria incide grandemente sullo scopo primario di questo tipo di manufatti, cioè dare rifugio in tempi rapidi.

La tecnologia con in assoluto meno risultati positivi è quella pneumatica air-supported. I suoi punti di criticità sono distribuiti in tutte le categorie.

La tecnologia con più risultati peggiori (in rosso) in termini assoluti è il guscio rigido fisso, cioè le unità prefabbricate. I suoi punti di criticità si concentrano sulle categorie caratterizzanti dei manufatti per l'emergenza (immagazzinamento e trasporto, manutenzione) e in quelle riguardanti il comfort degli utenti (qualità ambientale, adattabilità climatica e personalizzazione).

La tecnologia con meno risultati negativi (in rosso) è il sottovuoto strutturale, distante solo di un punto dalla tecnologia pneumatica air-inflated. Entrambe le tecnologie presentano dei punti di criticità medi (in giallo) che potrebbero essere migliorati con un'appropriata progettazione.

In conclusione a queste analisi, ho deciso di portare avanti il mio lavoro di tesi basandomi su due tecnologie strutturali: la **pneumatica** e il **sottovuoto strutturale**. Benché esse non siano quelle con i migliori risultati in assoluto, esse sono le migliori per quanto riguarda il numero di aspetti negativi (in rosso). Inoltre, poiché le loro criticità sono concentrate nelle categorie della durabilità e della qualità ambientale, sarà possibile studiare come migliorare le loro prestazioni in merito attraverso lo studio dei materiali e delle loro performance.

Il **risultato ideale** dello studio e della progettazione successivi sarebbe un **manufatto immediato di ricovero ad alte prestazioni**, cioè una struttura in grado di rispondere alle necessità tipiche di uno scenario d'emergenza e in contemporanea a quelle della normale qualità dell'abitare.

### 3.4 I MATERIALI DEI MANUFATTI PER L'EMERGENZA

È possibile suddividere i materiali per i manufatti per l'emergenza in base alla loro *funzione*:

- strutturale
- di chiusura
- di isolamento

I **materiali strutturali** più usati sono:

- Alluminio tubolari
- Acciaio tubolari
- PVC membrane per camere pneumatiche
- Cartone tubi, lastre
- Bambù canne
- Legno travi, pali, lastre
- Vetrosina pali
- Sandwich multimateriale pannelli in schiuma polimerica, plastica, alluminio

I **materiali di chiusura** più usati sono:

- Polietilene chiusura superiore, divisori interni
- Poliestere chiusura superiore, divisori interni
- Poliestere spalmato PVC chiusura verso terra
- PVC chiusura superiore, chiusura verso terra
- Tessuto spalmato poliuretano chiusura verso terra
- Tessuto in cotone-modacrilico chiusura superiore, divisori interni
- Tessuto in cotone-poliestere chiusura superiore, divisori interni
- Tessuto in cotone chiusura superiore, divisori interni

I **materiali per l'isolamento** dell'ambiente interno sono:

- Poliisocianurato schiuma polimerica
- Ovatta fibre
- Alluminio fogli
- Cotone tessuto a grammatura pesante
- Tessuto alluminizzato tessuto isolante riflettente
- PVC a prestazioni migliorate tessuto isolante filtrante delle radiazioni solari
- Carta strisce

Rispetto ai requisiti per l'intero manufatto studiati nei capitoli precedenti, i materiali in quanto tali sono direttamente legati solo ad alcuni di essi: peso, volume, resistenza ai vari tipi di degrado, manutenzione, qualità ambientale interna e sostenibilità.

I primi quattro requisiti sono strettamente legati al tipo d'uso del manufatto e quelli oggi in uso rispondono già a tali richieste, motivazione principale della loro scelta (insieme al costo).

La qualità ambientale interna e la sostenibilità ambientale sono le due classi di requisiti meno tenute in conto per la scelta dei materiali. Una qualità base dell'ambiente interno è sempre comunque garantita (impermeabilità, resistenza al fuoco, oscuramento, talvolta anche isolamento termico); questa qualità ambientale risponde però solo alle necessità basilari di abitabilità, nell'ottica di un periodo di utilizzo del manufatto breve o tutt'al più a medio termine.

Nella realtà tali manufatti vengono abitati per svariati mesi, a volte anche anni, prima che la popolazione riesca a rientrare o ricostruire le proprie abitazioni normali. Inoltre, spesso non sono in grado di fornire riparo dagli estremi stagionali del clima e c'è bisogno di integrare con accessori per il riscaldamento e condizionamento e con una fornitura di energia all'altezza delle richieste.

Nei manufatti non isolati, il **controllo termico dell'ambiente interno** è dato da un solo strato di tessuto che funziona anche da chiusura verso l'esterno o da divisorio interno. Il tessuto dello stesso materiale può avere diversa grammatura a seconda del tipo di clima in cui si prevede il suo utilizzo. Ad esempio, fra le tende delle Nazioni Unite create per clima freddo o senza indicazione di clima particolare, una chiusura in cotone ha le seguenti grammature:

- Tenda Gammax clima freddo                      200 g/m<sup>2</sup>
- Tenda Ferrino clima freddo                      340 g/m<sup>2</sup>
- Tenda a palo centrale                            425 g/m<sup>2</sup> esterna, interne 425+160 g/m<sup>2</sup>

Nei manufatti isolati, esistono uno o più materiali presenti specificatamente per questo ruolo.

Nei manufatti a pareti rigidi è possibile l'uso di veri e propri pannelli isolanti. L'Hexayurt usa i pannelli isolanti anche come elemento strutturale; costruiti in schiuma di poliisocianurato ricoperta da alluminio e plastica, essi hanno valori di resistenza che variano da 1,14 m<sup>2</sup>K/W (per uno spessore di 0,85 cm) a 2,29 m<sup>2</sup>K/W (per uno spessore di 2,54 cm).

Nelle tende l'isolamento consiste in un elemento in materiali accoppiati da inserire all'interno della struttura e delle stesse dimensioni della chiusura esterna oppure uno o più elementi interni che funzionano anche da divisori dello spazio (le camere).

Ferrino produce delle **camere isotermitiche** da inserire nelle tende della serie Montana usate dalla Protezione Civile, di marca Ferrino. Esso sono formate da uno strato di cotone ignifugo accoppiato ad uno strato di ovatta ed un foglio di alluminio. Non sono disponibili dei valori di resistenza o trasmittanza dell'elemento, ma Ferrino descrive così le sue capacità d'isolamento:

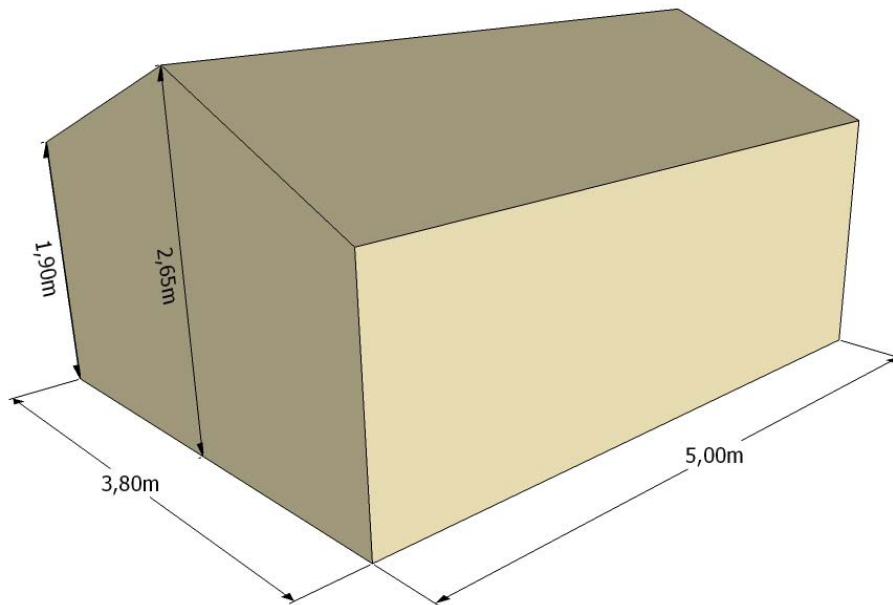
***“Le prove termiche condotte hanno evidenziato come la camera realizzata con questo tessuto consenta un innalzamento della temperatura interna della tenda di 6/8° C, a seconda delle condizioni di vento presenti. Le prove sono state condotte su una tenda da 20 m<sup>2</sup> circa, rilevando ogni 15 minuti la temperatura esterna e quella interna, l'umidità e la velocità del vento. All'interno della tenda si è posizionata una stufa elettrica di potenza 2300W, con funzionamento ridotto a 1000W nella notte. In questa configurazione, con una temperatura esterna di -2° C, la temperatura interna della tenda si è assestata sui 12° C. Con la camera standard la temperatura rilevata è stata di 4° C.”***

Si può vedere come l'isolamento, benché migliorando significativamente le condizioni termiche interne, non sia abbastanza da garantire un ambiente confortevole in climi rigidi.

Poiché la maggioranza dei rifugi oggi usati in situazioni d'emergenza sono della tipologia a tenda, e poiché solo Ferrino fornisce dei dati sulla performance della loro camera isotermitica, si è deciso di usare come riferimento per il confronto delle performance di progetto proprio la tenda isotermitica di marca Ferrino. Per ricavare un valore quantitativo per il confronto, si è usato il seguente **metodo di calcolo**:

come si può vedere anche dalle tabelle seguenti, basandosi sui dati forniti di temperatura, superficie disperdente e di calore apportato tramite la stufetta, si sono calcolati i valori di trasmittanza e resistenza della camera isotermitica. Poi, basandosi su tale modello, si è modificato l'obiettivo della temperatura interna a 20°C invece di 12°C, in modo da assicurare la migliore situazione di comfort interno, e si sono calcolati i valori di resistenza R (m<sup>2</sup>K/W) e trasmittanza U (W/m<sup>2</sup>K).

Tali valori, pari a **R=1,25 m<sup>2</sup>K/W** e **U=0,80 W/m<sup>2</sup>K**, sono quindi i **valori minimi di riferimento per la performance termica di progetto**, ipotizzando un riscaldamento interno continuo pari a 1000W.



25 Modello di camera isoterma Ferrino

### CASO STUDIO

#### camera isoterma FR Montana (Ferrino)

|  |            |      |                    |
|--|------------|------|--------------------|
| temperatura esterna                              | $T_0$      | -2   | °C                 |
| temperatura interna                              | $T_i$      | 12   | °C                 |
| differenza di temperatura                        | $\Delta T$ | 14   | °C                 |
| superficie disperdente camera                    | $S$        | 56,7 | m <sup>2</sup>     |
| flusso di calore<br>(riscaldamento con stufetta) | $Q$        | 1000 | W                  |
| trasmissione                                     | $U$        | 1,26 | W/m <sup>2</sup> K |
| resistenza                                       | $R$        | 0,79 | m <sup>2</sup> K/W |

Tabella 8 Calcolo delle caratteristiche termiche della camera isoterma Ferrino

### CASO IDEALE

#### camera a dimensioni isoterma FR Montana (Ferrino)

|  |            |      |                    |
|--|------------|------|--------------------|
| temperatura esterna                              | $T_0$      | -2   | °C                 |
| temperatura interna                              | $T_i$      | 20   | °C                 |
| differenza di temperatura                        | $\Delta T$ | 22   | °C                 |
| superficie disperdente camera                    | $S$        | 56,7 | m <sup>2</sup>     |
| flusso di calore<br>(riscaldamento con stufetta) | $Q$        | 1000 | W                  |
| trasmissione                                     | $U$        | 0,80 | W/m <sup>2</sup> K |
| resistenza                                       | $R$        | 1,25 | m <sup>2</sup> K/W |

Tabella 9 Calcolo dei valori minimi di riferimento per la performance termica di progetto

Per quanto riguarda la **sostenibilità ambientale**, fra le varie caratteristiche che compongono questo requisito si è scelto di studiarne due in particolare: l'energia incorporata e le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti. Questo perché è stato possibile riferirsi al database dei materiali da costruzione ICE (versione 2.0), compilato dall'università di Bath, che si riferisce al consumo di energia e alle emissioni legate ai materiali da costruzione nel loro ciclo di produzione.

Fra i materiali per gli elementi di chiusura dei manufatti, i materiali polimerici hanno dei valori di energia incorporata e emissioni di CO<sub>2</sub> incorporate molto minori rispetto al cotone, pur essendo quest'ultimo un materiale naturale. Inoltre, permettono il riciclaggio e il riuso. Fra i materiali per le strutture portanti, l'ordine di performance ambientale è il seguente: compensato, cartone, acciaio tubolare, PVC, alluminio tubolare. Quindi fra i materiali presenti nei casi studio, dal punto di vista della sostenibilità ambientale il più prestante è il cartone, seguito a breve distanza dal compensato; inoltre, entrambi possono derivare da materiale già di riciclo ed essere ulteriormente riciclati e riutilizzati per lo stesso tipo di elemento. Entrambi mancano però delle altre qualità necessarie per essere adatti ad uno nel campo dell'emergenza e garantire una buona qualità dell'ambiente interno.

| ICE v2.0                      | embodied energy embodied carbon |                        |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                               | EE                              | EC                     |
|                               | MJ/kg                           | kgCO <sub>2</sub> e/kg |
| acciaio tubolare              | 24,90                           | 1,94                   |
| alluminio in fogli            | 155,00                          | 8,24                   |
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                          | 8,16                   |
| cartone in pannelli           | 24,80                           | 1,32                   |
| compensato in pannello        | 15,00                           | 0,81                   |
| cotone                        | 143,00                          | 6,78                   |
| HDPE                          | 76,70                           | 1,93                   |
| LDPE                          | 78,10                           | 2,08                   |
| poliestere                    | 80,50                           | 3,31                   |
| polietilene                   | 83,10                           | 1,94                   |
| PVC                           | 68,60                           | 3,19                   |

**Tabella 10** Confronto dell'energia incorporata e della CO<sub>2</sub> incorporata fra i materiali usati nei manufatti per l'emergenza

Nell'analisi del requisito della sostenibilità ambientale, la caratteristica dell'energia incorporata (MJ e MJ/m<sup>2</sup>) è stata puntualmente analizzata in ogni caso studio, dove è stato possibile. Qui di seguito si riassumono i valori finali di ogni caso studio di cui è stato possibile dati sufficienti da permettere il calcolo.

| CASI STUDIO DI<br>RIFUGI PER L'EMERGENZA<br>- ENERGIA INCORPORATA -              | TOTALE MANUFATTO<br>copertura+camera+struttura+pavimento |   | COPERTURA               |   | STRUTTURA PORTANTE                  |   |
|--|--|---|-------------------------|---|-------------------------------------|---|
|  | EE<br>totale   | EE<br>per 1 m <sup>2</sup> di<br>superficie<br>calpestabile | EE<br>solo<br>copertura | EE<br>per 1 m <sup>2</sup> di<br>superficie<br>calpestabile | EE<br>solo<br>struttura<br>portante | EE<br>1 m <sup>2</sup> di<br>superficie<br>calpestabile |
|  | MJ   | MJ/m <sup>2</sup>   | MJ                      | MJ/m <sup>2</sup>   | MJ                                  | MJ/m <sup>2</sup>                                       |
| tenda autostabile Protezione Civile  | 5.188,17   | 259,41  | 2.024,51                | 101,23  |                                     |   |
| tenda pneumatica Protezione Civile   | 5.508,82   | 211,88  | 2.445,07                | 94,04   | 1.703,31                            | 65,51   |
| tenda Ferrino per clima freddo UN<br>(con camera interna semplice, non isoterma) | 7.370,45   | 230,33  | 1.971,30                | 61,60   | 1.300,81                            | 40,65   |
| tenda a tunnel Ferrino UN  | 671,02   | 20,97   | 214,85                  | 6,71  | -                                   | -   |
| tenda modulare rapida Ferrino  | 275,74   | 8,62  | 275,74                  | 8,62  | -                                   | -   |

**Tabella 11** Comparazione fra le energie incorporate nei diversi casi studio



*A vacuum is a hell of a lot better*

*than some of the stuff that nature replaces it with.*

*-Tennessee Williams*

*Questa frase viene citata spesso negli scritti di chi si è occupato del tema dell'architettura sottovuoto. La ricerca di materiali migliori, tecnologie migliori e prestazioni migliori porta all'idea estrema per cui quel qualcosa di migliore è in definitiva niente, il vuoto.*

*In architettura questo vuoto si traduce sia in uno spazio "vuoto" di materiale da costruzione, ma di fatto pieno d'aria a diverse pressioni, sia nella "messa in sottovuoto" di altri materiali al fine di modificarne il loro comportamento.*

*Nella prima parte di questa tesi si è studiata la situazione d'emergenza, la sua gestione e i manufatti che vengono usati al suo interno. Proprio dallo studio dei manufatti si è visto come i materiali da costruzione usati e le tecnologie strutturali abbiano alcuni limiti. Ecco quindi che l'opzione di un non-materiale e di una tecnologia strutturale innovativa si configurano come possibile soluzione per alcuni aspetti che si sono scoperti problematici.*

*Il fascino di usare un non-materiale, sia dal punto di vista delle prestazioni fisiche che delle possibilità di composizione formali, necessita in questo lavoro di tesi di un propedeutico studio conoscitivo sul tema, per poter poi unire la fascinazione con la conoscenza tecnica e arrivare infine alla possibile applicazione nel particolare campo dell'emergenza.*

Dallo studio dell'architettura per l'emergenza, dei suoi requisiti prestazionali, delle tecnologie, dei materiali e dei casi studio, sono state individuate due tecnologie costruttive interessanti per questo tema.

La seconda parte del lavoro di tesi è stata di studio su queste tecnologie:

- la tecnologia del pneumatico (pressostatica)
- la tecnologia del sottovuoto (depressostatica)

Sono state cercate delle informazioni attuali sullo stato dell'arte di queste due tecnologie, trovando una piccola bibliografia a riguardo ma soprattutto varie ricerche recenti sul tema dell'architettura depressostatica.

Nonostante non ci sia una consuetudine all'uso della tecnologia del sottovuoto in architettura, e quindi ci sia una mancanza di testi ed esempi di realizzazioni a riguardo, c'è un'attenzione verso il tema, soprattutto nell'ambito accademico e della ricerca. Proprio su queste ricerche e prototipi si basa questo lavoro, che non ha quindi una base di conoscenze consolidata dall'uso e dal tempo ma che tenta di compensare con la voglia di cercare vie nuove.

Sono stati raccolti casi studio, anche di progetti non destinati all'emergenza, riguardanti entrambe le tecnologie, la loro commistione e soprattutto la tecnologia del sottovuoto strutturale in architettura, tipologia ancora poco esplorata.

## 4.1 LA TECNOLOGIA PRESSOSTATICA

La tecnologia pressostatica, comunemente detta pneumatica, si riferisce a strutture operate da aria in pressione nella loro parte strutturale o in quella di tamponamento o entrambe.

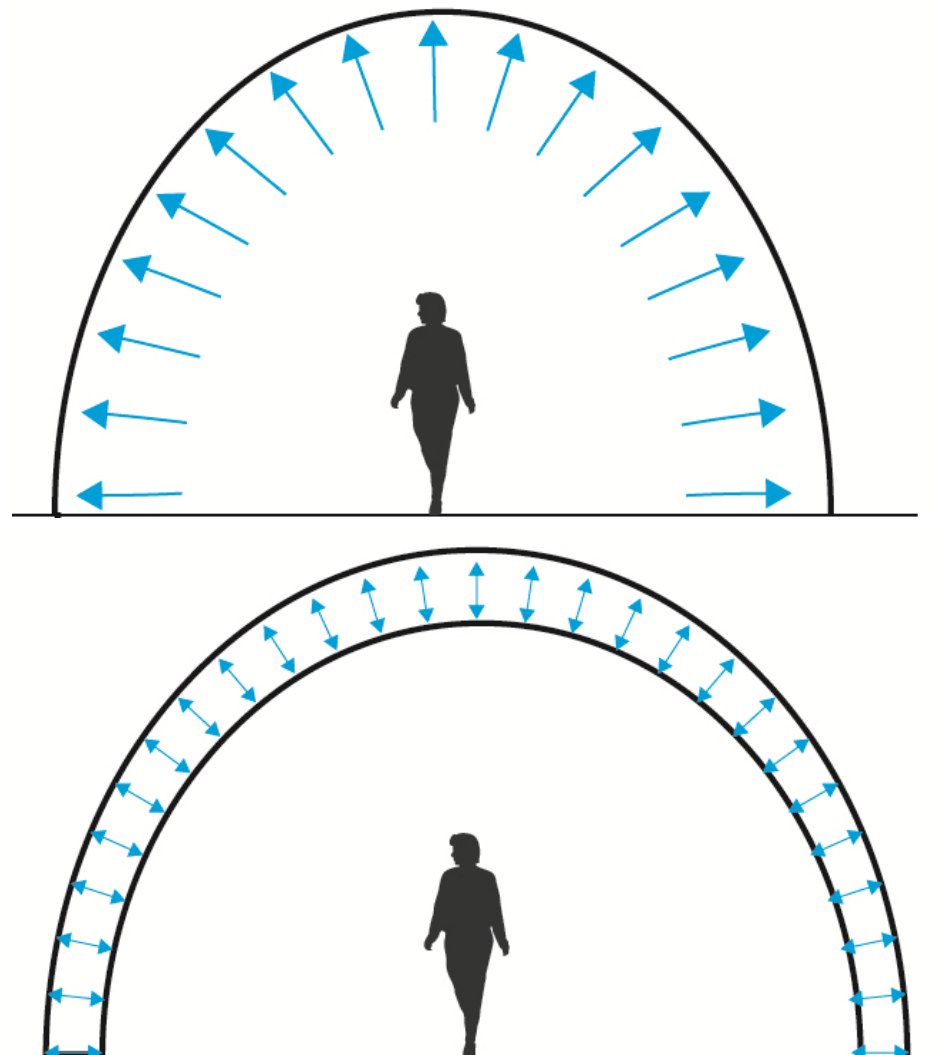
Questa tecnologia presenta vantaggi non indifferenti nell'applicazione in manufatti d'emergenza, in quanto l'elemento aria ha una serie di caratteristiche positive (vedi capitoli precedenti): ridotti volume e peso per quanto riguarda l'immagazzinamento e la trasportabilità, sicurezza e facilità di approntamento, semplice manutenzione, abbinamento con materiali sostenibili sia dal punto di vista ambientale che economico nonché confortevoli per i fruitori.

Le strutture in cui l'aria in pressione viene usata come elemento strutturale, possono essere di tre tipi:

- air-supported
- air-inflated
- strutture miste, che uniscono la tecnologia pressostatica ad un altro tipo di tecnologia.

Le **air-supported structures** sono strutture pressostatiche che possono essere semplicemente rette dalla leggera differenza di pressione fra aria interna ed aria esterna, che permette ad una leggera membrana di rimanere tesa e sospesa nello spazio creando un volume abitabile.

Le **air-inflated structures** sono invece strutture pressostatiche formate da camere indipendenti dallo spazio abitabile che vengono riempite da aria maggiormente pressurizzata e funzionano da struttura portante per il resto del manufatto.



26 Schema esemplificativo di air-supported e air-inflated structures.

#### 4.1.1 LA TECNOLOGIA PRESSOSTATICA STRUTTURALE

Le *air-supported structures* sono generalmente formate da una sottile membrana polimerica, un'entrata con doppia porta che formi un air-lock e permetta il mantenimento della pressione interna, ed un elemento compressore ad uso più o meno continuo. L'estrema leggerezza della membrana fa sì che la pressione dell'aria necessaria per supportare il peso della struttura sia di poco superiore della pressione atmosferica, anche in caso di moderati carichi da vento e da neve.

Qui di seguito, un esempio semplificato di come funziona strutturalmente una struttura air-supported:

in un'ipotetica struttura cilindrica di raggi ortogonali fra loro  $R_1$  e  $R_2 = \infty$ , la differenza di pressione dell'aria interna ed esterna  $p_{net}$  è in relazione alle tensioni per unità di lunghezza in entrambe le direzioni ( $T_1$  e  $T_2$ ) e i rispettivi raggi, cioè:

$$p_{net} = \frac{T_1}{R_1} + \frac{T_2}{R_2}$$

Poiché  $R_2 = \infty$ , la seconda parte dell'equazione tende a zero e si può quindi semplificare come

$$p_{net} = \frac{T_1}{R_1}$$

Quando la membrana è sottoposta a carichi esterni aggiuntivi  $w$  per unità di superficie, come il vento o la neve, vengono create nuove forze che insistono sulla superficie e tendono a spingere verso il basso e comprimere la membrana tesa. Assumendo che il controllo dei nuovi carichi avvenga in modo da mantenere la forma convessa della superficie, secondo l'equazione delle membrane l'intensità per unità di lunghezza della forza sarà

$$C = wR_1$$

Perché la forma della struttura risulti stabile, la membrana deve sempre mantenere la sua tensione, cioè la tensione per unità di lunghezza  $T_1$  deve sempre essere maggiore della forza  $C$  che tende a comprimerla:

$$p_{net}R_1 \geq wR_1$$

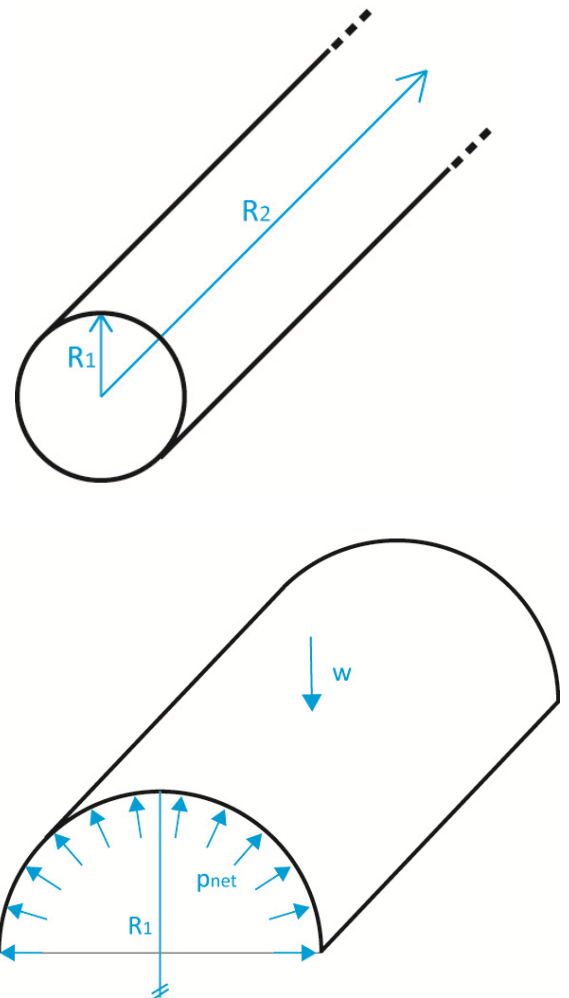
o anche

$$p_{net} \geq w$$

Ad esempio, con un carico da neve con  $w = 2,5 \text{ kN/m}^2$  l'intensità della differenza di pressione è la stessa, pari a  $0,0025 \text{ N/mm}^2$ , cioè una piccola frazione della normale pressione atmosferica ( $p_{atm} = 0,101 \text{ N/mm}^2$ ). Si può vedere come la pressione richiesta per questo tipo di strutture sia estremamente bassa, normalmente si ha una differenza di pressione fra interno ed esterno pari a

$$0,001 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \geq p_{net} \geq 0,0025 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

La criticità di una struttura air-supported è il mantenimento di questa differenza di pressione, possibile grazie ad alcuni accorgimenti come un compressore continuo a bassa intensità per controbilanciare le perdite e degli accessi con air-lock per contenerle.



27 Schema strutturale di una air-supported structure

Le *air-inflated structures* sono formate da camere chiuse in una membrana polimerica abbastanza spessa e resistente da mantenere la pressione data dall'aria interna pressurizzata, valvole di gonfiaggio-sgonfiaggio e varie membrane di chiusura della struttura. In questo caso, le camere pressurizzate non corrispondono all'intero volume del manufatto ma solo ai suoi elementi portanti (pilastri, travi, archi) mentre lo spazio interno definito dalle membrane di chiusura rimane alla pressione atmosferica. Per gonfiare le camere si fa uso di un compressore, che viene usato solo nel momento in cui la struttura viene approntata e per eventuali aggiustamenti della pressione durante una periodica manutenzione, per controbilanciare eventuali perdite delle valvole o differenze di pressione dovute dalle condizioni ambientali. Qui di seguito, un esempio semplificato di come funziona strutturalmente una struttura air-inflated:

si prendano in considerazione delle travi cilindriche, formate da una camera d'aria pressurizzata, di lunghezza  $L$  e raggio  $R$ . Queste travi sono necessariamente chiuse alle estremità per formare una camera d'aria chiusa, con una membrana circolare. Quando l'aria interna applica una pressione  $p_i$ , sia ha una forza risultante di intensità

$$N = p_i \pi r^2$$

Questa forza crea uno sforzo  $\sigma_t$  nella membrana che costituisce la parete laterale del cilindro (parallela alla lunghezza dell'elemento pressurizzato). Poiché lo sforzo è distribuito uniformemente sull'intera circonferenza, e indicando lo spessore della membrana come  $s$ , si ha che

$$\sigma_t = \frac{p_i \pi r^2}{2 \pi r s} = \frac{p_i r}{2s}$$

Ipotizzando che il cilindro supporti un carico  $q$  dato da un carico  $w$  unità d'area, possiamo dire che  $q=w2r$  poiché  $2r$  corrisponde alla larghezza della trave. Il massimo momento flettente della trave è quindi

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{wL^2}{4}$$

Poiché per un tubo a parete sottile la sezione del modulo è  $\pi r^2 s$ , il massimo valore di tensione e compressione dovuto ad un carico applicato è

$$\sigma_c = \frac{M}{S} \qquad \sigma_c = \frac{\left(\frac{wL^2}{4}\right)}{\pi r^2 s} = \frac{wL^2}{4 \pi r s}$$

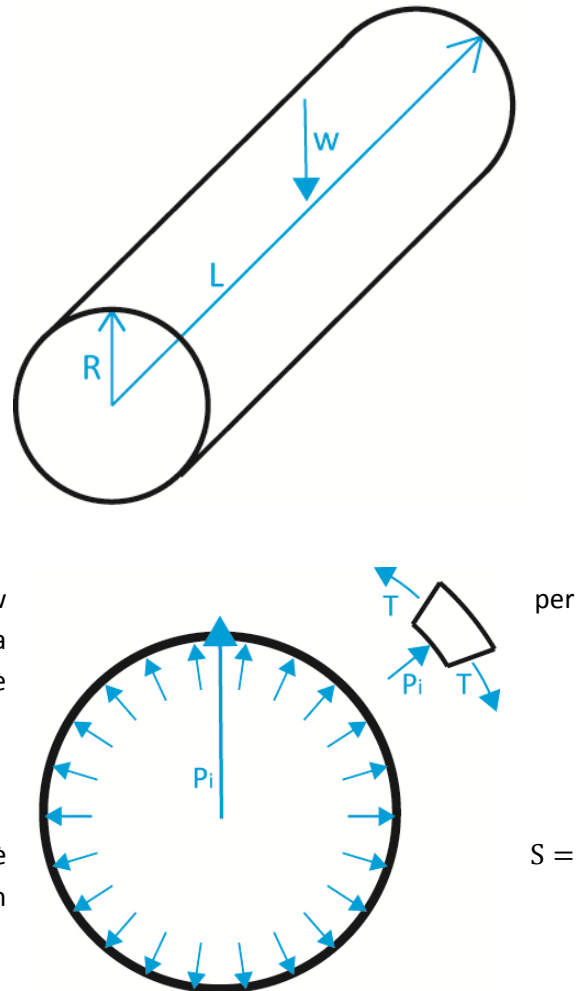
Per evitare che i carichi applicati non causino grinze nella parte superiore della struttura, la tensione  $\sigma_t$  deve essere sempre maggiore di quella di compressione derivante dai carichi esterni, cioè

$$\sigma_t \geq \sigma_c \qquad \frac{p_i r}{2s} \geq \frac{wL^2}{4 \pi r s} \qquad p_i \geq \frac{wL^2}{2 \pi r^2}$$

Ipotizzando che questa trave abbia un rapporto  $h/L=1/10$  cioè  $L=20r$ , e sostituendo con questo valore nell'equazione precedente, si ha

$$p_i \geq 64w$$

Quindi, una struttura air-inflated ha bisogno di una pressione interna 64 volte quella del carico che deve sostenere. Ipotizzando, come nella struttura precedente, un carico da neve di  $w=2,5 \text{ kN/m}^2$  allora la pressione dell'aria interna deve essere  $p_i \geq 64 \times 0,0025 \text{ N/mm}^2 = 0,16 \text{ N/mm}^2$ , cioè 1,6 volte la pressione atmosferica. Si noti la sostanziale differenza di pressione rispetto ad una struttura air-supported, dove erano necessari al massimo  $0,0025 \text{ N/mm}^2$ .



28 Schema strutturale di un'air-inflated structure

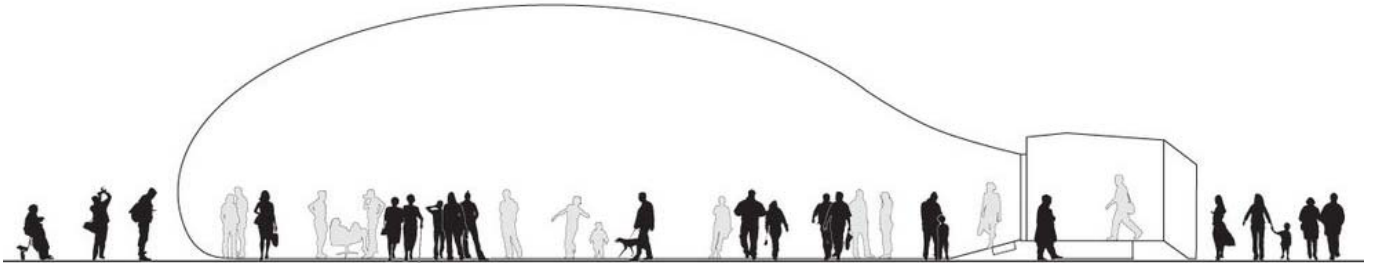
## CASI STUDIO CON TECNOLOGIA PRESSOSTATICA STRUTTURALE

### KUCHEN MONUMENT

**Progettisti:**  
Plastique Fantastique -  
Raumlabor Berlino, 2006

**Tipologia:**  
pressostatica strutturale  
air-supported

**Materiale:**  
membrana in polietilene con rete di  
rinforzo  
**Approntabilità:**  
con compressore ad uso continuo.



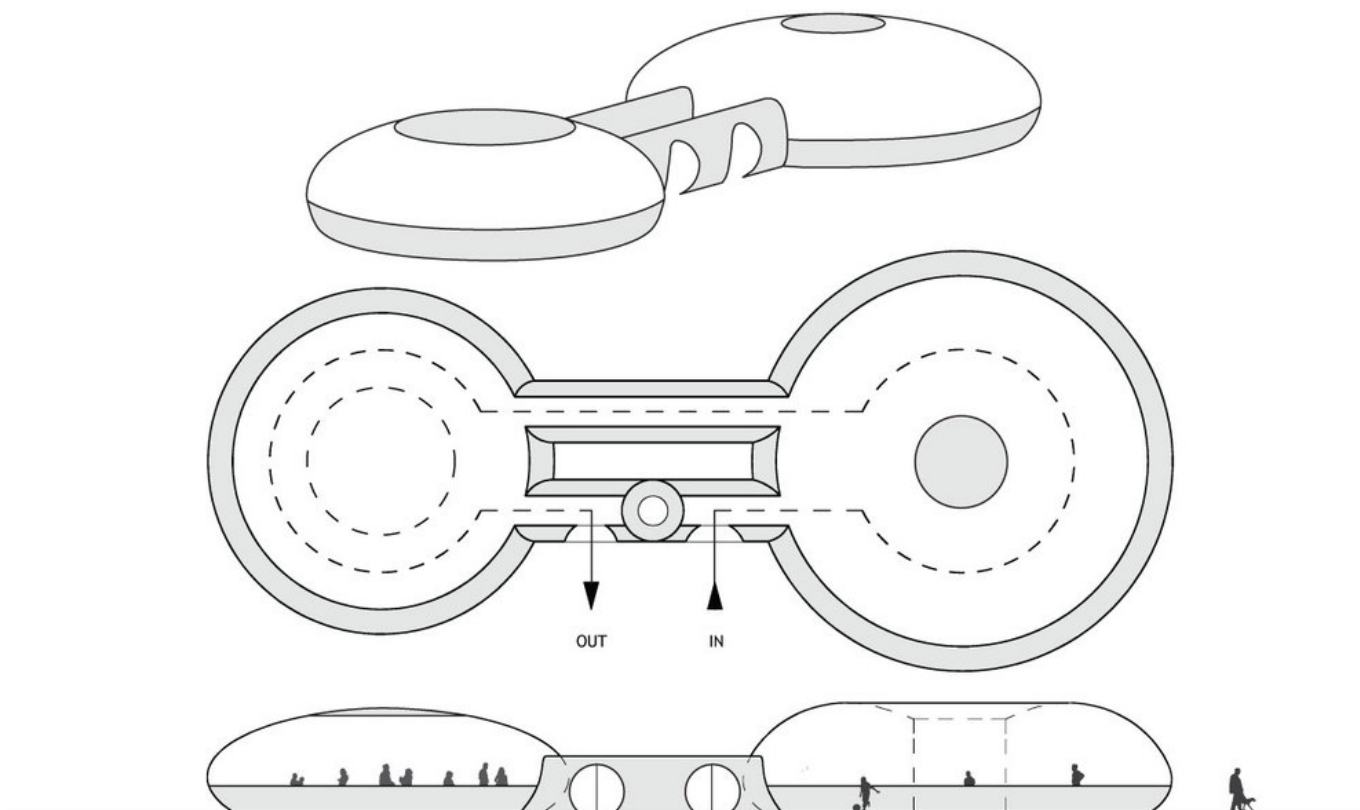
Fonte: [www.europaconcorsi.com](http://www.europaconcorsi.com) / Marco Canevacci

## BURBUJA MANCHEGA

Progettisti:  
Plastique Fantastique  
Castilla la Mancha, Spagna, 2007

Tipologia:  
pressostatica strutturale  
air-supported

Materiale: membrana polimerica.  
Approntabilità: con compressore ad uso continuo.

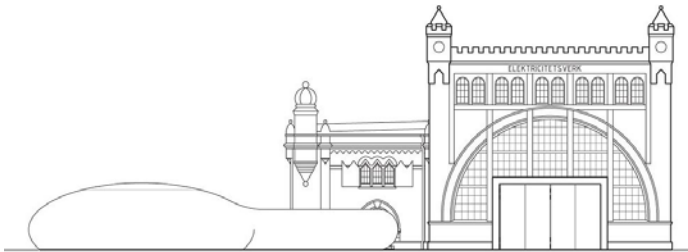


Fonte: [www.europaconcorsi.com](http://www.europaconcorsi.com) / Marco Canevacci, Markus Wüste

Progettisti:  
Plastique Fantastique  
Malmo, Svezia, 2009

Tipologia:  
pressostatica strutturale  
air-supported

Materiale: membrana polimerica  
Approntabilità:  
con compressore ad uso continuo





## LA MEDUSA PARLANTE

Plastique Fantastique,  
Architettura Sonora  
Milano, Italia, 2009

Tipologia:  
Pressostatica strutturale  
Air-supported

Materiale: membrana polimerica  
Approntabilità: compressore ad uso  
continuo



Fonte: [www.europaconcorsi.com](http://www.europaconcorsi.com) / Marco Canevacci, Markus Wüste

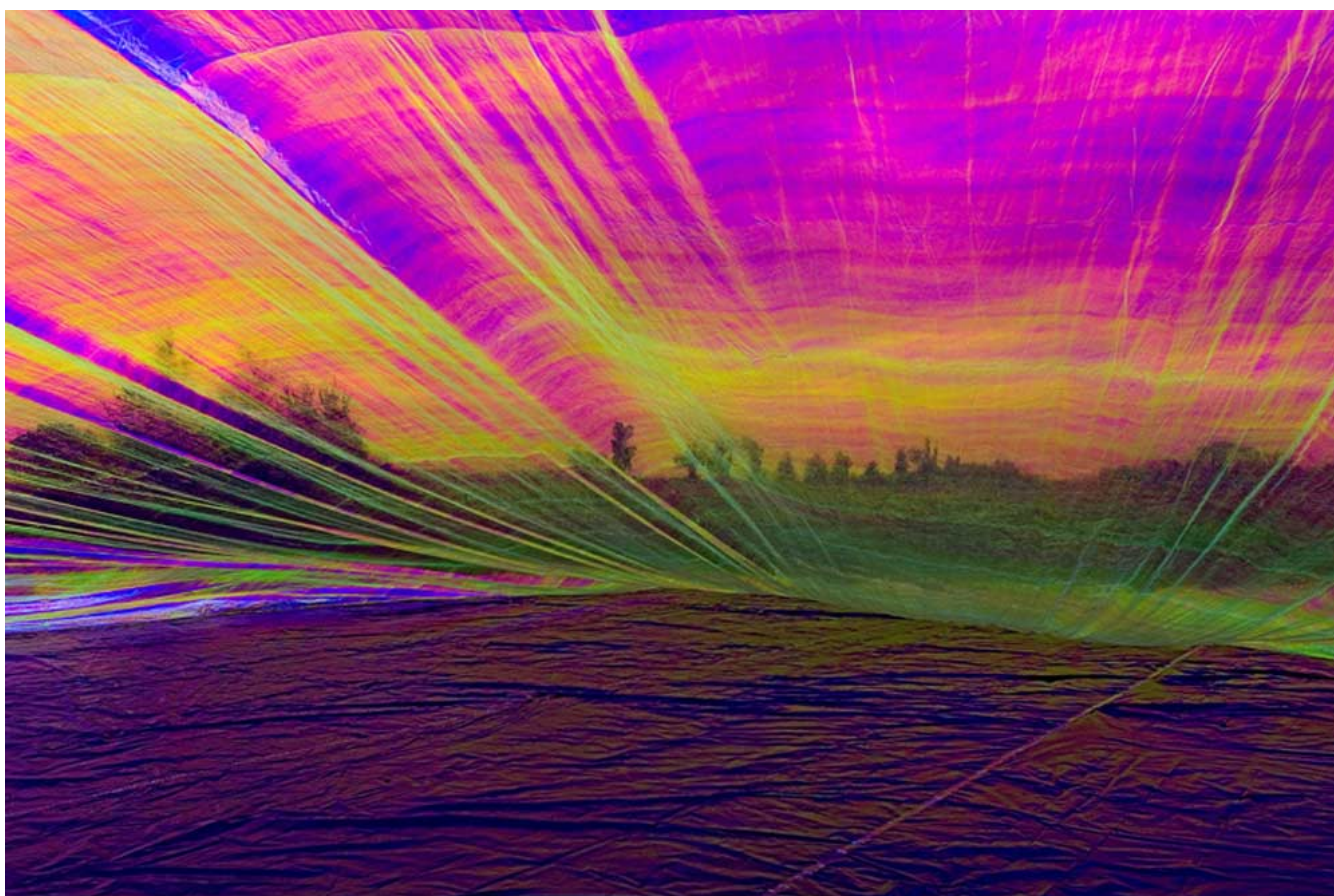
## POETIC COSMOS OF THE BREATH

---

Tomas Saraceno  
2007

**Tipologia:**  
Pressostatica strutturale  
Air-supported

**Materiale:** Membrana polimerica  
**Approntabilità:** Compressore ad uso continuo



Fonte: <http://www.artscatalyst.org> / Photo Gunpowder Park

## “KYSS FROSKEN!” (KISS THE FROG!)

MMW Architects  
Oslo, Norvegia, 2005

Tipologia:  
Pressostatica strutturale  
Air-supported

Materiale:  
Membrana in poliestere

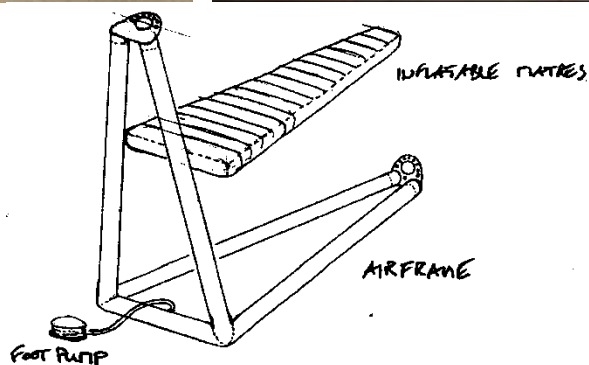


## TENDA "DESERT SEAL"

Arturo Vittori e Andreas Vogler  
2008

**Tipologia:**  
Pressostatica strutturale  
Air-inflated

**Materiale:** Membrana in tessuto  
alluminizzato ad alta resistenza.  
Camere in polietilene.  
**Approntabilità:**  
gonfiaggio con pompa a piede.



## TENDA PNEUMATICA DELLA PROTEZIONE CIVILE

Protezione Civile

**Tipologia:**  
Pressostatica strutturale  
Air-inflated

**Materiale:** membrana camere in PVC  
**Approntabilità:** gonfiaggio con  
compressore

## TENDA AUTOGONFIABILE PRONTO IMPIEGO

Eurovinil s.p.a.

**Tipologia:**  
Pressostatica strutturale  
Air-inflated

**Materiale:** membrana in tessuto  
spalmato poliuretano  
**Approntabilità:** gonfiaggio immediato  
con bombola di CO2



## DRAGONFLY INFLATABLE PAVILLION

Jena, Germania  
Theo Lorenz - Tanja Siems

**Tipologia:**  
pressostatica strutturale / di  
tamponamento  
Air-inflated

**Materiale:** membrana in PVC e rip-stop  
nylon.  
**Approntabilità:** gonfiaggio con  
compressore



Fonte: [www.architizer.net](http://www.architizer.net)

## CASA DEL TÈ DI KENGO KUMA

---

Tokyo, Giappone, 2007

**Tipologia:**  
pressostatica strutturale / di  
tamponamento  
Air-inflated

**Materiale:** membrana in PTFE  
(politetrafluoroetilene), con 306 corde  
plastiche interne alla camera per il  
tensionamento.  
**Approntabilità:** compressore.

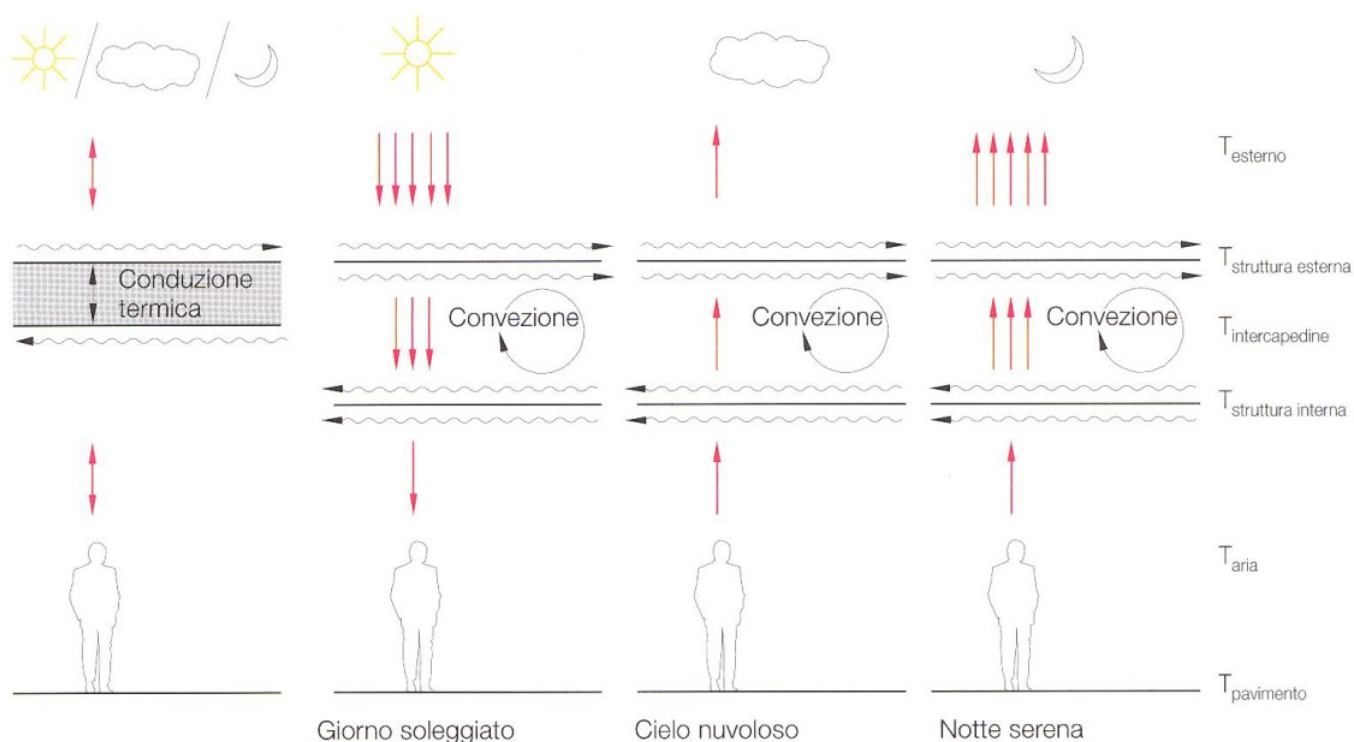


#### 4.1.2 LA TECNOLOGIA PRESSOSTATICA DI TAMPONAMENTO

Per quanto riguarda l'uso della tecnologia pressostatica nei tamponamenti di una struttura, essa viene usata principalmente per le sue qualità di **trasmissione della luce**, **leggerezza** e **capacità espressiva** nella composizione architettonica.

Usata per facciate e coperture, fa uso di pellicole e membrane polimeriche che insieme alle loro qualità architettoniche portano problemi di **regolazione termica**. Rispetto alle costruzioni opache, con massa e valore di isolamento termico dei materiali molto superiori ai cuscini pneumatici (che a causa del loro spessore di decimi di millimetri si considerano irrilevanti), l'uso della tecnologia pressostatica nei tamponamenti fa sì che il principale metodo di trasmissione di calore non sia più la conduzione termica (vedi prima immagine a sinistra) ma siano in maggioranza la convezione e l'irraggiamento.

Nelle tre figure successive si vede come essi varino grandemente al variare delle condizioni ambientali. Ciò vuol dire che la progettazione deve tenere conto di un comportamento dinamico dei cuscini pneumatici nei confronti dell'ambiente esterno e prevedere adeguate misure di controllo termico dell'ambiente interno.



**29** Trasmissione termica in una struttura massiccia (prima fig. a sinistra) e nei cuscini pneumatici al variare delle condizioni ambientali (successive tre fig.) (Fonte: "Atlante delle materie plastiche")

Questo tipo di tamponamento porta ad avere un effetto di **condensa** sia sulle facce interne ed esterne del cuscino, proprio per lo sbalzo termico che essi creano, ma anche interni al cuscino stesso. Questi problemi vengono controllati tramite il condizionamento dell'aria che viene, costantemente o periodicamente, soffiata all'interno dei cuscini per mantenere la pressione strutturale. Nel caso di coperture molte estese e non immediatamente raggiungibili per la manutenzione, si installa un tubo di scarico d'emergenza per l'acqua, come nel caso della struttura di coperture dell'Allianz Arena.

CENTRO COMMERCIALE IN AMADORA

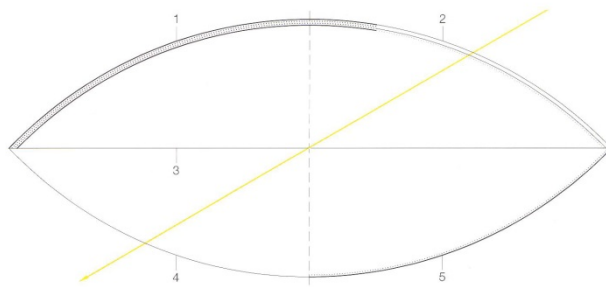
Promontorio Architects  
Amadora, Portogallo  
2009

Pressostatica di tamponamento  
Grandezza camera pneumatica:  
10x10x4 m

Membrana in ETFE  
Stampata in argento per  
controllo radiazione solare  
e scambio termico

QUALITÀ AMBIENTALE

La particolarità di questo manufatto è la sua capacità di *regolare l'ingresso della radiazione solare* e lo scambio termico. La copertura orizzontale a cuscini pneumatici è trattata in modo tridimensionale rispetto all'incidenza solare. Ogni cuscino è formato da uno strato in ETFE rivolto verso l'esterno, uno interno, ed infine uno rivolto verso l'interno dell'edificio. Lo strato intermedio è trasparente, i due strati esterni formati da due pellicole accoppiate e sono trattati in quattro modi diversi.



- |  |  |
|--|--|
| 1) strato verso l'esterno rivolto a sud  | pellicola esterna bianca, spessore 250 µm<br>parte inferiore stampata con 2 strati in argento al 100%<br>pellicola esterna bianca, spessore 250 µm<br>parte superiore stampata con 1 strato al 65% d'argento a pattern esagonale |
| 5) strato verso l'interno rivolto a sud  | come in (1)  |
| 2) strato verso l'esterno rivolto a nord | pellicola esterna trasparente, spessore 250 µm<br>pellicola esterna trasparente, spessore 250 µm<br>coperta nella parte inferiore con un trattamento a bassa emissività  |
| 3) strato intermedio                     | pellicola esterna trasparente, spessore 150 µm   |
| 4) strato verso l'interno rivolto a nord | pellicola esterna trasparente, spessore 250 µm   |





## LA MIROITERIE DI LOSANNA

Brauen + Walchli  
Losanna, Svizzera  
2007

Pressostatica di tamponamento.  
Grandezza camera pneumatica:  
---

Materiale:  
membrana quadrupla in  
PTFE-vetro ed ETFE

### QUALITÀ AMBIENTALE

Questo edificio commerciali ha la particolarità di riuscire ad usare la tecnologia pressostatica ottenendo un buon comportamento termico e luminoso per il controllo dell'ambiente interno.

Ogni cuscino è formato da una membrana quadrupla: tessuto di PTFE-vetro all'esterno e tre strati di pellicola di ETFE all'interno. I cuscini pneumatici triangolari sono montati su una struttura portante in acciaio. L'aspetto esterno della struttura è di un morbido rivestimento tessile.

Le camere pneumatiche raggiungono un valore di *trasmissione termica* U pari a  $1,3 \text{ Wm}^2/\text{K}$ , mantenendo una *trasmissione luminosa* pari al 15%.

Per il mantenimento della pressione interna e il controllo della condensa, viene usato un sistema di ricircolo dell'aria a funzionamento continuo, che permette di mantenere il livello di umidità interno in modo più economico rispetto ad un sistema di condizionamento continuo.



## 4.2 LA TECNOLOGIA DEPRESSOSTATICA

La tecnologia depressostatica, comunemente detta sottovuoto, si riferisce a strutture con pressione dell'aria inferiore a quella atmosferica nelle loro parti strutturali o di tamponamento.

Questo tipo di strutture hanno una serie di vantaggi nell'uso per manufatti d'emergenza, legati al limitato peso e al volume ridotto (importanti soprattutto per immagazzinamento e trasportabilità) uniti alle alte prestazioni ambientali, alla sicurezza e semplicità di messa in opera. Rispetto alla tecnologia pressostatica, l'uso di quella depressostatica in architettura non è ancora stato esplorato per strutture temporanee e reversibili, ma quasi esclusivamente per pannelli isolanti da usare in opere di edilizia classica.

La tecnologia depressostatica può essere usata in vari modi:

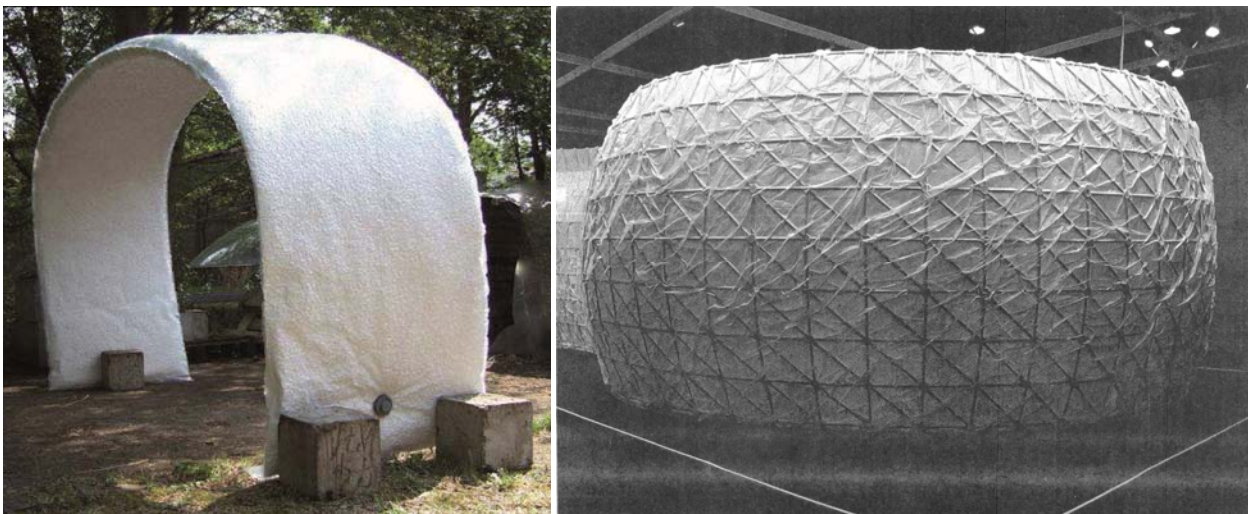
- **strutturale**
- **di tamponamento**
- **di tamponamento abbinata a materiali isolanti**
- **per il packaging**

Il packaging è l'uso più comune, come dimostrano l'ampio numero di confezioni sottovuoto nella vita di tutti i giorni, specialmente ad uso alimentare. La riduzione di volume, la protezione e il mantenimento dell'integrità del contenuto sono caratteristiche che rendono questa tecnologia appropriata a lunghi periodi di immagazzinamento, variazioni di condizioni ambientali e integrità del contenuto; sono cioè caratteristiche appropriate anche per il packaging di manufatti per l'emergenza.

Per quanto riguarda l'uso della tecnologia depressostatica per il tamponamento in abbinamento a materiali isolanti, i pannelli isolanti sottovuoto sono il più diffuso uso di questa tecnologia, per quanto riguarda l'edilizia e la creazione di manufatti. Esistono diversi tipi di pannelli, riempiti con diversi materiali e con diverse prestazioni, che vengono prodotti da varie aziende nel campo dell'edilizia, dell'aeronautica e dello spaziale.

I tamponamenti depressostatici che non prevedono materiali isolanti di riempimento sono invece abbinati all'inclusione della struttura portante nell'involucro in depressione, in modo da essere contemporaneamente sorretti strutturalmente e avere le pareti distanziate nonostante la depressione interna, usando così il "vuoto" come elemento di tamponamento e isolante. Non ci sono usi comuni in architettura di questo tipo, ma sono stati creati alcuni manufatti di studio di spazi semplici e alcune strutture d'esposizione.

La tecnologia depressostatica strutturale è quella più innovativa e meno studiata. Si tratta della depressurizzazione di svariati elementi singoli, particellari o fibrosi, in un'insieme racchiuso fra due membrane polimeriche e irrigidito nella forma voluta tramite l'estrazione dell'aria, diventando così autoportante.



**30** Manufatto depressostatico strutturale: arco autoportante riempito di palline di poliestere, ILEK Vacuumatics Workshop 2005 . Fonte: ILEK.

**31** Manufatto di tamponamento vacuo: Stand Mero, Werner Sobek, 2002. Fonte: Detail 10/2007 "Materiali traslucenti", articolo "Vacuumatics – Deflated forms of construction"



**32** Manufatto depressostatico di tamponamento abbinato a materiale isolante: paglia, tappi di sughero, vermiculite (ILEK, 2005) Fonte: Detail 10/2007 “Materiali traslucidi”, articolo “Vacuumatics – Deflated forms of construction”

Storicamente il concetto di vuoto è presente da sempre, dall’affermazione della sua esistenza come principio fondante nella natura da parte dei filosofi greci atomisti, alla negazione logica della sua esistenza da parte di Aristotele, con l’idea dell’ horror vacui, per poi arrivare alle prime esperienze scientifiche della sua creazione con Torricelli e Von Guericke. Ma la **tecnologia depressostatica in architettura** è stata presa come tema di studio, da parte dell’Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design (ILEK) dell’Università di Stoccarda, solo dagli anni del 1960.

Nel 1968 alcuni prototipi facenti uso di questa tecnologia furono progettati per la Fiera Industriale Tedesca; il loro principio costruttivo prevedeva una struttura portante per un involucro polimerico che gli veniva depressurizzato intorno.

I primi progetti costruiti con questa tecnica sono lo Stand Mero nel 2002 e il memoriale “Station Z” nel 2005. Entrambi i progetti sono costituiti da una struttura portante chiusa in un involucro polimerico; lo spazio interno creato dalla struttura viene depressurizzato e la differenza di pressione mantenuta dalla sigillatura dell’involucro. La variazione dei carichi (ad esempio con un carico da vento) porta all’adattamento della pressione interna dell’involucro. Poiché l’involucro depressostatico ha così solo un ruolo di chiusura e protezione verso gli agenti esterni, esso può essere progettato di conseguenza, tenendo conto dei requisiti di comfort ed energetici. Negli anni seguenti, sono stati compiuti studi sulle proprietà fisiche dell’involucro depressurizzato e i suoi eventuali riempimenti. Inoltre l’ILEK ha promosso un workshop per gli studenti dell’Università di Stoccarda che ha portato alla costruzione di alcuni interessanti prototipi di manufatti diversi.

L’evoluzione del tema dell’architettura depressostatica, nella sue varie declinazioni, viene seguito negli anni tramite le conferenze dell’IVIS (International Vacuum Insulation Symposium). Dagli scritti della conferenza del 2009 ho tratto il progetto di M. Yeganeh, in cui la tecnologia pressostatica e depressostatica vengono usate insieme per creare un elemento portante e termicamente isolato.

Questi temi e i relativi progetti verranno presentati nel capitolo seguente, 4.2.2.

Un ulteriore sviluppo si è avuto negli ultimi anni, con lo studio di questa tecnologia non più come complemento di tamponamento ad una struttura portante ma come principio per una struttura autoportante. In questo caso l’elemento portante e l’elementi di riempimento, performante con l’ambiente esterno ed interno, coincidono nello stesso materiale a cui vengono date proprietà strutturali tramite la depressurizzazione dell’involucro in cui è contenuto. L’ingegnere Frank Huijben, dell’Università di Tecnologia di Eindhoven (TU/e), ha scritto dal 2007 ad oggi una serie di pubblicazioni sul tema delle strutture portanti depressostatiche, che sono tutt’ora il suo campo di studio, che verranno presentate nel capitolo 4.2.1.

#### 4.2.1 LE STRUTTURE DEPRESSOSTATICHE PORTANTI.

Le *strutture portanti depressostatiche* (o *vacuumatics*, da *vacuumatically pre-stressed structures*) possono essere definite come un sistema flessibile di membrane riempite di elementi strutturali particellari che vengono strettamente uniti tra loro tramite una depressurizzazione, cioè tramite l'estrazione dell'aria presente all'interno delle membrane. La struttura così stabilizzata diventa portante, sia del proprio peso che di carichi esterni applicati, senza far ricorso all'aiuto di un'altra struttura con funzione specificatamente portante.

Questo tipo di strutture è stato studiato particolarmente dall'ingegnere Frank Huijben, durante il suo dottorato di ricerca alla Eindhoven University of Technology, alle cui pubblicazioni mi sono riferita e da cui provengono le spiegazioni tecniche seguenti.

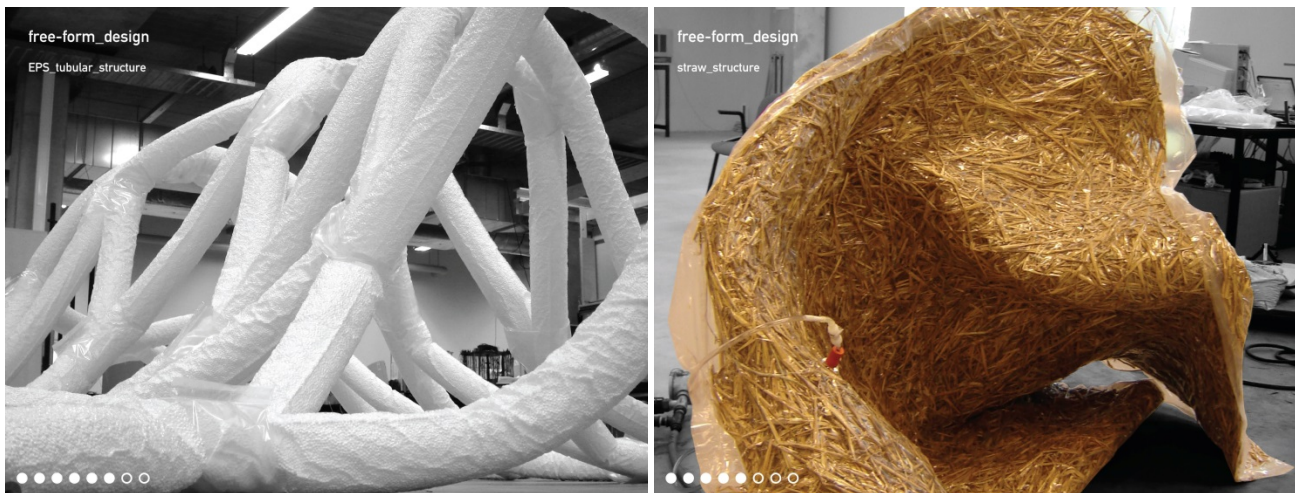


**33** Una semplice struttura vacuumatics provata da Frank Huijben (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007) **34** Una struttura fine vacuumatics provata da Frank Huijben (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007)

Da un punto di vista architettonico, le strutture portanti depressostatiche permettono di superare la dicotomia fra struttura portante e di tamponamento, permettendo una libertà espressiva nelle forme dello spazio partendo da un identico manufatto iniziale. La reversibilità di ogni gesto e configurazione permette un adattamento della struttura, sia puntuale che totale, per un numero potenzialmente infinito di volte. La stessa manipolazione dell'elemento è al contempo strutturale e compositiva, perché nello stesso gesto vengono modificati e riapplicati entrambi i principi.



**35** Cambiamenti di forma (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007)



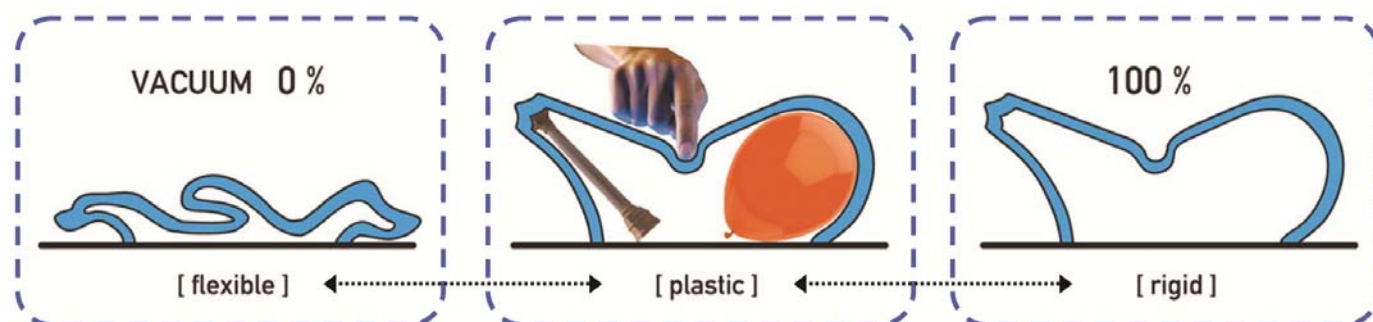
**36** Free-form design. Fonte: F. Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Free-formed concrete architecture"

Questa tecnologia permette di dare all'oggetto architettonico una matericità varia, sia nel caso esso stesso sia l'oggetto finale sia nel caso esso venga usato come cassaforma. Le possibilità sono molteplici ma nel caso l'oggetto depressurizzato debba rispondere a certi requisiti tecnici, ambientali o strutturali, la scelta del riempimento viene limitata da questi fattori; parallelamente, l'uso di questa tecnologia permetta di usare materiali insoliti per l'architettura, come delle cannucce da bibita o delle arachidi.



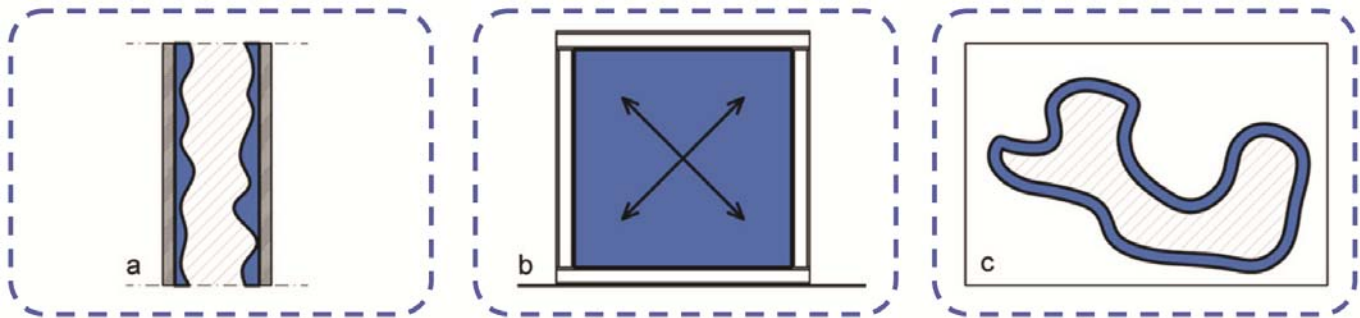
37 Riempimenti diversi. Fonte: F. Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Free-formed concrete architecture"

Come si è detto, un grande vantaggio delle strutture depressostatiche è la libertà di creazione delle forme, dovuta alla flessibilità e alla reversibilità della struttura. In assenza totale di depressurizzazione, la struttura è totalmente flessibile e non portante. Man mano che l'aria viene aspirata si passa ad uno stato plastico del manufatto, in cui esso può venire manipolato facilmente senza perdere immediatamente la forma datagli. La forma imposta al manufatto viene poi fissata tramite la totale aspirazione dell'aria interna (1 atm), facendolo diventare rigido e portante, basandosi per le sue caratteristiche strutturali su quelle del materiale di riempimento e dell'involucro. Con una parziale ripressurizzazione il manufatto ritorna alla fase plastica e può essere nuovamente modificato, senza tornare alla fase iniziale totalmente flessibile.



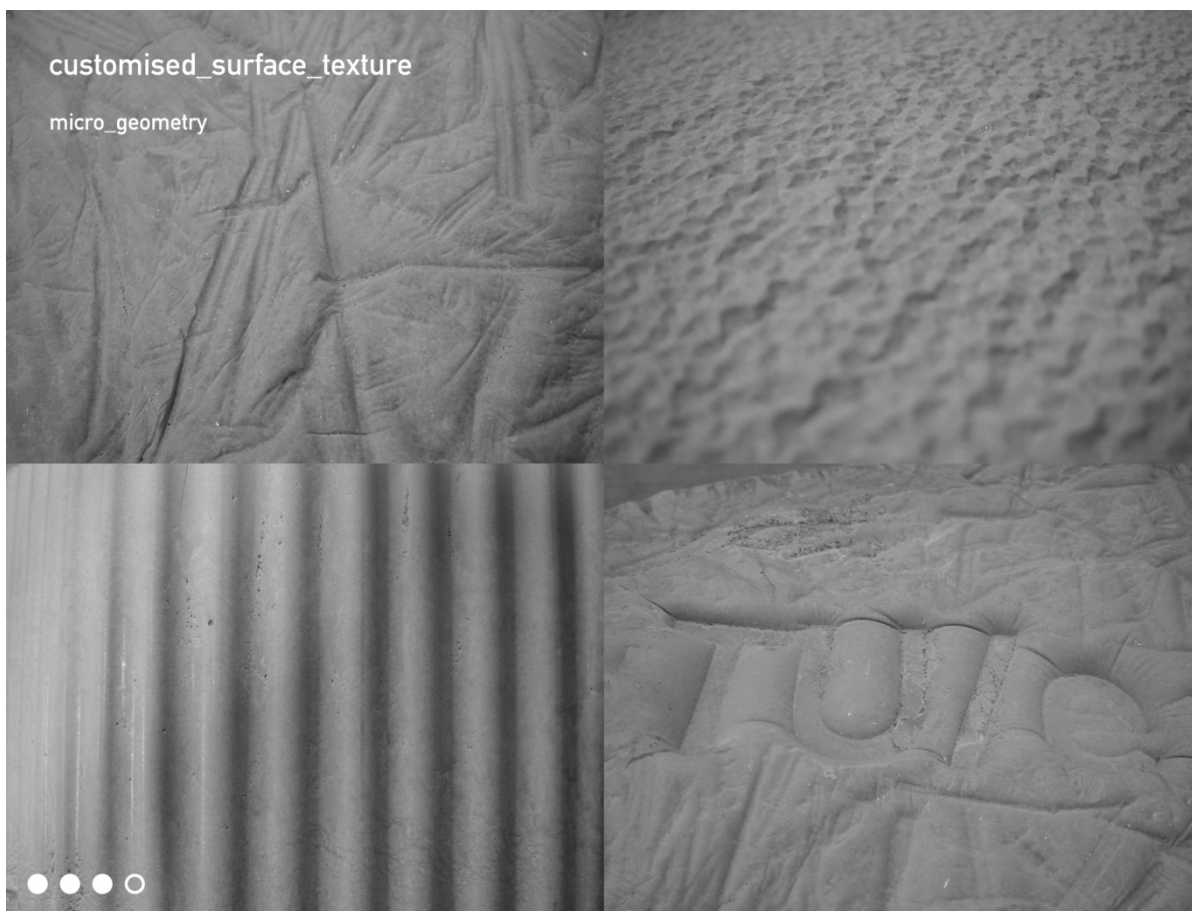
38 Controllo della forma nella la fase plastica (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse, "Vacuumatics 3d-Formwork Systems: Customised Free-Form Solidification", 2009)

Il controllo della forma può avvenire anche grazie all'uso di casseforme, dove il manufatto depressostatico può essere sia parte della cassaforma nella modellazione di un altro materiale sia l'oggetto modellato dalla cassaforma. Ci sono tre tipi di sistemi di cassaforma: (a) aggiunta ad una cassaforma classica, (b) aggiunta ad una cornice, (c) una forma libera.

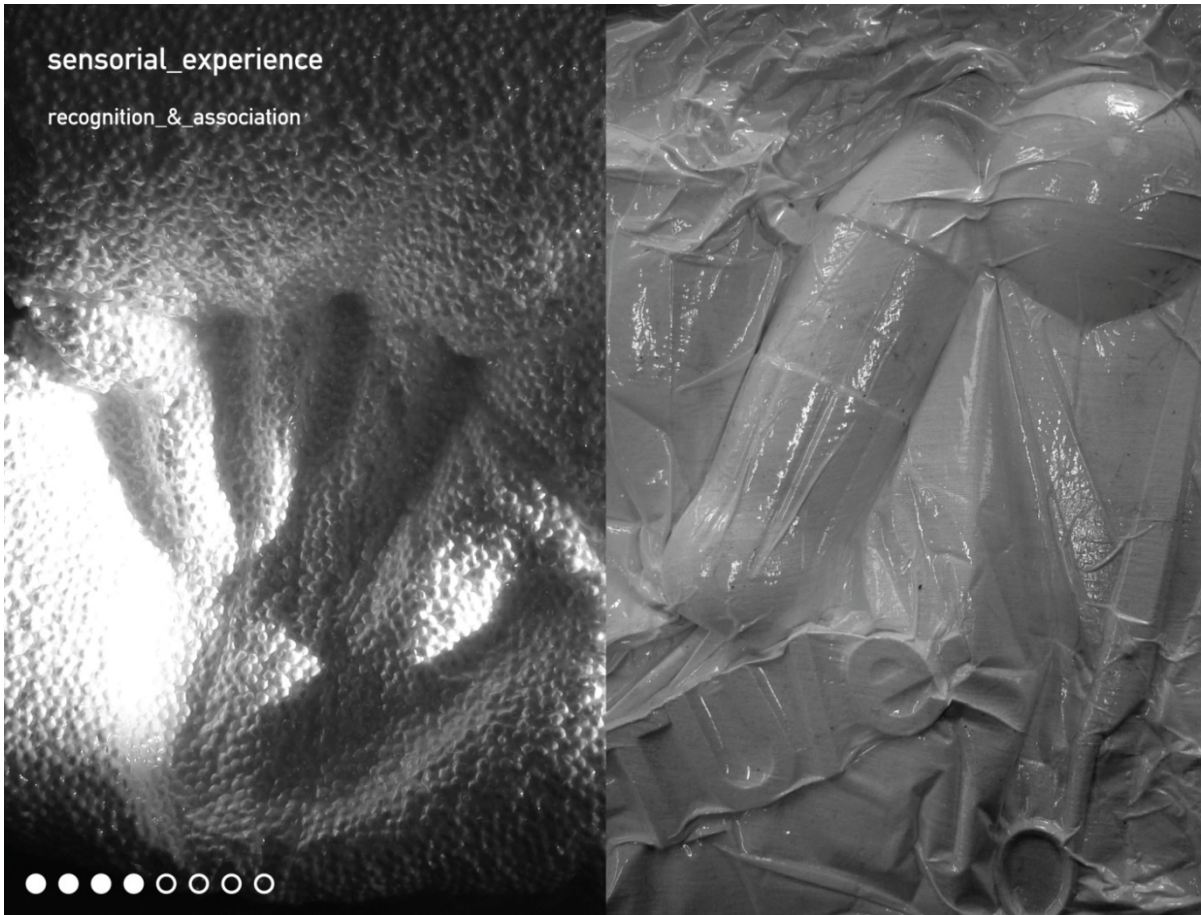


39 Controllo della forma tramite casseforme (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse, "Vacuumatics 3d-Formwork Systems: Customised Free-Form Solidification", 2009)

Nel primo tipo, l'elemento depressostatico è aggiunto ad una cassaforma tradizionale. Nel caso l'elemento depressostatico venga usato come elemento costruttivo, esso verrà modellato sulla forma della cassaforma rigida. Invece, nel caso esso venga usato come parte della cassaforma, aggiunge una modellazione manuale superficiale ad una forma prestabilita dalla parte rifida della cassa. Ad esempio, può essere usato per imprimere forme, scritte o texture ad una parete di cemento (vedi immagine seguente). Questa modellazione può essere data dagli elementi contenuti della membrana o dall'impressione lasciata da un elemento esterno sugli elementi di riempimento.



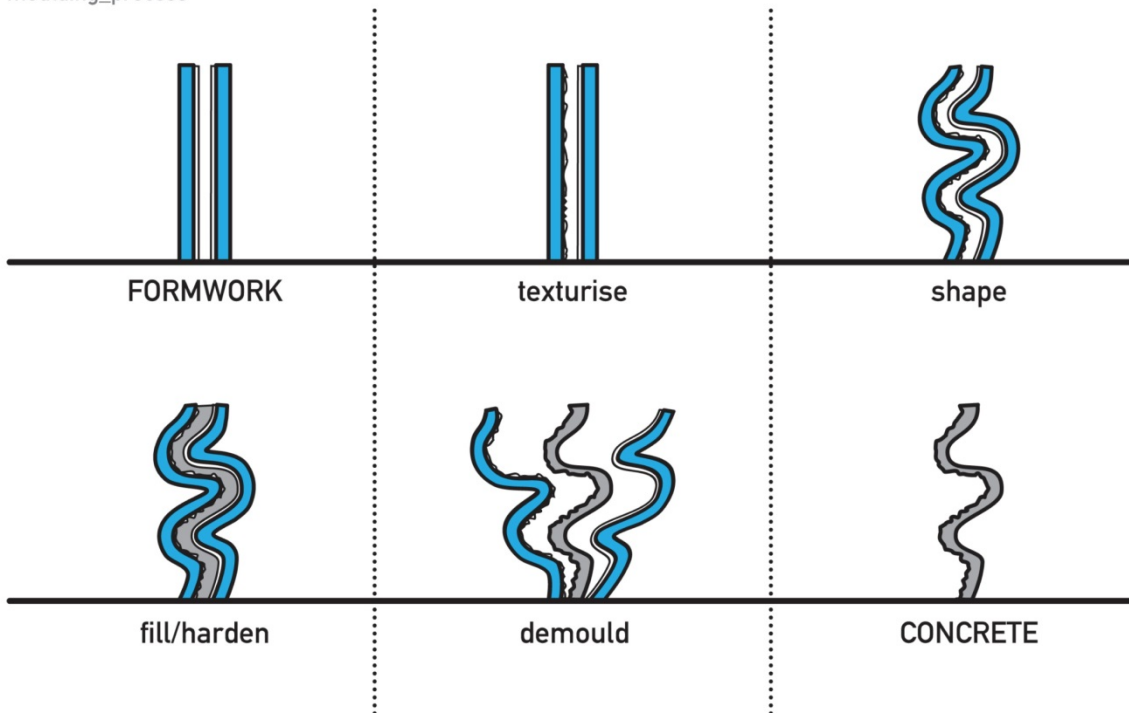
40 Texture sul manufatto depressostatico (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007)



41 Macro texturizzazione. Fonte: Frank Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture"

free\_forms\_in\_concrete

moulding\_process



42 Free form shaping e texturizzazione di un elemento in cemento. Fonte: Frank Uijben, presentazione per la conferenza IVIS del 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture"

Nel secondo tipo, l'elemento depressostatico viene aggiunto ad una cornice rigida. Sia nel caso venga usato come cassaforma per un altro materiale sia come elemento costruttivo, il vincolo della cornice rimane a modellare un bordo rigido geometricamente rifinito e fissato, mentre la parte centrale può venire modellata più ampiamente rispetto al primo tipo di cassaforma pur mantenendo il vincolo ai bordi. Questo tipo di modellazione riguarda sia la forma che la texture del manufatto stesso o dell'elemento che andrà a formare.

Nel terzo tipo, il manufatto depressostatico è egli stesso cassaforma per un altro materiale (come nell'immagine seguente) o elemento portante di se stesso, senza ricorrere all'ausilio di altre strutture e permettendo in entrambi i casi la modellazione più libera possibile, sia nella forma che nella texture.

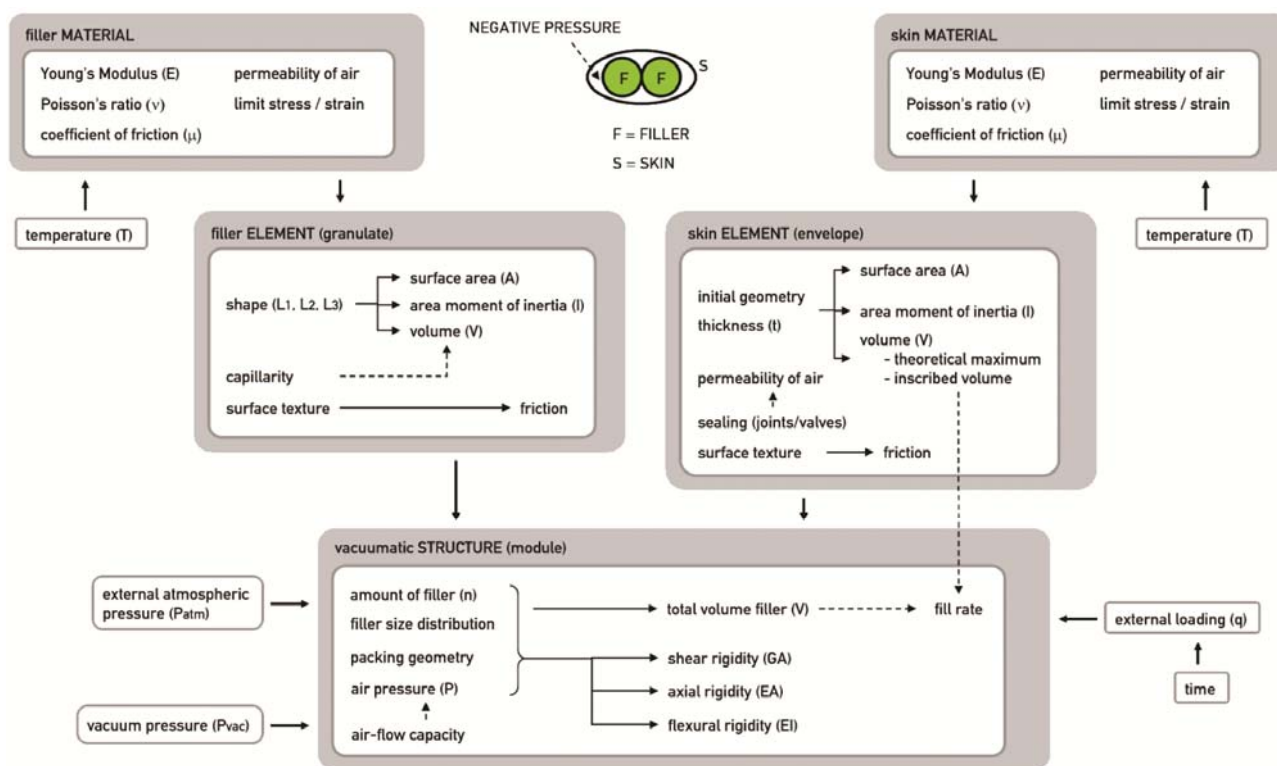


**43** Creazione di un arco in cemento tramite modellazione libera della struttura depressostatica ed impressione superficiale di una scritta tramite lettere in cartone applicate all'interno dell'involucro. In ordine: modellazione depressostatica della cassaforma, particolare della texture risultante sul cemento, elemento in cemento senza cassaforma. (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse, "Structural Morphology of Vacuumatics 3D Formwork Systems: Constructing Thin Concrete Shells with 'Nothing'", 2012.)



Dal punto di vista strutturale, le prestazioni dei manufatti depressostatici dipendono fortemente sia dalle proprietà fisiche dei materiali che dalle interazioni fra i vari elementi. Variazioni dell'elasticità, attrito e resistenza del riempimento o dell'involucro, conseguono in significanti variazioni delle proprietà globali del manufatto.

Nella tabella seguente si possono vedere le caratteristiche di ogni materiale ed elemento strutturale che concorrono alla prestazione finale del manufatto.



44 Schema dei parametri (Fonte: F. Huijben, "Vacuomatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007)

Come materiale di riempimento, per le prestazioni strutturali Frank Huijben indica come miglior scelta degli elementi particellari leggeri e con un buon attrito fra elementi, come ad esempio l'argilla espansa in granuli (es: Liapor). Da notare che nel caso di un manufatto di ricovero per l'emergenza, le dimensioni e quindi la quantità di materiale necessario sono di molto maggiori a quelli usati nei suoi studi. In fase di progetto, i materiali di riempimento verranno analizzati e confrontati sotto più aspetti (peso, conduttanza, energia incorporata, prezzo). Egli inoltre ipotizza l'uso di blocchi leggeri (tipo EPS) di dimensioni maggiori, anche se nel suo lavoro di ricerca non ne sviluppa lo studio.

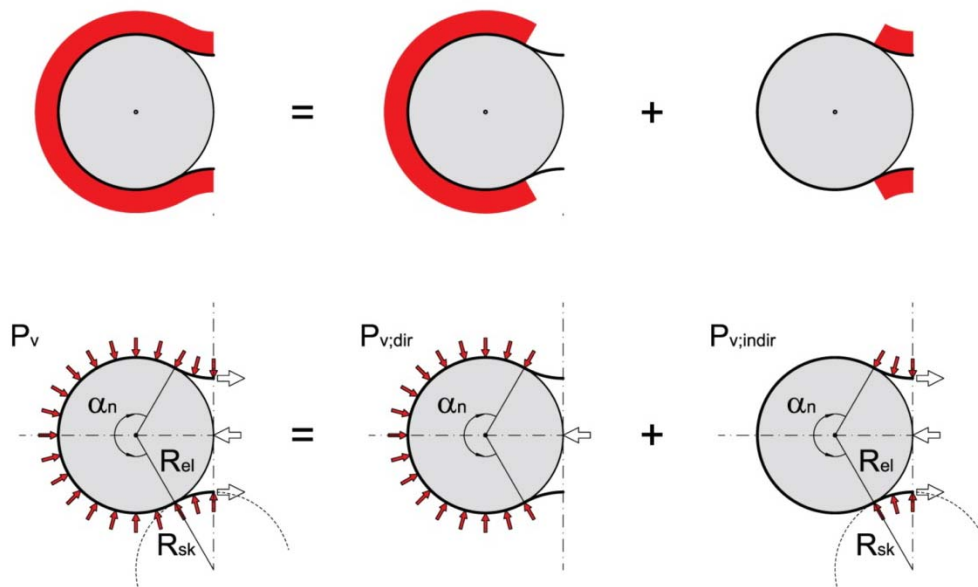
Per quanto riguarda l'involucro, i suoi studi sono stati fatti usando una pellicola plastica in polietilene a bassa densità (LDPE – Low Density Polyethylene), oppure accoppiando una pellicola in poliuretano (TPU – Thermoplastic Polyurethane) con scopo puramente di sigillatura all'aria con uno strato di rinforzo in polipropilene per rispondere ai requisiti strutturali. Invece i tessuti spalmati, sebbene possano avere delle caratteristiche adatte all'uso architettonico, per questa tecnologia presentano alcune caratteristiche negative come la difficoltà di formatura delle geometrie, il maggiore peso e infine anche il maggior prezzo.

Infine l'elemento vuoto, o più precisamente l'aria a bassissima densità, influenza la rigidità della struttura. Anche alla maggiore depressione da lui raggiunta (circa 1 bar), le strutture risultavano ancora deformabili relativamente facilmente, benché si autoportassero. Diverse percentuali di depressurizzazione hanno comportamenti diversi: al 10% si hanno le prime applicazioni della tecnologia, dal 10 al 80% si ha un progressivo aumento della resistenza strutturale, dal 80 al 95% non ci sono differenze significative di resistenza.

Uno dei fattori limitanti delle prestazioni strutturali è la pressione atmosferica (1 atm= 101,325 kPa), che nel caso di completa depressurizzazione della struttura può essere presa in considerazione con un'approssimazione a 101 kPa. A meno che la struttura non abbia un "pre-stress", la pressione atmosferica corrisponde al massimo carico applicato che essa possa sopportare senza collassare. La forza di pre-stress che incide su ogni elemento particellare può essere divisa in una componente diretta ed una indiretta.

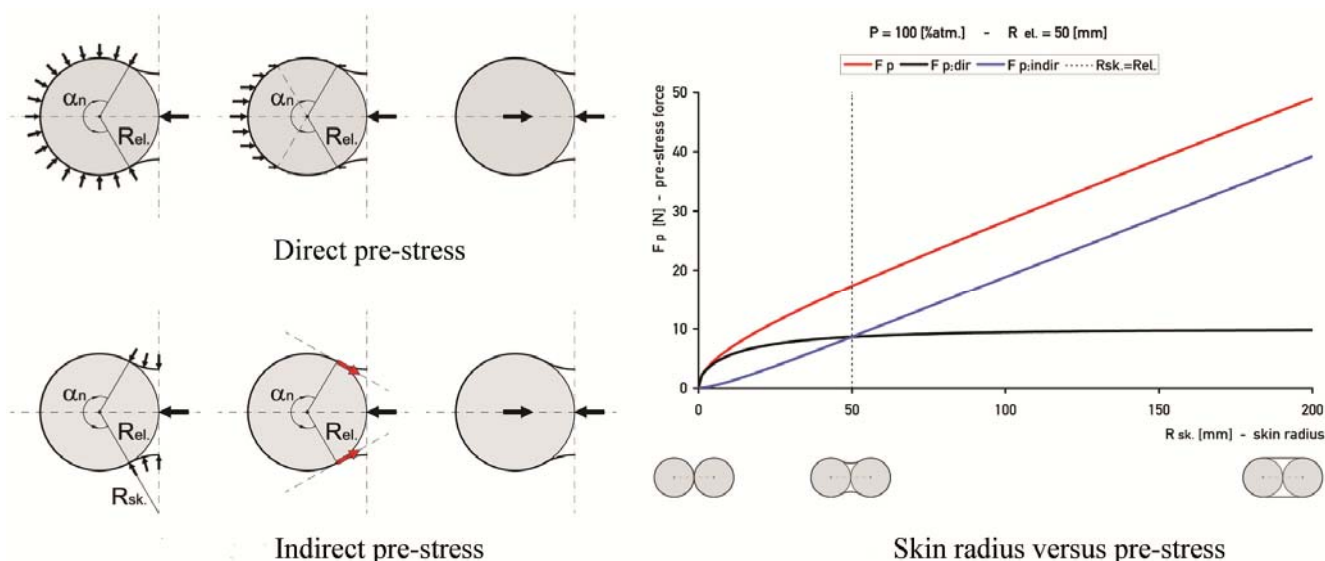
### prestressing\_components

direct\_&\_indirect



La componente diretta è la pressione atmosferica incidente "direttamente" sull'elemento granulare, poiché l'involucro della struttura è aderente alla sua superficie per un certo angolo di copertura detto  $\alpha_n$ . Nella figura successiva si può vedere come la forza risultante sia opposta a quella interna al manufatto.

La componente indiretta è sempre la pressione atmosferica ma incidente sulla porzione di involucro che copre lo spazio fra due elementi granulari di riempimento; la curvatura di questa porzione dell'involucro viene detta  $R_{sk}$ , cioè skin radius, ed è determinata dall'azione della pressione dell'aria e dalla elasticità dell'involucro. Il carico applicato sull'involucro agisce indirettamente sugli elementi che ricopre. Ovviamente la  $R_{sk}$  è fortemente influenzata dall'elasticità assiale degli elementi di riempimento e dalle loro percentuale e modalità di riempimento dell'involucro.



Da queste considerazioni si capisce come la distribuzione degli elementi di riempimento e la loro relazione con l'involucro sia di diretta influenza sul comportamento dell'intera struttura. Queste relazioni possono essere illustrate da alcuni parametri di configurazione: il packing (densità di imballaggio) e la relazione fill rate/skin perimeter (la quantità di spazio occupato rispetto al perimetro dell'involucro).

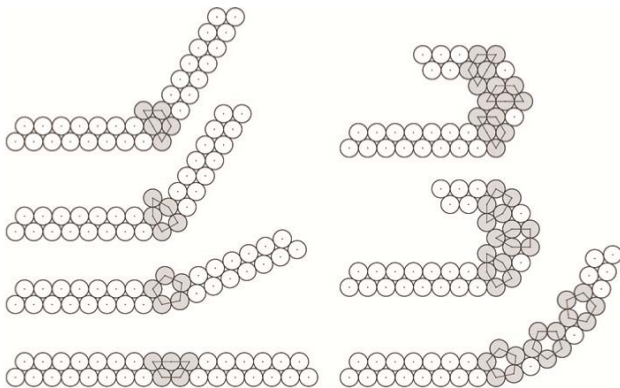
Il **packing** è la densità di imballaggio degli elementi di riempimento. Interessante notare come un'alta densità dell'imballaggio risulti in un più stretto imballaggio del riempimento stesso, cioè in una distribuzione delle forze più effettiva e potenzialmente in una struttura finale più rigida.

La relazione **fill rate/skin perimeter** è definita dalla quantità di spazio occupata dagli elementi di riempimento diviso per il totale dello spazio racchiuso dall'involucro prima della depressurizzazione; lo spazio che risulta non occupato dal riempimento è la quantità d'aria che necessita di essere aspirata. Più il perimetro dell'involucro è piccolo, più l'imballaggio sarà stretto e più l'angolo skin radius sarà grande, quindi le forze di prestress indirette saranno maggiori.

Con un numero finito di elementi di riempimento (come nella figura seguente, in cui sono cinque), al cambiamento della disposizione interna il perimetro dell'involucro non cambia, cioè il manufatto può essere modificato nella forma senza portare ad un allungamento (cioè un tensionamento) dell'involucro.

| angle A-B<br>$\Phi$ [°]  | perimeter<br>[mm] | total area<br>[mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>area [mm <sup>2</sup> ] | fill rate<br>[%] | angle A-B<br>$\Phi$ [°] | perimeter<br>[mm] | total area<br>[mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>area [mm <sup>2</sup> ] | fill rate<br>[%] | total centre<br>area [mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>centre area<br>[mm <sup>2</sup> ] | packing<br>density [%] | sum centre<br>distances [-] |
|--------------------------|-------------------|----------------------------------|--|------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|--|------------------|---|--|------------------------|-----------------------------|
| <b>R sk. = inf. [mm]</b> |                   |                                  |  |                  | <b>R sk. = 0 [mm]</b>   |                   |                                  |  |                  |   |  |                        |                             |
| 0                        | 814.2             | 45844.4                          | 39269.9 / 6574.5                           | 85.7             | 0                       | 1099.6            | 40479.3                          | 39269.9 / 1209.4                           | 97.0             | 12990.4                                 | 11781.0 / 1209.4                                     | 90.7                   | 2492.8                      |
| 36                       | 814.2             | 50058.8                          | 39269.9 / 10788.9                          | 78.4             | 36                      | 1099.6            | 44693.7                          | 39269.9 / 5423.8                           | 87.9             | 17204.8                                 | 11781.0 / 5423.8                                     | 68.5                   | 2620.0                      |
| 60                       | 814.2             | 47184.1                          | 39269.9 / 7914.2                           | 83.2             | 60                      | 1099.6            | 41819.1                          | 39269.9 / 2549.2                           | 93.9             | 14330.1                                 | 11781.0 / 2549.2                                     | 82.2                   | 2537.7                      |
| <b>R el. = 50 [mm]</b>   |                   |                                  |  |                  |                         |                   |                                  |  |                  |   |  |                        |                             |

46 Parametri di configurazione (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007)



47 Riorganizzazione degli elementi di riempimento al cambiamento di forma (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007)

Per quanto riguarda gli elementi e strumenti per l'uso dell'aria, Frank Huijben utilizza nei suoi studi delle semplici valvole filettate, avvitali direttamente alla pellicola plastica, in alluminio. Egli utilizza le valvole "364000 1/4" Threaded Probe" di marca Torr Technologies.

Per l'aspirazione dell'aria, egli ha usato sia un comune aspirapolvere domestico (con una depressurizzazione massima del 25%), sia una normale pompa da vuoto con una percentuale di depressurizzazione massima del 96%.

48 Valvola "364000 1/4" Threaded Probe" di Thor Technologies



## 4.2.2 CASI STUDIO DI STRUTTURE DEPRESSOSTATICHE PORTANTI

### VACUUMATICS RESEARCH 1970 - QUEEN'S UNIVERSITY BELFAST

Nel 1970, alcuni studenti della Queen University di Belfast sotto la guida del professor Ivan Petrovich, fecero una serie di prove su delle strutture da loro definite "vacuumatics".

Essi fecero un grande numero di piccoli test su un ampio campione di materiali, per studiare l'influenza dei materiali di riempimento nelle strutture sottovuoto. Essi studiarono le caratteristiche strutturali, di isolamento termico e di durabilità.

Approfondirono inoltre il funzionamento delle valvole per l'espulsione dell'aria su questo tipo di manufatto.

Furono anche fatti dei test a scala reale, costruendo una serie di prototipi di archi in membrana di PVC riempiti da palline di polistirolo (come si può vedere nell'immagine sovrastante).

Il risultato di queste ricerche fu che la tecnologia vacuumatics ha un limitato potenziale strutturale e si prospettavano minime possibilità di utilizzo.



### ARCHI DALL'ILEK VACUUMATICS WORKSHOP (2005)

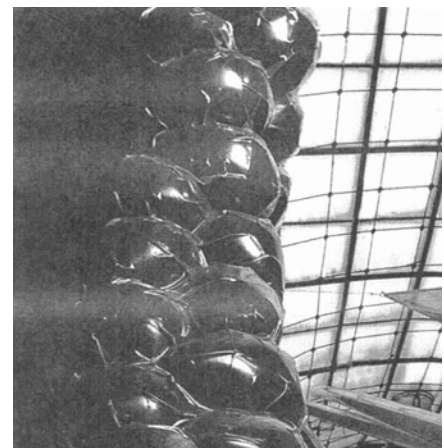


Durante il Vacuumatics Workshop del 2005, tenuto dall'ILEK, sono stati progettati e costruiti due manufatti che usano la tecnologia depressostatica strutturale.

Nel primo caso (immagine a sinistra), l'arco è formato da un fine involucro polimerico riempito di palline di polistirene. L'arco è stato prima depressurizzato e poi piegato; viene mantenuto in forma dai vincoli a terra creati dai blocchi in legno. La struttura così composta è in grado di sostenere se stessa e portare carichi esterni.

Fonte di entrambe le figure: Detail 10/2007 "Materiali traslucanti", articolo "Vacuumatics – Deflated forms of construction"

Nel secondo caso (immagine a destra), l'arco è formato da un fine involucro polimerico riempito di palloni, cioè elementi pressostatici di forma sferica. Rispetto al manufatto precedente, questo arco non ha bisogno di un elemento solido di riempimento in quanto è l'aria stessa e la mancanza di essa ad essere portatore di carichi e stabilizzatrice della struttura, insieme al doppio involucro con cui lavora (cioè quello dei pallone e quello più esterno dell'arco). Questa tipologia di manufatto è interessante per la sua potenzialità di maggiore cambiamento di volume, peso ridotto e quindi maggiore trasportabilità.



L'Università di Tecnologia di Delft (Paesi Bassi) ha compiuto negli anni diverse piccole sperimentazioni sul tema delle strutture portanti depressostatiche.

Esse si sono concretizzate nel 2007 nel progetto ed erezione di un ponte vacuumatics, capace di sorreggere fino a dieci persone, oltre al proprio peso, senza collassare.

Dalle sperimentazioni precedenti la costruzione del ponte, una serie di prove ed errori, è stato possibile ricavare dei principi costruttivi per il sottovuoto strutturale.

Sono state trovate delle similarità comportamentali con il cemento armato e di conseguenza delle formule di descrizione strutturale sono state ricavate. Esse combinano una serie di variabili, come le dimensioni degli elementi e dell'insieme, la pressione delle pompe per il vuoto e quindi della depressione strutturale, e infine diversi tipi di carico (simmetrico, asimmetrico).

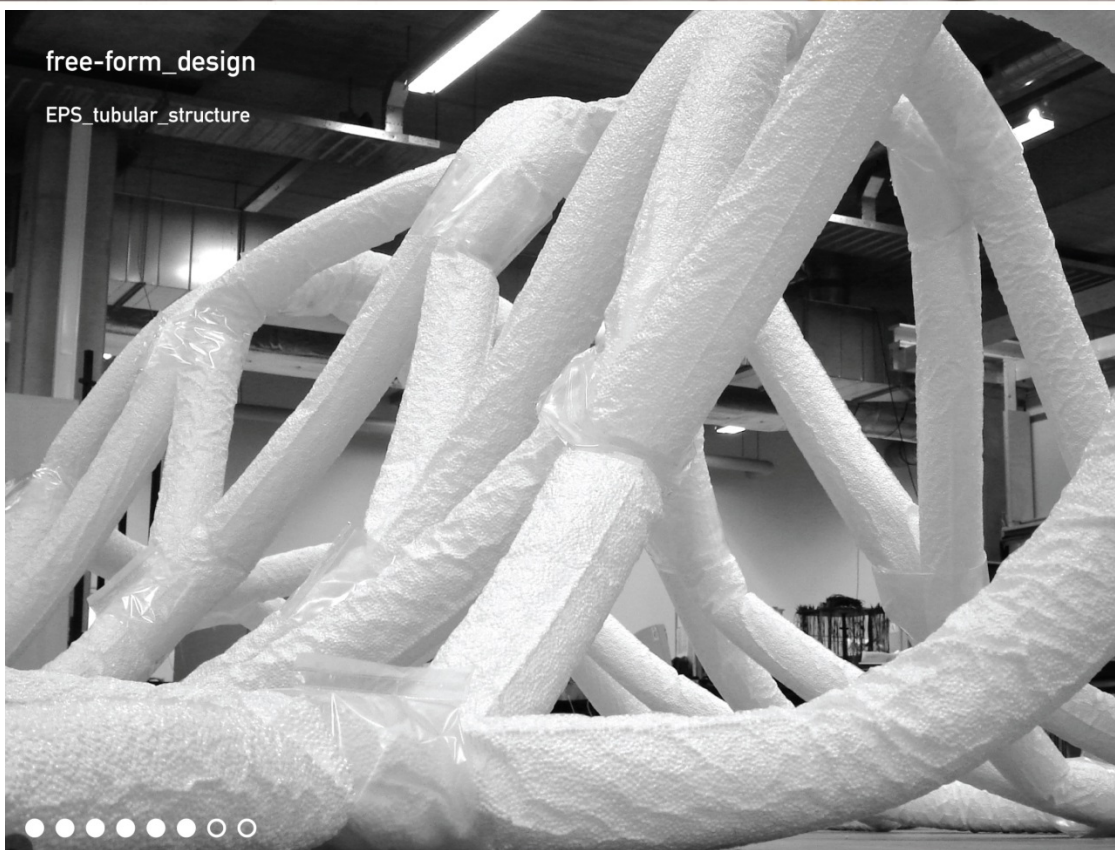
Le formule usate sono state poi provate tramite i prototipi iniziali, che hanno portato a creare le formulazioni definitive e infine il progetto del ponte tramite la loro applicazione.



## PROTOTIPI DI FRANK HUIJBEN (UT/E)

Frank Huijben, della Università di Tecnologia di Eindhoven (Paesi Bassi), nel suo lavoro di tesi magistrale e poi nella sua ricerca di dottorato, si è concentrato sulla creazione di modelli sperimentali vacuumatics al fine di creare delle casseforme modellabili per il cemento.

Egli ha quindi inizialmente creato alcuni semplici manufatti, per testare le capacità di formatura, resistenza e imprimitività di diversi materiali, per poi concentrarsi su travi e archi e il loro comportamento strutturale (come spiegato nel capitolo precedente). Qui di seguito si può vedere la varietà di forme e materiali provati.





Nel 2004 Mendi Yeganeh brevetta e poi presenta alla conferenza dell'IVIS del 2009 questo tipo di isolamento, basato sull'irrigidimento dato dalle parti pressostatiche e dal vuoto che gli viene creato intorno tra i vari layer.

La depressurizzazione viene usata sia come elemento di irrigidimento strutturale che come parte della stratificazione isolante, insieme ai layer polimerici (con caratteristiche tecniche e termiche tipo Mylar "350SBL300", prodotto da DuPont). L'idea è che questo tipo di isolante sia approntabile a piacimento, seguendo le necessità stagionali di isolamento; cioè che la pressurizzazione e la depressurizzazione ne permettano l'immagazzinamento e la messa in opera a ripetizione.

Dal punto di vista strutturale, più grande è la depressurizzazione interna, minore è l'area della sacche pressurizzate; dal punto di vista termico, più grande è la depressurizzazione interna, minore è la conduttività termica. Questo porta, nel caso presentato, ad avere una relazione 1:4 tra area pressostatica e area depressostatica, che significa che la pressione interna della struttura è di 0,4 MPa. Per portare la pressione atmosferica, la struttura necessita di essere costruita come segue: raggio delle sacche pressurizzate 8 mm, altezza delle sacche pressurizzate 10 mm, distanza fra i centri delle sacche 17,7 mm.

Per calcolare la conduttività termica Yeganeh ha ipotizzato delle temperature uniformi sulle due facce esterne di -5°C e 25°C, un flusso uniforme di calore uniforme nella geometria della struttura, per un risultato finale di conduttività termica pari a 0,001 W/mK.

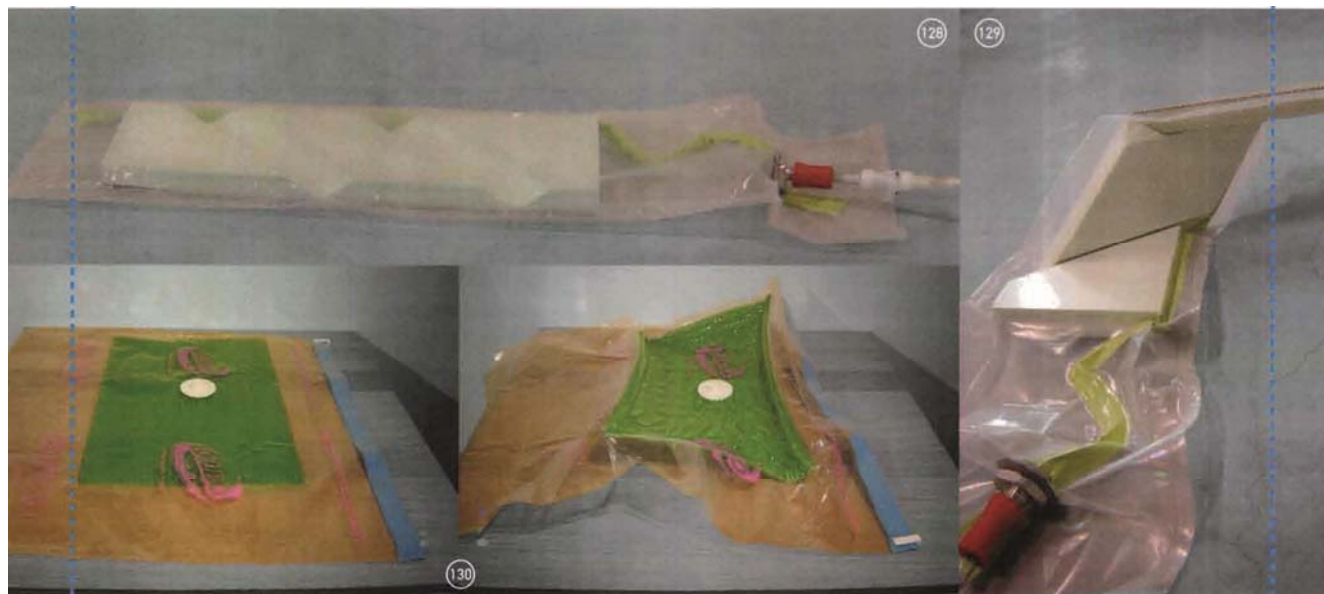
Si noti che questo valore di conduttività termica eccezionalmente performante è derivato da un'analisi virtuale agli elementi finiti e non da risultati sperimentali. Questo è particolarmente significativo in quanto Yeganeh ipotizza che le parti vuote (vacuum) siano effettivamente vuote, cioè raggiungano il vuoto assoluto con una conducibilità del "materiale vuoto" quasi nulla. Nella realtà costruttiva, questo non è possibile.



### 4.2.3 LE STRUTTURE DEPRESSOSTATICHE AUTOAPPRONTABILI

Le strutture portanti depressostatiche permettono un'azione cinetica della struttura in fase di montaggio, cioè hanno la caratteristica dell'**autoapprontabilità**. L'atto della depressurizzazione crea un movimento dato dall'adattamento dei materiali, di riempimento e dell'involucro, al nuovo spazio; questo porta ad un movimento spontaneo dell'intera struttura secondo la geometria dei vuoti e dei pieni che si va a formare.

Questo tema è stato brevemente accennato da Frank Huijben nel suo lavoro di tesi magistrale (vedi bibliografia, "Vacuumatics", 2009), semplicemente evidenziandone la possibilità costruttiva.

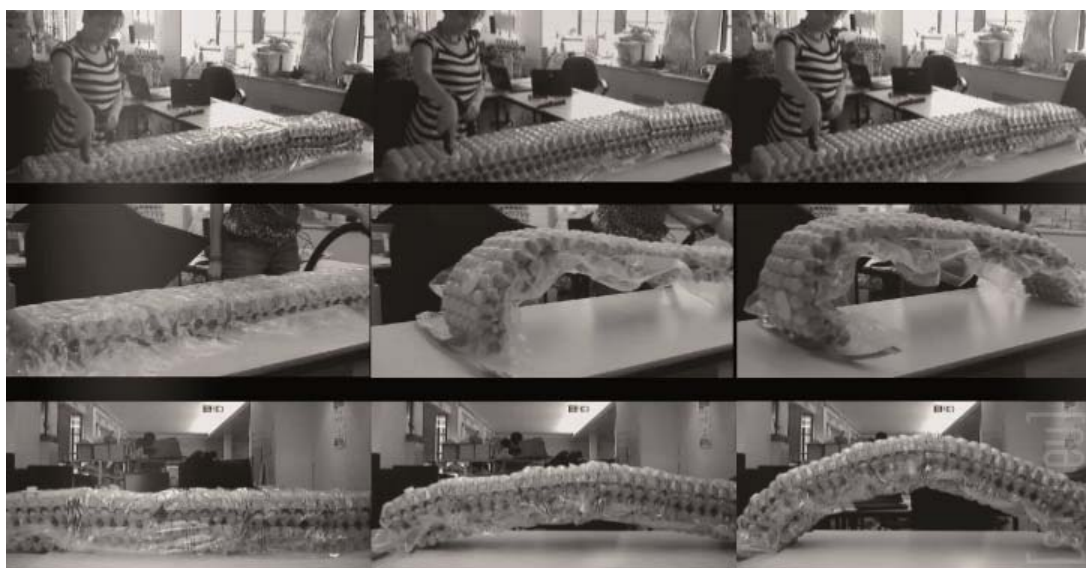


49 Prove su semplici strutture depressostatiche autoapprontabili (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics", 2009)

Successivamente il tema è stato ripreso ed esplorato particolarmente da un gruppo di laureande in architettura della Architectural Association School of Architecture di Londra, in un lavoro di tesi magistrale (vedi bibliografia "A Deflatable Architecture", 2011), che evidenzia il ruolo basilare della forma della struttura per determinare il movimento della stessa.

Ne è stato provato il funzionamento sia con materiali di riempimento a pannelli opportunamente sagomati, sia con materiali a geometrie più complesse e pieghevoli (i cartoni delle uova, con e senza palline di riempimento in plastica, e i conseguenti modelli virtuali).

È stato visto come la distribuzione geometrica dei pieni e dei vuoti influenzi il tipo e il verso di curvatura del manufatto. Il raggio di curvatura è invece influenzato dalle dimensioni degli elementi pieni e dei conseguenti spazi vuoti da loro formati.



50 Autoapprontabilità di un prototipo con cartoni delle uova e palline plastiche (Fonte di questa e tutte le immagini seguenti: vedi bibliografia "A Deflatable Architecture")



51 Autoappontabilità di un manufatto depressostatico a pannelli



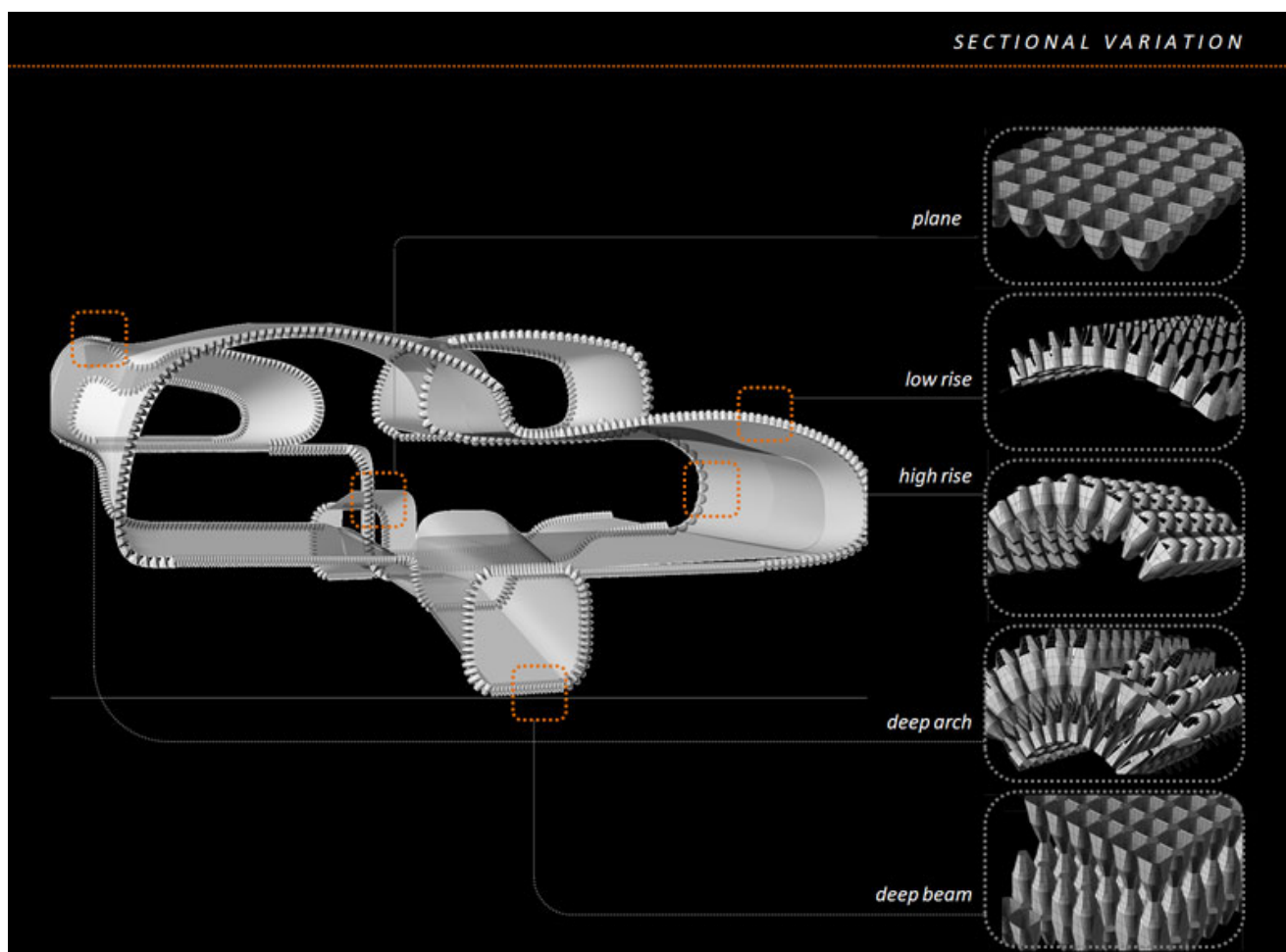
52 Variazioni di curvatura in relazione alla variazione della distribuzione dei pieni e dei vuoti



53 Variazioni nel raggio di curvatura in relazione alle variazioni dimensionali degli elementi di riempimento



54 Prova di resistenza di un elemento depressostatico strutturale autoapprontato



55 Variazioni di sezione in relazione alla variazione geometrica degli elementi

#### 4.2.4 LE STRUTTURE DI TAMPONAMENTO VACUE E SOTTOVUOTO

Le **strutture depressostatiche di tamponamento**, vacue o accoppiate a materiali isolanti, usano la strategia della depressurizzazione per diminuire il flusso termico all'interno dell'elemento isolante. Questi elementi non hanno nessuna funzione strutturale.

Esse possono essere di due tipi:

- **VIP (vacuum insulation panels)** pannelli sandwich di materiali sottovuoto
- **Vacue** strutture di chiusura depressurizzate, cioè vacue, ma non completamente sottovuoto

I pannelli di isolamento sottovuoto sono delle strutture multistrato di polvere minerale altamente porosa in depressurizzazione, con un involucro in membrane di plastica o membrane composte in plastica-alluminio che ne garantiscono la sigillatura dall'esterno. Il materiale di riempimento ha funzione strutturale di sostegno delle membrane esterne, tese dalla depressurizzazione interna negli spazi creati dalla porosità dello stesso materiale di riempimento.

Rispetto agli altri materiali isolanti, questo tipo di isolamento permette di avere alte prestazioni termiche in poco spessore.

#### Insulation Thicknesses for U values W/m<sup>2</sup>K

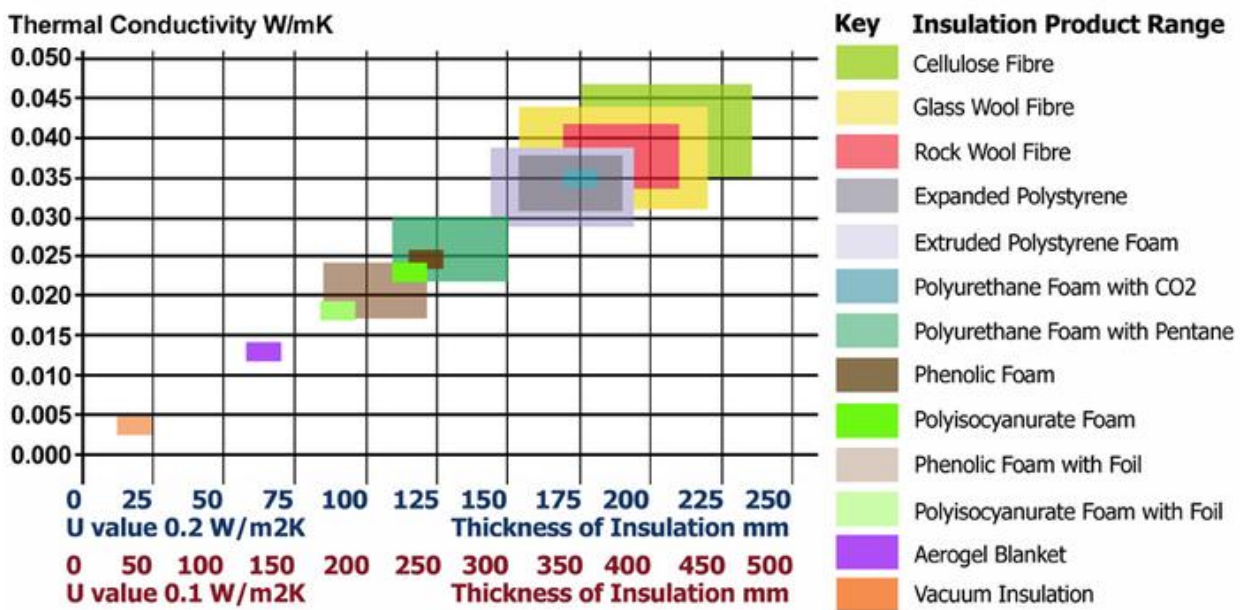
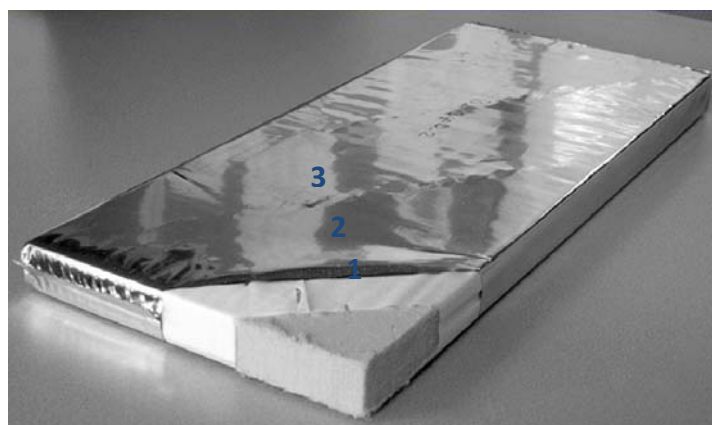


Tabella 12 Spessore di isolamento di un pannello sottovuoto rispetto ad altri materiali in relazione al valore U (Fonte: IVIS)

Stratigrafia di un VIP:



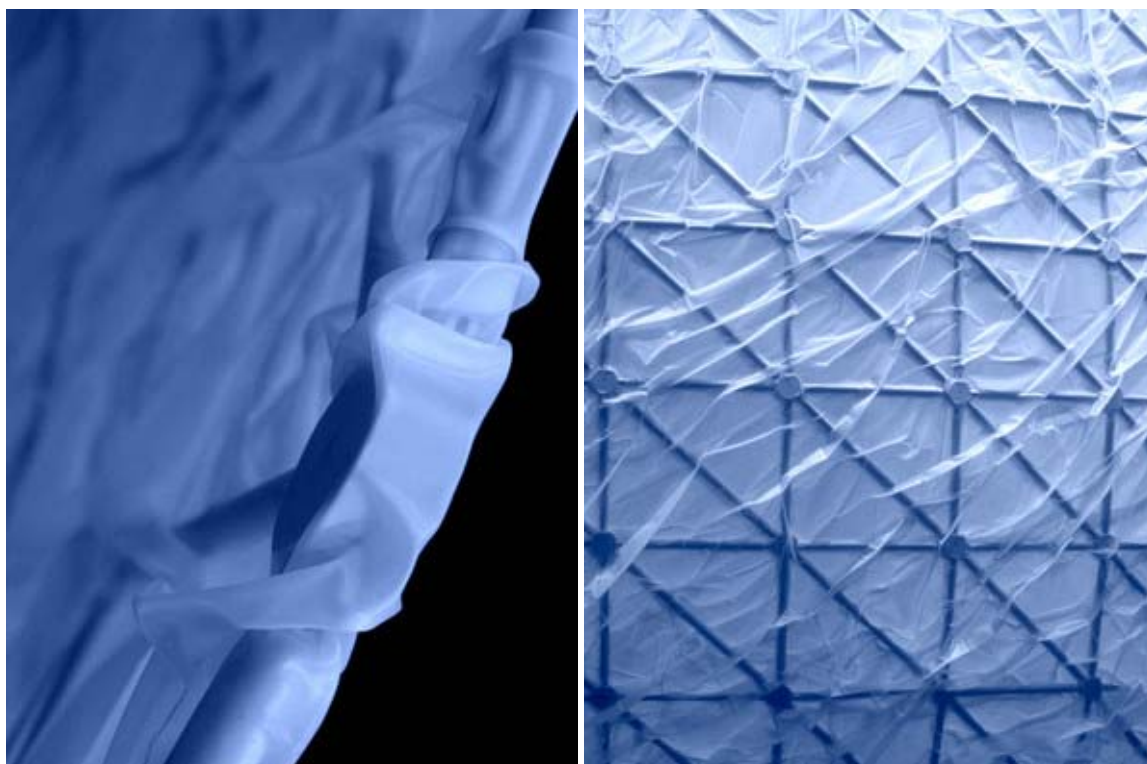
- 1 materiale di riempimento in polvere minerale microporosa
- 2 film di protezione del materiale
- 3 strato in plastica-alluminio per la sigillatura sottovuoto

56 VIP con stratigrafia esposta

Le strutture isolanti vacue usano la bassissima densità dell'aria al loro interno come mezzo per interrompere la trasmissione di calore attraverso di esse, minimizzando lo scambio termico per conduzione fra i materiali e convezione dell'aria interna.

Rispetto agli altri sistemi di isolamento, oltre agli aspetti termici è interessante la composizione di questo tipo di manufatto; formato solo da membrane polimeriche in depressione, esso permetterebbe un risparmio in materie prime impiegate.

Rispetto alle strutture depressostatiche precedentemente studiate, in cui esse funzionavano sia da elemento portante che isolamento, le strutture vacue necessitano però di un elemento aggiuntivo strutturale, che serva a supportare sia il loro stesso peso e i carichi applicati sia la forza di tensione interna data dalla depressurizzazione.



**57** Particolare della struttura portante interna di una parete vacua (Stand Mero)

**58** parete vacua con struttura portante interna visibile (Stand Mero)

Secondo lo studio di Mendi Yaganeh esse permetterebbero di raggiungere prestazioni di trasmittanza ottime in spessori minimi; egli dichiara che il sistema da lui studiato permette di avere una trasmittanza dello  $0,001 \text{ W/m}^2\text{K}$ , in solo 3 cm di spessore (si veda nei successivi casi studio per i dettagli).

**59** Pannello di isolamento vacuo con struttura portante polimerica pressostatica (Mendi Yaganeh)

#### 4.2.5 CASI STUDIO PER L'ISOLAMENTO VACUO E SOTTOVUOTO

##### STAND MERO (WERNER SOBEK, 2002)

Progettista:

Werner Sobek

Destinazione d'uso:

esposizione

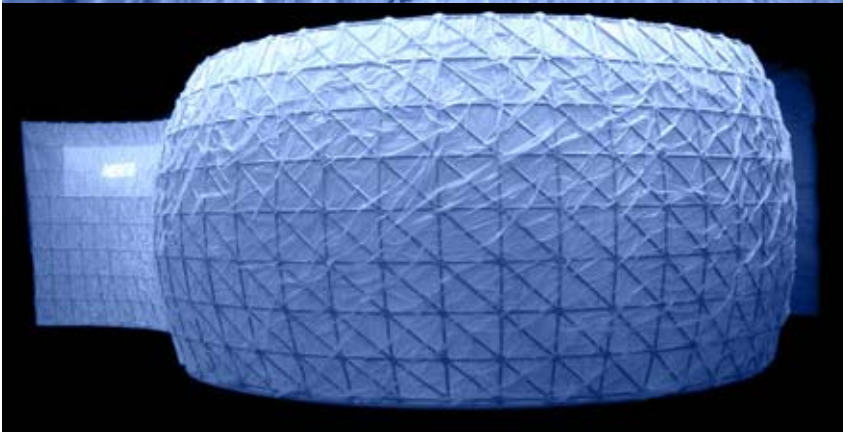
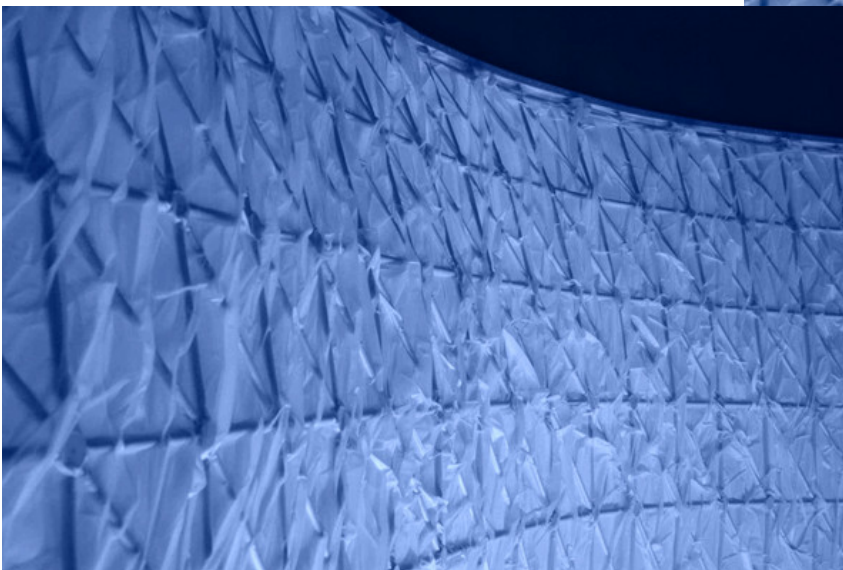
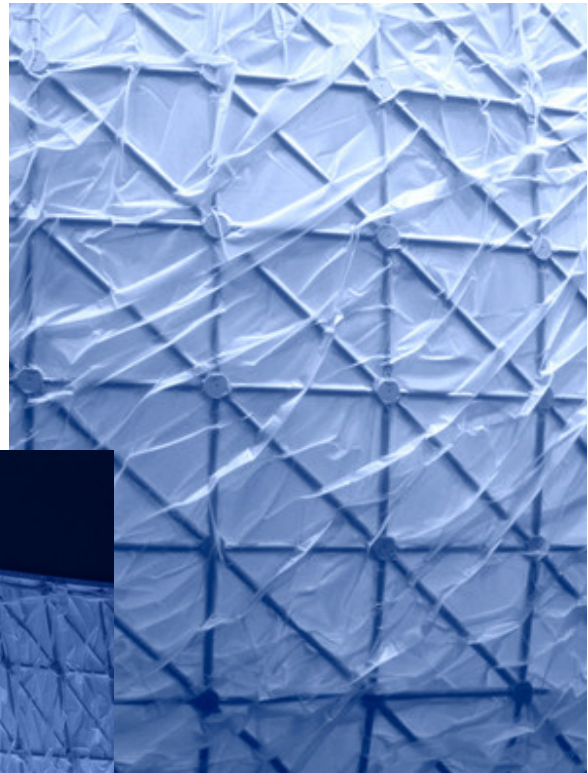
Materiale principale:

membrana in polietilene, tubolari in acciaio

Tecnologia costruttiva:

scheletro rigido portante,

chiusura vacua con membrana polimerica



## PADIGLIONE DEL TÈ (MASAAKI IWAMOTO, 2007)

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Progettista:             | Mawasaki Iwamoto<br>(ILEK workshop)  |
| Destinazione d'uso:      | casa del tè  |
| Superficie calpestabile: | 4 m <sup>2</sup>   |
| Materiale principale:    | membrana in polietilene,<br>tubolari in acciaio  |
| Tecnologia costruttiva:  | scheletro rigido portante,<br>chiusura vacua in pellicola di<br>polietilene riempita di cannuce<br>polietilene |

Questo prototipo combina la tecnologia delle pareti vacue con un materiale di riempimento poroso, in cannuce in polietilene disposte in ordine sparso all'interno di due pellicole in polietilene. funzione portante della struttura è affidata ad uno scheletro esterno in tubolari d'acciaio.

I punti di fissaggio delle pellicole in polietilene ai tubolari in acciaio distribuiscono i carichi sul materiale di riempimento, tramite degli elementi a forma di piatto in fibra di vetro traslucidi.

I condotti di aspirazione dell'aria sono integrati nei giunti di facciata e il sistema di distribuzione è la stessa struttura portante, sfruttando la cavità interna dei tubolari. In questo modo, il numero dettagli costruttivi diminuisce.

Il manufatto è composto da pannelli realizzati in officina e già parzialmente sottovuoto, in modo da evitare lo slittamento del materiale interno e dargli una caratteristica di plasticità. Questa plasticità si è resa utile durante il montaggio del manufatto poiché, dopo aver approntato la struttura portante, è stato possibile aggiustare manualmente la geometria dei pannelli, specialmente punti di giunzione fra pannelli e agli spigole del manufatto.

Una volta approntato il tutto nella forma desiderata, l'interno è stato depressurizzato fino alla depressione voluta, irrigidendo tutto il corpo del manufatto.

Dettaglio di connessione (immagine a destra):

- a piatto distributore di carico
- b filtro
- c condotto per l'aria integrato nel tubolare portante
- d facciata vacua (pellicole esterne in polietilene, riempimento interno in cannuce in polietilene)

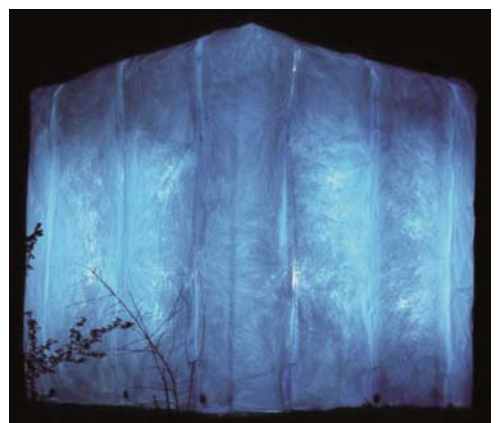


di

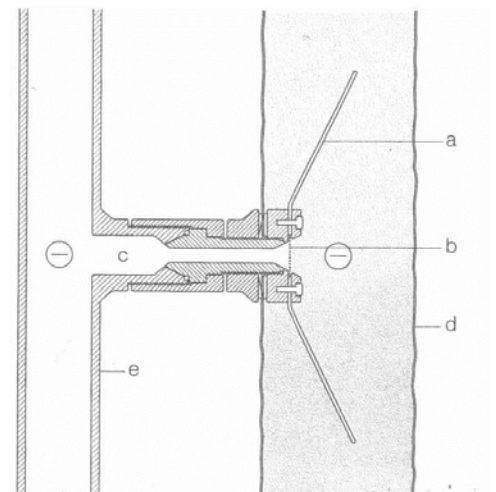


La

dei



nei



## STATION Z

Werner Sobek  
Sachsenhausen, Germania  
2005

**Tecnologia costruttiva:**  
scheletro rigido portante,  
chiusura vacua con membrana  
polimerica

**Materiale principale:**  
tessuto in fibra di vetro  
rivestito in PTFE

Questo progetto si compone di un grande rivestimento chiuso da una membrana polimerica, sorretta da una struttura portante in acciaio grigliato, stabilizzata da una parziale depressione dell'aria interna fra li strati della membrana, cioè una facciata vacua.

La struttura copre una luce di circa 37 x 39 m, con un'altezza interna abitabile massima di 2,60 m.

Due le particolarità di questa struttura: la trasmissione luminosa e la composizione continua di facciata.

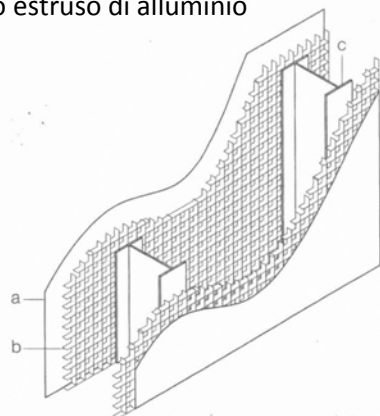
L'uso di un tessuto in fibra di vetro rivestito in PTFE accoppiato ad un elemento interno grigliato lascia passare una **radiazione luminosa diffusa e continua** che rende superflua un'illuminazione artificiale interna.

La composizione appare come un **elemento continuo**, sia internamente che esternamente, senza elementi di giunzione visibili. La struttura portante primaria è formata da elementi tubolari che rimangono nascosti all'interno della struttura secondaria di sostegno, cioè la griglia metallica. All'interno rimangono nascosti anche tutti gli elementi di giunzione e controventatura. Il tessuto permette di intuire la struttura portante secondaria della griglia, ma che risulta in secondo piano. L'aderenza continua del tessuto al piano d'imposta della griglia è garantita dalla parziale depressurizzazione interna alla struttura.

Questo pacchetto arriva ad una **conducibilità U pari a 1,0 W/m<sup>2</sup>K**.

**Sezione della facciata:**

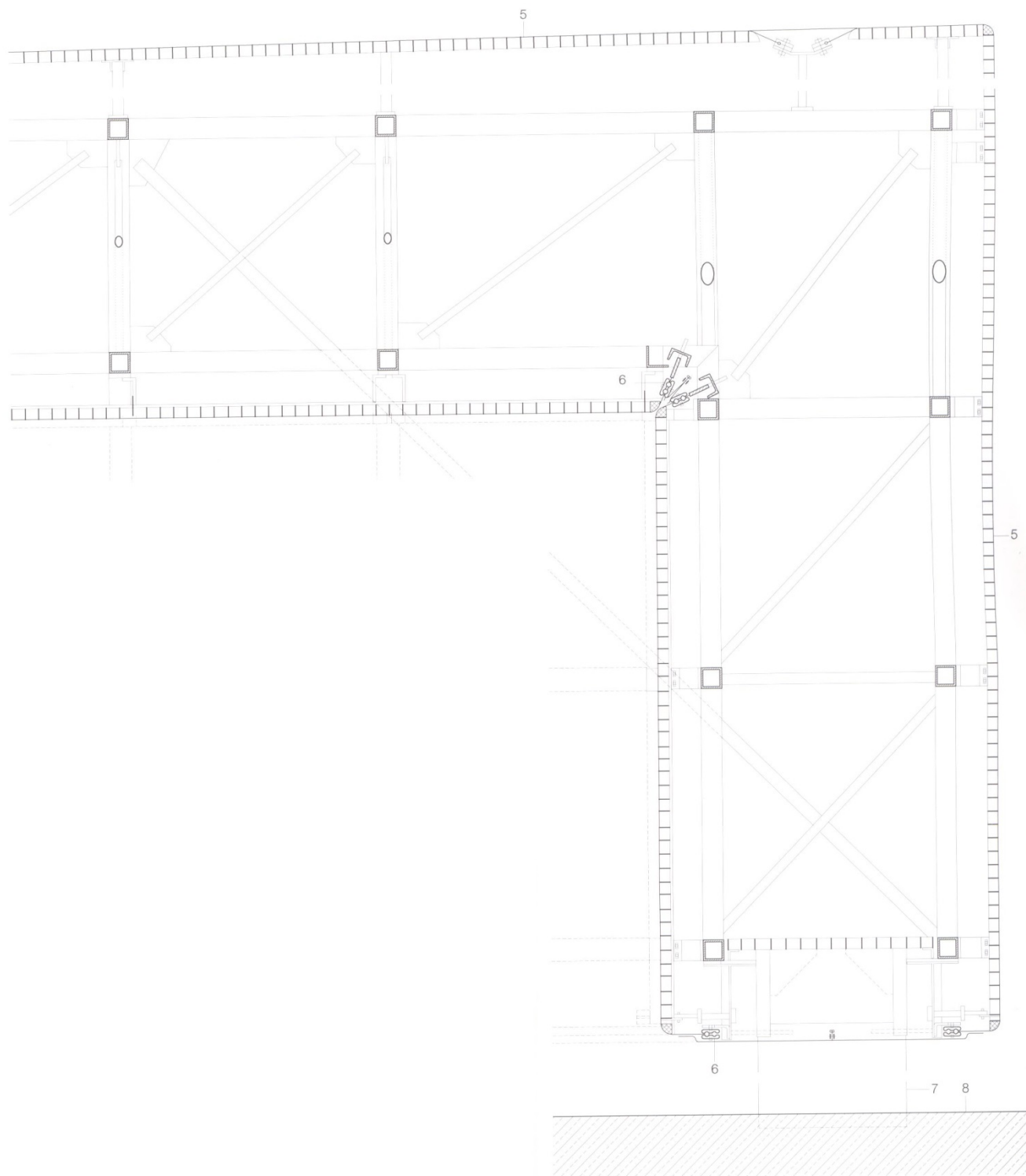
- a tessuto in fibra di vetro rivestito in PTFE
- b griglia zincata di acciaio
- c profilato estruso di alluminio





Sezione verticale – disegno originale in scala 1:20 (Fonte: “Atlante delle materie plastiche”)

- 5 membrana di tessuto in fibra di vetro rivestito in PTFE  
griglia zincata di acciaio 40/2 mm  
maglia 55/55 mm  
profilato cavo di acciaio 80/80 mm
- 6 profilato estruso di alluminio
- 7 zoccolo d’imposta in calcestruzzo armato
- 8 soletta di macadam all’acqua



Mehdi Yeganeh

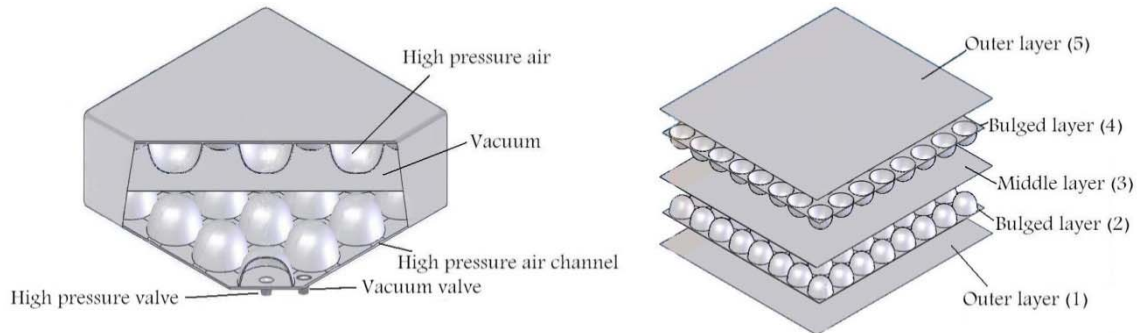
Iran  
2004/2011

Tecnologia costruttiva:

pressostatica strutturale  
air-inflated e isolamento vacuo

Materiale principale:

Mylar<sup>®</sup>, polietilene sotto forma  
di pellicola traslucida flessibile,  
marca Dupont



Mehdi Yeganeh ha realizzato questo pannello di isolamento vuoto unendolo alla tecnologia portante pressostatica. In questo modo, egli riesce a risolvere il problema della conduzione termica fra struttura portante e struttura di isolamento.

Egli pone la struttura portante all'interno del pannello in due elementi (interno ed esterno) separati fra di loro e dall'ambiente esterno da tre pellicole polimeriche ad alte prestazioni (bassa conducibilità, blocco delle radiazioni luminose e termiche, resistenza al tensionamento), disposti in due strati sfalsati l'uno con l'altro in modo che le parti a "bolle" portanti pressostatiche siano in contatto con la pellicola intermedia sovrastante lo spazio in depressione), cioè l'elemento isolante (vedi le figure 3 e 4, a sinistra).

Nell'immagine a destra (figure 10 e 11), si vede una simulazione del comportamento termico del pannello. Nella prima figura (numero 10), è rappresentato il flusso di calore. Nella seconda (figura 11), l'andamento delle temperature.

Egli ha applicato alle due facce esterne due flussi di calore di segno opposto ( $0,01 \text{ W/mm}^2$  e  $-0,01 \text{ W/mm}^2$ ), come risultato la temperatura della faccia inferiore è di  $25^\circ$  mentre quello della faccia superiore è di  $-5^\circ$ . Cioè, fra le due facce c'è una differenza di temperature di  $30^\circ$ , su una superficie di  $78,3 \text{ mm}^2$  per uno spessore di  $24,14 \text{ mm}$ , che significa una conducibilità termica del pacchetto di circa  $0,001 \text{ W/mK}$ .

Si noti che questo valore di conducibilità termica eccezionalmente performante è derivato da un'analisi virtuale agli elementi finiti e non da risultati sperimentali.

Questo è particolarmente significativo in quanto Yeganeh ipotizza che le parti vuote (vacuum) siano effettivamente vuote, cioè raggiungano il vuoto assoluto con una conseguente conducibilità del "materiale vuoto" quasi nulla. Nella realtà costruttiva, questo non è possibile per limiti della tecnologie di aspirazione delle pompe.

### 4.3 TECNOLOGIE DI ASPIRAZIONE DELL'ARIA

La creazione di una depressione, cioè di uno spazio vuoto, è legata alla capacità tecnologica di aspirazione dell'aria presente.

Una pompa a vuoto è un dispositivo meccanico capace di aspirare l'aria attraverso una conduttura.

Esistono diversi tipi di pompe di aspirazione dell'aria, a seconda di come esse attuano l'aspirazione dell'aria:

- pompe a spostamento di parete                      esse trasferiscono l'aria attraverso l'apertura ciclica di una cavità e il suo conseguente svuotamento, creando uno spazio in cui nuova aria da aspirare può essere trasferita. Esse sono di tipo rotativo e a roots.
- pompe a trasferimento di quantità di moto       esse imprimono una grande velocità alle molecole di aria da espellere, attraverso l'uso di lame meccaniche ad alta velocità o getti di liquidi ad alta densità. Esse sono di tipo a diffusione e turbomolecolari.
- pompe ad intrappolamento                        esse formano il vuoto catturando i gas all'interno di un solido o di una superficie assorbente. Esse sono del tipo criogeniche, a jetter e le pompe ioniche.

I vari modelli di pompa, oltre che per la loro tecnologia di aspirazione, si differenziano per le loro diverse potenze di aspirazione. In riguardo alla tecnologia depressostatica, Frank Huijben nel suo lavoro ha usato sia un aspirapolvere domestico (con un raggiungimento del vuoto del 25% rispetto alla pressione atmosferica) sia una pompa per vuoto (con un raggiungimento del vuoto del 96% rispetto alla pressione atmosferica). Diverse percentuali di depressurizzazione hanno comportamenti diversi: al 10% si hanno le prime applicazioni della tecnologia depressostatica, dal 10 al 80% si ha un progressivo aumento della resistenza strutturale, dal 80 al 95% non ci sono differenze significative di resistenza.

Un'altra caratteristica delle pompe è il loro tempo di aspirazione dell'aria, espresso in metri cubi di aria all'ora (mc/h) o litri di aria all'ora (l/h). Questa caratteristica è importante riferita ai requisiti di prontezza dei rifugi d'emergenza, in quanto la velocità di aspirazione si traduce in velocità di approntamento di una struttura depressostatica.

Essendo le pompe elettriche, esse hanno bisogno di un'alimentazione di energia al quale collegarsi per poter lavorare. In una situazione d'emergenza, questo si traduce all'attacco alla rete di distribuzione elettrica o a batterie o all'uso di un generatore di emergenza.

In riguardo alla necessità strutturale di depressione, si è scelta per la successiva parte di progettazione una pompa rotativa portatile con una capacità di vuoto di 29,91 Hg (millimetri di mercurio), cioè 101 kPa che equivalgono ad 1 atmosfera (modello P/N 502150 Rotary Vane Pump, marca Torr Technologies).



|                         |                                   |   |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
|                         | politetrafluoroetilene            |   |
|                         | ETFE – etilene tetrafluoroetilene | fogli   |
| Elastometri             | NR – gomma naturale               | adesivi, guarnizioni, tubi, elastici  |
|                         | SBR – gomma Styrene Butadiene     | pavimentazioni, coperture di cavi elettrici, gomme di autoveicoli, tubi flessibili  |
|                         | EPDM – gomme EPDM                 | fogli impermeabili, pavimentazioni, rivestimenti  |
| Polimeri termoindurenti | PF – fenol formaldeide            | prese elettriche, in polimeri fibro rinforzati per garantire la protezione dal fuoco, chiusure di porte, rivestimenti di facciata |
|                         | UF, MF – resine aminoplastiche    | prese elettriche, colle e adesivi, schiume  |
|                         | UP – poliestere insaturo          | materiali sigillanti, polimeri rinforzati con fibre di vetro  |
|                         | EP – resina epossidica            | protezioni delle superfici e rivestimenti, adesivi, polimeri rinforzati con fibre di carbonio                                     |
|                         | VE – resina vinilestere           | polimeri fibro rinforzati   |
|                         | PUR – poliuretano                 | schiuma in situ, schiume rigide, lacche e rivestimenti  |

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, i polimeri non sono biodegradabili ma sono riusabili e riciclabili. Come è stato fatto nelle parti precedenti, scegliendo solo un paio dei vari indicatori di sostenibilità ambientale di un materiale, è possibile fare un confronto con altri materiali da costruzione. Nella tabella seguente si possono vedere i valori di energia incorporata (in mega Joule) e di chili di CO<sub>2</sub> equivalente per chilo di materiale analizzato (entrambi i materiali si riferiscono solo al ciclo di produzione del materiale e provengono dal database ICE v 2.0 dell'Università di Bath).

| ICE v2.0                      | embodied energy<br>EE<br>MJ/kg | embodied carbon<br>EC<br>kgCO <sub>2</sub> eq/kg |
|-------------------------------|--------------------------------|--|
| acciaio tubolare              | 24,90                          | 1,94   |
| alluminio in fogli            | 155,00                         | 8,24   |
| alluminio in tubolare estruso | 154,00                         | 8,16   |
| cartone in pannelli           | 24,80                          | 1,32   |
| compensato in pannello        | 15,00                          | 0,81   |
| cotone                        | 143,00                         | 6,78   |
| HDPE                          | 76,70                          | 1,93   |
| LDPE                          | 78,10                          | 2,08   |
| poliestere                    | 80,50                          | 3,31   |
| polietilene (PE)              | 83,10                          | 1,94   |
| PVC                           | 68,60                          | 3,19   |

Si può vedere come i polimeri (ultimi cinque materiali della tabella) abbiano dei valori intermedi fra quelli degli altri materiali da costruzione di manufatti per l'emergenza. Il loro punto di forza, sotto questo aspetto, è la piccola quantità di materiale che si utilizza nelle loro applicazioni.

Nello specifico delle tecnologie pressostatica e depressostatica, essi vengono utilizzati sotto forma di pellicole, con spessori del millimetro o della frazione di millimetro; il loro peso finale è quindi ridotto.

In architettura i polimeri vengono usati ampiamente, poiché le loro caratteristiche variano grandemente fra i diversi tipi esistenti e ne permettono usi molteplici. Particolarmente rilevanti sono le differenze delle proprietà termiche, le caratteristiche meccaniche, il modulo elastico e le proprietà elastiche.

Anche dal punto di vista sensoriale i polimeri si differenziano ampiamente per come appaiono, per come trasmettono la luce, per la texture e per come suonano, permettendone un uso ampio in architettura per le loro molteplici capacità espressive.

Nella tabella seguente, si può vedere una sintesi delle loro caratteristiche.

| Polimero                        | Specifiche                      | Comportamento a rottura        | Trasparenza | Densità [g/cm³] | Temperatura d'esercizio permanente/di breve periodo [°C] | Caratteristiche  | Nomi commerciali e sinonimi                    | Attacco chimico |                    |                    | Resistenza a trazione [N/mm²] | Modulo E di trazione [N/mm²] | Coefficiente di dilatazione lineare 10⁻⁵/K | Conduktività termica [W/mK] |           |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------|--|--|--|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|-----------|
|                                 |                                 |                                |             |                 |  |  |  | acidi           | soluzione alcalina | agenti atmosferici |                               |                              |  |                             |           |
| <b>Termoplastiche</b>           |                                 |                                |             |                 |  |  |  |                 |                    |                    |                               |                              |  |                             |           |
| PVC                             | Polivinilcloruro U              | sbiancamento da sollecitazione |             | 1,46            | 65-70/75-90  | suono metallico  |  | ++              | ++                 | 0                  | 50-75                         | 1000-3500                    | 70-80                                      | 0,14-0,17                   |           |
|                                 | P                               | duttile                        |             | 1,27            | 50-55/55-65  | gommoso, flessibile, privo di suono                        |  | +               | +                  | -                  | 10-25                         | -                            | 150-210                                    | 0,15                        |           |
| PE                              | Polietilene                     | LD                             | duttile     |                 | 0,92   | 60-75/80-90  | mano cerosa, si graffia con le unghie          |                 | ++                 | ++                 | -                             | 8-23                         | 200-500                                    | 230-250                     | 0,32-0,40 |
|                                 |                                 | HD                             | duttile     |                 | 0,95   | 75-90/90-120   |  |                 | ++                 | ++                 | -                             | 18-35                        | 700-1400                                   | 120-200                     | 0,38-0,51 |
| PP                              | Polipropilene                   | duttile                        |             | 0,90            | 100/140  | non si graffia con le unghie                               |  | +               | ++                 | -                  | 21-37                         | 1100-1300                    | 110-170                                    | 0,17-0,22                   |           |
| PS                              | Polistirene                     | rigido                         |             | 1,05            | 50-70/60-80  | suono vetroso  |  | +               | +                  | -                  | 45-65                         | 3200-3250                    | 60-80                                      | 0,18                        |           |
| SB                              | Stirene-butadiene               | sbiancamento da sollecitazione |             | 1,05            | 50-70/60-80  | non rigido come PS   |  | +               | ++                 | -                  | 26-38                         | 1800-2500                    | 70   | 0,18                        |           |
| ABS                             | Acronitrile-butadiene-stirene   | sbiancamento da sollecitazione |             | 1,05            | 75-85/85-100   | viscoelastico, suono sordo, antigraffio                    | Abselex, absinol                               | +               | ++                 | -                  | 32-45                         | 1300-2700                    | 60-110                                     | 0,18                        |           |
| SAN                             | Stirene-acrilonitrile           | rigido                         |             | 1,08            | 85/95  | viscoelastico  | Luran  | +               | ++                 | -                  | 75                            | 3600                         | 80   | 0,18                        |           |
| ASA                             | Acronitrile-stirene-acrilestere | sbiancamento da sollecitazione |             | 1,04            | 70-75/85-90  |  | Luran-S  |                 |                    | -                  | 32                            | 1100-2600                    | 80-110                                     | 0,18                        |           |
| PMMA                            | Polimetilmetacrilato            | rigido                         |             | 1,19            | 65-90/85-100   | non colorato trasparente, suono sordo                      | Vetro acrilico, plexiglas                      | 0               | ++                 | ++                 | 50-77                         | 1600-3600                    | 70-90                                      | 0,18                        |           |
| PC                              | Policarbonato                   | duttile                        |             | 1,20            | 135/160  | semirigido, suono metallico                                | Makrolon, lexan                                | 0               | --                 | 0                  | 56-67                         | 2100-2400                    | 60-70                                      | 0,21                        |           |
| PET                             | Polieterilene-terefalato        |                                |             | 1,37            | 100/200  |  | Vivak, mylar                                   | +               | +                  | 0                  | 47                            | 3100                         | 40-60                                      | 0,24                        |           |
| PA                              | Poliammide                      | 6                              | duttile     |                 | 1,13   | 80-100/140-180   | viscoelastico, suono sordo, elevato isolamento | Nylon, perlon   | --                 | +                  | -                             | 70-85                        | 1400                                       | 60-100                      | 0,29      |
|                                 |                                 | 66                             | duttile     |                 | 1,14   | 80-120/170-200   |  |                 | --                 | +                  | -                             | 77-84                        | 2000                                       | 70-100                      | 0,23      |
| PTFE                            | Politetrafluoroetilene          | duttile                        |             | 2,17            | 250/300  | ceroso al tatto  | Teflon   | ++              | ++                 | ++                 | 25-36                         | 410                          | 120-250                                    | 0,25                        |           |
| ETFE                            | Etiltetrafluoroetilene          |                                |             | 1,75            | 150/220  |  |  | ++              | ++                 | ++                 | 35-54                         | 1100                         | 40   | 0,23                        |           |
| CA                              | (Tri)acetato di cellulosa       | duttile                        |             | 1,30            | 70/80  | tatto gradevole, suono sordo                               |  | --              | -                  | -                  | 38                            | 2200                         | 120  | 0,22                        |           |
| <b>Elastomeri (con cariche)</b> |                                 |                                |             |                 |  |  |  |                 |                    |                    |                               |                              |  |                             |           |
|                                 | Caucciù naturale                | duttile                        |             |                 | 70/90  |  | Caucciù, lattice                               | 0               | 0                  | --                 | circa 30,0                    |                              |  |                             |           |
|                                 | Gomma gruppo R                  | duttile                        |             |                 | 100-130/120-130  |  | Neoprene, cloroprene, butile, nitrile          | -/+             | 0/+                | --                 | circa 20,0-25,0               |                              | variabile                                  |                             |           |
|                                 | Gomma gruppo M                  | duttile                        |             |                 | 120-170/150-200  |  | Buna AP, keltan                                | +               | +                  | ++                 | circa 20,0                    |                              |  |                             |           |
|                                 | Gomma gruppo Q                  | duttile                        |             |                 | 180/300  |  | Silicone                                       | 0/-             | 0/-                | ++                 | circa 8,0                     |                              |  |                             |           |
| <b>Plastiche termoindurenti</b> |                                 |                                |             |                 |  |  |  |                 |                    |                    |                               |                              |  |                             |           |
| PF                              | Resina fenolica                 | rigido                         |             | 1,30            | 110/140  | non resistente alla luce, resistente alle alte temperature | Bachelite                                      | -               | -                  | +                  | 20-60                         | 1500-2500                    | 35   | 0,35                        |           |
|                                 |                                 | con segatura                   |             | 1,40            | 110/140  |  |  | -               | -                  | +                  | 25                            | 560-1200                     | 10-50                                      | 0,35                        |           |
|                                 |                                 | fibrorinforzata                |             | 2,00            | 110/140  |  |  | -               | -                  | +                  | variabile                     | variabile                    | variabile                                  | variabile                   |           |
| UP                              | Resina poliestere insatura      | rigido                         |             | 1,20            | 150/200  |  | Resina sintetica                               | 0               | 0                  | +                  | 40-70                         | 3000-4200                    | 80-150                                     | 0,7                         |           |
|                                 |                                 | fibrorinforzata (GFRP)         |             | 1,80            | 150/200  |  |  | 0               | 0                  | +                  | 80-240                        | 7000-23000                   | 9-30                                       | 0,25                        |           |
| EP                              | Resina epossidica               | rigido                         |             | 1,20            | 130/180  | elevata resistenza meccanica                               |  | +               | +                  | 0                  | 60-125                        | 3000-6000                    | 60   | 0,88                        |           |
|                                 |                                 | fibrorinforzata (CFRP)         |             | 1,70            | 130/180  |  |  |                 |                    |                    | 1350-2800                     | 165000-300000                | 0,2  | 17,0                        |           |
| VE                              | Vinilestere                     | rigido                         |             | 1,20            | 130/180  | resistente agli agenti chimici                             | Estere vinilico                                | +               | +                  | 0                  | 70-84                         | 3400-3600                    | 53-65                                      |                             |           |
| PUR                             | Poliuretano                     | duttile                        |             | 1,05            | 50-80/70-100   | molteplici applicazioni                                    | PU   | 0               | +                  | -                  | 70-80                         | 4000                         | 10-20                                      | 0,58                        |           |

++ ottima resistenza, + buona resistenza, 0 parzialmente resistente, - poco resistente, -- non resistente

trasparente pellicola trasparente lattiginoso opaco

B 1.18

**Tabella 13** Principali caratteristiche dei polimeri (Fonte: Knippers, "Atlante delle materie plastiche")

Come si è visto dallo studio dei capitoli precedenti per applicazioni pressostatiche e depressostatiche, i polimeri vengono usati sotto forma di pellicola e membrana.

Una **pellicola** plastica è un materiale dalla struttura omogenea e dallo spessore molto sottile rispetto alla sua estensione superficiale.

In campo architettonico, esse vengono usate per la loro facile formabilità, il peso contenuto, la tenuta agli agenti atmosferici, all'umidità e al vapore, le prestazioni termiche e per il miglioramento delle prestazioni termiche dei materiali accoppiati, protezione solare e protezione dal vento.

Dal punto di vista strutturale, esse devono avere caratteristiche di resistenza meccanica, resistenza agli agenti atmosferici, stabilità ai raggi UV, qualità estetica superficiale e facilità di saldatura.

Per uso in esterni, è diffuso l'uso di pellicole in ETFE (che hanno però come lato negativo un certo peso e un costo medio alto) o il THV (con però l'aspetto svantaggioso di una pessima pulibilità); è diffuso l'uso del PVC sia in interno che esterno, mentre il PE (polietilene) ha il vantaggio di essere molto leggero ed economico ma di dover venir trattato superficialmente per migliorare le sue scarse prestazioni di resistenza ai raggi UV.

|   | Pellicole di ETFE   | Pellicole di TVH   | Pellicole di PE  | Pellicole di PVC-P              |
|---|---|--|--|---------------------------------|
| <b>Polimero</b>   | Copolimero di etilen-tetrafluoroetilene                                 | Terpolimero di tetrafluoroetilene-esafuoropropilene-fluoruro di vinilidene | Polietilene  | Polivinilcloride                |
| <b>Impieghi tipici</b>  | Progetti di architettura  | Progetti di architettura (pellicole laminate)                              | Serre  | Allestimenti interni            |
| <b>Densità [g/cm<sup>3</sup>]<br/>(DIN 53479)</b>   | 1,75  | 1,98   | 0,95   | 1,16–1,35 <sup>1</sup>          |
| <b>Spessori normali [µm]</b>  | 12–300  | 150–500  | 180–200  | 70–220                          |
| <b>Resistenza a trazione [N/mm<sup>2</sup>]<br/>(EN ISO 527-1)</b>                                    | 40 oppure misurata secondo la DIN 53354 circa 400 N/50 mm               | > 24   | circa 24   | 10–25 <sup>1</sup>              |
| <b>Allungamento a rottura [% della lunghezza]<br/>(EN ISO 527-1)</b>                                  | > 300   | > 500  | > 400  | 170–400 <sup>1</sup>            |
| <b>Resistenza alla lacerazione [N/mm]<br/>a 23 °C longitudinalmente / trasversalmente (DIN 53363)</b> | > 300/> 300   | > 100/> 100 per spessore 200 µm  | s.i.   | s.i.                            |
| <b>Modulo E a trazione [N/mm<sup>2</sup>]<br/>(DIN 53457)</b>   | 800–1000 N  | > 50   | s.i.   | s.i. <sup>1</sup>               |
| <b>Deformabilità</b>  | Alta deformabilità  | Deformabilità maggiore delle pellicole di ETFE                             | s.i.   | Alta deformabilità <sup>1</sup> |
| <b>Stabilità a lungo termine</b>  | Resistenza ai raggi UV molto buona                                      | Resistenza ai raggi UV molto buona   | Resistenza ai raggi UV cattiva, con modifiche circa in 4-5 anni (in Europa centrale) | Resistenza ai raggi UV cattiva  |
| <b>Punto di fusione</b>   | 260–270 °C  | 115–125 °C   | s.i.   | s.i.                            |
| <b>Temperature di esercizio [°C]</b>  | da –200 a +150  | da –50 a +80   | da –25 a +80   | s.i.                            |
| <b>Comportamento al fuoco</b>   | Difficilmente infiammabile  | Difficilmente infiammabile   | Da normalmente a facilmente infiammabile   | Difficilmente infiammabile      |
| <b>Sensibilità allo sporco</b>  | Molto bassa   | Bassa  | Alta   | Alta                            |
| <b>Trasparenza [%]</b>  | > 90  | 80–93  | 80–90  | fino a 90                       |
| <b>Note</b>   | Colore latteo nei punti di piegatura                                    | s.i.   | Se estrusa con EVA maggiore resistenza ai raggi UV (> 5 anni)                        | s.i.                            |
| <b>Varietà disponibili</b>  | Trasparente, colorata in massa di bianco, vari colori, stampa possibile | Trasparente  | Trasparente, colore bianco   | Bianco standard e altri colori  |

s.i. = senza indicazione

<sup>1</sup> Dipende dal tipo e dalla quantità del plastificante

**Tabella 14** Caratteristiche delle principali pellicole polimeriche usate in architettura (Fonte: Knippers, “Atlante delle materie plastiche”)

Una **membrana** è un materiale di spessore trascurabile rispetto all'estensione della sua superficie, formato dall'accoppiamento di più materiali fra loro.

In edilizia, le membrane vengono usate per le loro caratteristiche strutturali unite alle loro caratteristiche di tenuta e protezione. I tessuti rispondono ai requisiti meccanici mentre il rivestimento polimerico del tessuto (o delle singole fibre), risponde ai requisiti di protezione e tenuta.

Nella parte precedente, si è visto come sia diffuso l'uso di membrane di poliestere rivestito in PVC nelle tende pneumatiche.

|  | Tessuti di poliestere rivestiti di PVC   | Tessuti di poliestere rivestiti di THV                           | Tessuti di fibra di vetro rivestiti di PTFE   | Tessuti di fibra di vetro rivestiti di silicone  | Tessuti a rete di vetro laminati con PTFE   | Tessuti di PTFE rivestiti   | Tessuti di PTFE non rivestiti   |
|--|--|--|---|--|---|---|---|
| <b>Campi di applicazione Particolarità</b>   | Molteplici impieghi, materiale base molto conveniente  | Superfici di alta qualità, trasmissione della luce molto elevata | Per strutture permanenti, materiale standard di alta qualità  | Per strutture permanenti, trasmissione della luce elevata                              | Per strutture permanenti, trasmissione della luce e resistenza meccanica elevate  | Per strutture permanenti e mobili, trasmissione della luce elevata                                      | Per strutture permanenti e mobili, trasmissione della luce elevata, bassa tenuta alla pioggia         |
| <b>Possibilità di giunzione</b>  | Saldatura ad alta frequenza e a impulsi termici  | Saldatura ad alta frequenza e a impulsi termici                  | Saldatura a impulsi termici con pellicola intermedia  | Vulcanizzazione (incollaggio) o cucitura e incollaggio (saldatura mista)               | Saldatura a impulsi termici con pellicola intermedia  | Saldatura ad alta frequenza   | Cucitura  |
| <b>Stabilità a lungo termine</b>   | Buona stabilità ai raggi UV con uno spessore sufficiente del rivestimento, buona stabilità chimica   | s.i.   | Ottima stabilità ai raggi UV, ottima stabilità chimica  | Buona stabilità ai raggi UV, buona stabilità chimica                                   | Buona stabilità ai raggi UV, ottima stabilità chimica   | Ottima stabilità ai raggi UV, ottima stabilità chimica  | Ottima stabilità ai raggi UV, ottima stabilità chimica  |
| <b>Sensibilità alla pressoflessione</b>  | Elevata resistenza alla pressoflessione, idonei per sistemi convertibili   | Resistenza alla pressoflessione, idonei per sistemi convertibili | Elevata sensibilità alla pressoflessione, non idonei per sistemi convertibili   | Bassa sensibilità alla pressoflessione   | Alta sensibilità alla pressoflessione, non idonei per sistemi convertibili  | Elevata resistenza alla pressoflessione, buona idoneità per sistemi convertibili                        | Elevata resistenza alla pressoflessione, ottima idoneità per sistemi convertibili                     |
| <b>Sensibilità alla sporcizia</b>  | Soggetto alla sporcizia, meglio con strato di copertura, ad esempio vernice al fluoro  | Buona reazione alla sporcizia                                    | Ottima reazione alla sporcizia, autopulente   | Soggetto alla sporcizia  | Autopulente, anche se sono possibili accumuli di sporcizia a causa della superficie scabra  | Buona reazione alla sporcizia   | Buona reazione alla sporcizia   |
| <b>Trasmissione della luce</b>   | 5–15 %<br>Aumento dell'assorbimento solare a causa dell'ingrignimento  | 15–23 %  | 8–20 %  | 25–30 %  | 43–46 %   | 20–40 %   | 35 %  |
| <b>Impatto ambientale</b> (osservazione separata di rivestimento e tessuto; la separazione in generale è ancora difficile, i primi processi di riciclaggio sono in corso di sperimentazione) | Il PVC si decompone formando cloro e acido cloridrico, si forma un reticolo di ritiro; il poliestere può essere fuso o riutilizzato per ottenere fibre corte | Il THV si decompone a temperature elevate                        | Le fibre di vetro possono essere smaltite in modo ecologico, il PTFE non si decompone, disgregazione a elevate temperature con formazione di fluoro | Le fibre di vetro possono essere smaltite in modo ecologico, il silicone è riciclabile | Le fibre di vetro possono essere smaltite in modo ecologico, il PTFE non si decompone, disgregazione a elevate temperature con formazione di fluoro | Differenziabile, il PTFE non si decompone, disgregazione a elevate temperature con formazione di fluoro | Varietà unica, il PTFE non si decompone, disgregazione a elevate temperature con formazione di fluoro |
| <b>Reazione al fuoco (Classi antincendio secondo DIN 4102)</b>   | B1   | B1   | A2 (fino al tipo II) B1 (dal tipo III)  | B1   | B1  | B1 S1–d0 (EN 13501)   | B1 S1–d0 (EN 13501)   |
| <b>Colori standard</b>   | Colore standard bianco, altre colorazioni  | Colore standard bianco   | Colore standard bianco, scelta di colori limitata   | Colore standard bianco, argento, altre colorazioni                                     | Incolore  | Colore standard bianco  | Filati parzialmente colorati  |
| <b>Grammatura<sup>1</sup> secondo DIN 55352 [g/m<sup>2</sup>]</b>  | Tipo I: 750<br>Tipo II: 900<br>Tipo III: 1100<br>Tipo IV: 1300<br>Tipo V: 1450   | Tipo I: 1150<br>Tipo II: 1200                                    | Tipo I: 800<br>Tipo II: 900<br>Tipo III: 1200<br>Tipo IV: 1500  | Tipo 0: 200<br>Tipo I: 340<br>Tipo III: 685<br>Tipo IV: 1100                           | 1050  | 1080  | 320<br>530  |
| <b>Resistenza a trazione ordito/trama secondo DIN 53354 [N/50 mm]</b>  | Tipo I: 3000/3000<br>Tipo II: 4200/4000<br>Tipo III: 5800/5400<br>Tipo IV: 7500/6500<br>Tipo V: 10000/9000   | Tipo I: 3500/3000<br>Tipo II: 5000/4500                          | Tipo I: 3500/3500<br>Tipo II: 5000/4500<br>Tipo III: 7000/6000<br>Tipo IV: 8000/7000  | Tipo 0: 2500/1750<br>Tipo I: 3000/3000<br>Tipo III: 5000/5000<br>Tipo IV: 8000/8000    | 4500/4000   | 4000/4000   | 2000/2050<br>4000/3700  |
| <b>Resistenza alla lacerazione continua<sup>1</sup> ordito/trama secondo DIN 53363 [N]</b>   | Tipo I: 300/300<br>Tipo II: 500/500<br>Tipo III: 850/800<br>Tipo IV: 1200/1200<br>Tipo V: 1800/1800  | Tipo I: 700/700<br>Tipo II: 600/600                              | Tipo I: 300/300<br>Tipo II: 350/350<br>Tipo III: 500/500<br>Tipo IV: 500/500  | Tipo 0: 350/400<br>Tipo II: 300/300<br>Tipo III: 400/400<br>Tipo IV: 500/500           | 250/250   | 798/752   | 365/330<br>669/550  |
| <b>Durabilità</b>  | 15–20  | s.i.   | > 25  | > 20   | > 25  | > 25  | > 30  |
| <b>Costo dei materiali grezzi<sup>2</sup></b>  | 15–45 %  | 60–140 %   | 50–150 %  | 110–180 %  | 100–180 %   | 100–140 %   | 120–170 %   |
| <b>Immagini esemplificative</b>  | Fig. D1.1;<br>Figg. D 1.14-D 1.17;<br>Fig. E 4.50  |  | Pagg. 248-267   | Fig. D 1.21  |   | Fig. D 1.32 e D 1.33;<br>pagg. 268-271  | Fig. D 1.37;<br>Fig. E 4.1;<br>Fig. E 4.51  |

s.i. = senza indicazioni <sup>1</sup> Valori medi <sup>2</sup> In rapporto al prezzo medio del vetro-PTFE (100%)

**Tabella 15** Caratteristiche delle principali membrane usate in architettura (Fonte: Knippers, “Atlante delle materie plastiche”)



Le pellicole e le membrane plastiche hanno una serie di caratteristiche fisico-tecniche importanti per il loro utilizzo in architettura. Esse sono:

- Proprietà termoisolanti
- Proprietà relative alla radiazione luminosa e termica
- Proprietà relative al controllo dell'umidità
- Acustica
- Reazione al fuoco
- Resistenza meccanica
- Stabilità chimica
- Pulibilità

Le proprietà termoisolanti nelle pellicole e nelle membrane riguardano la conduzione, l'irraggiamento e l'accumulo termico. Con conduzione si intende la trasmissione di calore attraverso il contatto fra due materiali, con irraggiamento la trasmissione di calore tramite l'emissione di una radiazione termica da un corpo all'altro, e infine con accumulo termico si intende la capacità di un materiale di accumulare calore all'interno della sua massa.

Le proprietà relative alla radiazione luminosa e termica sono le capacità del materiale di trasmissione solare e riflessione solare, trasmissione e riflessione del visibile, trasmissione e riflessione dei raggi UV e infine l'emissività termica normale. Esse descrivono la capacità del materiale di lasciar passare le radiazioni o di rifletterle, nelle sue suddivisioni di lunghezza d'onda (solare, visibile, UV, totale).

| Descrizione  | Coefficiente di trasmissione solare | Coefficiente di riflessione solare | Coefficiente di trasmissione del visibile | Coefficiente di riflessione del visibile | Coefficiente di trasmissione UV | Coefficiente di riflessione UV | Emissività termica normale $\epsilon(T)$ per $T = 300\text{ K}$ |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Vetro float standard 3 mm  | 0,87                                | 0,08                               | 0,90                                      | 0,08                                     | 0,66                            | 0,08                           | 0,90  |
| <b>Lastre di plastica</b>  |                                     |                                    |   |  |                                 |                                |   |
| Lastra di PC 8 mm  | 0,76                                | 0,09                               | 0,86                                      | 0,10                                     | 0,00                            | 0,06                           | 0,94  |
| Lastra alveolare di PC a 6 pareti 16 mm                                    | 0,53                                | 0,35                               | 0,58                                      | 0,39                                     | 0,00                            | 0,17                           | 0,94  |
| Lastra compatta di PMMA 8 mm   | 0,80                                | 0,07                               | 0,92                                      | 0,08                                     | 0,01                            | 0,04                           | 0,96  |
| Tamponamento con lastra alveolare di PMMA a 2 pareti 16 mm                 | 0,51                                | 0,10                               | 0,56                                      | 0,11                                     | 0,00                            | 0,04                           | 0,96  |
| Lastra di GFRP compatta non trattata                                       | 0,36                                | 0,14                               | 0,37                                      | 0,18                                     | 0,00                            | 0,06                           | 0,95  |
| <b>Tessuti</b>   |                                     |                                    |   |  |                                 |                                |   |
| Poliestere-PVC   | 0,09                                | 0,78                               | 0,07                                      | 0,88                                     | 0,00                            | 0,10                           | 0,95  |
| Poliestere-THV   | 0,25                                | 0,58                               | 0,25                                      | 0,66                                     | 0,03                            | 0,17                           | 0,97  |
| Vetro-silicone   | 0,20                                | 0,66                               | 0,22                                      | 0,72                                     | 0,01                            | 0,15                           | 0,95  |
| PVDF-tessuto   | 0,80                                | 0,14                               | 0,80                                      | 0,15                                     | 0,78                            | 0,17                           | 0,81  |
| PTFE o vetro-PF tipo II (sbiancato)  | 0,15                                | 0,78                               | 0,15                                      | 0,82                                     | 0,03                            | 0,63                           | 0,95  |
| PTFE-tessuto in fibra di vetro laminato (sbiancato)                        | 0,47                                | 0,40                               | 0,47                                      | 0,45                                     | 0,30                            | 0,42                           | 0,89  |
| PTFE-tessuto   | 0,41                                | 0,51                               | 0,38                                      | 0,59                                     | 0,12                            | 0,09                           | 0,95  |
| <b>Pellicole</b>   |                                     |                                    |   |  |                                 |                                |   |
| ETFE 200 $\mu\text{m}$ con stampa argentata circa 65%                      | 0,57                                | 0,30                               | 0,57                                      | 0,30                                     | 0,52                            | 0,34                           | 0,61  |
| ETFE trasparente 200 $\mu\text{m}$   | 0,93                                | 0,06                               | 0,92                                      | 0,07                                     | 0,86                            | 0,12                           | 0,83  |
| ETFE bianco 250 $\mu\text{m}$  | 0,44                                | 0,48                               | 0,37                                      | 0,62                                     | 0,01                            | 0,07                           | 0,90  |
| Pellicola di PE con stabilizzazione standard ai raggi UV 200 $\mu\text{m}$ | 0,88                                | 0,09                               | 0,88                                      | 0,10                                     | 0,82                            | 0,11                           | 0,60  |

Tutti i valori  $\pm 0,02$

0631

Se le prime quattro classi di caratteristiche fisico-tecniche si riferiscono esclusivamente al comfort degli ambienti creati dall'uso di pellicole e membrane, le ultime quattro si riferiscono all'integrità del materiale stesso (e poi quindi di conseguenza degli spazi che esso crea col suo uso in architettura).

Si ipotizza quindi che la successiva parte di progettazione dovrà tenere conto di entrambi gli aspetti, in modo da unire le prestazioni strutturali del manufatto a quelle ambientali, importanti per il comfort degli abitanti di tali manufatti.

*Questa terza e ultima parte contiene tutto il mio lavoro di progetto, il quale è stato sviluppato in conseguenza a ciò che è stato studiato nelle due parti precedenti, l'emergenza e le tecnologie pressostatica e depressostatica.*

*Da queste premesse, ho progettato con l'obiettivo di ottenere un manufatto ad alte prestazioni ambientali e di comfort per l'utente, ma al contempo con basse difficoltà di movimentazione, messa in opera e gestione; ho cioè cercato di massimizzare le prestazioni del manufatto mentre minimizzavo le difficoltà che un'unità di primo ricovero di solito presenta in situazioni d'emergenza.*

*La progettazione ha comportato una verifica sulle prestazioni delle tecnologie e dei materiali precedentemente studiati, in relazione ai requisiti individuati nella parte riguardante l'emergenza. Questo ha portato ad uno studio in più fasi, approfondendo diverse opzioni materiche, fino a quando non si è raggiunto un risultato ritenuto soddisfacente sia dal punto di vista delle prestazioni del materiale che per le caratteristiche formali conseguenti al suo uso.*

*Questa evoluzione nella scelta dei materiali ha portato a diverse ipotesi formali, di cui si dà un breve cenno, per poi arrivare alla forma definitiva di progetto. La forma definitiva è quindi il risultato degli approfondimenti sui materiali, in quanto i due aspetti sono intrinsecamente collegati e entrambi di grande importanza in riguardo ad un manufatto di rifugio, nella sua risposta ai requisiti di una situazione d'emergenza. La forma definitiva è stata brevemente studiata anche strutturalmente, in quanto l'uso di una tecnologia poco usata ha reso necessario una sua verifica.*

*Nell'ultimo capitolo si ha la presentazione del progetto definitivo, nelle sue caratteristiche formali generali e di dettaglio.*

Dopo aver approfondito i temi della gestione dell'emergenza, dei manufatti, dell'architettura pressostatica e quella depressostatica, mi sono basata sulle nuove conoscenze acquisite per progettare un oggetto architettonico che rispondesse all'istanza iniziale del mio percorso di tesi, cioè una piccola struttura temporanea per l'emergenza con un riguardo per la tematica ambientale.

Nei capitoli successivi, presenterò i miei studi sulla forma, sulla scelta dei materiali in relazione alle tecnologie studiate precedentemente, per poi arrivare ad una soluzione progettuale finale che risponda ai requisiti analizzati. Seppure suddivisa in capitoli per ragioni di comprensibilità, la fase progettuale di questa tesi è stata un ricorrersi di studi, progettazione, verifiche e modifiche; come sempre è la progettazione architettonica, cioè non un percorso lineare causa-effetto ma uno studio in cui la progettazione stessa è strumento di analisi e modifica fino al raggiungimento di un progetto finale soddisfacente.

Il mio lavoro, per la parte riguardante l'architettura depressostatica strutturale, si basa su varie ricerche e non su una conoscenza ampia consolidata dall'uso pratico in architettura di questa tecnologia. Ma proprio poiché questa tesi è l'atto finale di un percorso di studio sullo "stato dell'arte" dell'architettura, ho deciso di fare questa scelta del tema di tesi come passo iniziale di un percorso lavorativo proattivo, con la speranza di trovare in futuro altre occasioni di studio e non solo di mera applicazione di modelli e consuetudini.

I materiali di progetto sono stati studiati analogamente a come sono stati analizzati per i casi studio, cioè attraverso la loro funzione e le loro caratteristiche tecniche, con l'obiettivo di minimizzare gli aspetti negativi e massimizzare gli aspetti positivi evidenziati durante lo studio dei manufatti per l'emergenza e delle tecnologie costruttive pressostatica e depressostatica.

Caratteristiche dei materiali che definiscono i **requisiti dei materiali per i manufatti per l'emergenza**:

#### IMMAGAZZINAMENTO

#### TRASPORTABILITA'

Leggerezza  
Volume ridotto  
Resistenza al degrado del tempo  
Resistenza allo schiacciamento

#### MANUTENZIONE

#### DURABILITA'

Facile pulizia  
Riparabilità  
Resistenza ai fenomeni atmosferici  
Resistenza al fuoco  
Resistenza ai raggi UV  
Resistenza ad agenti chimici  
Resistenza all'attacco di animali e insetti  
Resistenza al taglio  
Resistenza all'usura  
Resistenza alla marcescenza  
Resistenza agli sbalzi termici e agli estremi di temperatura

#### COMFORT

#### ADATTABILITA' CLIMATICA

Isolamento acustico  
Isolamento termico  
Sfasamento termico  
Trasparenza/opacità  
Impermeabilità  
Traspirabilità  
Tossicità

I materiali sono distinguibili secondo la loro **funzione**: strutturale, di chiusura, di isolamento

Da notare come nelle tecnologie costruttive scelte per il progetto, cioè pressostatica e depressostatica, queste categorie possano sovrapporsi.

Nello specifico della tecnologia depressostatica strutturale, le funzioni strutturale e di isolamento ricadono entrambe sui materiali di riempimento, mentre le funzioni di chiusura e strutturali sui materiali degli elementi di chiusura dell'elemento.

Nella tecnologia pressostatica per strutture air-inflated, sono invece le funzioni di chiusura e isolamento che ricadono entrambe solo sull'elemento di chiusura, mentre la funzione strutturale è esclusivamente degli elementi pressostatici. Mentre nel caso di strutture pressostatiche air-supported, tutte e tre le funzioni vengono soddisfatte da un unico elemento pneumatico.

L'obiettivo della scelta di queste tecnologie, soprattutto quella depressostatica strutturale, in relazione ai materiali è di minimizzare il numero degli elementi attraverso la multifunzionalità, in contemporanea ad un comportamento ad alte prestazioni.

Ciò significa che i materiali verranno scelti anche secondo le loro **caratteristiche contemporanee strutturali, di chiusura e di isolamento** (oltre a quelle tipiche del manufatto per l'emergenza sopra elencate).

Per quanto riguarda il metodo di **calcolo delle prestazioni**, anche nella progettazione sono state usate le metodologie precedentemente spiegate nel capitolo 3.4 (*I materiali dei manufatti per l'emergenza*) per il calcolo dell' **energia incorporata**, per quanto riguarda il requisito della sostenibilità ambientale, e per il calcolo della **trasmissione termica**, per quanto riguarda il requisito del comfort.

I **valori minimi di riferimento per la performance termica di progetto** sono di resistenza pari a  $R=1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$  e trasmittanza pari a  $U=0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ipotizzando un riscaldamento interno continuo pari a 1000W.

### 5.1.1 I MATERIALI DI RIEMPIMENTO GRANULARI

Dagli studi strutturali di Frank Huijben, risulta evidente come dalla granulometria e spessore del riempimento dipende la finezza della manipolazione della struttura, cioè la possibilità di formatura di forme diverse. Un riempimento granulare (e possibilmente ruvido) è preferenziale anche dal punto di vista strutturale in quanto le forze fra le superfici i singoli elementi derivanti dalla depressurizzazione sono il sistema portante della struttura. Una maggiore superficie risulta quindi in un migliore comportamento strutturale. Ho quindi studiato i materiali di riempimento granulari, ruvidi, a forma composta o fibrosa non ordinata, proprio per cercare il miglior comportamento strutturale.

Fra i materiali granulari ho studiato:

- EPS granulare
- Sughero granulare
- Perlite espansa
- Vermiculite
- Argilla espansa
- Sabbia

Per i materiali a forma composta ho mantenuto il materiale EPS per ragioni di semplificazione dei calcoli, ma ne ipotizzo un'applicazione con diverse geometrie (dal punto di vista del comportamento materico, vengono quindi studiati come EPS granulare):

- Chips
- Chips a E
- "Espanspac" a stella

Per quanto riguarda i materiali fibrosi, ho studiato:

- Paglia



62 Progetto: tipi di riempimento granulari studiati

Tenendo conto degli studi esistenti, sia strutturali che formali, ho definito uno spessore di riempimento di 3 cm e ho studiato le caratteristiche della stratigrafia per ogni tipo di riempimento.

Le **caratteristiche analizzate** per 1 m<sup>2</sup> di chiusura sono state:

- Peso  $kg/m^2$
- Resistenza  $m^2K/W$
- Conduttanza  $W/m^2K$
- Sfasamento termico *ore*
- Potere fonoisolante *dB*
- Embodied energy  $MJ/m^2$
- Embodied carbon  $kgCO_2e/m^2$
- Costo  $€/m^2$

Sull'esempio del lavoro di Yeganeh (vedi bibliografia "Vacuum Thermal Insulation with Inflatable Load-Carrying Structure"), ho scelto di analizzare il comportamento termico calcolando la **conduttanza** e non la trasmittanza. Questo perché non sto progettando in uno scenario geografico definito, quindi senza caratteristiche climatiche dell'aria definite, e perché sto analizzando una struttura sottovuoto, cioè con un comportamento del flusso termico che si basa solo sulla conduzione dei materiali.

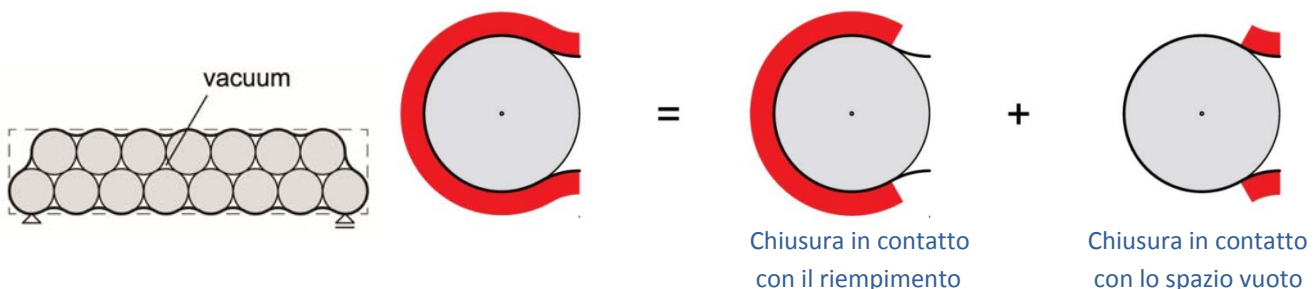
Così impostato, questo calcolo risulta comunque semplificato per due ragioni.

La prima riguarda il mancato calcolo della conduzione nella sezione reale della stratigrafia, in quanto la depressurizzazione della struttura comporta la creazione di spazi vuoti fra gli elementi particellari e all'interno degli elementi stessi (se a celle aperte); questo comporta uno studio geometrico e termico ottenibile solo con uno studio agli elementi finiti (FEM), che risulta troppo complesso in questa sede.

La seconda è una semplificazione geometrica delle superfici, in quanto le due membrane di chiusura quando sottoposte a depressurizzazione aderiscono alla geometria del riempimento, creando un profilo ruvido e in contatto in parte col materiale e in parte con il vuoto fra gli elementi granulari del materiale stesso. In quanto gli elementi di riempimento sono di piccola dimensione, di piccola dimensione sarà questa variazione nella geometria della superficie. Ho quindi semplificato il calcolo ipotizzando una superficie perfettamente liscia e sempre in contatto col materiale di riempimento.

Nelle immagini seguenti, si può vedere dai disegni di Frank Huijben lo spazio vuoto fra gli elementi di riempimento (in rosso) e successivamente la geometria della superficie della membrana di chiusura sul riempimento.

| angle A-B<br>Φ [°]       | perimeter<br>[mm] | total area<br>[mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>area [mm <sup>2</sup> ] | fill rate<br>[%] | angle A-B<br>Φ [°] | perimeter<br>[mm] | total area<br>[mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>area [mm <sup>2</sup> ] | fill rate<br>[%] | total centre<br>area [mm <sup>2</sup> ] | filled / vacant<br>centre area<br>[mm <sup>2</sup> ] | packing<br>density [%] | sum centre<br>distances [-] |
|--------------------------|-------------------|----------------------------------|--|------------------|--------------------|-------------------|----------------------------------|--|------------------|---|--|------------------------|-----------------------------|
| <b>R sk. = inf. [mm]</b> |                   |                                  |  |                  |                    |                   |                                  |  |                  |   |  |                        |                             |
| 0                        | 814.2             | 45844.4                          | 39269.9<br>/ 6574.5                        | 85.7             | 0                  | 1099.6            | 40479.3                          | 39269.9<br>/ 1209.4                        | 97.0             | 12990.4                                 | 11781.0<br>/ 1209.4                                  | 90.7                   | 2492.8                      |
| 36                       | 814.2             | 50058.8                          | 39269.9<br>/ 10788.9                       | 78.4             | 36                 | 1099.6            | 44693.7                          | 39269.9<br>/ 5423.8                        | 87.9             | 17204.8                                 | 11781.0<br>/ 5423.8                                  | 68.5                   | 2620.0                      |
| 60                       | 814.2             | 47184.1                          | 39269.9<br>/ 7914.2                        | 83.2             | 60                 | 1099.6            | 41819.1                          | 39269.9<br>/ 2549.2                        | 93.9             | 14330.1                                 | 11781.0<br>/ 2549.2                                  | 82.2                   | 2537.7                      |
| <b>R sk. = 0 [mm]</b>    |                   |                                  |  |                  |                    |                   |                                  |  |                  |   |  |                        |                             |



63 Geometria degli spazi vuoti e della membrana di chiusura in una struttura depressurizzata (Fonte: Frank Huijben)

Nelle tabelle seguenti sono stati studiati i singoli elementi delle diverse opzioni progettuali e le loro prestazioni come pacchetto. Ogni stratigrafia è così composta:

1. Membrana esterna di protezione in PVC
2. Membrana interna per sottovuoto in PE
3. Riempimento scelto, a spessore fisso di 3 cm
4. Membrana interna per sottovuoto in PE
5. Membrana esterna di protezione in PVC

**Tabella 16** Studio qualitativo delle stratigrafie per diversi tipi di riempimento granulare

**EPS GRANULARE  
Plastifoam**

|                               | spessore        | peso unitario                      | resistenza R                          | conducibilità $\lambda$          | sfasamento termico | potere fonoisolante $R_w$ | EE embodied energy          | EC embodied carbon          | costo                  |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>        | <i>kg/m<sup>3</sup></i>            | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>               | <i>W/mK</i>                      | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                 | <i>MJ/kg</i>                | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> | <i>€/m<sup>3</sup></i> |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                            |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                            |                    |                           | 90,00                       | 3,31                        |                        |
| EPS espanso granulare         | 0,03            | 10                                 | 0,857                                 | 0,035                            |                    |                           | 90,00                       | 3,31                        | 39,20                  |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                            |                    |                           | 90,00                       | 3,31                        |                        |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                            |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
|                               | <b>0,04</b>     | <b>6,14</b>                        | <b>0,89</b>                           | <b>1,13</b>                      | <b>0h 21'</b>      | <b>12,66</b>              | <b>477,89</b>               | <b>19,10</b>                | <b>1,18</b>            |
|                               | spessore totale | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S=1 m <sup>2</sup> | W/m <sup>2</sup> K conduttanza C | sfasamento termico | db                        | EE tot per 1 m <sup>2</sup> | EC tot per 1 m <sup>2</sup> | € per 1 m <sup>2</sup> |

**SUGHERO GRANULARE**

|                               | spessore        | peso unitario                      | resistenza R                          | conducibilità $\lambda$            | sfasamento termico | potere fonoisolante $R_w$ | EE embodied energy          | EC embodied carbon          | costo                  |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>        | <i>kg/m<sup>3</sup></i>            | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>               | <i>W/mK</i>                        | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                 | <i>MJ/kg</i>                | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> | <i>€/m<sup>3</sup></i> |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                              |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                              |                    |                           | 80,5                        | 3,31                        |                        |
| sughero granulare 4/8 mm      | 0,03            | 90                                 | 0,627                                 | 0,041                              |                    |                           | 80,5                        | 3,31                        | 156,35                 |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                              |                    |                           | 80,5                        | 3,31                        |                        |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                              |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
|                               | <b>0,04</b>     | <b>8,54</b>                        | <b>0,66</b>                           | <b>1,52</b>                        | <b>0h 21'</b>      | <b>7,77</b>               | <b>668,24</b>               | <b>27,04</b>                | <b>4,69</b>            |
|                               | spessore totale | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S=1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico | db                        | EE tot per 1 m <sup>2</sup> | EC tot per 1 m <sup>2</sup> | € per 1 m <sup>2</sup> |

**PERLITE ESPANSA  
Peralit 25**

|                               | spessore        | peso unitario                      | resistenza R                          | conducibilità $\lambda$            | sfasamento termico | potere fonoisolante $R_w$ | EE embodied energy          | EC embodied carbon          | costo                  |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>        | <i>kg/m<sup>3</sup></i>            | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>               | <i>W/mK</i>                        | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                 | <i>MJ/kg</i>                | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> | <i>€/m<sup>3</sup></i> |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                              |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                              |                    |                           | 80,5                        | 3,31                        |                        |
| perlite espansa               | 0,03            | 100                                | 0,625                                 | 0,048                              |                    |                           | 10                          | 0,52                        | 119,54                 |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005          | 0,48                               | 0,001                                 | 0,380                              |                    |                           | 80,5                        | 3,31                        |                        |
| membrana PVC                  | 0,002           | 1460                               | 0,014                                 | 0,140                              |                    |                           | 77,20                       | 3,10                        |                        |
|                               | <b>0,04</b>     | <b>8,84</b>                        | <b>0,66</b>                           | <b>1,52</b>                        | <b>0h 25'</b>      | <b>7,25</b>               | <b>480,89</b>               | <b>19,67</b>                | <b>3,59</b>            |
|                               | spessore totale | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S=1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico | db                        | EE tot per 1 m <sup>2</sup> | EC tot per 1 m <sup>2</sup> | € per 1 m <sup>2</sup> |

## VERMICULITE

|                                   | spessore                                 | peso unitario                                | resistenza<br>R                         | conducibilità<br>$\lambda$             | sfasamento<br>termico | potere<br>fonoisolante<br>Rw        | EE<br>embodied<br>energy           | EC<br>embodied<br>carbon  | costo       |
|-----------------------------------|--|--|---|--|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>       | <i>m</i>                                 | <i>kg/m3</i>                                 | <i>m2K/W</i>                            | <i>W/mK</i>                            | <i>ore</i>            | <i>dB</i>                           | <i>MJ/kg</i>                       | <i>kgCO2e/kg</i>          | <i>€/m3</i> |
| membrana PVC                      | 0,002                                    | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                   | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| vermiculite espansa               | 0,03                                     | 128  | 0,435                                   | 0,069                                  |                       |                                     | 7,2                                | 0,52                      | 204,97      |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                   | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| membrana PVC                      | 0,002                                    | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| <b>0,04</b><br>spessore<br>totale | <b>9,68</b><br>Peso totale<br>per S=1 m2 | <b>0,47</b><br>Resistenza tot<br>per S= 1 m2 | <b>2,15</b><br>conduttanza<br>C (W/m2K) | <b>0h 24'</b><br>sfasamento<br>termico | <b>6,26</b><br>db     | <b>478,53</b><br>EE tot per<br>1 m2 | <b>20,10</b><br>EC tot per<br>1 m2 | <b>6,15</b><br>€ per 1 m2 |             |

## PAGLIA

|                                   | spessore                                  | peso unitario                                | resistenza<br>R                         | conducibilità<br>$\lambda$             | sfasamento<br>termico | potere<br>fonoisolante<br>Rw        | EE<br>embodied<br>energy           | EC<br>embodied<br>carbon  | costo       |
|-----------------------------------|---|--|---|--|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>       | <i>m</i>                                  | <i>kg/m3</i>                                 | <i>m2K/W</i>                            | <i>W/mK</i>                            | <i>ore</i>            | <i>dB</i>                           | <i>MJ/kg</i>                       | <i>kgCO2e/kg</i>          | <i>€/m3</i> |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| paglia                            | 0,03                                      | 240  | 0,429                                   | 0,070                                  |                       |                                     | 0,24                               | 0,01                      |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| <b>0,04</b><br>spessore<br>totale | <b>13,04</b><br>Peso totale<br>per S=1 m2 | <b>0,46</b><br>Resistenza tot<br>per S= 1 m2 | <b>2,17</b><br>conduttanza<br>C (W/m2K) | <b>0h 38'</b><br>sfasamento<br>termico | <b>1,31</b><br>db     | <b>452,61</b><br>EE tot per<br>1 m2 | <b>18,18</b><br>EC tot per<br>1 m2 | <b>0,00</b><br>€ per 1 m2 |             |

## ARGILLA ESPANSA Liapor

|                                   | spessore                                  | peso unitario                                | resistenza<br>R                         | conducibilità<br>$\lambda$             | sfasamento<br>termico | potere<br>fonoisolante<br>Rw         | EE<br>embodied<br>energy           | EC<br>embodied<br>carbon  | costo       |
|-----------------------------------|---|--|---|--|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>       | <i>m</i>                                  | <i>kg/m3</i>                                 | <i>m2K/W</i>                            | <i>W/mK</i>                            | <i>ore</i>            | <i>dB</i>                            | <i>MJ/kg</i>                       | <i>kgCO2e/kg</i>          | <i>€/m3</i> |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                      | 77,20                              | 3,10                      |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                      | 80,5                               | 3,31                      |             |
| argilla espansa 8/16 mm           | 0,03                                      | 610  | 0,337                                   | 0,089                                  |                       |                                      | 45                                 | 1,86                      | 63,31       |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                  |                       |                                      | 80,5                               | 3,31                      |             |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                  |                       |                                      | 77,20                              | 3,10                      |             |
| <b>0,04</b><br>spessore<br>totale | <b>24,14</b><br>Peso totale<br>per S=1 m2 | <b>0,37</b><br>Resistenza tot<br>per S= 1 m2 | <b>2,72</b><br>conduttanza<br>C (W/m2K) | <b>0h 42'</b><br>sfasamento<br>termico | <b>4,83</b><br>db     | <b>1274,39</b><br>EE tot per<br>1 m2 | <b>52,14</b><br>EC tot per<br>1 m2 | <b>1,90</b><br>€ per 1 m2 |             |

## SABBIA ASCIUTTA

|                                   | spessore                                  | peso unitario                                | resistenza<br>R                         | conducibilità<br>$\lambda$            | sfasamento<br>termico | potere<br>fonoisolante<br>Rw        | EE<br>embodied<br>energy           | EC<br>embodied<br>carbon  | costo       |
|-----------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>       | <i>m</i>                                  | <i>kg/m3</i>                                 | <i>m2K/W</i>                            | <i>W/mK</i>                           | <i>ore</i>            | <i>dB</i>                           | <i>MJ/kg</i>                       | <i>kgCO2e/kg</i>          | <i>€/m3</i> |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                 |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                 |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| sabbia asciutta                   | 0,03                                      | 1500   | 0,100                                   | 0,300                                 |                       |                                     | 0,081                              | 0,0051                    |             |
| pellicola in polietilene (PE)     | 0,0005                                    | 0,48   | 0,001                                   | 0,380                                 |                       |                                     | 80,5                               | 3,31                      |             |
| membrana PVC                      | 0,002                                     | 1460   | 0,014                                   | 0,140                                 |                       |                                     | 77,20                              | 3,10                      |             |
| <b>0,04</b><br>spessore<br>totale | <b>50,84</b><br>Peso totale<br>per S=1 m2 | <b>0,13</b><br>Resistenza tot<br>per S= 1 m2 | <b>7,62</b><br>conduttanza<br>C (W/m2K) | <b>1h 7'</b><br>sfasamento<br>termico | <b>20,21</b><br>db    | <b>454,53</b><br>EE tot per<br>1 m2 | <b>18,34</b><br>EC tot per<br>1 m2 | <b>0,00</b><br>€ per 1 m2 |             |



Dopo aver analizzato le diverse opzioni di riempimento secondo le singole caratteristiche precedentemente spiegate, ho ristretto il numero delle caratteristiche da comparare in riguardo alle quelle studiate nei manufatti per l'emergenza, fondamentali per rispondere alle necessità di un tale scenario; esse mi hanno portato a scegliere tre tipi di caratteristiche da associare a tali requisiti per fare una **comparazione fra le diverse opzioni progettuali** per i materiali di riempimento e poi una **comparazione fra le opzioni progettuali e i casi studio** di manufatti esistenti.

Esse sono: la prestazione della **conduttanza** come elemento qualitativo riferito al comfort ambientale interno, all'adattabilità climatica e alla gestione dell'energia, la prestazione del **peso** per valutare le condizioni di immagazzinamento, trasportabilità e approntabilità, il valore dell' **energia inglobata** nei materiali per quanto riguarda la sostenibilità ambientale.

Inoltre, ho fatto una semplice valutazione del **costo** del materiale di riempimento per capire l'incidenza economica del riempimento nelle diverse soluzioni.

Nella **comparazione fra le diverse opzioni progettuali**, come si può vedere dalla tabella seguente che riassume le prestazioni delle tre caratteristiche scelte per il confronto, sono due i materiali che risultano essere più performanti: **l'EPS granulare** e la **perlite espansa**. Nelle tabelle precedenti si può vedere come altri materiali risultino più performanti nelle singole caratteristiche, ma nessuno altro riesce a mediare la qualità di tutte le prestazioni e quindi essere adatto a questo tipo di progetto da un punto di vista globale. Nella tabella seguente sono stati sintetizzati i risultati dello studio della stratigrafia nelle sue diverse opzioni di riempimento.

**Tabella 17** Classifica qualitativa delle caratteristiche delle diverse stratigrafie secondo i materiali di riempimento granulari

|   | CONDUTTANZA<br>C<br>(W/m <sup>2</sup> K) |      | PESO<br>P<br>(Kg/m <sup>2</sup> ) |       | EMBODIED ENERGY<br>EE<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |         | COSTO RIEMPIMENTO<br>€/m <sup>2</sup> |      |
|---|--|------|-----------------------------------|-------|---|---------|---------------------------------------|------|
| 1 | EPS granulare                            | 1,13 | EPS granulare                     | 6,14  | Paglia  | 452,61  | EPS granulare                         | 1,18 |
| 2 | Sughero granulare                        | 1,52 | Sughero granulare                 | 8,54  | Sabbia asciutta                               | 454,53  | Argilla espansa                       | 1,90 |
| 3 | Perlite espansa                          | 1,52 | Perlite espansa                   | 8,84  | EPS granulare                                 | 477,89  | Perlite espansa                       | 3,59 |
| 4 | Vermiculite                              | 2,15 | Vermiculite                       | 9,68  | Vermiculite                                   | 478,53  | Sughero granulare                     | 4,69 |
| 5 | Paglia                                   | 2,17 | Paglia                            | 13,04 | Perlite espansa                               | 480,89  | Vermiculite                           | 6,15 |
| 6 | Argilla espansa                          | 2,72 | Argilla espansa                   | 24,14 | Sughero granulare                             | 668,24  |                                       |      |
| 7 | Sabbia asciutta                          | 7,62 | Sabbia asciutta                   | 50,84 | Argilla espansa                               | 1274,39 |                                       |      |

**Comparando le opzioni progettuali e i casi studio** di manufatti per l'emergenza, vengono presi in esame i valori relativi agli elementi di chiusura, l'isolamento interno e gli elementi strutturali delle due tende della Protezione Civile, in quanto la tecnologia depressostatica strutturale mira idealmente a comprenderli tutti e tre. Per riuscire a fare una comparazione con questo studio sui materiali, vengono presi i valori riferiti ad 1 m<sup>2</sup> di superficie della chiusura. I risultati sono sintetizzati nella tabella seguente.

**Tabella 18** Classifica qualitativa delle caratteristiche delle opzioni progettuali con materiali granulari rispetto a quelle dei casi studio per l'emergenza

|   | TRASMITTANZA<br>(W/m <sup>2</sup> K) |      | PESO<br>(Kg/m <sup>2</sup> ) |       | EMBODIED ENERGY<br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |         |
|---|--------------------------------------|------|------------------------------|-------|---|---------|
| 1 | Caso ideale                          | 0,80 | Tenda Montana                | 1,89  | Tenda pneumatica                        | 58,8    |
| 2 | EPS granulare                        | 1,13 | Tenda pneumatica             | 2,81  | Paglia                                  | 452,61  |
| 3 | Camera isotermitica                  | 1,26 | EPS granulare                | 6,14  | Sabbia asciutta                         | 454,53  |
| 4 | Sughero granulare                    | 1,52 | Sughero granulare            | 8,54  |   |         |
| 5 | Perlite espansa                      | 1,52 | Perlite espansa              | 8,84  | EPS granulare                           | 477,89  |
| 6 | Vermiculite                          | 2,15 | Vermiculite                  | 9,68  | Vermiculite                             | 478,53  |
| 7 | Paglia                               | 2,17 | Paglia                       | 13,04 | Perlite espansa                         | 480,89  |
| 8 | Argilla espansa                      | 2,72 | Argilla espansa              | 24,14 | Sughero granulare                       | 668,24  |
| 9 | Sabbia asciutta                      | 7,62 | Sabbia asciutta              | 50,84 | Argilla espansa                         | 1274,39 |

Da questo studio, sono stati evidenziati **tre problemi nella progettazione dovuti al materiale di riempimento**.

Il primo riguarda il **peso**; nonostante la migliore prestazione sia di 6,14 kg/m<sup>2</sup>, tenendo conto dell'estensione ipotizzata di questo tipo di manufatto durante lo studio della forma (circa 50 m<sup>2</sup>), esso è comunque troppo grande rispetto alla tradizionali tende per l'emergenza (di 77,5 e 91,9 kg totali per le tende estiva ed invernale delle Nazioni Unite), supponendo un peso totale di 307 kg per la stratigrafia con EPS granulare. Questo risulta in diretto contrasto con i requisiti di trasportabilità e approntabilità.

Il secondo problema riguarda la **conduttanza**. Avendo scelto uno spessore di riempimento pari a solo 3 cm (per le motivazioni prima spiegate), il miglior risultato di conduttanza è con l'uso dell'EPS per un valore pari a C=1,13 W/m<sup>2</sup>K. Questa performance è miglioramento rispetto ai classici manufatti per l'emergenza (camera isoterma Montana U=1,26 W/m<sup>2</sup>K), ma è comunque insoddisfacente dal punto di vista del comfort interno del manufatto (per cui il riferimento prestazionale è trasmittanza U= 0,80 W/m<sup>2</sup>K). Soprattutto alla luce del peso necessario per raggiungere questo risultato mediocre, non è giustificato l'uso di questo tipo di metodo costruttivo con questi tipi di riempimento.

Il terzo problema è lo **sfasamento termico**. È stata fatta una simulazione con il software Isolex sulla città di Milano, per una giornata estiva con parete verticale di colore chiaro rivolta a sud, sempre mantenendo la stratigrafia sopra studiata con uno spessore del materiale di riempimento di 3 cm. Tutti i materiali studiati hanno uno sfasamento che va dai 20 minuti a poco più di un'ora. Questo porta ad un surriscaldamento interno notevole durante il giorno per poi avere una notevole velocità di dissipazione del calore di notte. Se questo può essere un vantaggio per il comfort notturno nei climi caldi, è un grosso disagio durante il giorno e per il mantenimento del calore interno nei climi freddi. Nuovamente, non ci sono vantaggi rispetto alla classiche tende in attuale uso.

|                   |                         |                 |                          |
|-------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|
| SUGHERO granulare | sfasamento termico: 21' | PERLITE espansa | sfasamento termico: 25'  |
| VERMICULITE       | sfasamento termico: 24' | PAGLIA          | sfasamento termico: 38'  |
| ARGILLA espansa   | sfasamento termico: 42' | SABBIA          | sfasamento termico 1H 7' |

Alla luce di questi problemi, un discorso a parte si può fare per la paglia e la sabbia, considerandoli non come elementi prefabbricati nell'insieme della struttura, ma come **materiali reperibili in loco**.

Questo elimina la caratteristica dell'immediatezza del rifugio, in quanto sarebbe necessario del tempo per reperire i materiali, riempire e approntare il manufatto. Nonostante ciò, la scelta di usare materiali reperibili in loco porta alcuni vantaggi:

- Facilità di immagazzinamento per peso e volume ridotti
- Facilità di trasportabilità per peso e volume ridotti
- Diminuzione dell'energia inglobata del materiale di riempimento per quanto riguarda il trasporto
- Uso di materiali e manodopera locali
- Usi di materiali possibilmente gratuiti o a poco prezzo se reperiti da fonti locali adeguate
- Localizzazione dell'aspetto del manufatto finito

La bassa qualità delle prestazioni di peso, conduttanza e sfasamento termico può essere accettata per gli aspetti sopra citati in un clima adeguato, in caso di necessità di risparmio economico e per un uso non prolungato nel tempo. Le performance ambientali possono però essere migliorate aumentando lo spessore del materiale di riempimento, in quanto l'approntabilità in loco limita il requisito di trasportabilità.

Ad esempio, aumentando lo spessore del riempimento a 10 cm, si hanno i seguenti risultati:

- Paglia      Peso: 29,84 kg/m<sup>2</sup>      Conduttanza: 0,69 W/m<sup>2</sup>K      Sfasamento termico: 1h 24'      Rw: 11,69 dB
- Sabbia      Peso: 155,84 kg/m<sup>2</sup>      Conduttanza: 2,74 W/m<sup>2</sup>K      Sfasamento termico: 2h 54'      Rw: 38,30 dB

Si noti come entrambe le opzioni migliorino grandemente le prestazioni di sfasamento termico e isolamento acustico, ma solo la paglia riesce a raggiungere una trasmittanza minore di quella di riferimento, pari a 0,80 W/m<sup>2</sup>K.

Un'ulteriore analisi può essere fatta **accoppiando materiali di riempimento diversi**, in modo che diversi materiali soddisfino esigenze diverse, sopperendo l'uno alle carenze dell'altro.

## 5.1.2 I MATERIALI DI RIEMPIMENTO A PANNELLI

Di conseguenza ai risultati poco interessanti dello studio dei materiali di riempimento granulari e dello studio della forma per la loro applicazione (chiamati “piano 3D a riempimento granulare autoportante trasformabile” e “tubo a riempimento granulare autoportante trasformabile” nel precedente capitolo 5.2 *Studio della forma*), sono passata allo studio dei materiali di riempimento sotto forma di pannello, in parallelo ad un nuovo studio della forma.

Per ragioni strutturali imposte dalla tecnologia del sottovuoto strutturale, ho studiato solo pannelli composti da materiali rigidi, i quali sono:

- Pannello accoppiato in EPS e foglio di alluminio
- Pannello in vetro cellulare
- Pannello in schiuma polimerica polyiso
- Pannello in lana di roccia
- Pannello in lana di legno

Gli spessori dei materiali variano, in quanto i pannelli si trovano in commercio in spessori predefiniti; ho comunque tenuto lo spessore il più possibile simile a quello dei riempimenti granulari (cioè tra i 4 e i 5,5 cm, invece di 3 cm), per poter confrontare i risultati.

Le **caratteristiche analizzate** per 1 m<sup>2</sup> di chiusura sono state:

- Peso *kg/m<sup>2</sup>*
- Resistenza *m<sup>2</sup>K/W*
- Conduttanza *W/m<sup>2</sup>K*
- Sfasamento termico *ore*
- Potere fonoisolante *dB*
- Embodied energy *MJ/ m<sup>2</sup>*
- Embodied carbon *kgCO<sub>2</sub>e/ m<sup>2</sup>*

Nelle tabelle seguenti sono stati studiati i singoli elementi delle diverse opzioni progettuali e le loro prestazioni come pacchetto. Ogni stratigrafia è così composta:

1. Membrana esterna di protezione in PVC
2. Membrana interna per sottovuoto in PE
3. Pannello isolante
4. Membrana interna per sottovuoto in PE
5. Membrana esterna di protezione in PVC

**Tabella 19** Studio qualitativo delle stratigrafie per diversi tipi di isolamento a pannello

| <b>FONOSTOPThermoAlu<br/>Index spa</b> | spessore                       | peso unitario             | resistenza<br>R               | conducibilità<br>λ       | sfasamento<br>termico | potere<br>fonoisolante<br>Rw | EE<br>embodied<br>energy | EC<br>embodied<br>carbon |
|--|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>            | <i>m</i>                       | <i>kg/m3</i>              | <i>m2K/W</i>                  | <i>W/mK</i>              | <i>ore</i>            | <i>dB</i>                    | <i>MJ/kg</i>             | <i>kgCO2e/kg</i>         |
| membrana PVC                           | 0,002                          | 1460                      | 0,014                         | 0,140                    |                       |                              | 77,20                    | 3,10                     |
| pellicola in polietilene (PE)          | 0,0005                         | 0,48                      | 0,001                         | 0,380                    |                       |                              | 90,00                    | 3,31                     |
| FONOSTOP-<br>ThermoAlu                 | <i>eps</i><br><i>alluminio</i> | 0,055<br>2700             | 1,500                         | 0,035                    |                       |                              | 90,00<br>155,00          | 3,31<br>8,24             |
| pellicola in polietilene (PE)          | 0,0005                         | 0,48                      | 0,001                         | 0,380                    |                       |                              | 90,00                    | 3,31                     |
| membrana PVC                           | 0,002                          | 1460                      | 0,014                         | 0,140                    |                       |                              | 77,20                    | 3,10                     |
|  | <b>0,06</b>                    | <b>7,22</b>               | <b>1,53</b>                   | <b>0,65</b>              | <b>25 '</b>           | <b>16,52</b>                 | <b>579,71</b>            | <b>22,93</b>             |
|  | spessore totale                | Peso totale<br>per S=1 m2 | Resistenza tot<br>per S= 1 m2 | conduttanza<br>C (W/m2K) | sfasamento<br>termico | db                           | EE (MJ) tot<br>per 1 m2  | EC (kg) tot<br>per 1 m2  |
|  |                                |                           | > 1,25<br>m2K/W               | < 0,80<br>W/m2K          |                       |                              |                          |                          |

## FOAMGLAS FLOOR BOARD T4

|                               | spessore                           | peso unitario                          | resistenza R                       | conducibilità $\lambda$ | sfasamento termico | potere fonoisolante Rw           | EE embodied energy               | EC embodied carbon          |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>                           | <i>kg/m<sup>3</sup></i>                | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>            | <i>W/mK</i>             | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                        | <i>MJ/kg</i>                     | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| Foamglass in vetro cellulare  | 0,04                               | 115                                    | 0,976                              | 0,041                   |                    |                                  | 27,00                            |                             |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| <b>0,05</b>                   | <b>10,44</b>                       | <b>1,01</b>                            | <b>0,99</b>                        | <b>43'</b>              | <b>19,00</b>       | <b>575,09</b>                    | <b>18,11</b>                     |                             |
| spessore totale               | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S= 1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico      | db                 | EE (MJ) tot per 1 m <sup>2</sup> | EC (kg) tot per 1 m <sup>2</sup> |                             |
|                               |                                    | > 1,25 m <sup>2</sup> K/W              | < 0,80 W/m <sup>2</sup> K          |                         |                    |                                  |                                  |                             |

## STIFERITE CLASS S

|                               | spessore                           | peso unitario                          | resistenza R                       | conducibilità $\lambda$ | sfasamento termico | potere fonoisolante Rw           | EE embodied energy               | EC embodied carbon          |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>                           | <i>kg/m<sup>3</sup></i>                | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>            | <i>W/mK</i>             | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                        | <i>MJ/kg</i>                     | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| pannello polyiso              | 0,04                               | 35                                     | 1,429                              | 0,028                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| <b>0,05</b>                   | <b>7,24</b>                        | <b>1,46</b>                            | <b>0,69</b>                        | <b>36'</b>              | <b>17,00</b>       | <b>576,89</b>                    | <b>22,74</b>                     |                             |
| spessore totale               | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S= 1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico      | db                 | EE (MJ) tot per 1 m <sup>2</sup> | EC (kg) tot per 1 m <sup>2</sup> |                             |
|                               |                                    | > 1,25 m <sup>2</sup> K/W              | < 0,80 W/m <sup>2</sup> K          |                         |                    |                                  |                                  |                             |

## Knauf 40 lana di roccia

|                               | spessore                           | peso unitario                          | resistenza R                       | conducibilità $\lambda$ | sfasamento termico | potere fonoisolante Rw           | EE embodied energy               | EC embodied carbon          |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>                           | <i>kg/m<sup>3</sup></i>                | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>            | <i>W/mK</i>             | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                        | <i>MJ/kg</i>                     | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| lana di roccia                | 0,04                               | 40                                     | 1,081                              | 0,037                   |                    |                                  | 16,80                            |                             |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| <b>0,05</b>                   | <b>7,44</b>                        | <b>1,11</b>                            | <b>0,90</b>                        | <b>31'</b>              | <b>16,72</b>       | <b>477,77</b>                    | <b>18,11</b>                     |                             |
| spessore totale               | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S= 1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico      | db                 | EE (MJ) tot per 1 m <sup>2</sup> | EC (kg) tot per 1 m <sup>2</sup> |                             |
|                               |                                    | > 1,25 m <sup>2</sup> K/W              | < 0,80 W/m <sup>2</sup> K          |                         |                    |                                  |                                  |                             |

## FiberTherm Betonwood

|                               | spessore                           | peso unitario                          | resistenza R                       | conducibilità $\lambda$ | sfasamento termico | potere fonoisolante Rw           | EE embodied energy               | EC embodied carbon          |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>stratigrafia di 1 mq</i>   | <i>m</i>                           | <i>kg/m<sup>3</sup></i>                | <i>m<sup>2</sup>K/W</i>            | <i>W/mK</i>             | <i>ore</i>         | <i>dB</i>                        | <i>MJ/kg</i>                     | <i>kgCO<sub>2</sub>e/kg</i> |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| lana di legno                 | 0,04                               | 160                                    | 1,026                              | 0,039                   |                    |                                  | 20,00                            |                             |
| pellicola in polietilene (PE) | 0,0005                             | 0,48                                   | 0,001                              | 0,380                   |                    |                                  | 90,00                            | 3,31                        |
| membrana PVC                  | 0,002                              | 1460                                   | 0,014                              | 0,140                   |                    |                                  | 77,20                            | 3,10                        |
| <b>0,05</b>                   | <b>12,24</b>                       | <b>1,06</b>                            | <b>0,95</b>                        | <b>1h 23'</b>           | <b>21,00</b>       | <b>578,89</b>                    | <b>18,11</b>                     |                             |
| spessore totale               | Peso totale per S=1 m <sup>2</sup> | Resistenza tot per S= 1 m <sup>2</sup> | conduttanza C (W/m <sup>2</sup> K) | sfasamento termico      | db                 | EE (MJ) tot per 1 m <sup>2</sup> | EC (kg) tot per 1 m <sup>2</sup> |                             |
|                               |                                    | > 1,25 m <sup>2</sup> K/W              | < 0,80 W/m <sup>2</sup> K          |                         |                    |                                  |                                  |                             |

Dopo l'analisi puntuale della stratigrafia di ogni opzione progettuale, nelle tabelle precedenti, ho fatto una **comparazione fra le diverse opzioni di materiale** del pannello isolante confrontando tre caratteristiche delle stratigrafie: peso, trasmittanza ed energia inglobata.

La **conduttanza** come caratteristica qualitativa di riferimento per il comfort ambientale interno, l'adattabilità climatica e la gestione dell'energia, la prestazione del **peso** per valutare le condizioni di immagazzinamento, trasportabilità e approntabilità, e infine il valore dell' **energia inglobata** nei materiali per quanto riguarda la valutazione della sostenibilità ambientale.

I risultati di tale confronto sono riassunti nella tabella seguente.

**Tabella 20** Classifica qualitativa delle caratteristiche delle diverse stratigrafie secondo i materiali dei pannelli isolanti

|   | <b>CONDUTTANZA</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) |      | <b>PESO</b><br>(kg/m <sup>2</sup> ) |       | <b>EMBODIED ENERGY</b><br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |        |
|---|--|------|-------------------------------------|-------|--|--------|
| 1 | EPS + alluminio                            | 0,65 | EPS + alluminio                     | 7,22  | Lana di roccia                                 | 477,77 |
| 2 | Polyiso                                    | 0,69 | Polyiso                             | 7,24  | Vetro cellulare                                | 575,09 |
| 3 | Lana di roccia                             | 0,90 | Lana di roccia                      | 7,44  | Polyiso  | 576,89 |
| 4 | Lana di legno                              | 0,95 | Vetro cellulare                     | 10,44 | Lana di legno                                  | 578,89 |
| 5 | Vetro cellulare                            | 0,99 | Lana di legno                       | 12,24 | EPS + alluminio                                | 579,71 |

Le stratigrafie con le opzioni di materiale aventi il pannello accoppiato EPS+alluminio e quello in polyiso hanno prestazioni di trasmittanza e peso migliori fra tutti e quasi identiche, ma differiscono per il valore di energia inglobata. In questo caso, l'opzione con il pannello accoppiato EPS+alluminio ha la peggiore prestazione fra tutti i materiali studiati, di circa 100 unità dal risultato migliore ma soltanto di 3 unità dall'opzione in polyiso.

**Comparando le opzioni progettuali con diversi tipi di materiale per i pannelli e i casi studio** di manufatti per l'emergenza, vengono presi in esame i valori relativi agli elementi di chiusura, l'isolamento interno e gli elementi strutturali delle due tende della Protezione Civile, in quanto la tecnologia depressostatica strutturale mira idealmente a comprenderli tutti e tre. Per poterli comparare, vengono presi i valori riferiti ad 1 m<sup>2</sup> di superficie della chiusura. I risultati sono sintetizzati nella tabella seguente.

**Tabella 21** Classifica qualitativa delle caratteristiche delle opzioni progettuali di pannelli isolanti di diverso materiale rispetto a quelle dei casi studio per l'emergenza

|   | <b>CONDUTTANZA</b><br>(W/m <sup>2</sup> K) |      | <b>PESO</b><br>(kg/m <sup>2</sup> ) |       | <b>EMBODIED ENERGY</b><br>(MJ/m <sup>2</sup> ) |        |
|---|--|------|-------------------------------------|-------|--|--------|
| 1 | EPS + alluminio                            | 0,65 | Tenda Montana                       | 1,89  | Tenda pneumatica                               | 58,8   |
| 2 | Polyiso                                    | 0,69 | Tenda pneumatica                    | 2,81  | Lana di roccia                                 | 477,77 |
| 3 | Caso ideale                                | 0,80 | EPS + alluminio                     | 7,22  | Vetro cellulare                                | 575,09 |
| 4 | Lana di roccia                             | 0,90 | Polyiso                             | 7,24  | Polyiso  | 576,89 |
| 5 | Lana di legno                              | 0,95 | Lana di roccia                      | 7,44  | Lana di legno                                  | 578,89 |
| 6 | Vetro cellulare                            | 0,99 | Vetro cellulare                     | 10,44 | EPS + alluminio                                | 579,71 |
| 7 | Camera isoterma                            | 1,26 | Lana di legno                       | 12,24 |  |        |

Durante il precedente studio sull'uso di materiale isolante granulare come riempimento del manufatto, si erano evidenziati tre **problemi di progettazione**: la trasmittanza, il peso e lo sfasamento termico. Dopo questo studio sui

pannelli isolanti come materiale di riempimento, si è ottenuta una trasmittanza migliore del caso ideale, mentre non si sono risolti i problemi riguardanti peso e sfasamento termico, che sono addirittura peggiorati.

Per quanto riguarda la **conduttanza**, il riferimento del caso ideale ( $C=0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) è stato superato sia dal pannello in eps+alluminio ( $C=0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) che da quello in polyiso ( $C=0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Rispetto al miglior risultato ottenuto con i riempimenti granulari (EPS granulare con  $C=1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e rispetto alla camera isoterma oggi in dotazione alla Protezione Civile italiana ( $C=1,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), il passaggio dal materiale granulare a quello a pannello ha avuto esito positivo, risolvendo la problematica della conduzione termica fra interno ed esterno.

Per quanto riguarda il **peso**, l'uso di materiali isolanti in pannelli ha peggiorato ulteriormente le prestazioni rispetto al materiale isolante granulare, già troppo al di sopra dei pesi dei manufatti oggi in uso e non efficacemente utilizzabile in situazioni d'emergenza. Fra le opzioni a pannello la migliore prestazione è data dal pannello accoppiato EPS+alluminio ( $P=7,22 \text{ kg/m}^2$  dell'elemento di chiusura), già superiore alla migliore prestazione di peso dei materiali granulari (EPS granulare  $P=6,14 \text{ kg/m}^2$  dell'elemento di chiusura) che corrisponde ad un peso totale della chiusura di 307 kg (per una superficie dell'elemento di chiusura pari a  $50 \text{ m}^2$ ), cioè una prestazione negativa rispetto ai manufatti oggi in uso e difficilmente compatibile con i requisiti di trasportabilità e approntabilità.

Rimane invariata, e negativa, la prestazione dei materiali per quanto riguarda lo **sfasamento termico**. I tempi di sfasamento sono quasi identici a quelli dei materiali granulari e di nessun aiuto al comfort interno del manufatto. La simulazione per ottenere i valori di sfasamento è stata fatta con il software Isoreflex sulla città di Milano, per una giornata estiva con parete verticale di colore chiaro rivolta a sud. Tutti i materiali studiati hanno uno sfasamento che va dai 20 minuti a l'ora e mezza. La conseguenza è un surriscaldamento interno durante il giorno per poi avere una notevole velocità di dissipazione del calore di notte. Nonostante sia un vantaggio per il comfort notturno nei climi caldi, è anche un grosso disagio durante le giornate estive e per il mantenimento del calore interno nei climi freddi.

|                |                 |                 |                    |
|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| EPS+ALLUMINIO  | sfasamento: 25' | VETRO CELLULARE | sfasamento: 43'    |
| LANA DI ROCCIA | sfasamento: 31' | LANA DI LEGNO   | sfasamento: 1h 23' |
| POLYISO        | sfasamento: 36' |                 |                    |

Alla luce delle considerazioni di questi due ultimi capitoli, su materiali granulari e materiali a pannello, rispetto ai casi studio dei manufatti per l'emergenza e di conseguenza allo studio della forma per un manufatto a pannelli, si possono trarre **alcune considerazioni di progettazione**.

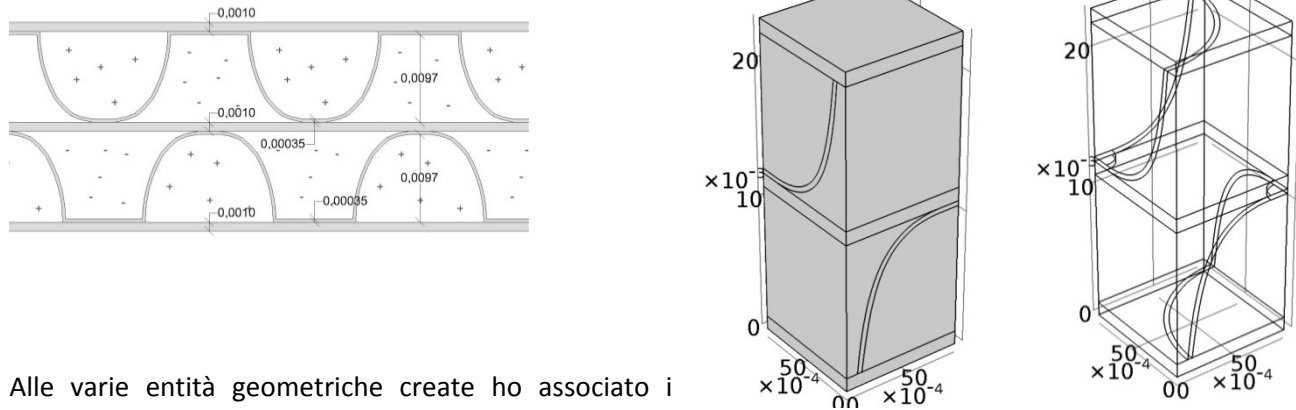
Per avere prestazioni di peso e volume compatibili con i requisiti di un manufatto di ricovero per l'emergenza, la caratteristica dello sfasamento termico deve essere svincolata dall'elemento di copertura del manufatto.

Per poter essere un rifugio d'emergenza, il peso dovrebbe essere uguale o minore delle tende attualmente in uso dalla Protezione Civile. Per la tenda Montana (marca Ferrino) si ha un peso totale di 101 kg, che equivalgono a  $5,05 \text{ kg/m}^2$  di superficie calpestabile e  $1,89 \text{ kg/m}^2$  di superficie del manufatto. Per la tenda pneumatica (marca Ferrino) si ha un peso totale di 150 kg, che equivalgono a  $5,77 \text{ kg/m}^2$  di superficie calpestabile e  $2,81 \text{ kg/m}^2$  di superficie del manufatto.

### 5.1.3 IL MATERIALE DI RIEMPIMENTO ARIA IN PRESSIONE E DEPRESSIONE

Visti i precedenti risultati sui materiali solidi di riempimento, il prossimo passo nello studio dei materiali è stato verificare le prestazioni della struttura ipotizzando come materiale di riempimento l'aria in pressione e lo spazio vuoto (a bassissima pressione). Cioè unendo la tecnologia pressostatica e depressostatica, sia dal punto di vista strutturale che di performance termiche (come riferimento per questa ipotesi, si veda il lavoro di M. Yaganeh nella parte II).

Basandomi sulla geometria studiata da Yaganeh, ho creato un modello tridimensionale di una sezione con il software **COMSOL Multiphysics**.



Alle varie entità geometriche create ho associato i materiali, con le loro caratteristiche fisiche associate.

|                       | aria in pressione<br>0,4 MPa | a | aria in depressione<br>0,004 MPa | a | membrana polimerica<br>Mylar |
|-----------------------|------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------------------|
| Conducibilità termica | 0,0265 W/mK                  |   | 0,025 W/mK                       |   | 0,155 W/mK                   |
| Calore specifico      | 1004,8 J/kgK                 |   | -                                |   | 1172,3 J/kgK                 |
| Densità               | 1,225 kg/m <sup>3</sup>      |   | -                                |   | 1390 kg/m <sup>3</sup>       |

Ho poi imposto un flusso termico pari a  $q_0=17,63 \text{ W/m}^2$ ; cioè esso è un flusso su unità di superficie equivalente a quello studiato nella camera isoterma e nel modello ideale, dato da 1000W di apporto dato da una stufetta su una superficie disperdente della camera di  $56,7 \text{ m}^2$ .

Sempre come dal modello di riferimento, ho imposto una temperatura dell'aria interna di  $20 \text{ °C}$  ed una dell'aria esterna di  $-2 \text{ °C}$ .

Ho avviato il solutore fisico del software che ha calcolato le temperature, sulle due facce interna ed esterna e sul volume:

temperatura media della faccia interna=  $30,5 \text{ °C}$

temperatura media della faccia esterna=  $18,5 \text{ °C}$

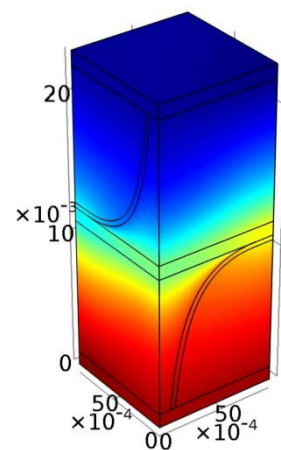
Conoscendo il flusso termico, le temperature delle facce interna ed esterna (cioè il loro delta), lo spessore del materiale (2,4 cm) e l'area delle facce ( $0,00008 \text{ m}^2$ ), ho potuto calcolare la conducibilità della stratigrafia come

$$\lambda = \frac{q \times d}{A \times \Delta T}$$

Cioè, conducibilità totale  $\lambda=0,04 \text{ W/mK}$ .

Finora il miglior valore di conduttanza è stato ottenuto con 0,055 m di pannelli in EPS+alluminio. Aumentando lo spessore di questa soluzione ad un valore simile a quello dei pannelli di EPS, ovvero a 0,048 m cioè raddoppiando la stratigrafia precedente, il valore di **conduttanza** è pari a  **$C=0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

Si noti come questo valore sia leggermente peggiore a quello dell'EPS+alluminio ( $C=0,65$ ) ma comunque migliore rispetto al valore di riferimento ( $C=0,80$ ).



Per quanto riguarda il **peso**, la stratigrafia è così composta:

| PESO PROPRIO STRUTTURA bolle 1                   |        |           |         |                    |
|--|--------|-----------|---------|--------------------|
| <i>descrizione per 0,35x0,35 m di superficie</i> | A (m2) | P (kg/m3) | S (m)   | P (kg/m2)          |
| membrana superiore                               | 0,1225 | 1390      | 0,001   | 1,39               |
| bolle superiori                                  | 0,24   | 1390      | 0,00035 | 0,4865             |
| membrana intermezzo                              | 0,1225 | 1390      | 0,001   | 1,39               |
| bolle intermezzo                                 | 0,24   | 1390      | 0,00035 | 0,4865             |
| membrana intermezzo                              | 0,1225 | 1390      | 0,001   | 1,39               |
| bolle intermezzo                                 | 0,24   | 1390      | 0,00035 | 0,4865             |
| membrana intermezzo                              | 0,1225 | 1390      | 0,001   | 1,39               |
| bolle inferiori                                  | 0,24   | 1390      | 0,00035 | 0,4865             |
| membrana inferiore                               | 0,1225 | 1390      | 0,001   | 1,39               |
|  |        |           |         | <b>8,896 kg/m2</b> |

Paragonando questo risultato a quello dell'opzione in pannelli di EPS+alluminio, cioè quella con cui i valori di conduttanza sono molto simili, si noti come il pannello di EPS+alluminio pesi 7,22 kg/m2 mentre questa soluzione è leggermente maggiore, cioè 8,896 kg/m2.

Punti fondamentali di confronto tra queste due opzioni sono il volume e l'energia incorporata.

Il **volume da immagazzinamento e trasporto**, cioè il volume del manufatto senza aria in pressione all'interno, è molto ridotto; senza lo spessore dell'aria pressurizzata, **lo spessore totale della stratigrafia diventa di solo 1 cm**. Inoltre, essendo composto da membrane flessibili, il manufatto può essere ripiegato o arrotolato per **minimizzare il volume totale**; tramite le valvole usate per approntarlo, esso può anche essere depressurizzato per garantire un'aderenza delle membrane e del volume intero su se stesso, occupando più efficacemente lo spazio (si pensi al comune impacchettamento sottovuoto). Questa caratteristica è molto importante in relazione ai requisiti di immagazzinamento e trasportabilità.

L'**energia incorporata** è quindi quella solo delle membrane di polietilene Mylar. Essendo il valore di energia incorporata del polietilene pari a 90 MJ/kg, calcolando per una superficie di 1 m<sup>2</sup> dal peso di 8,896 kg/m<sup>2</sup>, il valore di energia incorporata per questa opzione progettuale è pari a EE=800,64 MJ/m<sup>2</sup> di superficie.

Facendo infine un confronto fra le diverse opzioni progettuali, si veda la seguente tabella.

| Opzioni di riempimento | Conduttanza             | Spessore in uso | Spessore da magazzino e trasporto | Peso per 1 m <sup>2</sup> di superficie | Energia incorporata per 1 m <sup>2</sup> superficie |
|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|---|
|                        | <i>W/m<sup>2</sup>K</i> | <i>m</i>        | <i>m</i>                          | <i>Kg/m<sup>2</sup></i>                 | <i>MJ/m<sup>2</sup></i>                             |
| Riempimento ad aria    | 0,74                    | <b>0,048</b>    | <b>0,01</b>                       | 8,896                                   | 800,65  |
| Pannelli EPS+alluminio | <b>0,65</b>             | 0,060           | 0,06                              | <b>7,220</b>                            | <b>579,71</b>                                       |
| Caso ideale            | 0,80                    | -               | -                                 | -                                       | -   |

Si noti come le prestazioni delle tue tipologie non si discostino molto l'una dall'altra; differenza sostanziale fra le due è il volume da immagazzinamento e trasporto, che nell'opzione con il riempimento ad aria diventa di un sesto rispetto all'opzione a pannelli. Alle considerazioni del materiale, si aggiungono quindi tutte le considerazioni sulla forma derivante dall'uso di una struttura pressostatica, riportate nel prossimo capitolo.

Si può quindi concludere che l'opzione ad aria, che unisce struttura portante e struttura di chiusura e isolamento, ha ottime caratteristiche di approntabilità, trasportabilità e immagazzinamento, e soprattutto di comfort dello spazio interno. È quindi **la più adatta al progetto di un manufatto di ricovero d'emergenza ad alte prestazioni di comfort**.



## 5.1.4 ALTRI MATERIALI ED ELEMENTI DI PROGETTO

### I POLIMERI DI CHIUSURA

Conseguentemente allo studio dei casi studio di rifugi per le emergenze e a quello delle tecnologie pressostatica e depressostatica, è stata fatta una scelta preliminare degli elementi di chiusura da usare nello studio dei materiali di riempimento.

Si è deciso di usare una pellicola di polietilene (PE) dallo spessore di 0,5 mm e una membrana in poliestere rivestito in PVC da 2 mm. Questa scelta è stata fatta per unire le caratteristiche di formabilità, leggerezza e tenuta del polietilene (necessarie per l'applicazione depressostatica) con quelle di resistenza e protezione del poliestere rivestito in PVC (come largamente usato nelle tende pneumatiche). Essi sono stati usati nei successivi studi.

Si ipotizzava un più puntuale studio di questi elementi di chiusura successivo quello dei materiali di riempimento. Ma poiché lo studio dei materiali di riempimento, granulari e a pannello, si è rivelato insoddisfacente per tutta una serie di ragioni di prestazioni (come descritto nei capitoli precedenti) e formali (come descritto nel capitolo seguente riguardante la ricerca della forma del manufatto), questo approfondimento progettuale non c'è stato.

Il cambiamento di tecnologia strutturale e di tamponamento, con la progettazione di un manufatto pressostatico vuoto, ha portato alla scelta di un materiale di chiusura che comprendesse più caratteristiche. Avendo ripreso la tecnologia studiata da Yeganeh, ci si è riferiti alla scelta materica da lui fatta; dopo averla verificata sia dal punto di vista termico che strutturale, la si è adottata nel progetto. La chiusura è quindi in pellicola di polietilene "Mylar" (marca Dupont), declinata in due spessori (1 mm e 0,35 mm).

### VALVOLE DI TENUTA ALL'ARIA

Seguendo le indicazioni fornite dagli studi di Frank Huijben sulla tecnologia depressostatica, si è ipotizzato l'uso di valvole "screw-on" del tipo da lui utilizzate. Esse sono semplici da montare, a basso costo e senza nessun problema di perdita fin ora rilevata da Huijben. Il modello è il "364000 1/4" Threaded Probe" di marca Torr Technologies.



Tabella 22 Valvola di tenuta all'aria

### POMPA

Come descritto nel capitolo riguardante le pompe nella parte dedicata alla tecnologia depressostatica, per ragioni di portabilità della pompa e di valore di vuoto raggiunto, è stata scelta una pompa rotativa portatile con una capacità di vuoto di 29,91 Hg (millimetri di mercurio), cioè 101 kPa che equivalgono ad 1 atmosfera (modello P/N 502150 Rotary Vane Pump, marca Torr Technologies).



Tabella 23 Pompa a vuoto

## 5.2 STUDIO DELLA FORMA E DELLA STRUTTURA

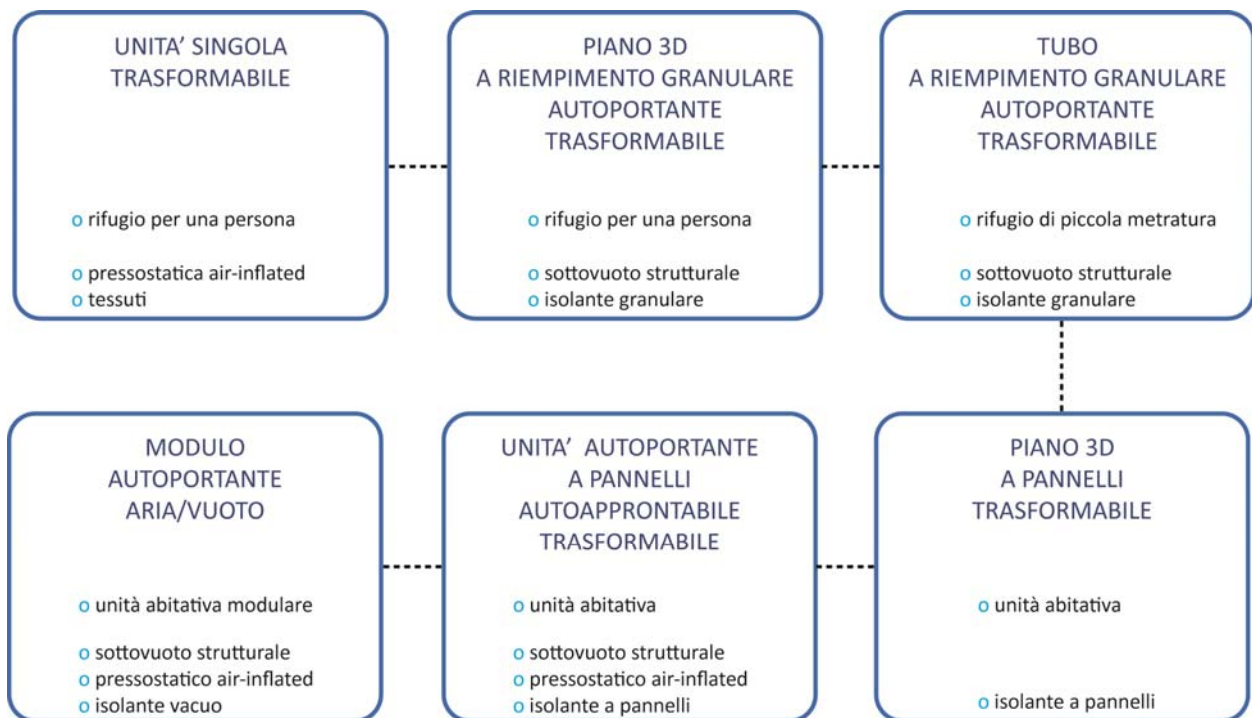
Lo studio della forma della struttura di ricovero si è sviluppato in contemporanea allo studio delle due tecnologie scelte per il progetto, pressostatica e depressostatica, e allo studio dei materiali per il progetto stesso. Questi tre aspetti della progettazione (riguardanti tecnologia, forma e materiale) sono intrinsecamente legati l'uno all'altro, in quanto queste tre caratteristiche interagiscono l'una con l'altra per la loro stessa natura. Lo studio della forma è legato anche a valutazioni di tipo funzionale ed estetico, nell'ambito dell'uso abitativo per l'emergenza.

Lo studio della forma ha avuto sei stadi di sviluppo, in cui tre caratteristiche principali del manufatto si sono evolute in contemporanea al loro studio e alla loro applicazione.

**MISURA** piccola → media → modulare

**TECNOLOGIA** pressostatica strutturale → depressostatica strutturale → depresso+presso statica strutturale

**MATERIALE** tessuto → isolante granulare → isolante a pannelli → aria pressurizzata e depressurizzata



64 Stadi di progetto della struttura di ricovero

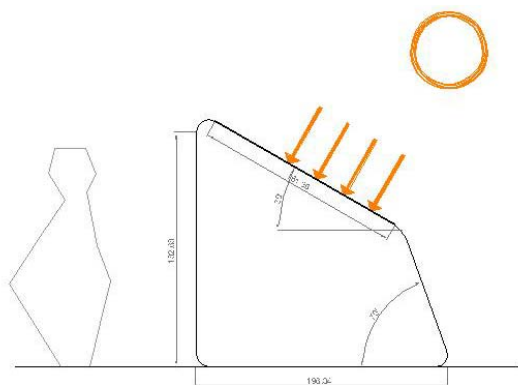
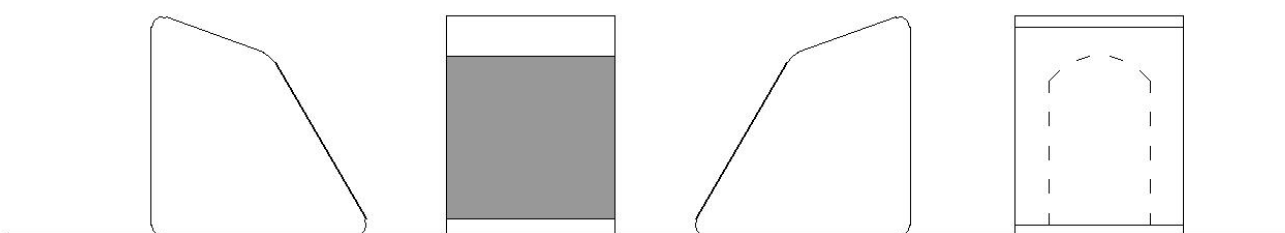
Ogni stadio di progetto della forma aveva diverse caratteristiche, positive e negative, le quali influenzavano la prestazione dei requisiti (identificati nella prima parte del lavoro, riguardante lo studio dell'emergenza e dei suoi manufatti). Qui di seguito sono riassunti i requisiti, divisi nelle loro prestazioni positive o negative.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>UNITÀ SINGOLA TRASFORMABILE</b><br>✓ trasportabilità, rapidità, facilità e sicurezza del risultato<br>✗ dimensione, adattabilità, comfort, modularità        | <b>PIANO 3D (isolante GRANULARE)</b><br>✓<br>✗ trasportabilità, dimensione, adattabilità, modularità  | <b>TUBO (isolante GRANULARE)</b><br>✓<br>✗ trasportabilità, facilità e sicurezza del risultato, adattabilità   |
| <b>PIANO 3D (isolante PANNELLI)</b><br>✓ rapidità, facilità e sicurezza del risultato, comfort<br>✗ trasportabilità, modularità, adattabilità, immagazzinamento | <b>UNITA' AUTOAPPONTABILE (isolante PANNELLI)</b><br>✓ rapidità, facilità e sicurezza del risultato, comfort, modularità, adattabilità<br>✗ trasportabilità, immagazzinamento | <b>MODULO AUTOPORTANTE (isolante PRESSOSTATICO/VACUO)</b><br>✓ immagazzinamento, trasportabilità, rapidità, facilità e sicurezza del risultato, comfort, sostenibilità ambientale, modularità<br>✗ |

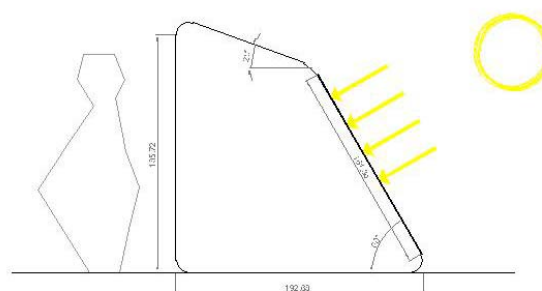
Il primo approccio allo studio della forma è avvenuto in contemporanea alle prime ricerche sul tema dell'emergenza e dei manufatti di ricovero, tramite la ricerca dei casi studio. Nozioni ancora generiche sulla trasportabilità e la velocità della risposta della "macchina dei soccorsi", in aggiunta al tema del concorso che implicava una riflessione sull'approvvigionamento e sulla gestione dell'energia in un moderno rifugio, mi hanno indirizzato verso la ricerca di una forma minimale per un ricovero immediato (dove la migliore trasportabilità possibile, la rapidità e la facilità di approntamento e la sicurezza del risultato finale erano i principali requisiti), ma che al contempo potesse rispondere alla questione energetica tramite l'autoproduzione.

Ho così sviluppato un rifugio per una singola persona, con una semplice struttura portante pressostatica e una tradizionale elemento di chiusura in tessuto. L'aspetto dell'approvvigionamento energetico è semplicemente risolto con l'aggiunta di un pannello fotovoltaico thin-film su uno dei lati della copertura. La forma del manufatto ne permette l'uso in due diverse posizioni, in modo da adattare l'inclinazione della membrana fotovoltaica a quella dell'incidenza dei raggi solari.

Con l'avanzamento dello studio sui manufatti per l'emergenza oggi in uso, si sono immediatamente rivelate le problematiche che una struttura del genere crea: la limitatezza d'uso dovuta alla progettazione per una sola persona e la mancata risposta ai requisiti di adattabilità, comfort interno e modularità, il problema dell'immagazzinamento dell'energia prodotta. Inoltre, attraverso l'analisi dei casi studio, si è rivelato come un grosso problema energetico riguardi la quantità di energia richiesta e la conservazione degli effetti della stessa, quando essa viene usata per provvedere al bisogno di comfort della popolazione.



fascia temperata: estate  
fascia equatoriale: tutto l'anno



fascia temperata: inverno  
fascia polare: tutto l'anno

## PIANO 3D A RIEMPIMENTO GRANULARE AUTOPORTANTE TRASFORMABILE

L'avanzare dello studio della parte I, sia teorico sia dei casi studio, mi ha portato a concentrarmi sui requisiti di comfort interno e trasportabilità. Con l'obiettivo di ottenere migliori prestazioni delle caratteristiche di peso e resistenza termica, mi sono concentrata sulla tecnologia depressostatica strutturale e sul conseguente studio dei materiali.

Questi studi, descritti nella parte II, hanno iniziato a tradursi in un primo stato teorico della forma. Riferendosi alla caratteristica di plasticità dei manufatti depressostatici strutturali, la forma base è stata pensata come un grande piano, modellabile a piacimento in 3 dimensioni al fine di formare uno spazio di rifugio adattabile a piacere.

Pur non essendosi concretizzato formalmente, questa prima formulazione dell'idea ha portato al nascere di una serie di questioni, propedeutiche alla progettazione successiva.

Come dare una forma voluta ad un manufatto malleabile?

Esso può venire modellato in modo arbitrario o vengono date delle "guide"?

Queste guide cosa sono e come funzionano? Sono piegature, elementi rigidi, funi, elementi pneumatici?

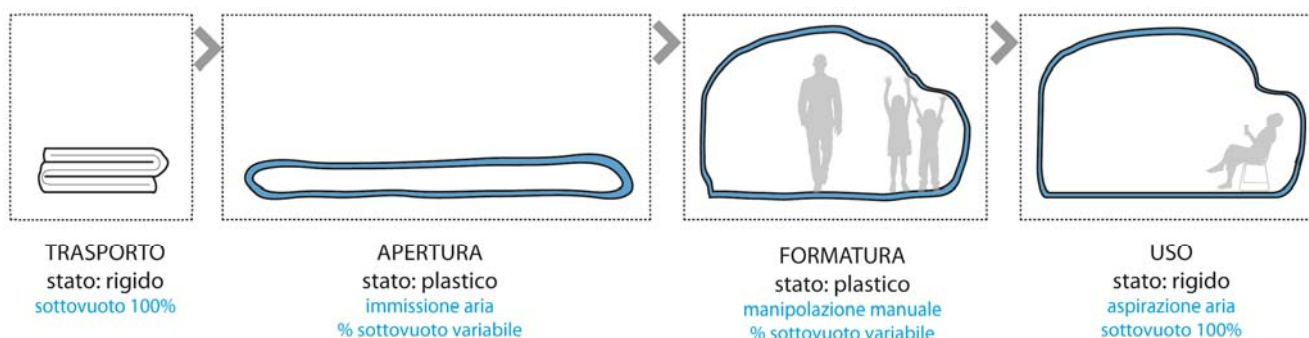
Come dimensionare il manufatto? Quali spessore, larghezza, lunghezza?

Può diventare qualcosa di più complesso ma più performante di un semplice piano trasformabile?

## TUBO A RIEMPIMENTO GRANULARE AUTOPORTANTE TRASFORMABILE

Proseguendo lo studio su un manufatto a riempimento granulare, si è valutata la possibilità di una forma a tubo. Questo permette la semplificazione della ricerca della forma, in quanto esso si configura già come una forma chiusa. I problemi maggiori riguardano sempre il tipo di materiale di riempimento, in quanto la mancanza di alcuna guida di formatura complica la modularità e la sicurezza del risultato finale.

Inoltre, in seguito allo studio dei materiali (riportato nel capitolo precedente) si è visto come le prestazioni negative di peso, volume e conduttanza non rispondano ai requisiti di trasportabilità, immagazzinamento, approntabilità, comfort e modularità.

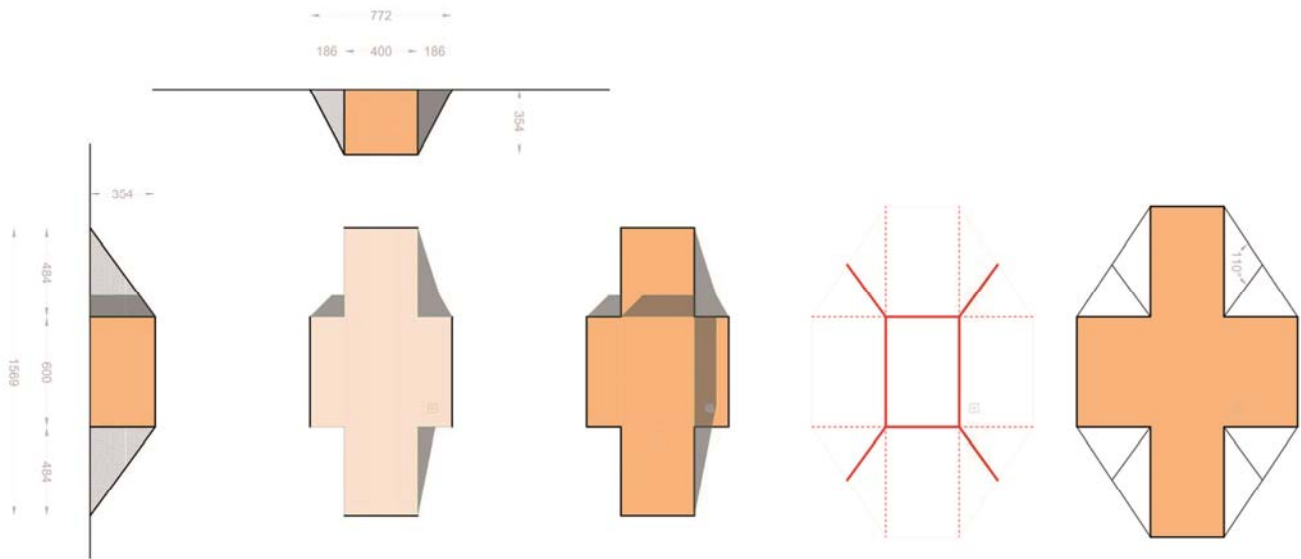


## PIANO 3D A PANNELLI TRASFORMABILE

Il cambiamento del materiale di riempimento, dovuto alla mancato raggiungimento delle performance di riferimento, ha portato ad un'evoluzione anche nello studio della forma.

Usando dei pannelli rigidi come riempimento e quindi anche come elemento strutturale, è stata indagata la possibilità di approssimare il manufatto non approntato ad un piano le cui piegature sono date dai limiti dei pannelli. In stato non vacuo il piano sarebbe liberamente manipolabile, mentre con la messa in depressione si fiserebbe la configurazione geometrica voluta.

I problemi principali di questa opzione sono il metodo di approntamento della forma geometrica voluta e la mancanza di risposta ai requisiti di immagazzinamento e trasportabilità. Le dimensioni e il peso dei pannelli, in quanto rigidi, rendono difficoltoso il loro uso in una situazione d'emergenza.

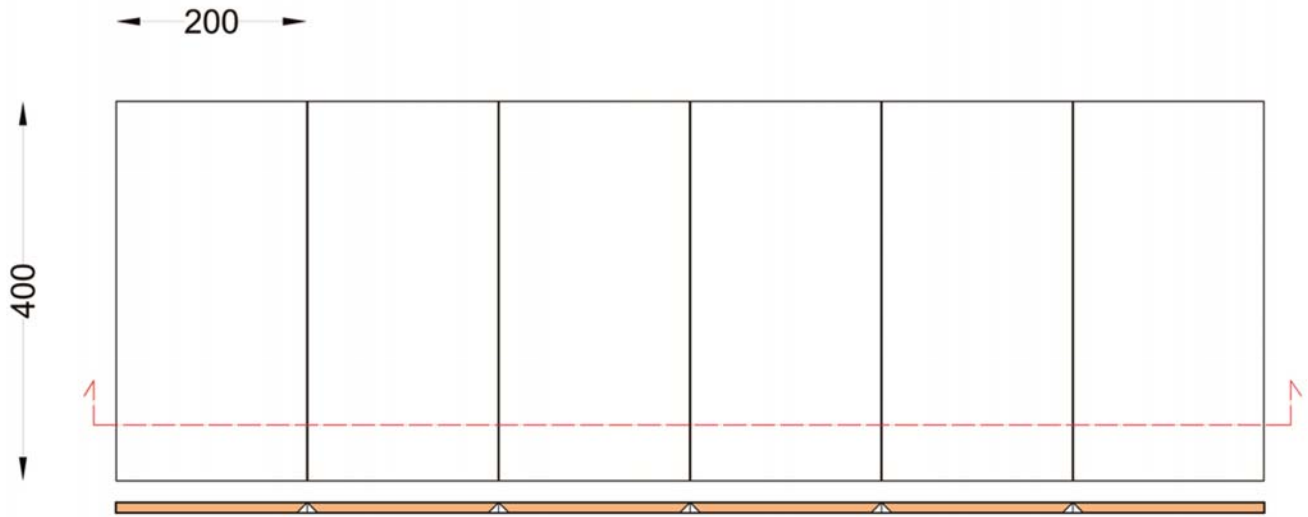


## UNITÀ AUTOPORTANTE A PANNELLI AUTOPORTANTE TRASFORMABILE

Rispetto all'opzione precedente, in questa è stata cercata una forma che rispondesse ai requisiti di adattabilità e approntabilità. È stata studiata la possibilità di una forma trasformabile che potesse essere approntata in diverse configurazioni. Per il metodo di approntamento, ci si è riferiti alle strutture depressostatiche autoapprontabili studiate nella parte II.

Per permettere la molteplicità delle configurazioni è stata pensata una parte fissa, i pannelli isolanti, con un profilo opportunamente tagliato e una serie di elementi variabili, delle camere d'aria, che ne permettono l'unione secondo diversi gradi d'apertura. I pannelli sono uniti in una striscia di 6 elementi dalla membrana esterna, che garantisce la tenuta all'aria necessaria all'irrigidimento sottovuoto. Questo tipo di trasformabilità rende però complesso l'approntamento della struttura, in quanto presuppone una comprensione dell'uso delle camere d'aria interne per variare l'angolo fra i pannelli e una decisione puntuale sulla forma desiderata.

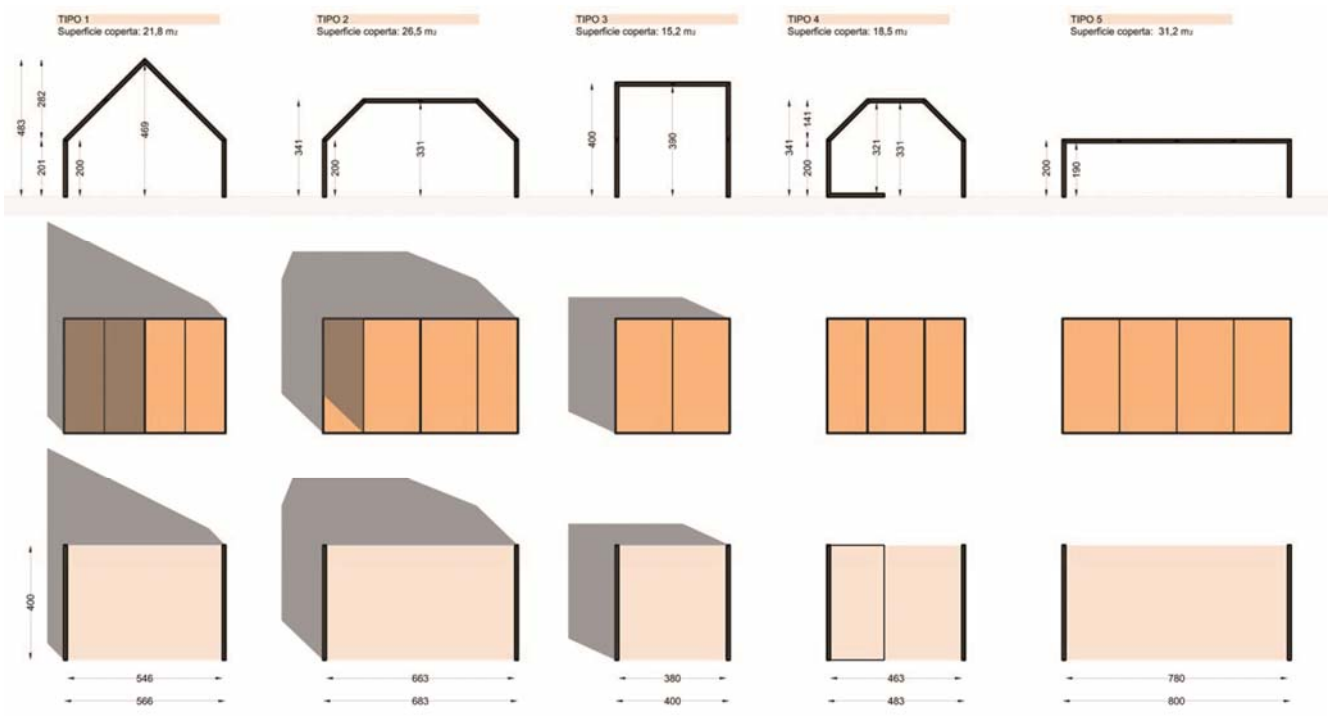
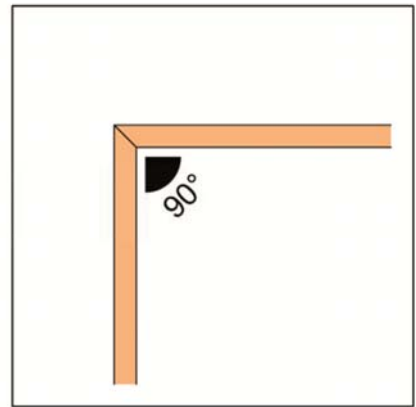
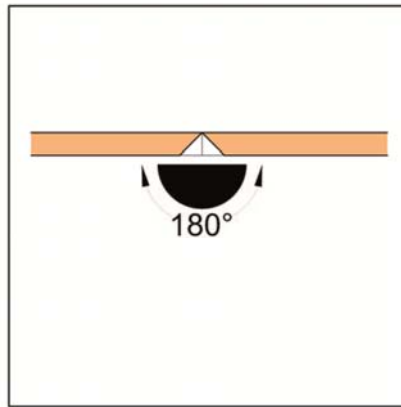
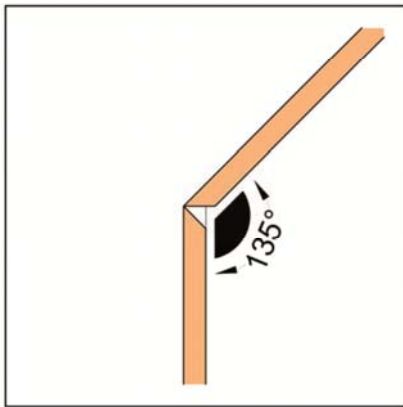
Per quanto riguarda i materiali, il problema principale di questa soluzione risiede nel volume e nel peso dei pannelli, che non rispondono ai requisiti di trasportabilità. In seguito a queste considerazioni, è stato fatto lo studio di un'ulteriore opzione dei materiali (come descritto nel capitolo precedente), che ha portato ad una ulteriore evoluzione della forma.



GONFIO  SGONFIO

GONFIO  GONFIO

SGONFIO  SGONFIO



La ricerca della forma per questo tipo di materiale isolante e strutturale, cioè la commistione di aria in pressione e aria depressurizzata, si è sviluppata dopo lo studio delle proprietà termiche e delle caratteristiche di peso e conduttanza (come spiegato nel precedente capitolo riguardante i materiali, sottocapitoli 5.1.3 e 5.1.4). Poiché questo materiale composto è proposto dal suo ideatore, Mendi Yaganeh, anche per le sue proprietà strutturali, ho ritenuto necessario approfondirne lo studio strutturale per verificarne la sua reale applicazione nel progetto. Questo studio della forma e della struttura è quindi quello per il progetto finale.

Per rispondere al requisito di approntabilità, nelle opzioni di progetto precedenti è stata ricercata la possibilità di creare un manufatto autoapprontabile, cioè una struttura che richieda un intervento minimo da parte di un operatore (l'accensione di un compressore) perché essa si configuri da sola nella sua forma finale. Una struttura pressostatica air-inflated è **implicitamente autoapprontabile**, in quanto la forma e la struttura finale delle camere da riempire di aria in pressione sono già definite e basta la semplice operazione di attaccare le sue valvole ad un compressore per poterla approntare facilmente. Rispetto all'opzione precedente, essa ha le caratteristiche di **facilità, sicurezza del risultato e rapidità** necessarie in una situazione d'emergenza.

Le caratteristiche principale nella scelta della forma sono state la fruibilità dello spazio interno e un comportamento strutturale adeguato alla tecnologia depressostatica/vacua usata nel materiale.

Lo spazio interno deve essere ben sfruttato, contenendo l'ampiezza della superficie calpestabile in cui non è possibile stare in piedi a causa dell'altezza della chiusura. Questo significa la ricerca di una forma d'alzato il più possibile verticale.

L'uso della tecnologia pressostatica influenza il tipo di comportamento strutturale del manufatto, in quanto l'uso di elementi strutturali gonfiati significa che la struttura è continuamente sottoposta ad una pressione dall'interno verso l'esterno e al contempo trasferisce i carichi a terra come se fosse un tradizionale elemento rigido (arco, colonna, trave). In questo modo, la pressione dell'aria dall'interno limita gli sforzi applicati, come in un elemento precompresso.

Ho scelto quindi di studiare una sezione ad arco parabolico, in modo da avere un buon sviluppo in altezza per la fruibilità dello spazio interno e al contempo semplificare la componente strutturale dell'involucro. Infatti quando sottoposto ad un carico uniformemente distribuito, l'arco parabolico si autosostiene senza bisogno di rinforzi alla base o catene, in quanto in esso si hanno quasi solo carichi verticali, e funziona solo a compressione, semplificando la scelta del materiale.

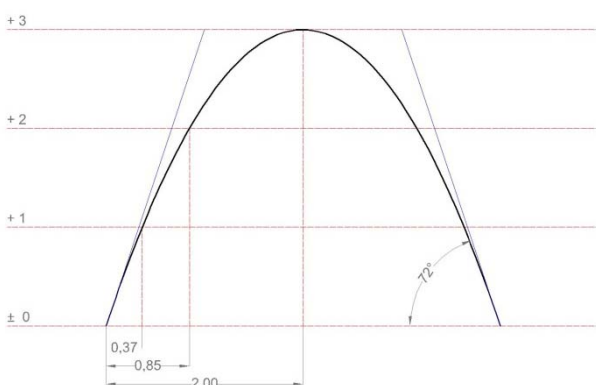
Basandomi sui casi studio, con il mio manufatto ho scelto di coprire in pianta una superficie di 20 m<sup>2</sup>, cioè di 4x5 m per un'altezza massima centrale di 3 m, in modo da realizzare un'unità abitabile.

Partendo da questi dati, ho fatto una prima verifica geometrica dell'abitabilità interna.

Ho calcolato l'angolo formato dalla tangente alla base:

$$\theta = \operatorname{arccotan} \left( \frac{4 h_{max}}{L} \right) \quad \theta = \operatorname{arccotan} \left( \frac{4 \times 3}{4} \right) = 1,25 \text{ rad} = 71,57 \text{ gradi}$$

Poiché l'angolo è molto ampio e quindi presuppone una buona latezza interna, ho fatto una verifica usando il software COMSOL Multiphysics per creare il grafico della linea dell'arco parabolico secondo l'equazione  $y = \frac{4h}{L^2} (Lx - x^2)$ , per poi esportare le coordinate di tali punti (x,y) e importarle in Autocad tramite la funzione script,

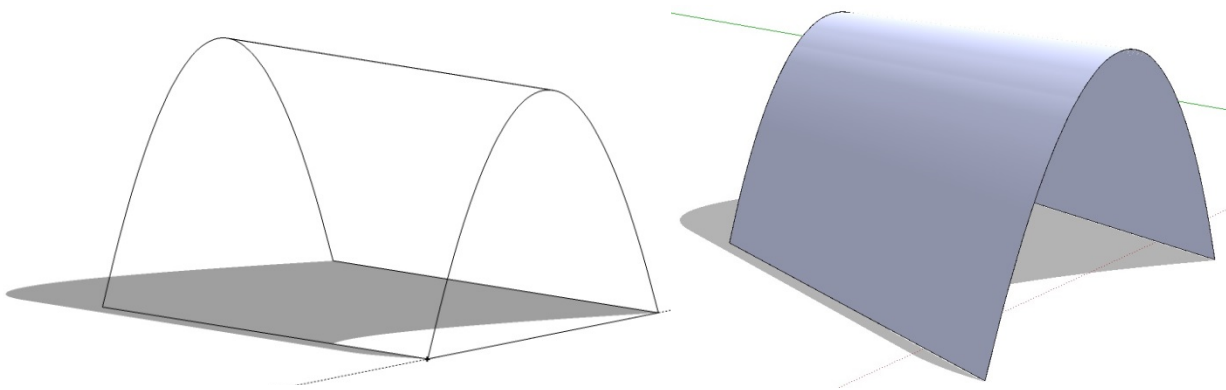


usando il comando polilinea per far creare al software la curva esatta. Ho poi verificato quanta superficie in pianta viene coperta dall'arco alle altezze di quota 1 m e 2 m.

Ho ritenuto che l'inclinazione delle pareti laterali fosse tale da permettere un agevole passaggio interno, quindi le grandezze di luce ed altezza massima, rispettivamente di 4 e 3 m, sono adatte all'uso.

**65 Analisi geometrica dell'arco parabolico**

Date le caratteristiche della stratigrafia studiata, ipotizzo la struttura come un guscio, cioè come una struttura di spessore sottile (4,8 cm) che costituisce una superficie curva, delimitando uno spazio al suo interno (cioè lo spazio abitabile di base 4x5 m).



66 Sviluppo 3D del guscio dato dalla traslazione dell'arco parabolico

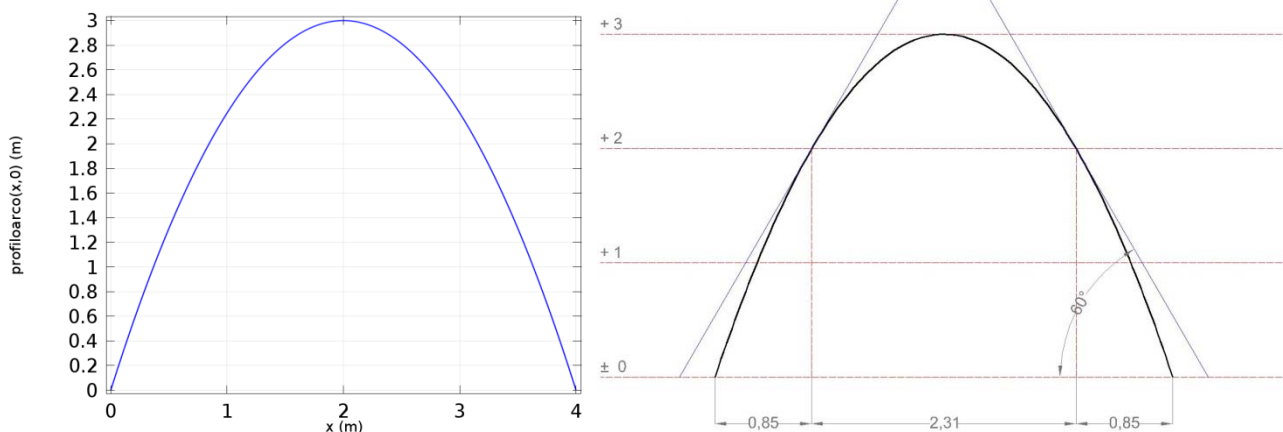
Essendo esso un volume di traslazione di una curva lungo una retta, cioè un guscio cilindrico, il suo comportamento strutturale è influenzato in modo critico dalle proporzioni relative del guscio stesso, in quanto gusci di grande lunghezza (da più di tre volte la loro luce) possono sviluppare una flessione longitudinale simile al comportamento di una trave. Poiché larghezza e lunghezza della forma di progetto sono molto simili (4 e 5 m), questo guscio ad arco parabolico può essere analizzato come una serie di archi parabolici ravvicinati.

Per proseguire nell'analisi strutturale è stato necessario calcolare i carichi incidenti sulla struttura, suddivisi in carichi permanenti (cioè il peso proprio della struttura) e in carichi accidentali (carico da neve e da vento).

| PESO PROPRIO STRUTTURA                    |                     |                        |         |                           |
|---|---------------------|------------------------|---------|---------------------------|
| descrizione per 0,35x0,35 m di superficie | A (m <sup>2</sup> ) | P (kg/m <sup>3</sup> ) | S (m)   | P (kg/m <sup>2</sup> )    |
| membrana superiore                        | 0,1225              | 1390                   | 0,001   | 1,39                      |
| bolle superiori                           | 0,24                | 1390                   | 0,00035 | 0,4865                    |
| membrana intermezzo                       | 0,1225              | 1390                   | 0,001   | 1,39                      |
| bolle intermezzo                          | 0,24                | 1390                   | 0,00035 | 0,4865                    |
| membrana intermezzo                       | 0,1225              | 1390                   | 0,001   | 1,39                      |
| bolle intermezzo                          | 0,24                | 1390                   | 0,00035 | 0,4865                    |
| membrana intermezzo                       | 0,1225              | 1390                   | 0,001   | 1,39                      |
| bolle inferiori                           | 0,24                | 1390                   | 0,00035 | 0,4865                    |
| membrana inferiore                        | 0,1225              | 1390                   | 0,001   | 1,39                      |
|   |                     |                        |         | 8,896 kg/m <sup>2</sup>   |
|   |                     |                        |         | 0,08727 kN/m <sup>2</sup> |

Tabella 24 Calcolo del peso proprio della stratigrafia di progetto

Per fare il calcolo del carico da neve, è stato necessario capire quale coefficiente di forma applicare, in quanto l'inclinazione della copertura varia per tutta la sua lunghezza. Poiché l'angolo tangente alla base è  $\theta=71,57$  gradi, sono andati a calcolare da che punto la struttura presenta un'inclinazione minore di  $60^\circ$  ed è quindi caricata a neve. Immaginando l'arco in un piano (x,y), trovo l'ascissa del punto caratterizzato da un angolo  $b=60^\circ$  nel modo seguente:  $tg60^\circ = \frac{4h}{L^2}(L - 2x)$   $x = \frac{L}{2}\left(1 - \frac{tg60^\circ L}{4h}\right)$  da cui si ha che  $x = 0,845$  m



La lunghezza dell'arco sottoposta a carico da neve, perché con inclinazione minore di  $60^\circ$ , è pari a  $L_1=2,31$  m.



L'equazione per il calcolo del carico da neve sarà quindi così composta:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_e \times C_t$$

$$q_s = \left(0,8 \times \frac{60 - \alpha}{30}\right) \times 1,5 \frac{kN}{m^2} \times 1 \times 1$$

$$\alpha = 28^\circ \text{ (angolo medio nella lunghezza studiata } L_1)$$

$$q_s = \left(0,8 \times \frac{60 - 28}{30}\right) \times 1,5 \frac{kN}{m^2} \times 1 \times 1 = 1,28 \frac{kN}{m^2}$$

Quindi, si avrà un carico lineare da neve da  $Q = 1,28 \frac{kN}{m^2} \times 2,31 m = 2,96 \frac{kN}{m}$

Il carico totale è quindi dato dalla somma del carico dato dal peso proprio della struttura e del carico da neve, cioè

$$w = Q + (P \times L) = 2,96 \frac{kN}{m} + \left(0,087 \frac{kN}{m^2} \times 4m\right) = 3,31 \frac{kN}{m}$$

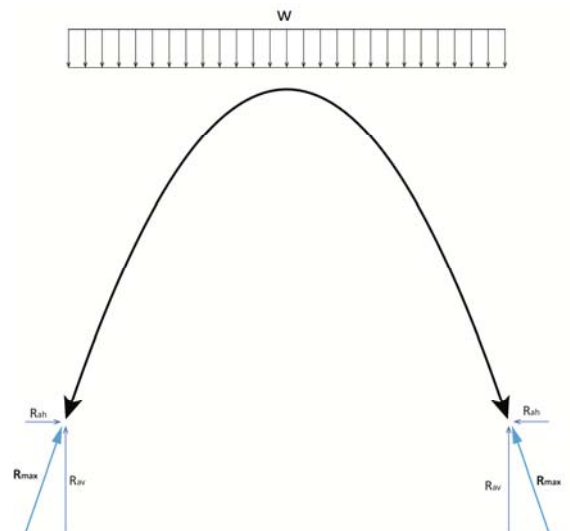
Conoscendo il carico distribuito sull'arco, ho potuto calcolare le forze di compressione minime e massime che si sviluppano nell'arco. La forza di compressione massima si ha ai piedi dell'arco ( $C_{max}$ ), composta da una componente verticale ( $R_{av}$ ) e una componente orizzontale ( $R_{ah}$ ). La forza di compressione minima si ha in chiave d'arco ( $C_{min}$ ).

$$C_{min} = \frac{w L^2}{8 h} = 2,21 kN$$

$$R_{av} = \frac{wL}{2} = 6,62 kN$$

$$R_{ah} = \frac{w L^2}{8 h} = 2,21 kN$$

$$C_{max} = \sqrt{R_{av}^2 + R_{ah}^2} = 6,62 kN$$



Data l'approssimazione del guscio ad una serie di archi parabolici accostati, approssimo un arco dato dalla sezione del guscio ad un arco di sezione circolare, con diametro pari allo spessore del guscio.

Poiché un arco parabolico lavora solo a compressione, questo significa che nella sua sezione è presente solo sforzo normale. Come forza normale massima  $N$  si prenda il valore del massimo valore di compressione  $C_{max}$ , pari a 6,62 kN. Ipotizzando l'arco a sezione quadrata, con lato pari allo spessore dell'arco, si ha un'area della sezione pari a

$$A = 4,8 \text{ cm} \times 4,8 \text{ cm} = 23 \text{ cm}^2 = 0,0023 \text{ m}^2$$

Lo sforzo normale è perciò pari a  $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{6,62 kN}{0,0023 m^2} = 2878 \frac{kN}{m^2} = 2,98 \text{ Mpa}$

Perché, come spiegato nella parte II nel capitolo sulla tecnologia pressostatica strutturale, una struttura pressostatica funziona come un elemento precompresso, lo sforzo normale avrà verso opposto rispetto alla pressione interna, pari a 0,4 MPa.

Considerando che il massimo sforzo del materiale Mylar è pari a 20 MPa, cioè maggiore rispetto al massimo sforzo normale, si può concludere dicendo che la sezione dell'arco resiste al carico imposto.

### 5.3 PROGETTO FINALE

Il progetto finale consiste di un modulo di abitazione composto da una struttura di protezione autoportante pressostatica/vacua e dei suoi elementi accessori.

Il materiale, la tecnologia costruttiva e le prestazioni delle parti che compongono la sua stratigrafia, sono stati precedentemente studiati e illustrati nel precedente capitolo riguardante i materiali (5.1.3 Il materiale di riempimento aria in pressione e depressione).

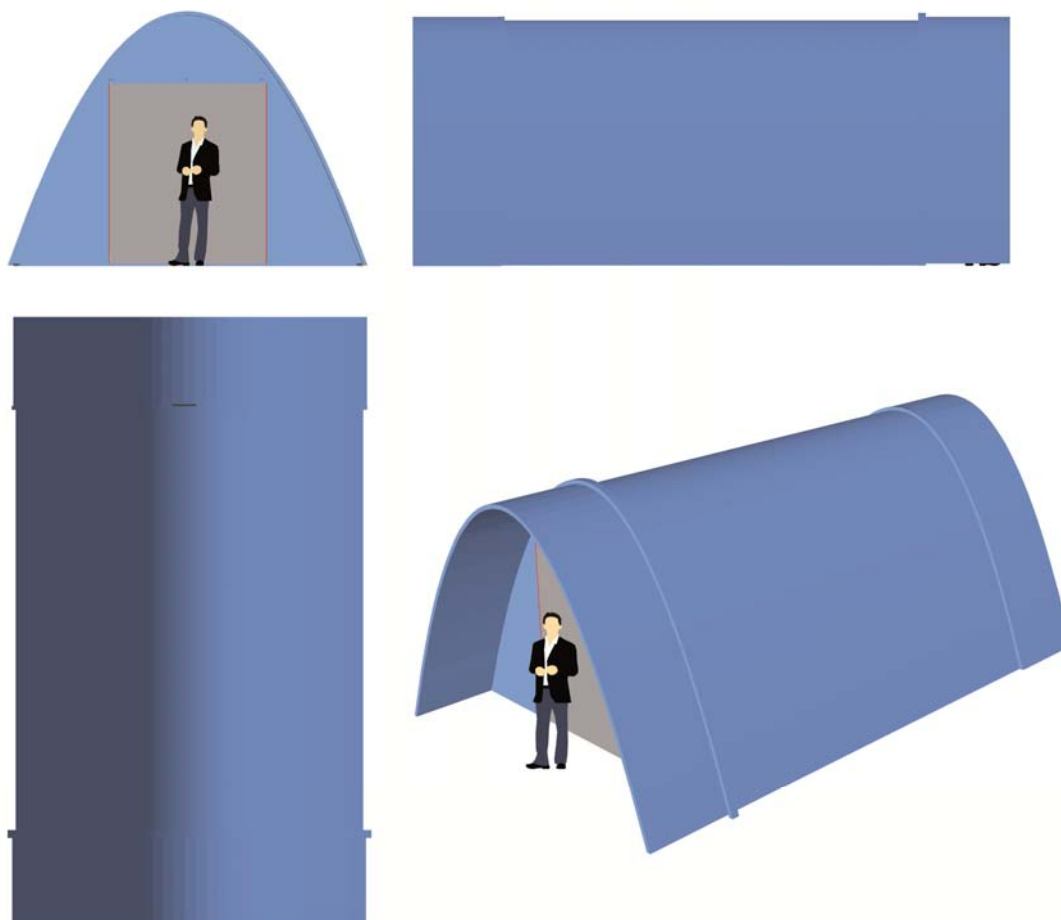
Lo studio delle sue caratteristiche geometriche e strutturali è illustrato nel capitolo 5.2 (Studio della forma e della struttura - Modulo autoportante pressostatico/vacuo).

Le prestazioni migliori del manufatto si hanno in risposta ai requisiti di **approntabilità**, **comfort**, **adattabilità** e **modularità**, particolarmente importanti nei rifugi per situazioni d'emergenza ma che nonostante ciò non hanno una riscontro diffuso nei manufatti per l'emergenza oggi in uso.

Un modulo è di dimensioni interne di 4x5 metri, cioè con una superficie calpestabile di 20 m<sup>2</sup>, per un'altezza interna massima di 3 metri.

#### CARATTERISTICHE BASE

| Destinazione d'uso            | Superficie calpestabile | Tecnologia costruttiva   | Materiale principale   |
|-------------------------------|-------------------------|--|--|
| rifugio, abitazione, multiuso | 20 m <sup>2</sup>       | Pressostatica strutturale air-inflated e depressostatica per irrigidimento | Struttura portante e di chiusura in membrana di polietilene, interni in tessuto cotone-modacrilico |



| TRASPORTABILITÀ |  | IMMAGAZZINAMENTO     |                                 |                |              |
|-----------------|--|----------------------|---------------------------------|----------------|--------------|
| Peso totale     | Peso per m <sup>2</sup> di superficie calpestabile | Volume               | Resistenza al degrado del tempo | Movimentazione | Impilabilità |
| 828,6 kg        | 41,4 kg  | A 4x5 m<br>h max 3 m | ●                               | ●              | ●            |

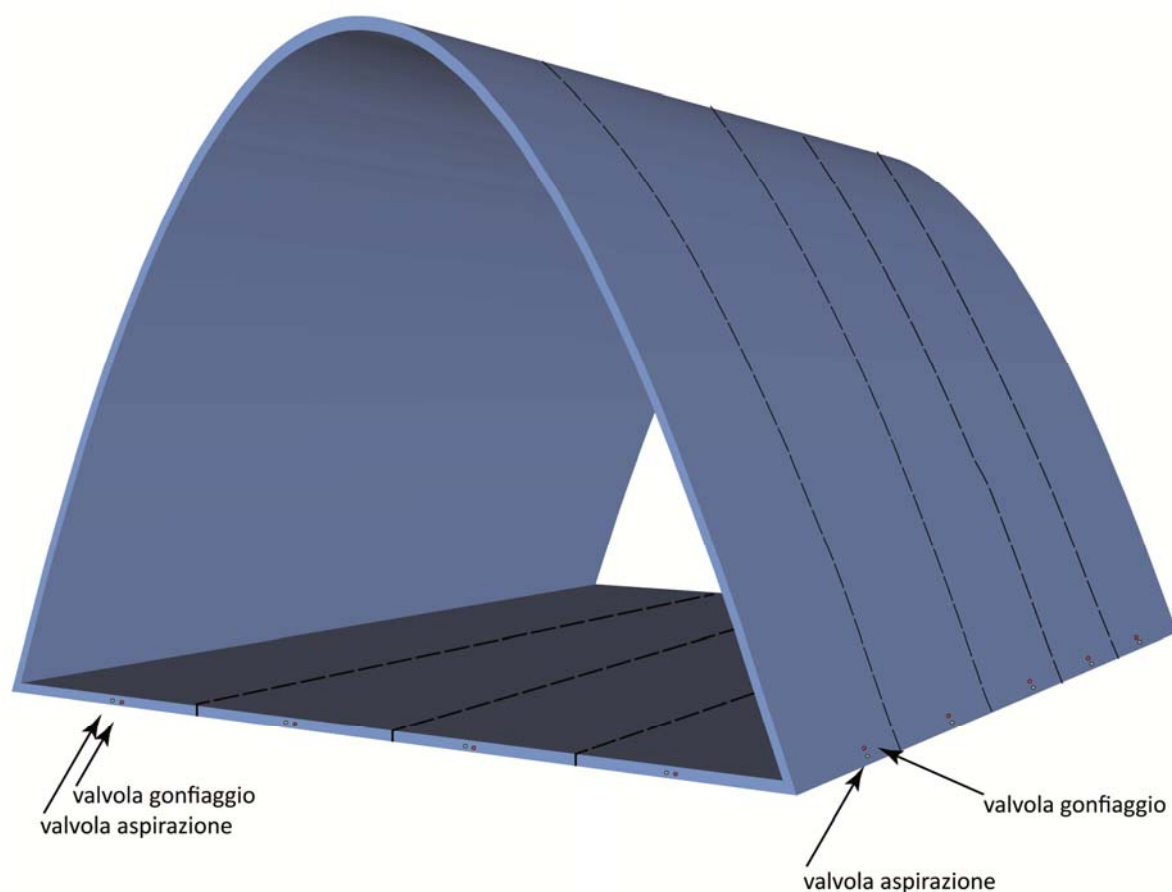
| APPRONTABILITÀ  |          |                         |
|---|----------|-------------------------|
| Facilità  | Rapidità | Sicurezza del risultato |
| Facile:<br>a mano con compressore.<br>Giunzioni con Velcro. | ●        | ●                       |

La struttura è pressostatica air-inflated sia nella sua parte strutturale che in quella di chiusura, in quanto esse coincidono. Le chiusure verso terra e superiore sono divise in cinque sezioni distinte ciascuna, per limitare i problemi in caso di sgonfiaggio accidentale. Ogni sezione ha due valvole distinte, una collegata alla parte a “bolle” in pressione e l’altra per gli spazi “fra le bolle” in depressione.

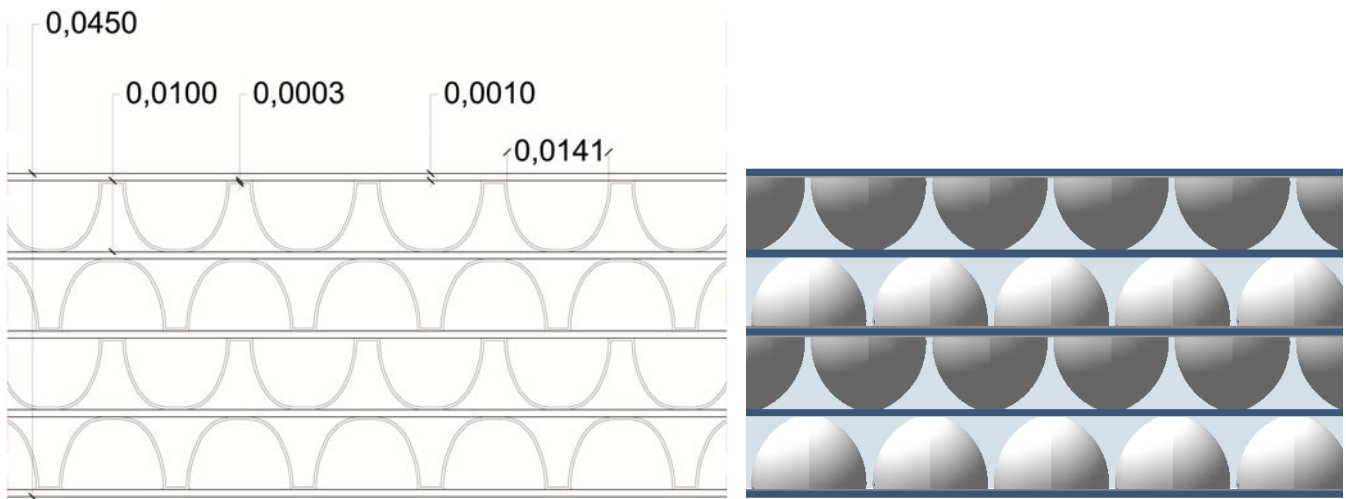
Una volta eretto, il manufatto viene ancorato a terra per mezzo di asole e picchetti.

Gli elementi interni possono essere allestiti rapidamente e facilmente grazie agli attacchi predisposti in velcro. Sia la camera interna in cotone-modacrilico, necessaria per prevenire la condensa interna, che il rivestimento a pannelli della pavimentazione, hanno delle strisce di velcro coincidenti a quelle presenti all’interno della struttura. I tipi di velcro e il loro metodo di attacco cambia a seconda dell’uso e del materiale (come si può vedere nelle immagini seguenti).

Le due teste del manufatto possono venire lasciate aperte (per una configurazione a “tettoia”) oppure chiuse con due elementi pressostatici vuoti agganciati tramite un profilo in velcro. Essi comprendono uno sporto di 1 m per proteggere lo spazio d’ingresso, fornito di tre diversi tipi di chiusure (trasparente impermeabile, tessuto ombreggiante, zanzariera) per potersi adattare ai diversi climi e modi d’uso.

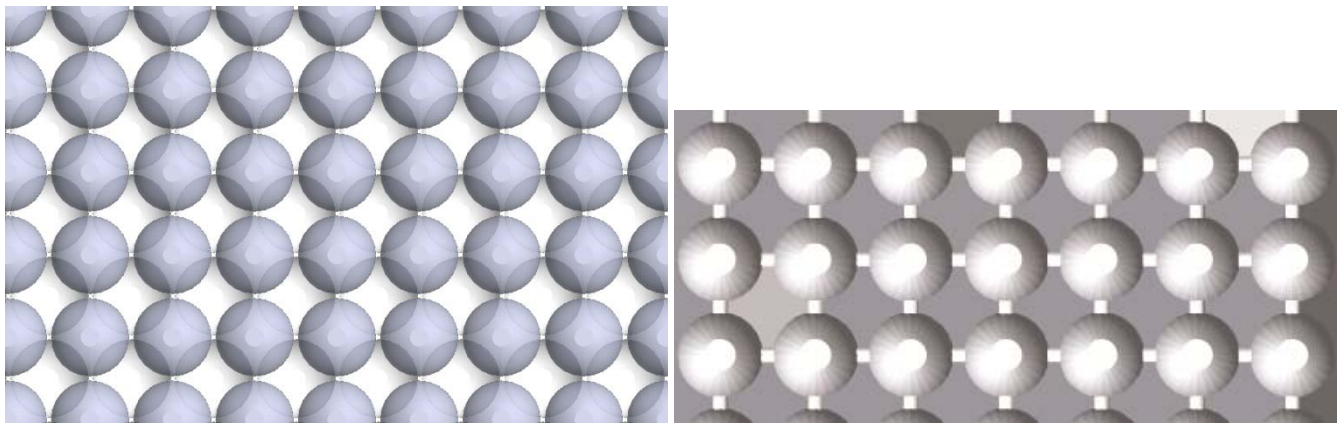


68 Valvole di gonfiaggio e aspirazione dell'aria per ogni sezione indipendente del manufatto



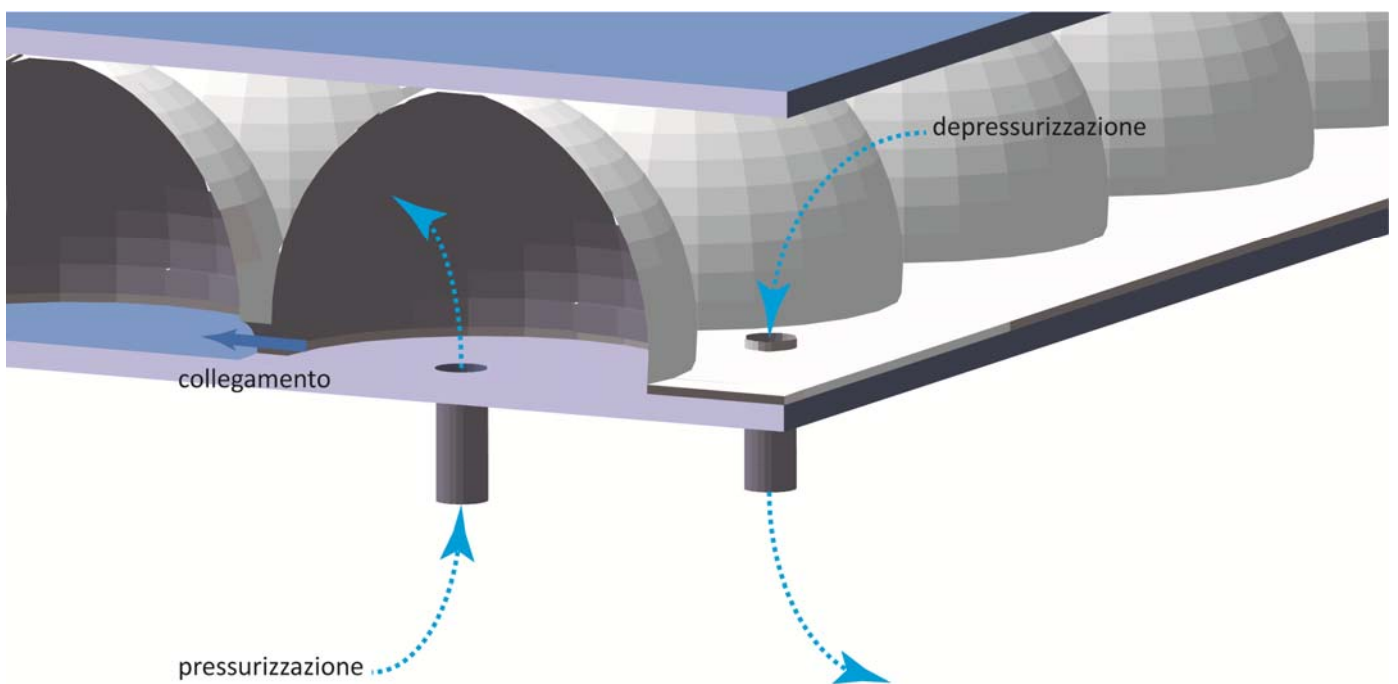
69 Sezione quotata della stratigrafia

70 Vista frontale della stratigrafia

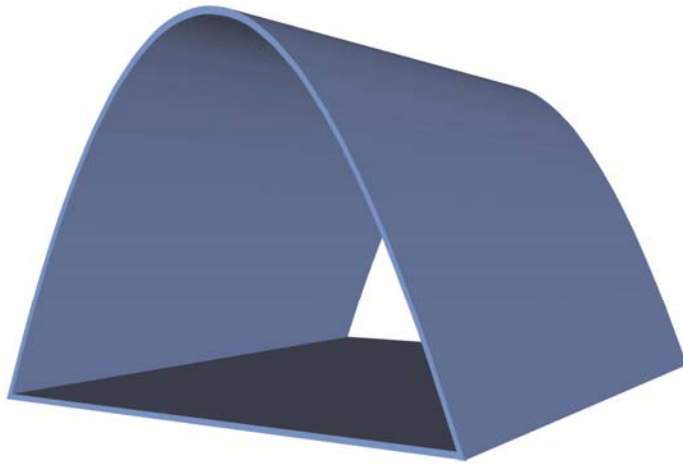


71 Pianta della distribuzione delle bolle nei diversi piani della stratigrafia

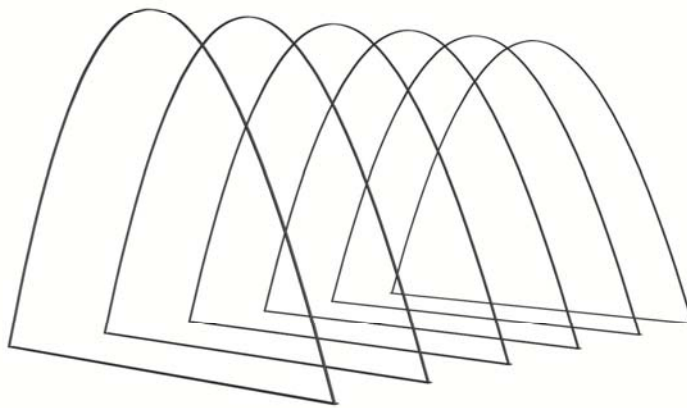
72 Pianta delle bolle e della canaline di collegamento per il gonfiaggio



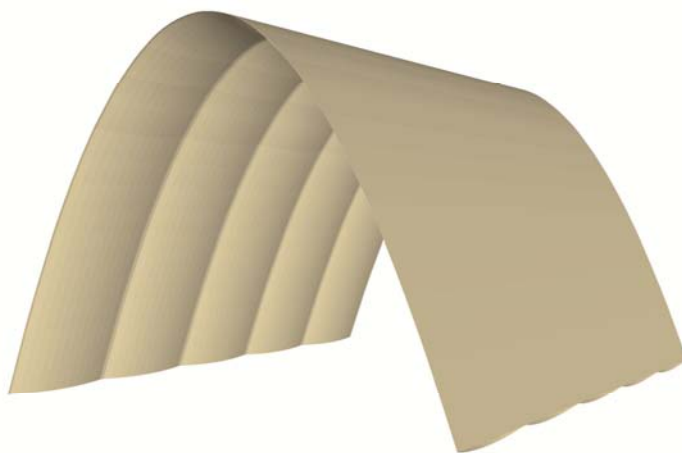
73 Particolare della stratigrafia approntata con le valvole di gonfiaggio e sgonfiaggio



CHIUSURA  
AUTOPORTANTE  
PRESSOSTATICA  
VACUA



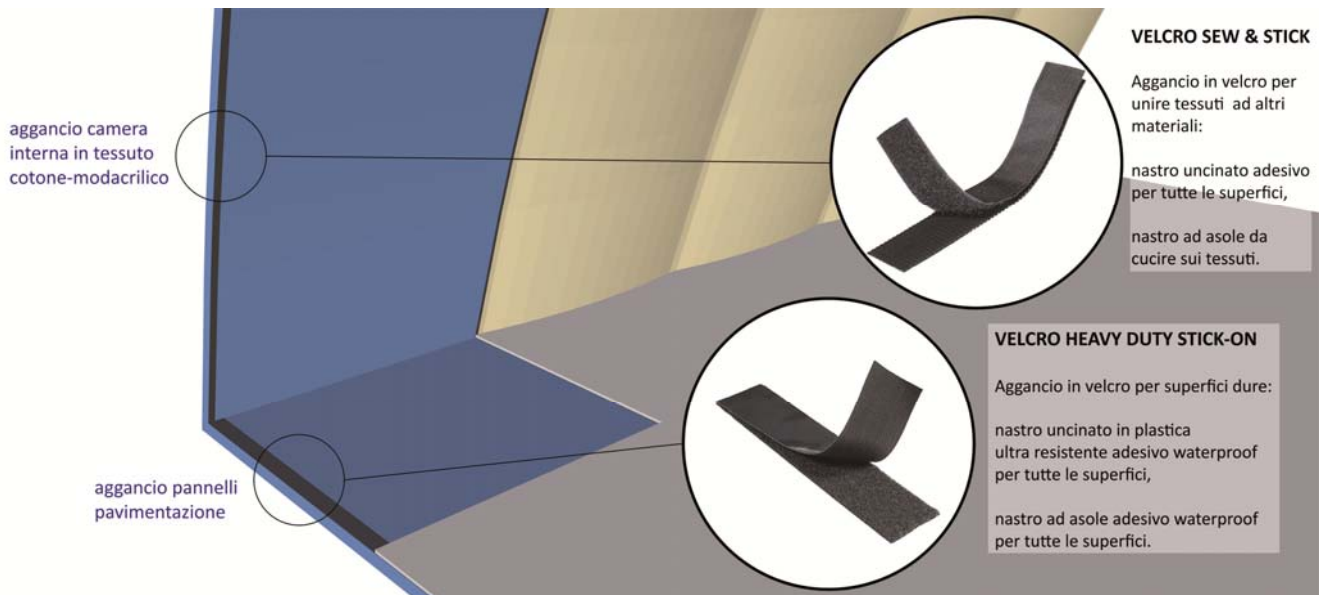
ELEMENTI  
DI UNIONE  
IN VELCRO



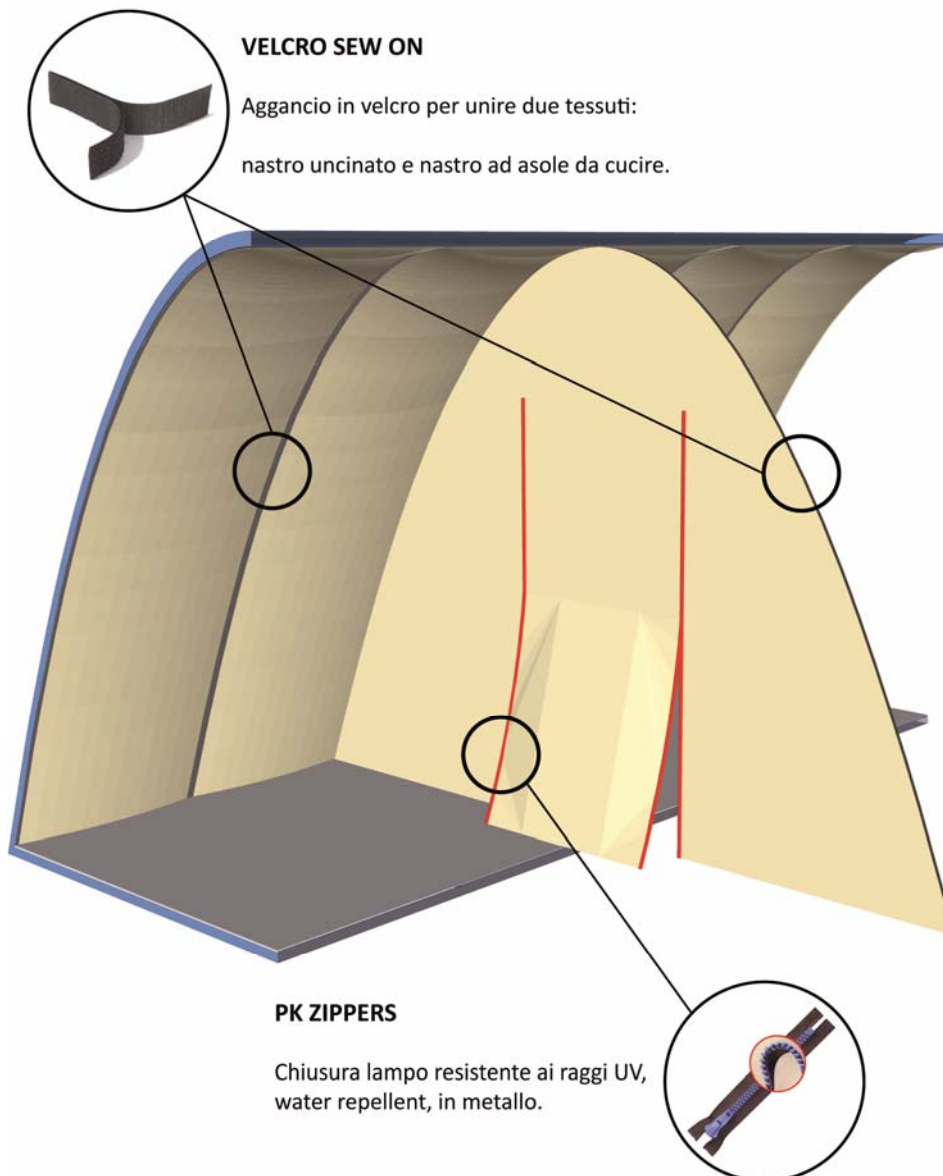
RIVESTIMENTO  
INTERNO  
IN COTONE-  
MODACRILICO



RIVESTIMENTO  
PAVIMENTAZIONE  
A PANNELLI

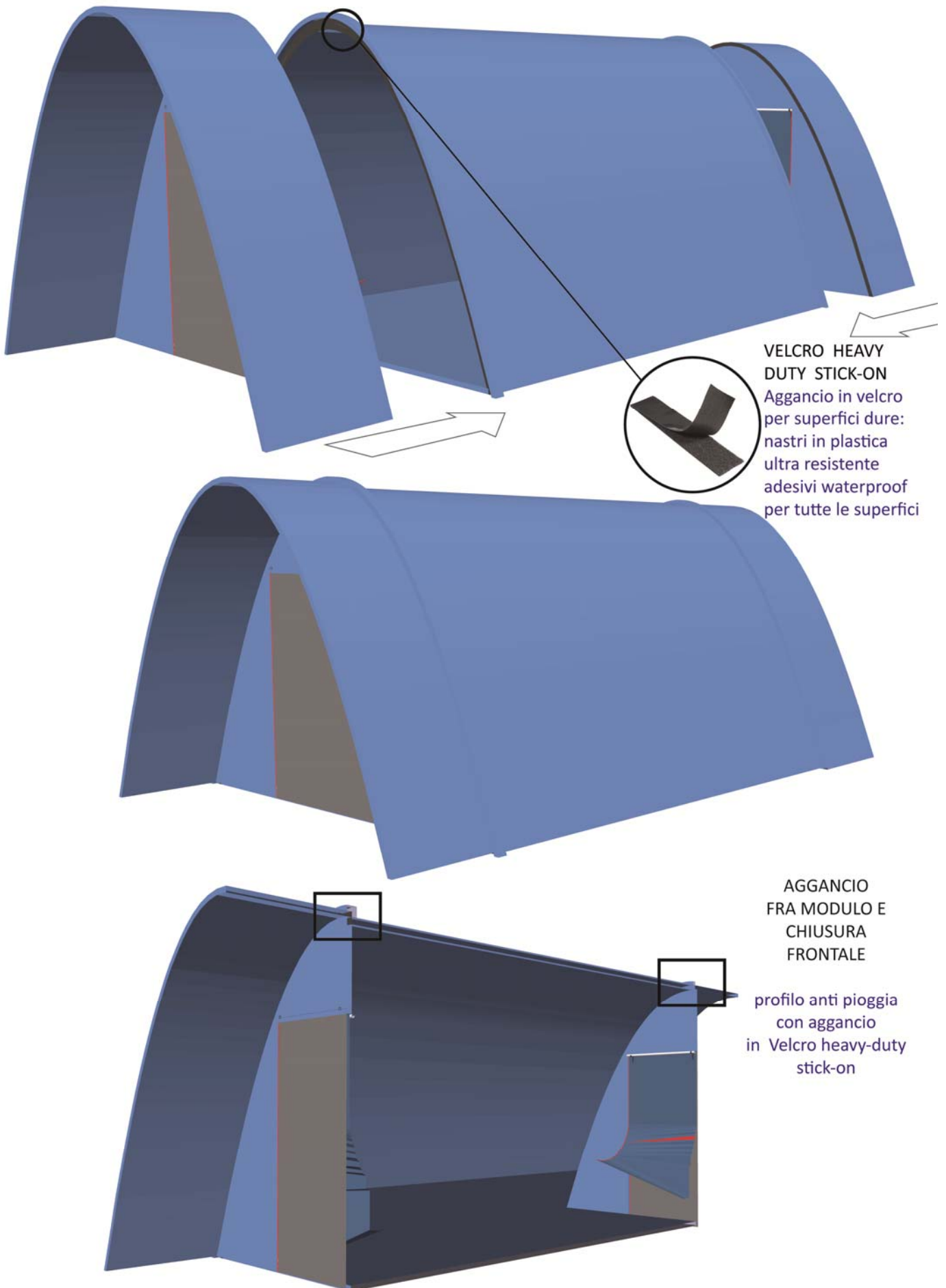


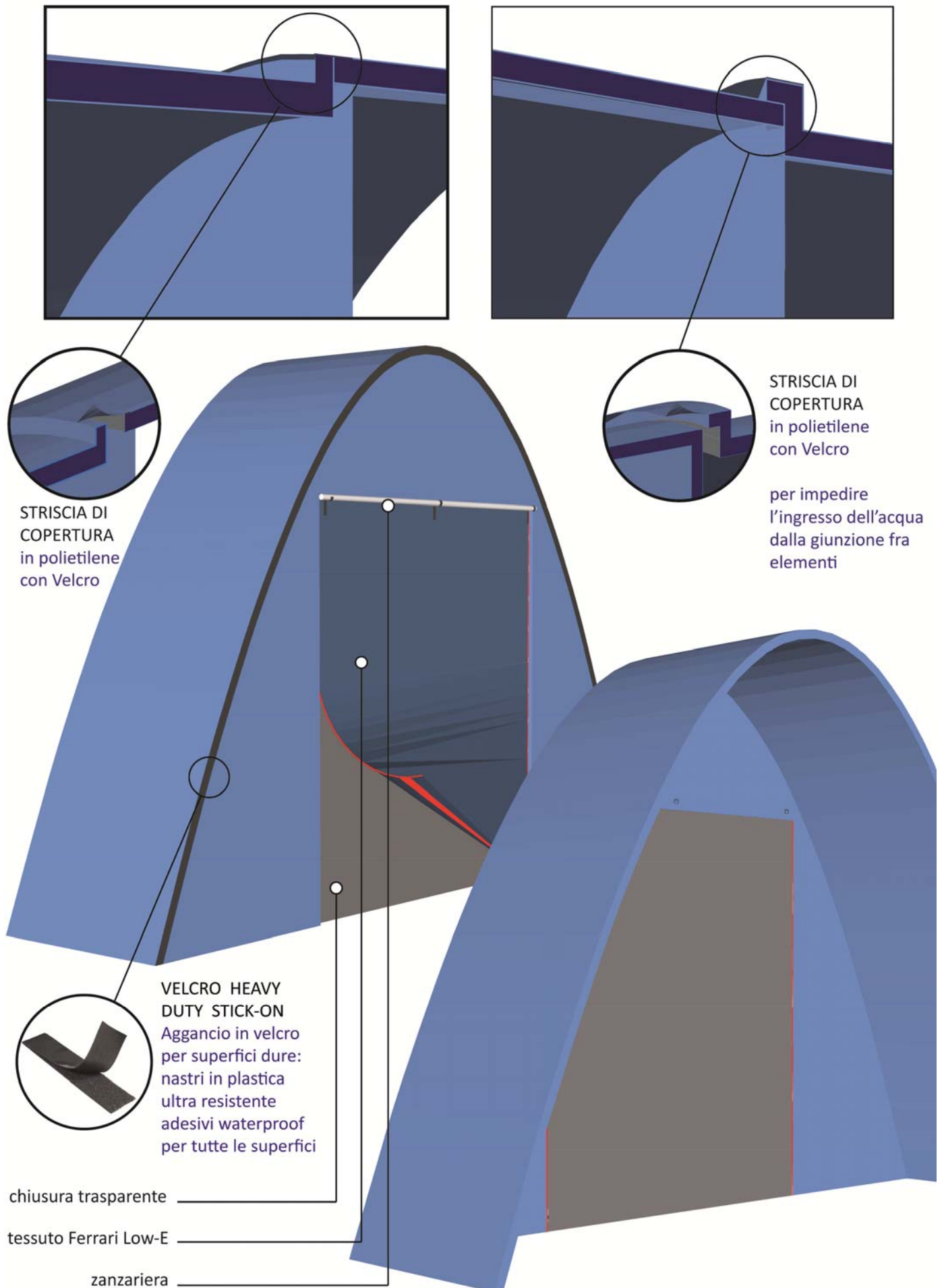
**75** Montaggio rivestimento interno e pavimentazione tramite Velcro, su chiusura esterna



**76** Montaggio divisorio interno in tessuto di cotone-modacrilico tramite Velcro, su camera interna in tessuto

## UNIONE FRA MODULO E CHIUSURE FRONTALI

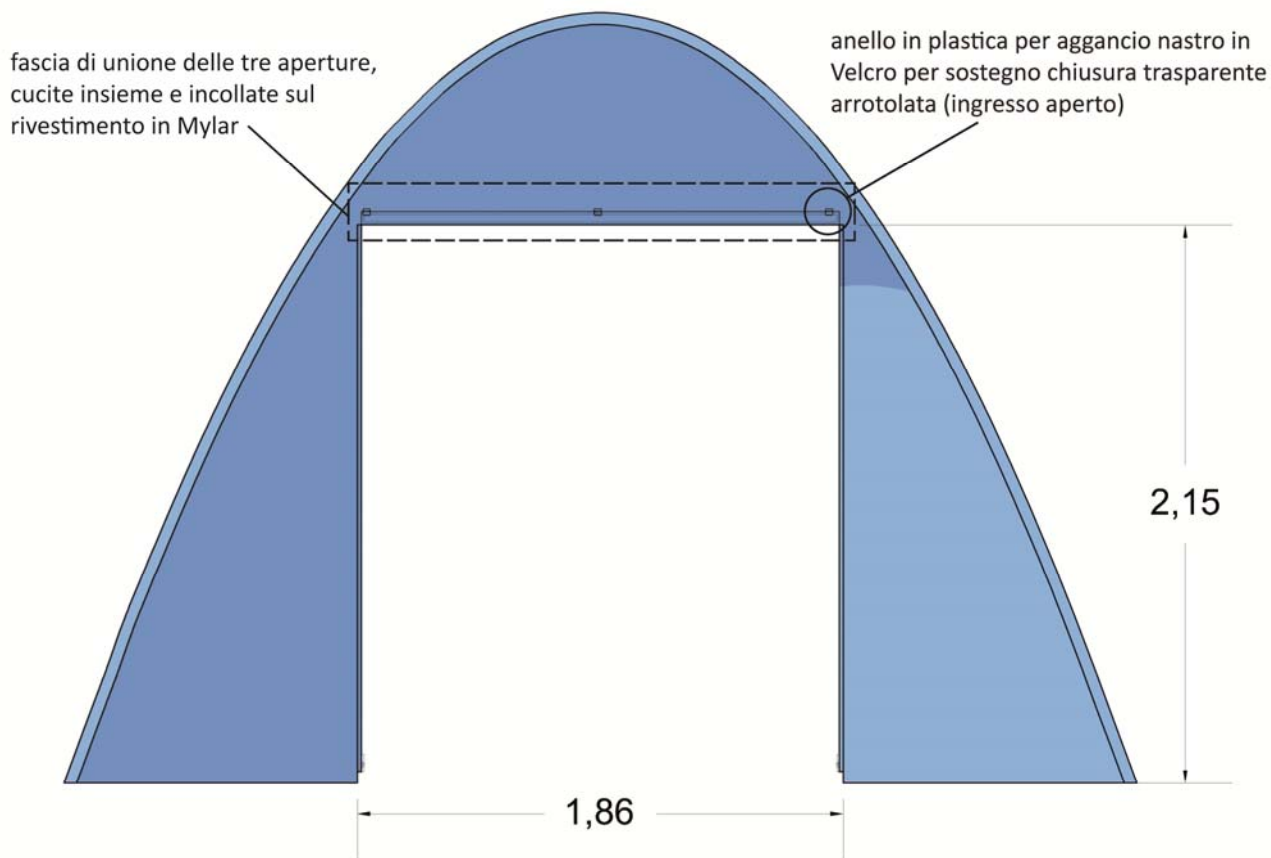




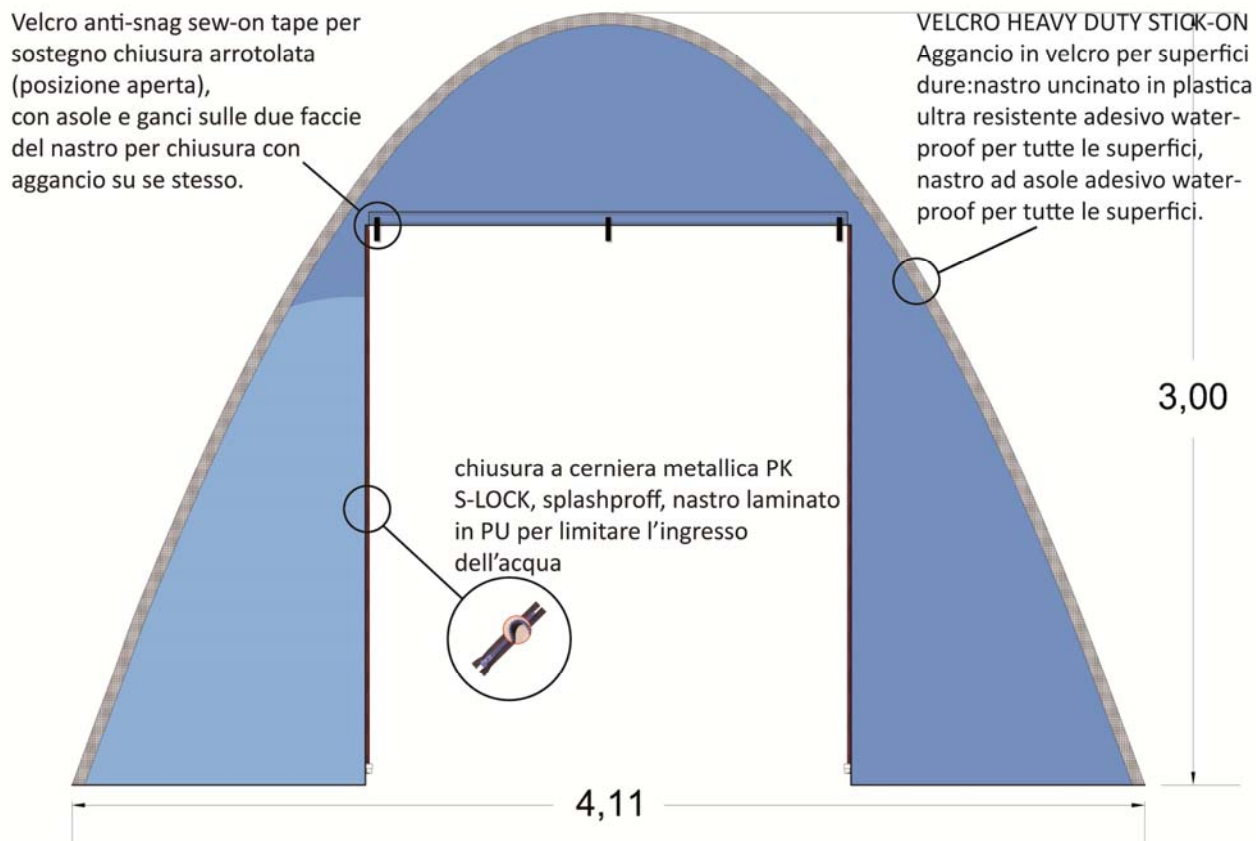
78 Dettagli chiusura frontale



### CHIUSURA FRONTALE- VISTA ESTERNA

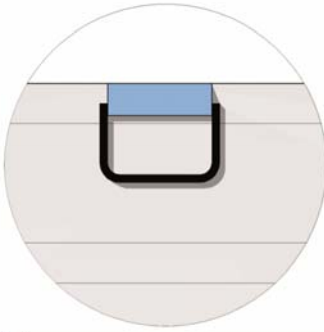


### CHIUSURA FRONTALE- VISTA INTERNA



## CHIUSURA INGRESSO TRASPARENTE - VISTA ESTERNA

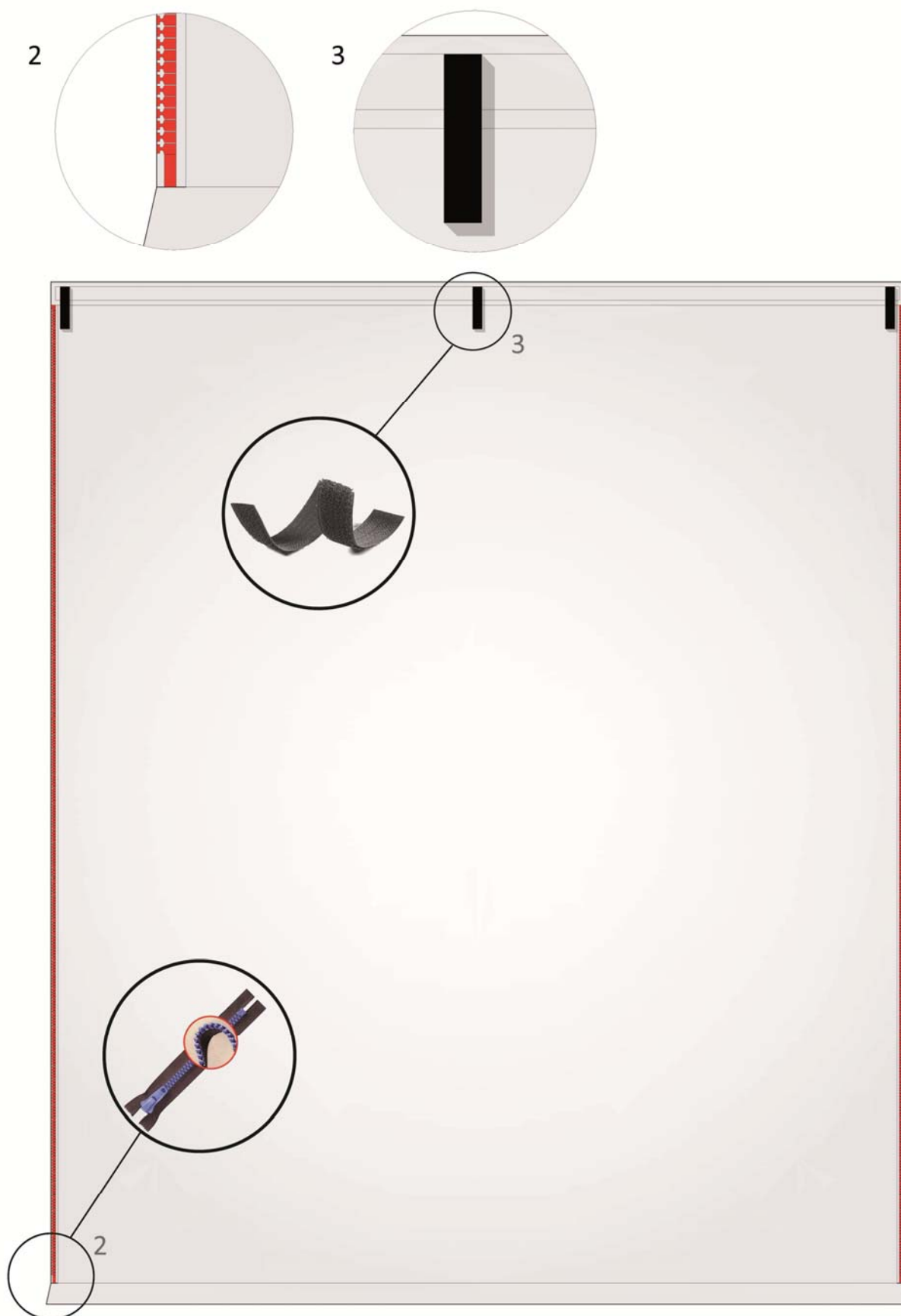
1



- 1 anello in plastica per aggancio nastro in Velcro per sostegno chiusura trasparente arrotolata (posizione aperta)
- 2 chiusura a cerniera metallica PK S-LOCK, splashproff, nastro laminato in PU per limitare l'ingresso dell'acqua
- 3 Velcro anti-snap sew-on tape per sostegno chiusura trasparente arrotolata (posizione aperta), con asole e ganci sulle due facce del nastro per chiusura con aggancio su se stesso.

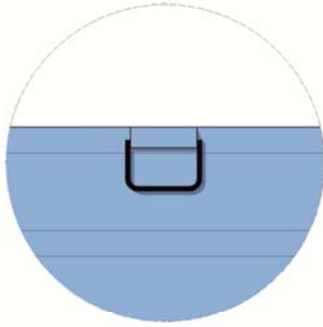


## CHIUSURA INGRESSO TRASPARENTE - VISTA INTERNA

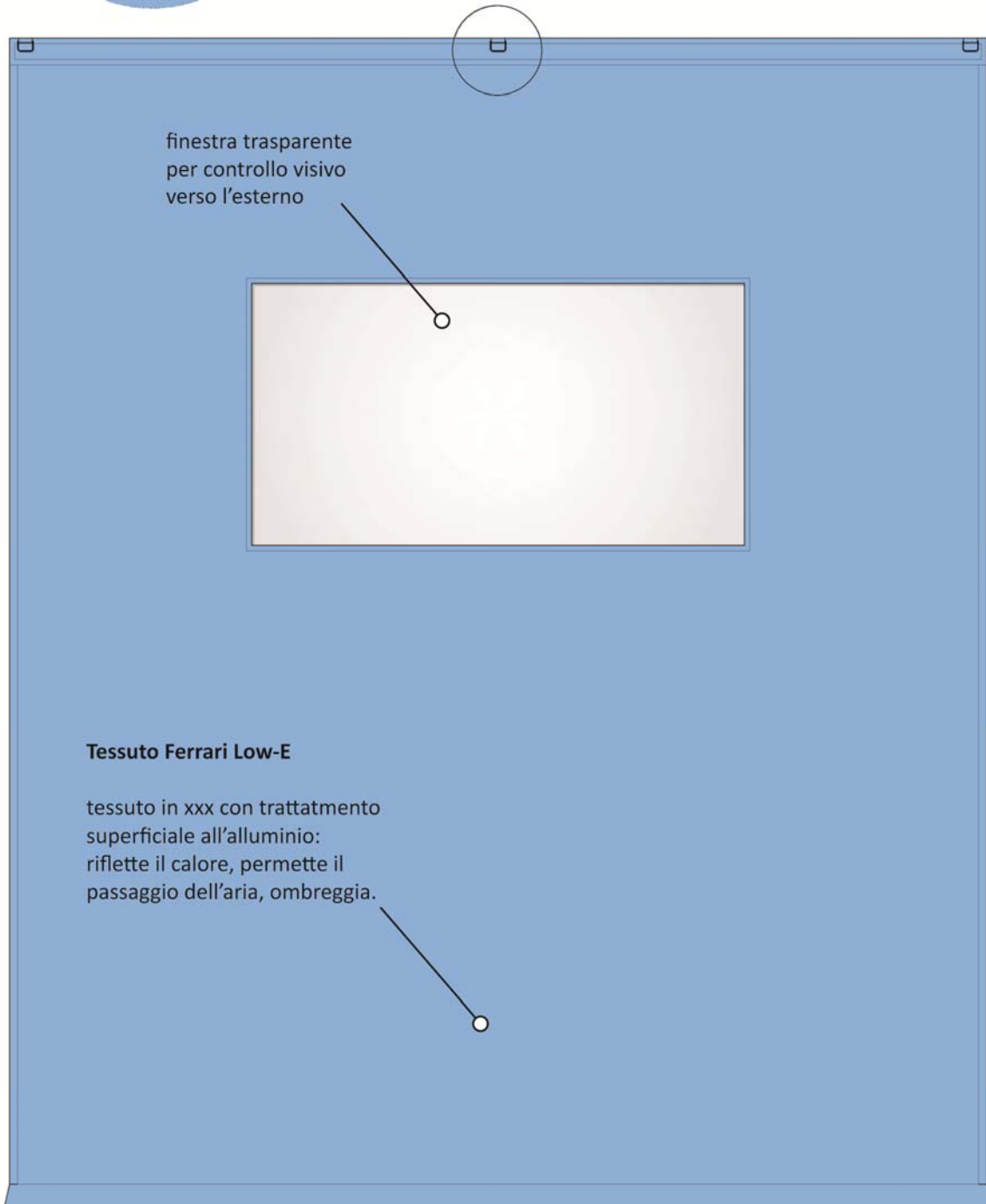


## CHIUSURA INGRESSO IN TESSUTO - VISTA ESTERNA

1



- 1 anello in plastica per aggancio nastro in Velcro per sostegno chiusura in tessuto arrotolata (ingresso aperto)
- 2 anello in plastica con nastro in velcro in posizione chiusa, sostegno del tessuto di oscuramento della finestra in posizione arrotolata
- 3 Velcro anti-snap sew-on tape per sostegno chiusura in tessuto arrotolata (ingresso aperto), con asole e ganci sulle due facce del nastro per chiusura con aggancio su se stesso.
- 4 chiusura a cerniera metallica PK S-LOCK, splashproff, nastro laminato in PU per limitare l'ingresso dell'acqua



finestra trasparente  
per controllo visivo  
verso l'esterno

### Tessuto Ferrari Low-E

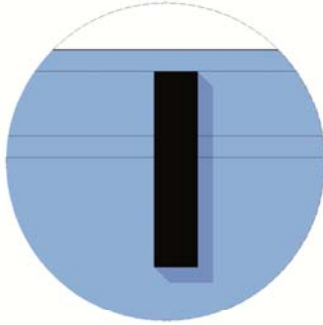
tessuto in xxx con trattamento  
superficiale all'alluminio:  
riflette il calore, permette il  
passaggio dell'aria, ombreggia.

## CHIUSURA INGRESSO IN TESSUTO - VISTA INTERNA

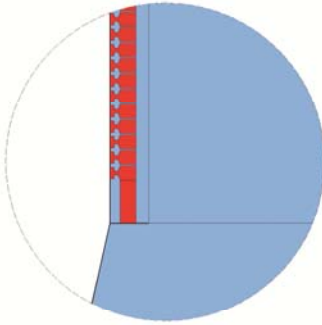
2



3



4

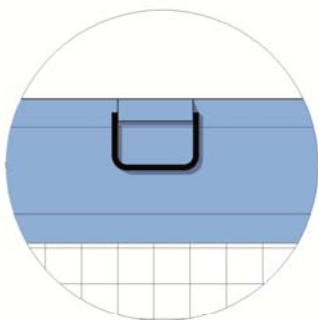


oscuramento in tessuto  
(posizione aperta  
arrotolata)

finestra trasparente  
per controllo visivo  
verso l'esterno

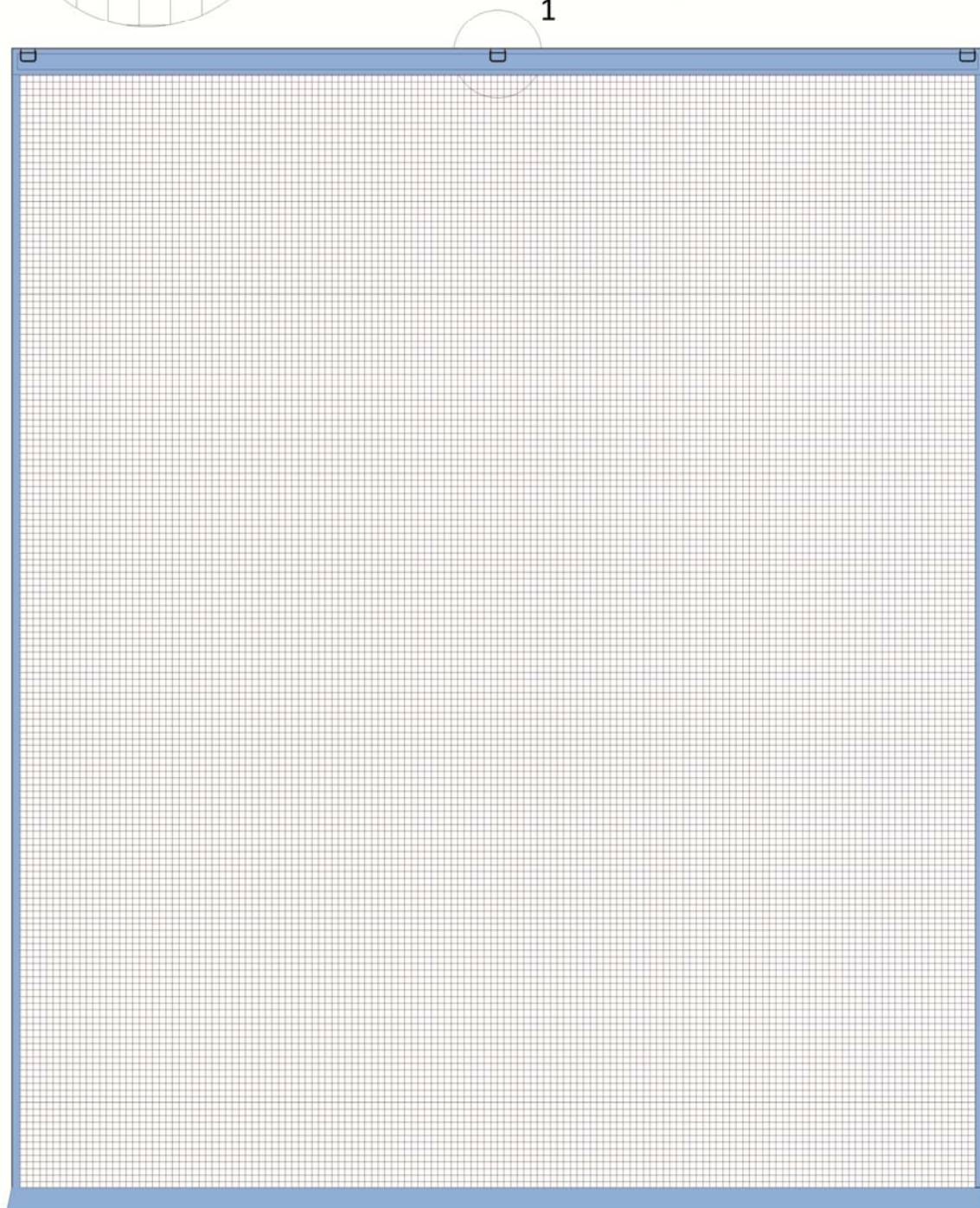
## CHIUSURA INGRESSO ZANZARIERA - VISTA ESTERNA

1

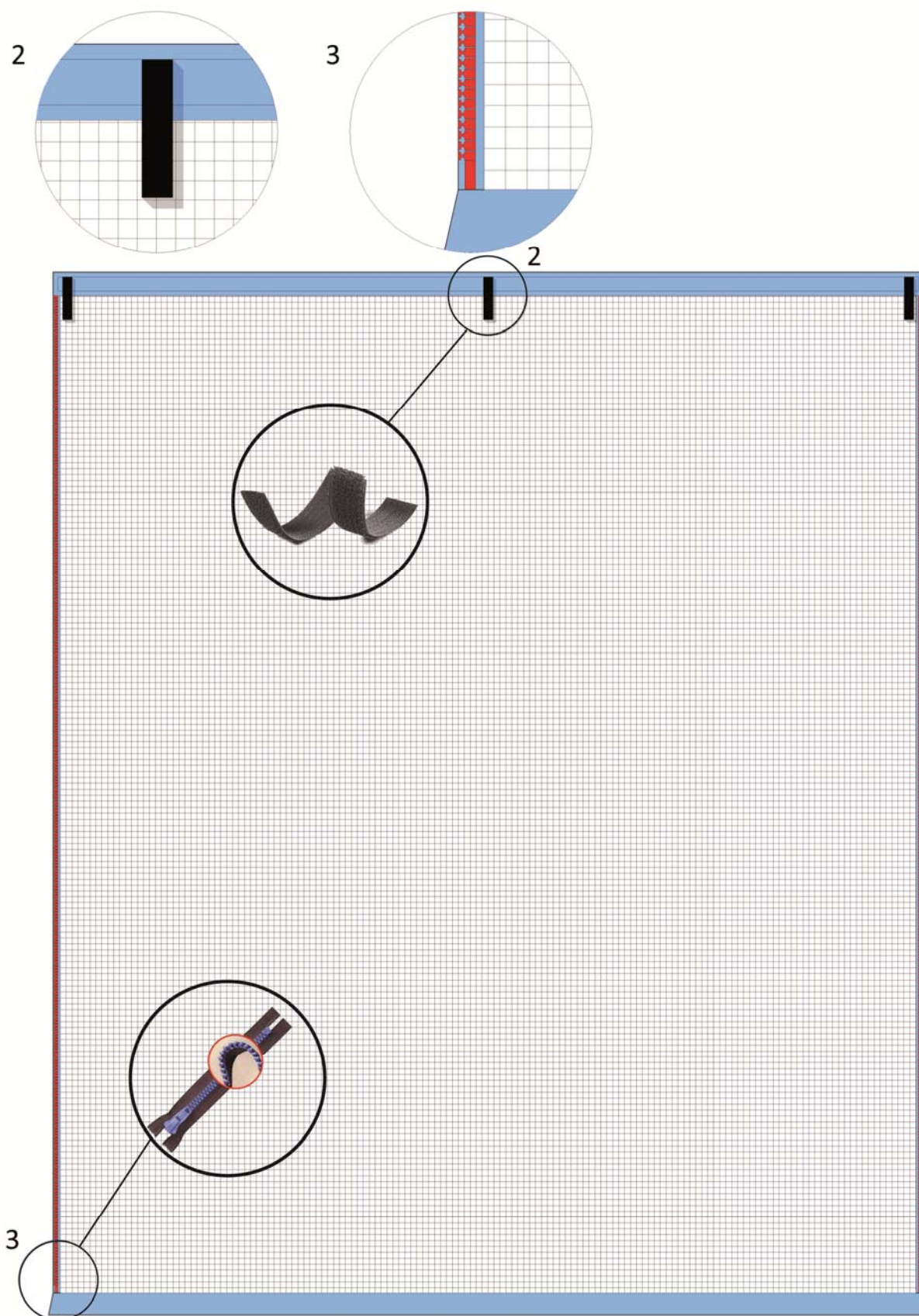


- 1 anello in plastica per aggancio nastro in Velcro per sostegno chiusura a zanzariera arrotolata (posizione aperta)
- 2 Velcro anti-snag sew-on tape per sostegno chiusura a zanzariera arrotolata (posizione aperta), con asole e ganci sulle due faccie del nastro per chiusura con aggancio su se stesso.
- 3 chiusura a cerniera metallica PK S-LOCK, splashproff, nastro laminato in PU per limitare l'ingresso dell'acqua

1



### CHIUSURA INGRESSO ZANZARIERA- VISTA INTERNA



### MANUTENZIONE

|              |              |         |
|--------------|--------------|---------|
| Adattabilità | Riparabilità | Pulizia |
|--------------|--------------|---------|



### DURABILITÀ

|                             |                                    |                     |                        |                                |   |                      |                      |                             |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| Resistenza ai diversi climi | Resistenza ai fenomeni atmosferici | Resistenza al fuoco | Resistenza ai raggi UV | Resistenza agli agenti chimici | Resistenza all'attacco di animali e insetti | Resistenza al taglio | Resistenza all'usura | Resistenza alla marcescenza |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------------|



### GESTIONE ENERGIA

|   |   |
|---|---|
| Allacciamento alla rete                         | Autoproduzione  |
| Predisposizione per il passaggio di tubi e cavi | Possibile in fase di progettazione integrandola alla membrana di chiusura |

### COMFORT

|          |   |  |   |  |           |
|----------|---|--|---|--|-----------|
| Acustica | Illuminazione                                   | Temperatura  | Ventilazione                                    | Umidità  | Tossicità |
|          |   |  |   |  |           |
|          | 4 m <sup>2</sup> di aperture alle due estremità | Manufatto isolato: conduttanza C=0,74 W/m <sup>2</sup> K | 4 m <sup>2</sup> di aperture alle due estremità | 4 m <sup>2</sup> di aperture alle due estremità; rivestimento interno anti-condensa in tessuto di cotone-modacrilico |           |

### ADATTABILITÀ CLIMATICA

|                            |                                    |   |   |
|----------------------------|------------------------------------|---|---|
| Implementazione isolamento | Implementazione ombreggiatura      | Implementazione areazione   | Resistenza all'acqua                          |
| Manufatto già isolato      | Possibile con struttura aggiuntiva | Possibilità di areazione attraverso gli ingressi alle due teste del manufatto o tramite rimozione completa dei due elementi di chiusura | Impermeabile, rialzato dal terreno (+ 4,5 cm) |

### ECOSOSTENIBILITÀ

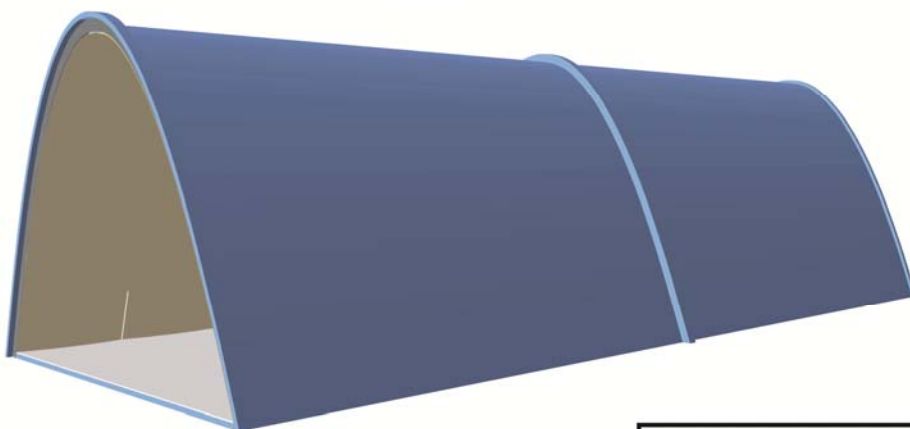
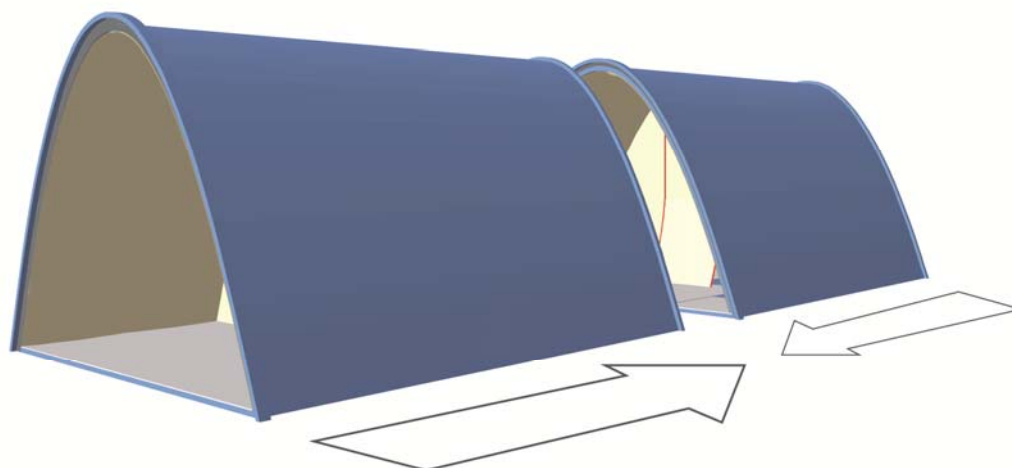
|              |             |               |   |                                      |
|--------------|-------------|---------------|---|--------------------------------------|
| Riparabilità | Riusabilità | Riciclabilità | Energia incorporata per 1 m <sup>2</sup> di superficie calpestabile | Energia incorporata totale manufatto |
|              |             |               | 2156 MJ/m <sup>2</sup>  | 43116 MJ                             |

### PERSONALIZZAZIONE

|   |  |   |
|---|--|---|
| Adattabilità  | Modularità   | Privacy   |
|   |  |   |
| Non ci sono elementi fissi interni o prospicienti gli ingressi. I divisori interni possono essere posizionati facilmente a piacere ad intervalli di 1 m. Le chiusure di testa possono essere rimosse. | Manufatto predisposto alla modularità: implementazione di moduli in serie. | Possibilità di divisori interni e schermatura delle aperture verso l'esterno. |

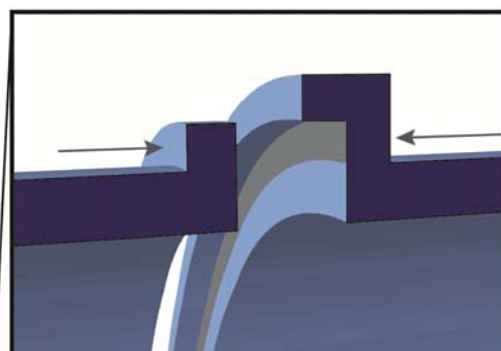


## UNIONE DI PIU' MODULI



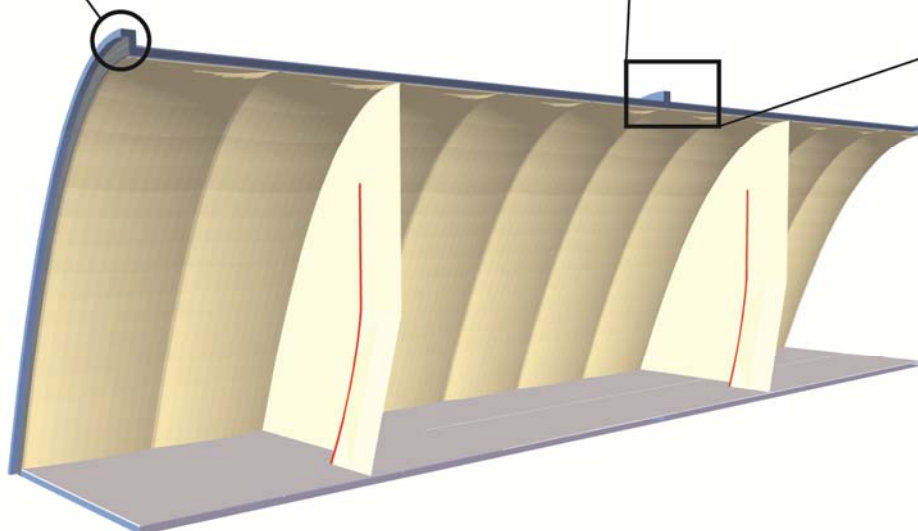
### VELCRO HEAVY DUTY STICK-ON

Aggancio in velcro per superfici dure:  
nastro uncinato in plastica ultra resistente  
adesivo waterproof per tutte le superfici,  
nastro ad asole adesivo waterproof  
per tutte le superfici.



### AGGANCI FRA MODULI

profilo anti pioggia  
con aggancio in  
Velcro heavy-duty  
stick-on



POSSIBILITA' DI PERSONALIZZAZIONE DELLO SPAZIO



81 Possibilità di personalizzazione

Alla fine di questo lavoro di tesi, è possibile trarre alcune conclusioni relative all'architettura per l'emergenza e alle tecnologie depressostatica e pressostatica.

A proposito dell'architettura per l'emergenza, si sottolinea come essa sia irrevocabilmente legata alla tipologia di gestione della situazione d'emergenza; ciò significa che il progetto del manufatto è legato ai requisiti a cui esso deve rispondere. La priorità di tali requisiti influenza la scelta formale, strutturale e materica del manufatto, in quanto la soddisfazione di alcuni di essi porta conseguentemente ad un conseguente comportamento di risposta del manufatto ad altri requisiti. Se questi comportamenti conseguenti l'uno all'altro siano positivi o negativi nel bilancio globale delle prestazioni del manufatto, dipende dalle scelte progettuali ed è questo controllo contemporaneo delle risposte ai requisiti la maggiore sfida per il progettista.

In riguardo alla tecnologia depressostatica strutturale, essa è stata studiata con l'idea che con la sua applicazione potesse risolvere i requisiti strutturali, di comfort e di trasportabilità (individuati come tre importanti requisiti a cui dare priorità). Essa si è rivelata, per l'ambito dell'architettura d'emergenza, carente nelle sue prestazioni di peso, volume e isolamento termico (legato proprio ai limiti di volume e peso).

Le sue caratteristiche vengono però ritenute interessanti per un'applicazione in cui peso e volume non sono caratteristiche imprescindibili del progetto. La possibilità di facile e libera formatura, adattabilità e uso "a vista" di materiali non tradizionalmente costruttivi, apre diverse possibilità di progettazione di manufatti e spazi.

L'uso della tecnologia depressostatica per creare spazi vuoti viene ritenuta interessante nella sua molteplice capacità compositiva, strutturale e di controllo delle condizioni termiche. Caratteristica tipica di questa tecnologia è il suo uso obbligatoriamente abbinato ad un'altra, che la completi nelle sue carenze e la cui applicazione sinergica ne esalti le proprietà. Viene quindi ritenuta una tecnologia valevole di ulteriori studi.

La tecnologia pressostatica strutturale e di tamponamento si è rivelata interessante e performante proprio nella sua doppia applicazione. Facendola lavorare insieme alla tecnologia depressostatica, esse permette di rispondere in modo adeguato a molti dei requisiti propri dell'architettura d'emergenza, migliorando le prestazioni di comfort, molto scarse nei manufatti oggi in uso.

La commistione delle tecnologie pressostatica e depressostatica si è rivelata funzionale sia strutturalmente sia nel controllo termico dell'ambiente interno. Il loro uso sinergico permette di limitare le carenze l'una dell'altra e ne migliora le loro prestazioni. Questo tipo di uso delle due tecnologie si è rivelato valevole di studio.

|  |     |
|--|-----|
| <b>1</b> Foto degli "angeli del fango" al lavoro .....   | 5   |
| <b>2</b> Gli attori della protezione civile in Italia .....  | 5   |
| <b>3</b> Schema dell'approccio multifase .....   | 7   |
| <b>4</b> Fase immediata dell'approccio multifase: tendopoli di Coppito (Abruzzo, aprile 2009).....   | 7   |
| <b>5</b> Fase temporanea dell'approccio multifase: moduli abitativi provvisori a Coppito (Abruzzo, giugno 2009).....   | 7   |
| <b>6</b> Fase permanente dell'approccio multifase: nuovi edifici a Pettino (Abruzzo, dicembre 2009) .....  | 7   |
| <b>7</b> Schema dell'approccio multifase c.a.s.e. ....   | 8   |
| <b>8</b> Fase immediata dell'approccio c.a.s.e.: tendopoli a Coppito (Abruzzo, aprile 2009).....   | 8   |
| <b>9</b> Fase definitiva dell'approccio c.a.s.e.: un nuovo edificio a Cese (Abruzzo, ottobre 2009).....  | 8   |
| <b>10</b> Schema dell'approccio incrementale .....   | 9   |
| <b>11</b> Schema dell'insediamento autogenerativo .....  | 11  |
| <b>12</b> Foto aerea della tendopoli di Coppito (Abruzzo, aprile 2009).....  | 14  |
| <b>13</b> Fotografia del campo MAP a Coppito (Abruzzo, 2009).....  | 16  |
| <b>14</b> Fotografia del campo MAP a Rocca di Cambio (Abruzzo, 2009).....  | 16  |
| <b>15</b> In Indonesia, una casa viene modificata per elevarsi ai nuovi standard anti tsunami dopo lo tsunami del 2004. .  | 17  |
| <b>16</b> Il Paper Partition System di Shigeru Ban: PPS1/2004, PPS2/2005, PPS3/2006 , PPS3/2006 i singoli componenti, PPS4/2011 in uso in una palestra di una scuola giapponese. (Fonte: <a href="http://www.shigerubanarchitects.com">www.shigerubanarchitects.com</a> )..... | 19  |
| <b>17</b> Trasporto a mano di una tenda della Protezione Civile .....  | 22  |
| <b>18</b> Tipi di chiusura (cerniera lampo, velcro, ad allacciamento, ad incastro).....  | 24  |
| <b>19</b> Da sinistra: film fotovoltaico arrotolabile R-14, film fotovoltaico piegabile USB+AA, presa USB del precedente (tutto PowerFilm).....  | 26  |
| <b>20</b> PowerShade (telo ombreggiante con film fotovoltaico integrato), marca PowerFilm.....   | 27  |
| <b>21</b> Accessori per l'illuminazione: lampada al neon e lampada 60 W (marca: Ferrino).....  | 27  |
| <b>22</b> Accessori per il riscaldamento e raffrescamento: stufetta a kerosene, radiatore elettrico, condizionatore/pompa di calore, generatore d'aria calda (marca: Ferrino) .....  | 28  |
| <b>23</b> Schema quantitativo sulla distribuzione di teloni plastici ad Haiti (Fonte: IASC) .....  | 33  |
| <b>24</b> Moduli di connessione nelle tende Montana FR della Protezione Civile.....  | 34  |
| <b>25</b> Modello di camera isoterma Ferrino.....  | 102 |
| <b>26</b> Schema esemplificativo di air-supported e air-inflated structures.....   | 106 |
| <b>27</b> Schema strutturale di una air-supported structure .....  | 107 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>28</b> Schema strutturale di un'air-inflated structure.....  | 108 |
| <b>29</b> Trasmissione termica in una struttura massiccia (prima fig. a sinistra) e nei cuscini pneumatici al variare delle condizioni ambientali (successive tre fig.) (Fonte: "Atlante delle materie plastiche") .....  | 118 |
| <b>30</b> Manufatto depressostatico strutturale: arco autoportante riempito di palline di poliestere, ILEK Vacuumatics Workshop 2005 . Fonte: ILEK.....   | 121 |
| <b>31</b> Manufatto di tamponamento vacuo: Stand Mero, Werner Sobek, 2002. Fonte: Detail 10/2007 "Materiali traslucenti", articolo "Vacuumatics – Deflated forms of construction" .....   | 121 |
| <b>32</b> Manufatto depressostatico di tamponamento abbinato a materiale isolante: paglia, tappi di sughero, vermiculite (ILEK, 2005) Fonte: Detail 10/2007 "Materiali traslucenti", articolo "Vacuumatics – Deflated forms of construction" .....  | 122 |
| <b>33</b> Una semplice struttura vacuumatics provata da Frank Huijben (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007) <b>34</b> Una struttura fine vacuumatics provata da Frank Huijben (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007).....  | 123 |
| <b>35</b> Cambiamenti di forma (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007).....   | 123 |
| <b>36</b> Fre-form design. Fonte: F. Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture" .....  | 123 |
| <b>37</b> Riempimenti diversi. Fonte: F. Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture" .....  | 124 |
| <b>38</b> Controllo della forma nella la fase plastica (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse, "Vacuumatics 3d-Formwork Systems: Customised Free-Form Solidification", 2009).....  | 124 |
| <b>39</b> Controllo della forma tramite casseforme (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse, "Vacuumatics 3d-Formwork Systems: Customised Free-Form Solidification", 2009).....  | 125 |
| <b>40</b> Texture sul manufatto depressostatico (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics shaping space by freezing the geometry of structures", 2007).....  | 125 |
| <b>41</b> Macro texturizzazione. Fonte: Frank Uijben, presentazione alla conferenza IVIS 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture" .....   | 126 |
| <b>42</b> Free form shaping e texturizzazione di un elemento in cemento. Fonte: Frank Uijben, presentazione per la conferenza IVIS del 2009 di "Vacuumatics 3D formwork system. Fre-formed concrete architecture" .....   | 126 |
| <b>43</b> Creazione di un arco in cemento tramite modellazione libera della struttura depressostatica ed impressione superficiale di una scritta tramite lettere in cartone applicate all'interno dell'involucro. In ordine: modellazione depressostatica della cassaforma, particolare della texture risultante sul cemento, elemento in cemento senza cassaforma. (Fonte: F. Huijben, F. van Herwinjnen, R. Nijesse , "Structural Morphology of Vacuumatics 3D Formwork Systems: Constructing Thin Concrete Shells with 'Nothing", 2012.) ..... | 127 |
| <b>44</b> Schema dei parametri (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007)..  | 128 |
| <b>45</b> Forze di pre-stress (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007).....  | 129 |
| <b>46</b> Parametri di configurazione (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007).....  | 130 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>47</b> Riorganizzazione degli elementi di riempimento al cambiamento di forma (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatic Prestressed Flexible Architectural Structures", 2007) .....                | 130 |
| <b>48</b> Valvola "364000 1/4" Threaded Probe" di Thor Technologies .....   | 130 |
| <b>49</b> Prove su semplici strutture depressostatiche autoapprontabili (Fonte: F. Huijben, "Vacuumatics", 2009) .....  | 136 |
| <b>50</b> Autoapprontabilità di un prototipo con cartoni delle uova e palline plastiche (Fonte di questa e tutte le immagini seguenti: vedi bibliografia "A Deflatable Architecture") ..... | 136 |
| <b>51</b> Autoapprontabilità di un manufatto depressostatico a pannelli.....  | 137 |
| <b>52</b> Variazioni di curvatura in relazione alla variazione della distribuzione dei pieni e dei vuoti .....  | 137 |
| <b>53</b> Variazioni nel raggio di curvatura in relazione alle variazioni dimensionali degli elementi di riempimento .....  | 137 |
| <b>54</b> Prova di resistenza di un elemento depressostatico strutturale autoapprontato .....   | 138 |
| <b>55</b> Variazioni di sezione in relazione alla variazione geometrica degli elementi.....   | 138 |
| <b>56</b> VIP con stratigrafia esposta.....   | 139 |
| <b>57</b> Particolare della struttura portante interna di una parete vacua (Stand Mero) .....   | 140 |
| <b>58</b> parete vacua con struttura portante interna visibile (Stand Mero) .....   | 140 |
| <b>59</b> Pannello di isolamento vacuo con struttura portante polimerica pressostatica (Mendi Yaganeh) .....  | 140 |
| <b>60</b> Schema funzionamento di una pompa a vuoto rotativa .....  | 146 |
| <b>61</b> Polimeri: catene molecolari e reticolati (Fonte: Knippers, "Atlante delle materie plastiche").....  | 147 |
| <b>62</b> Progetto: tipi di riempimento granulari studiati .....  | 156 |
| <b>63</b> Geometria degli spazi vuoti e della membrana di chiusura in una struttura depressurizzata (Fonte: Frank Huijben).....   | 157 |
| <b>64</b> Stadi di progetto della struttura di ricovero .....   | 169 |
| <b>65</b> Analisi geometrica dell'arco parabolico .....   | 174 |
| <b>66</b> Sviluppo 3D del guscio dato dalla traslazione dell'arco parabolico .....  | 175 |
| <b>67</b> Il manufatto di progetto.....   | 177 |
| <b>68</b> Valvole di gonfiaggio e aspirazione dell'aria per ogni sezione indipendente del manufatto .....   | 178 |
| <b>69</b> Sezione quotata della stratigrafia .....  | 179 |
| <b>70</b> Vista frontale della stratigrafia.....  | 179 |
| <b>71</b> Pianta della distribuzione delle bolle nei diversi piani della stratigrafia.....  | 179 |
| <b>72</b> Pianta delle bolle e della canaline di collegamento per il gonfiaggio .....   | 179 |
| <b>73</b> Particolare della stratigrafia approntata con le valvole di gonfiaggio e sgonfiaggio.....   | 179 |
| <b>74</b> Schema delle parti interne del manufatto .....  | 180 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 75 | Montaggio rivestimento interno e pavimentazione tramite Velcro, su chiusura esterna .....                       | 181 |
| 76 | Montaggio divisorio interno in tessuto di cotone-modacrilico tramite Velcro, su camera interna in tessuto ..... | 181 |
| 77 | Montaggio chiusura frontale tramite Velcro .....  | 182 |
| 78 | Dettagli chiusura frontale .....  | 183 |
| 79 | Chiusura frontale e i tre diversi elementi di ingresso.....   | 184 |
| 80 | Unione di più moduli abitativi, particolare dell'aggancio in Velcro.....  | 192 |
| 81 | Possibilità di personalizzazione .....  | 193 |

## 8 INDICE DELLE TABELLE

|                   |   |     |
|-------------------|---|-----|
| <b>Tabella 1</b>  | Sostenibilità ambientale: tabella di comparazione fra i principali materiali dei casi studio per l'emergenza .....                      | 32  |
| <b>Tabella 2</b>  | Caratteristiche dei tipi di tenda delle Nazioni Unite.....  | 38  |
| <b>Tabella 3</b>  | Sintesi delle caratteristiche delle tende in uso dai corpi di soccorso .....  | 90  |
| <b>Tabella 4</b>  | Sintesi delle caratteristiche delle tende per le emergenze proposte dai produttori .....  | 92  |
| <b>Tabella 5</b>  | Sintesi delle caratteristiche degli altri tipi di rifugio/ abitazione/ spazi .....  | 95  |
| <b>Tabella 6</b>  | Manufatti: tabella comparativa delle caratteristiche delle tecnologie della struttura portante .....                                    | 98  |
| <b>Tabella 7</b>  | Manufatti: sintesi qualitativa delle tecnologie per la struttura portante .....   | 99  |
| <b>Tabella 8</b>  | Calcolo delle caratteristiche termiche della camera isoterma Ferrino.....   | 102 |
| <b>Tabella 9</b>  | Calcolo dei valori minimi di riferimento per la performance termica di progetto .....   | 102 |
| <b>Tabella 10</b> | Confronto dell'energia incorporata e della CO2 incorporata fra i materiali usati nei manufatti per l'emergenza .....                    | 103 |
| <b>Tabella 11</b> | Comparazione fra le energie incorporate nei diversi casi studio .....   | 103 |
| <b>Tabella 12</b> | Spessore di isolamento di un pannello sottovuoto rispetto ad altri materiali in relazione al valore U (Fonte: IVIS) .....               | 139 |
| <b>Tabella 13</b> | Principali caratteristiche dei polimeri (Fonte: Knippers, "Atlante delle materie plastiche") .....                                      | 149 |
| <b>Tabella 14</b> | Caratteristiche delle principali pellicole polimeriche usate in architettura (Fonte: Knippers, "Atlante delle materie plastiche") ..... | 150 |
| <b>Tabella 15</b> | Caratteristiche delle principali membrane usate in architettura (Fonte: Knippers, "Atlante delle materie plastiche").....               | 151 |
| <b>Tabella 16</b> | Studio qualitativo delle stratigrafie per diversi tipi di riempimento granulare.....  | 158 |
| <b>Tabella 17</b> | Classifica qualitativa delle caratteristiche delle diverse stratigrafie secondo i materiali di riempimento granulari.....               | 160 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabella 18</b> Classifica qualitativa delle caratteristiche delle opzioni progettuali con materiali granulari rispetto a quelle dei casi studio per l'emergenza.....                   | 160 |
| <b>Tabella 19</b> Studio qualitativo delle stratigrafie per diversi tipi di isolamento a pannello .....   | 162 |
| <b>Tabella 20</b> Classifica qualitativa delle caratteristiche delle diverse stratigrafie secondo i materiali dei pannelli isolanti .....   | 164 |
| <b>Tabella 21</b> Classifica qualitativa delle caratteristiche delle opzioni progettuali di pannelli isolanti di diverso materiale rispetto a quelle dei casi studio per l'emergenza..... | 164 |
| <b>Tabella 22</b> Valvola di tenuta all'aria .....  | 168 |
| <b>Tabella 23</b> Pompa a vuoto .....   | 168 |
| <b>Tabella 24</b> Calcolo del peso proprio della stratigrafia di progetto .....   | 175 |



## PARTE I – L'EMERGENZA

## MONOGRAFIE

1. Nicola Flora (a cura di), *“Per un abitare mobile”*, Quodlibet, Macerata, 2011.
2. Philip Jodidio, *“Temporary Architecture now!”*, Taschen, Colonia, 2011.
3. Clara Masotti, *“Manuale di architettura di emergenza e temporanea : soluzioni per l'edilizia temporanea, nomade ed estrema”*, Sistemi Editoriali, Napoli, 2010
4. Shigeru Ban + Keio University SFC Ban Laboratory, *“Voluntary Architects’ Network. Making architecture, nurturing people: from Rwanda to Haiti.”*, INAX, Tokyo, 2010.
5. Andrea Campioli (a cura di), *“Progettare oltre l'emergenza. Spazi e tecniche per l'abitare temporaneo.”*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2009.
6. Robert Kronenburg. - Basel , *“Portable architecture : design and technology”*, Birkhäuser, 2008.
7. Tiziana Firrone, *“Sistemi abitativi di permanenza temporanea”*, Aracne, Roma, 2007.
8. Alejandro Bahamòn, *“The magic of tents: transforming space.”*, Harper design international, New York, 2004.
9. Alessandra Zanelli, *“Trasportabile trasformabile: idee e tecniche per architetture in movimento”*, CLUP, 2003.
10. Claudio Claudi de Saint Mihiel (a cura di), *“Strategie integrate per la progettazione e produzione di strutture temporanee per le emergenze insediative”*, Clean edizioni, Napoli, 2003.
11. Robert Kronenburg, *“Transportable Environments 2. Theory, context design and technologies”*, Spon press, London, 2003.

## PUBBLICAZIONI

12. Autori vari, *“Transitional shelter guidelines”*, Shelter Centre, 2012.
13. Mario C. Flores, *“Disaster Response Shelter Catalogue”*, Habitat for Humanity International, 2012.
14. Dipartimento della Protezione Civile, *“Gara per la manutenzione straordinaria delle tende pneumatiche PC/07-042 e TMM e delle tende da campo autostabili”*, 2009.
15. United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), *“Handbook for Emergencies”*, 2007
16. Emergency Shelter Cluster, *“Technical Guidelines For Winterization Strategy”*, 2005
17. IASC Inter-Agency Standing Committee Haiti Shelter Cluster, *“Reuse, Recycle And Disposal Of Emergency Plastic Sheets”*, 2005
18. Office for the Coordination of the Humanitarian Affairs – United Nations, *“Tents. A guide to the use and the logistics of family tents in humanitarian relief.”*, 2004
19. Melita Ricciardi, *“Caratteristiche ed aspetti psicologici della comunicazione in emergenza”*, tratto da “Atti della 2a Conferenza Organizzativa Regionale della Protezione Civile e del Volontariato indetta dal Presidente della Regione Siciliana”, Palermo, 2003
20. Detail 6/2008 *“Facile da costruire”*, articolo *“Desert Seal Tent”*.
21. Detail 10/2007 *“Materiali traslucenti”*, articolo *“Vacuumatics – Deflated forms of construction”*

22. [www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it)  
Sito del Dipartimento della Protezione Civile italiana.
23. [www.icrc.org](http://www.icrc.org)  
Sito del comitato internazionale della Croce Rossa, con distribuzione digitale di pubblicazioni.
24. [www.hrdlab.eu](http://www.hrdlab.eu)  
Sito della UNHRD (United Nations Humanitarian Response Depot), la Base di Pronto Intervento Umanitario delle Nazioni Unite, in grado di inviare ovunque aiuti di prima necessità entro 24-48 ore, fornisce servizi alle Agenzie delle Nazioni Unite, Organizzazioni Umanitarie Internazionali, Organizzazioni Governative e non Governative (Ong) aventi l'obiettivo comune di prestare assistenza umanitaria alle popolazioni colpite da calamità naturali o da emergenze complesse. È gestita dal World Food Program (WFP).
25. [www.sheltercentre.org](http://www.sheltercentre.org)  
Organizzazione non governativa con sede in Svizzera che supporta il settore delle operazioni umanitarie che si occupano di insediamenti d'emergenza e ricostruzione per le popolazioni colpite da calamità, dalla prima emergenza al ritorno alla normalità. Distribuisce online pubblicazioni sul tema di varie organizzazioni internazionali.
26. [www.hexayurt.com/](http://www.hexayurt.com/)  
"The Hexayurt Project: Free Hardware housing for the world. Anyone can turn standard industrial materials into zero-waste debt-free housing."
27. [www.shelterbox.org](http://www.shelterbox.org)  
Organizzazione no-profit internazionale dedita alla distribuzione alle famiglie di kit base ("Shelter box") per il ricovero in situazioni d'emergenza
28. [www.shigerubanarchitects.com](http://www.shigerubanarchitects.com)  
Sito dell'architetto Shigeru Ban e associati, con pubblicazione di foto dei propri progetti per l'emergenza.
29. [www.ferrino.it](http://www.ferrino.it)                      Fornitori di tende per la Protezione Civile italiana, la Croce Rossa italiana, e le Nazioni Unite
30. [www.rofi.no](http://www.rofi.no)                              Fornitori di tende delle Nazioni Unite
31. [www.vango.co.uk](http://www.vango.co.uk)                        Fornitori di tende per l'organizzazione Shelter Box
32. [www.eurovinil.it](http://www.eurovinil.it)                        Fornitori di tende pneumatiche
33. [www.powerfilmsolar.com](http://www.powerfilmsolar.com)              Fornitori di pannelli fotovoltaici thin film, integrabili in tessuti, pieghevoli

MONOGRAFIE

---

34. Knippers-Cremers-Gabler-Lienhard, *“Construction manual for polymers + membranes”*, Birkhauser–Edition Detail, Monaco, 2011.
35. Bjorn N. Sandaker - Arne P. Eggen - Mark R. Cruvellier, *“The structural basis of architecture”*, Routledge, London – New York, 2011.
36. Steven V. Szokolay, *“Introduzione alla progettazione sostenibile”*, Hoepli, Milano, 2004
37. Daniel L. Schodek, *“Strutture”*, Pàtron Editore, Bologna, 2004.

PUBBLICAZIONI E TESI

---

38. Huijben, F.- Herwijnen, F. van - Nijse, R. , *“Structural Morphology of VACUUMATICS 3D Formwork Systems: Constructing Thin Concrete Shells with ‘Nothing’ ”*, ICFF, giugno 2012
39. Federica Capodarte, Poonam Sardesai, Riddih Parakh, Takbifi Fatima, *“A Deflatable Architecture”*, MArch thesis from the Design Research Lab, Architectural Association, London, 2011
40. Mehdi Yeganeh, *“Vacuum Thermal Insulation with Inflatable Load-Carrying Structure”*, United States Patent n° US 7968160 B2, 28 giugno 2011
41. Huijben, F.- Herwijnen, F. van - Nijse, R. , *“Concrete Shell Structures Revisited: Introducing A New ‘Low-Tech’ Construction Method Using Vacuumatics Formwork”*, International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural Membranes, 2011
42. Huijben, F.- Herwijnen, F. van - Nijse, R. , *“Discrete Element Modelling of vacuumatics”*, IABE-ASS 2011
43. Huijben, F.- Herwijnen, F. van - Nijse, R. , *“Vacuumatics 3D formwork systems: customized free-form solidification”*, International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural Membranes, 2009
44. Mendi Yeganeh, *“A Vacuum thermal insulation structurally stiffened by pressurized air”*, International Vacuum Insulation Symposium, Londra, Regno Unito, 2009.
45. Detail 6/2008 *“Facile da costruire”*, articolo *“Desert Seal Tent”*.
46. Huijben, F., Herwijnen, F. van, *“Vacuumatics: vacuumatically prestressed (adaptable) structures”*, 6th International Conference on Computation of Shell & Spatial Structures, IASS-IACM 2008: Spanning Nano to Mega, Ithaca NY (USA), 2008
47. Huijben F., *“VACUUMATICS vacuumatically pre-stressed reconfigurable architectural structures”*, master thesis, Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi, febbraio 2008
48. Huijben, F., Herwijnen, F. van, Lindner, G, *“Vacuumatic pre-stressed flexible architectural structures”*, III International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural Membranes 2007, Barcelona (ESP), 2007
49. Huijben, F., Herwijnen, F. van, *“Vacuumatics; shaping space by ‘freezing’ the geometry of structures”*, International Conference on Tectonics, Tectonics: Making Meaning 2007, Eindhoven University of Technology, Eindhoven (NLD), 2007
50. Detail 10/2007 *“Materiali traslucenti”*, articolo *“Vacuumatics – Deflated forms of construction”*

51. [www.ivisnet.org](http://www.ivisnet.org)  
Sito dell' IVIS (International Vacuumatics Insulation Symposium), con le pubblicazioni delle conferenze.
52. [www.uni-stuttgart.de/ilek/](http://www.uni-stuttgart.de/ilek/)  
Sito dell'università di Stoccarda, Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design (ILEK).
53. [www.architetturatessile.polimi.it/membrane\\_scocche/index.html](http://www.architetturatessile.polimi.it/membrane_scocche/index.html)  
Sito del Politecnico di Milano, riguardante l'architettura tessile, progettare e costruire con membrane e scocche.
54. <http://www.materieplastiche.eu/>  
E' possibile trovare specifiche sulle barre, tubi, piastre di materiale plastico ed informazioni di carattere tecnico sulla plastica.
55. [www.frankhuijben.nl/](http://www.frankhuijben.nl/)  
Sito di Frank Huijben, ricercatore sul tema del sottovuoto strutturale.
56. <http://issuu.com/talkthetalk/docs/psineu>  
Versione online della tesi di Laurea in architettura di Federica Capodarte, Poonam Sardesai, Riddih Parakh e Takbifi Fatima, sul tema del sottovuoto strutturale
57. [www.wernersobek.de](http://www.wernersobek.de)  
Sito degli architetti Werner Sobek, progettisti dello stand Mero.

Si faccia riferimento alla bibliografia della Parte II, a cui si integrino i seguenti riferimenti.

#### SITOGRAFIA

---

58. [www.atex-membranes.com](http://www.atex-membranes.com)

Fornitore di membrane polimeriche.

59. [www.liapor.com](http://www.liapor.com)

Fornitore di argilla espansa granulare.

60. [www.plastifoam.it](http://www.plastifoam.it)

61. [www.indexspa.it](http://www.indexspa.it)

Fornitore di prodotti fono e termo isolanti.

62. [www.torrtech.com](http://www.torrtech.com)

Produttore di valvole e pompe per le tecnologie ad aria.

63. <http://www.velcro.co.uk/>

Fornitori di Velcro.

64. <http://www.teijindupontfilms.jp>

Fornitori della pellicola in polietilene Mylar

In questa appendice sono raccolte le schede tecniche di alcuni dei casi studio degli accessori e dei manufatti per l'emergenza. Le seguenti schede sono fornite sia dai produttori che dalle organizzazioni che usano tali prodotti; il loro contenuto è quindi vario comprendendo informazioni sui materiali, sul montaggio e smontaggio, sull'immagazzinamento e sulla trasportabilità.

Manufatti accessori:

- Pannelli fotovoltaici thin-film arrotolabili (Produttore: PowerFilm Solar)
- Pannelli fotovoltaici thin-film pieghevoli (Produttore: PowerFilm Solar)
- Pannelli fotovoltaici thin-film USB+AA pieghevoli (Produttore: PowerFilm Solar)
- PowerShade (Produttore: PowerFilm Solar)

Manufatti di rifugio e abitazione:

- Tenda autostabile della Protezione Civile: tenda Montana 19 FR (m 5.10x3.9) (Produttore: Ferrino)
- Camera isotermica e telo ombreggiante per tende Montana (Produttore: Ferrino)
- Tenda pneumatica della Protezione Civile: Montana Pneu-Tex FR 3 archi (Produttore: Ferrino)
- Accessori di pavimentazione (Produttore: Ferrino)
- Sistemi di riscaldamento (Produttore: Ferrino)
- Impianto di illuminazione (Produttore: Ferrino)
- Tenda Gammax per clima caldo delle Nazioni Unite: WMS Code B27163102 (Produttore: Rofi)
- Tenda Gammax per clima freddo delle Nazioni Unite: WMS Code B27163201 (Produttore: Rofi)
- Tenda Ferrino per clima freddo delle Nazioni Unite: WMS Code B27163202 (Produttore: Ferrino)
- Tenda a tunnel Ferrino delle Nazioni Unite "Lightweight Emergency Tent" (Produttore: Ferrino)
- Tenda modulare rapida (Produttore: Ferrino)
- Tenda MV 6x6 FR – montaggio veloce (Produttore: Ferrino)
- Tabella prodotti (Produttore: Ferrino)
- Tenda Self-erecting TPSE-07 (Produttore: Eurovinil s.p.a.)
- Tenda Autogonfiabile Pronto Impiego: Tenda EV/07 (Produttore: Eurovinil s.p.a.)
- Pannelli per Hexayurt (pannelli isolanti Tuff-R, produttore: Dow)

**ROLLABLE LINE**

**Rollable Chargers (4 sizes available\*)**

Built with the same solar technology that goes into every PowerFilm solar module, the Rollable Solar Charger line is extremely durable, lightweight, and easily integrated to provide power for a number of charging applications.

- ✓ **PERFORMS EVEN IN LOW LIGHT** PowerFilm Solar chargers have been designed to absorb light even during low light conditions. The panel is able to charge for more hours per day than competing technologies
- ✓ **WATERPROOF** A perfect solar solution for wet and water-logged environments, PowerFilm Rollable Solar Chargers are fully waterproof and constructed with marine grade connectors to provide a portable solar solution for marine environments
- ✓ **EXTREME DURABILITY** PowerFilm Rollable Solar Chargers resist point damage extremely well, resulting in a charger that still functions, with minimal loss of output, even after being subjected to puncturing (*note: puncturing will affect the ability of the solar panel to repel water*)



*What can I use this for?*  
 SAFE Battery Charging  
 Camping  
 Trolling Motor  
 Trickle-charging a Boat Battery  
 ...And more!



| Wattage:             | 7               | 14              | 21              | 28              |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Operating Voltage:   | 15.4            | 15.4            | 15.4            | 15.4            |
| Rolled Dimensions:   | 4" dia. x 14.5" | 4" dia. x 14.5" | 4" dia. x 14.5" | 4" dia. x 14.5" |
| Unrolled Dimensions: | 14.5" x 23"     | 14.5" x 42"     | 14.5" x 60.75"  | 14.5" x 79.75"  |
| Weight:              | 0.59 lbs.       | 0.98 lbs.       | 1.42 lbs.       | 1.8 lbs.        |
| Size of Electronics: | Small           | Small - Medium  | Small - Large   | Large           |

Includes: RA-2 and RA-11



\*Also available: Rollable "Classic" Models (5, 10 and 20 Watt). Visit our website for more information. [www.powerfilmsolar.com](http://www.powerfilmsolar.com)

**FOLDABLE LINE**

**Foldable Chargers**

PowerFilm Foldable Chargers come in a wide range of power output configurations and are virtually unlimited in application.

- ✓ **PERFORMS EVEN IN LOW LIGHT** PowerFilm Foldable Solar Chargers have been designed to absorb light even during low light conditions. The panel is able to charge for more hours per day than competing technologies
- ✓ **EXTREME DURABILITY** PowerFilm Foldable Solar Chargers resist point damage extremely well, resulting in a charger that still functions, with minimal loss of output, even after being subjected to puncturing
- ✓ **INSTANT POWER** PowerFilm Foldable Solar Chargers DO NOT require any sun-soaking prior to use
- ✓ **ALL FOLDABLE PRODUCTS ARE AVAILABLE IN THE FOLLOWING FABRICS:**



Includes: RA-2



*The foldable line of solar chargers is designed to be used primarily in dry environments. Although the panel CAN get wet, prolonged exposure to moisture can affect performance and the panel should be fully dry prior to use after exposure to wet conditions. For solar power in wet environments, consider using the fully weatherproof Rollable Solar Charger line.*



|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| <b>F15-300N Wattage:</b> | <b>5</b>          |
| Operating Voltage:       | 15.4              |
| Folded Dimensions:       | 3.3" x 10.5" x 1" |
| Unfolded Dimensions:     | 10.5" x 24.4"     |
| Weight:                  | 0.45 lbs.         |
| Size of Electronics:     | Small             |



|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| <b>F15-450N Wattage:</b> | <b>7.5</b>          |
| Operating Voltage:       | 15.4                |
| Folded Dimensions:       | 3.5" x 10.5" x 1.5" |
| Unfolded Dimensions:     | 10.5" x 35"         |
| Weight:                  | 0.6 lbs.            |
| Size of Electronics:     | Small               |



|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| <b>F15-600 Wattage:</b> | <b>10</b>           |
| Operating Voltage:      | 15.4                |
| Folded Dimensions:      | 3.5" x 10.5" x 1.3" |
| Unfolded Dimensions:    | 21" x 23.7"         |
| Weight:                 | 0.73 lbs.           |
| Size of Electronics:    | Small - Medium      |



|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| <b>F15-1200 Wattage:</b> | <b>20</b>       |
| Operating Voltage:       | 15.4            |
| Folded Dimensions:       | 6.5" x 11" x 1" |
| Unfolded Dimensions:     | 31.7" x 30"     |
| Weight:                  | 1.27 lbs.       |
| Size of Electronics:     | Small - Large   |



|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| <b>F16-1800 Wattage:</b> | <b>30</b>       |
| Operating Voltage:       | 15.4            |
| Folded Dimensions:       | 9.5" x 11" x 1" |
| Unfolded Dimensions:     | 31.7" x 41.3"   |
| Weight:                  | 1.76 lbs.       |
| Size of Electronics:     | Small - Large   |



|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| <b>F16-3600 Wattage:</b> | <b>60</b>       |
| Operating Voltage:       | 15.4            |
| Folded Dimensions:       | 9.5" x 11" x 2" |
| Unfolded Dimensions:     | 43" x 59"       |
| Weight:                  | 3.19 lbs.       |
| Size of Electronics:     | Small - Large   |



|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| <b>FM16-5400 Wattage:</b> | <b>90</b>      |
| Operating Voltage:        | 15.4           |
| Folded Dimensions:        | 11" x 14" x 3" |
| Unfolded Dimensions:      | 54.4" x 68"    |
| Weight:                   | 5 lbs.         |
| Size of Electronics:      | Small - Large  |



|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| <b>FM16-7200 Wattage:</b> | <b>120</b>     |
| Operating Voltage:        | 15.4           |
| Folded Dimensions:        | 14" x 14" x 3" |
| Unfolded Dimensions:      | 86.5" x 54.5"  |
| Weight:                   | 6.5 lbs.       |
| Size of Electronics:      | Small - Large  |





What can I use this for?  
 Ham Radio  
 Battery Charging  
 12v Electronics Power  
 (when properly sized)  
 ...And more!



**USB+AA Solar Charger**  
 Go from fully spent to fully charged in just four hours (in direct sun conditions). In addition to battery charging, utilizing the universal USB port and working with two rechargeable batteries allows for direct charging of most small USB devices, like cell phones, smart phones, and iPods.

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Wattage:                    | 1.5                       |
| Operating Voltage:          | 3.6                       |
| Folded Dimensions:          | 5.5" x 3.25" x 1.38"      |
| Unfolded Dimensions:        | 5.5" x 24"                |
| Weight: (without batteries) | 4.9 oz.                   |
| Size of Electronics:        | USB 2.0 compliant devices |

Includes: Two AA Rechargeable NiMH Batteries

**AA Solar Charger**  
 Designed to provide a convenient, compact, ultra lightweight, portable battery charging solution. Perfect for all small electronics running on AA batteries, ranging from radios to gaming devices. The PowerFilm AA Foldable Solar Charger keeps fresh batteries available, no matter how remote the location.

|                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| Wattage:                    | 2.2                   |
| Operating Voltage:          | 3.6                   |
| Folded Dimensions:          | 5.5" x 3.3" x 1.4"    |
| Unfolded Dimensions:        | 5.5" x 31.5"          |
| Weight: (without batteries) | 4.18 oz.              |
| Size of Electronics:        | AA Batteries (2 or 4) |

Includes: Four AA Rechargeable NiMH Batteries



**PowerPack +Plus**

The PowerFilm solar panel charges the battery pack, which powers the LED fan/light combination to provide you with security and climate control when you need it. Use the PowerPack +Plus in areas lacking a power source such as cabins or caves, or even at home during power outages. In addition, the solar panel can be used for other charging applications – charging your car battery, RV camper and 12 volt battery products.

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Wattage:                   | 14          |
| Operating Voltage:         | 15.4        |
| Dimensions of Solar Panel: | 14.5" x 42" |

**PowerPier Solar Panels**

The PowerPier solar panel maintains the charge in your boat lift battery and boat battery. Offsets parasitic power loads, such as hydraulic motors, bilge pumps, sound systems, electronics, and other items that drain your battery, so you are ready to go boating at a moment's notice.

|                    | PP-300        | PP-900         |
|--------------------|---------------|----------------|
| Wattage:           | 5             | 14             |
| Operating Voltage: | 15.4          | 15.4           |
| Dimensions:        | 20.5" x 18.5" | 40.75" x 18.5" |



*Solar field shelters available only in khaki.*

**PowerShade™ Solar Field Shelters**

Solar field shelters reduce dependence on fuel-fired generators that are noisy and require a constant supply of costly fuel. Used for a variety of purposes, ranging from lighting to ventilation to power for remote bases of operations, disaster relief and communication hubs when grid power is not available.

|                        | 1kW       | 2kW       |
|------------------------|-----------|-----------|
| Clear Span Dimensions: | 22' x 20' | 22' x 40' |
| Staked Dimensions:     | 38' x 36' | 38' x 56' |
| Crated Weight:         | 850 lbs.  | 1566 lbs. |



**190 Watt Solar Quad**

The PowerFilm Solar Quad can be used for a wide variety of charging and power purposes for field communication radios, GPS systems, satellite phones, and laptop computers.

|                      |            |                    |                   |
|----------------------|------------|--------------------|-------------------|
| Wattage:             | 190        | Stowed Dimensions: | 13" (boxed) x 19" |
| Operating Voltage:   | 15.4       | Weight:            | 17 lbs.           |
| Dimensions Unfolded: | 96" x 114" |                    |                   |

*Balance-of-system (BOS) equipment is available as an add-on option for both the 190 Watt Solar Quad and the PowerShade™ Solar Field Shelters.*

## PowerFilm PowerShade Solar Field Shelters

The PowerFilm *PowerShade* is a foldable, durable, and portable solar solution. The solar panels are mounted to a lightweight, weather resistant fabric that easily folds for storage and unfolds for use. The PowerShade is available in 1 kW, 2 kW, and 3 kW power generation. Solar field shelters reduce dependence on fuel-fired generators that are noisy and require a constant supply of costly fuel. PowerShades are used for a variety of purposes, ranging from lighting and ventilation to power for remote bases of operations, disaster relief and communication hubs when grid power is not available. Unmatched durability allows for use in even the harshest environments and PowerFilm's proprietary processes produces a panel that works even after being punctured. Unlike "CIGS" solar technology, PowerFilm A-Si solar modules do not need to be "sun soaked" after storage, they provide critical power immediately when placed in the sun.



- **Durable - military tested**
- **Economical and easy to use**
- **Works in low light conditions**
- **No "sun soaking" required**
- **Power to charge the widest range of electronic devices**

Application Examples:



Note - some applications may require additional accessories. Example - PowerFilm recommends use of an inverter and battery for laptop charging.

| Specifications* | Solar Operating Voltage (V) | Balance Of Systems Capabilities (B.O.S.) | Crated Weight (lbs./kg) | Clear Span Dimensions (feet/m) | Staked Dimensions (feet/m) |
|-----------------|-----------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 kW            | 15.4 or 30.8                | 1  | 850 / 382.5             | 22 x 20<br>6.7 x 6.1           | 38 x 36<br>11.6 x 10.9     |
| 2 kW            | 15.4 or 30.8                | 2  | 1566 / 704.7            | 22 x 40<br>6.7 x 12.2          | 38 x 56<br>11.6 x 17.1     |
| 3 kW            | 15.4 or 30.8                | 5  | 1566 / 704.7            | 22 x 60<br>6.7 x 18.3          | 38 x 76<br>11.6 x 23.2     |

\* Operating Voltage and Operating Current at AM 1.5. Power performance may vary +/- 10% due to temperature variation, spectral variation, and related effects.

PowerFilm is a trademark of PowerFilm, Inc. © 2010 PowerFilm, Inc. All rights reserved. Visit us at [www.powerfilmsolar.com](http://www.powerfilmsolar.com)  
 † Engel Cooler MT17F-U1

PowerFilm, Inc. • 2337 230th Street • Ames, IA 50014 USA • [www.powerfilmsolar.com](http://www.powerfilmsolar.com) • (T) 515-292-7606 • (F) 515-292-1922



ISTRUZIONI DI MONTAGGIO - INSTRUCCIONS DE MONTAGE - INSTRUCTION FOR PITCHING - INSTRUCCIONES PARA EL MONTAJE - INSTRUÇÕES PARA MONTAGEM

**1** **MONTANA 19 "V"**  
 COMPOSIZIONE DELL'ARMATURA - COMPOSITION DE L'ARMATURE - FRAME COMPOSITION - COMPOSICION DE LA ARMAZON - COMPOZIÇÃO DA ASTACARIA

I Preparare a terra tutti gli elementi della paleria in modo da poterli riconoscere facilmente durante il montaggio.  
 F Disposer au sol tous les éléments de l'armature, de manière à les reconnaître facilement en cours de montage.  
 GB Arrange all connecting pieces of the frame on the ground in such a way as to be able to identify them easily during the assembling stage.  
 E Colocar todas las piezas del armazón en el suelo de modo que puedan ser reconocidas fácilmente durante el montaje.  
 P Colocar no chão todos os elementos da estacaria, de forma a serem facilmente reconhecidos durante a montagem.

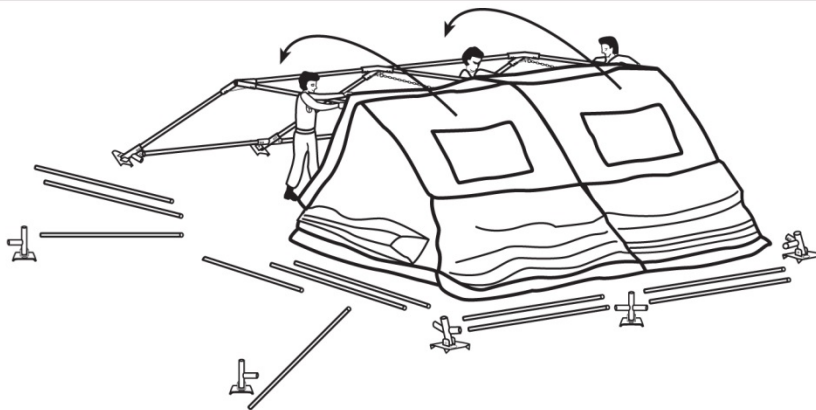
**2**

I Predisporre al suolo i vari pezzi componenti il tetto secondo lo schema indicato.  
 F Placer les différents éléments du toit suivant le schéma.  
 GB Place all parts of the roof frame on the ground as they correspond in drawing.  
 E Disponer las piezas que corresponden al techo en el suelo, siguiendo las indicaciones del esquema.  
 P Colocar no solo as diferentes peças que compõem o tecto, de acordo com o esquema indicado.

**3**

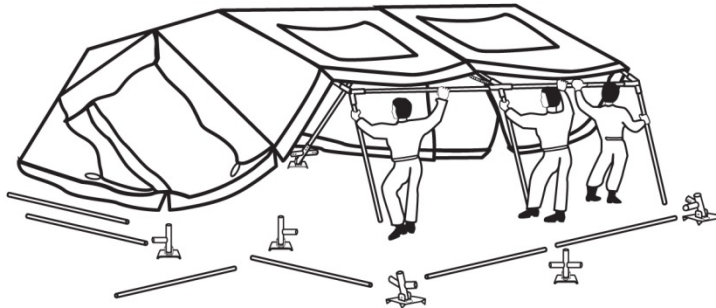
I Comporre tutta l'armatura del tetto e le gambe di un lato, complete degli elementi a terra. Agganciare la catena di tenuta "K". Se prevista, montare la camera interna in questa fase distendendola nello spazio sottostante la paleria e agganciandola alla linea di colmo seguendo le istruzioni presenti nella camera.  
 F Composer toute l'armature du toit et les pieds d'un côté complets des éléments au sol. Crocheter la chaîne de tenue "K". Si prévue, monter la chambre intérieure, pendant cette phase, en la déployant à l'intérieur de l'espace qui se trouve sous l'ensemble des mâts et en l'accrochant à la ligne de faite en suivant les instructions qui se trouvent dans la chambre.  
 GB Position the entire framework of the roof and the legs on one side, complete with ground elements. Attach the "K" tightening chain. Mount the inner tent, if foreseen, in this phase, laying it out in the space under the poles and hooking it to ridge line, following the instructions given.  
 E Componer todo el armazón del techo y las patas de un lado completas de los elementos a tierra. Enganchar la cadena de hermeticidad "K". Si prevista, montar la cámara interior en esta fase, extendiéndola en el espacio que se halla debajo del conjunto de paños y enganchiandola a la línea de colmo, siguiendo las instrucciones presentes en la cámara.  
 P Montar toda a armação do tecto e as pernas de um lado, com as respectivas espas. Enganchar a corrente de segurança "K". Se está previsto, montar nesta fase a divisão interior, estendendo-a no espaço sob a estacaria e prendendo-a à linha de cumee, conforme as instruções existentes na divisão.

**4**



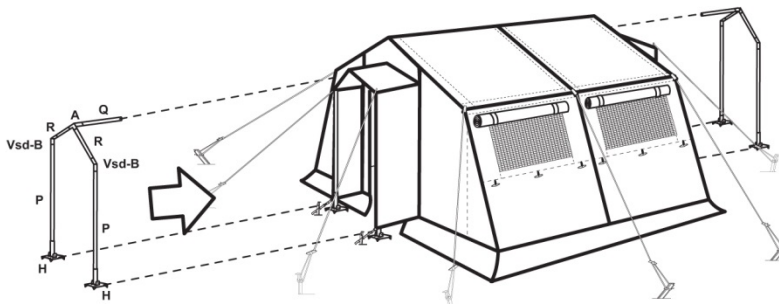
- I Srotolare il telo a terra lungo un lato e quindi collocarlo sull'armatura, facendolo scorrere fino a terra dal lato opposto finchè risulti centrato.
- F Dérouler la toile sur un côté, ensuite la mettre en place sur l'armature.
- GB** Unroll the tent on the ground along one side and pull it over the frame into the right position.
- E Desenvolver la tienda y colocarla en el suelo a lo largo de uno de los costados del marco, luego tirarla de ambos lados por sobre el armazón hasta cubrirla.
- P Desenrolar a lons no chão, so longo de um lado e, depois, colocá-la na armação, fazendo-a deslizar até so chão do lado contrárjo, até estar bem centrada.

**5**



- I Sollevare il lato della paleria ancora a terra in 2 o 3 persone, inserendo le gambe nei loro alloggiamenti. Collegare le traverse perimetrali parallele al terreno e fissare i piedi al suolo con i picchetti.
- F Soulever l'autre côté de la tente (il faut 2-3 personnes), et insérer les pieds à leur place. Joindre les tubes périmétraux et fixer les pieds au sol par les piquets.
- GB** Raise the tent from the other side (2-3 people needed) and insert the legs into the right position. then fix the legs to the ground with pegs.
- E Levantar el otro lado de la tienda (entre 2 o 3 personas) e insertar los soportes o patas en las juntas correspondientes. Luego fijar los soportes o patas al suelo con clavijas o enganches.
- P Levantar, em 2 ou 3 pessoas, o outro lado da estacaria, inserindo as pernas nas respectivas sedes, unir as travessas perimetrais paralelas ao terreno e fixar os pés ao solo com as escoras.

**6**



- I Sistemare per bene la tenda sull'armatura e tirantarla sulle traverse perimetrali con gli appositi fissaggi. Controventarla all'esterno con tiranti e picchetti. Tendere le due verandine d'ingresso. Ripiegare la tenda asciutta dopo l'uso.
- F Bien ranger la toile sur l'armature et la fixer aux tubes périmétraux au sol par les sangles. Fixer la tente avec les tendeurs de corde et les piquets. Tendre les deux porches d'entrée. En démontant la tente faire attention que la toile soit sèche et propre.
- GB** Place the tent well over the frame in the right position; stretching it to the perimetral pipes. Secure the tent with the ropes and pegs. Pitch the two door extensions. Folding the tent when dismantled, make sure that it's dry and clean.
- E Ajustar bien la tienda sobre el armazón y estirla sobre los travesaños perimetrales. Fijar la tienda con la cuerdas en tensión y enganches. Estirar los dos porche del ingreso. Al desmontar y doblar la tienda, asegurarse de que el material esté seco y limpio.
- P Colocar cuidadosamente a tenda na armação e aplicar-lhe esticadores nas travessas perimetrais com os respectivos elementos de fixação. Ancorá-la no exterior com esticadores e escoras. Esticar os dois toldos de entrada. Dobrar de novo a tenda seca após ter sido utilizada.



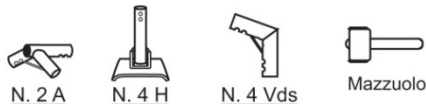
ISTRUZIONI DI MONTAGGIO

**1**

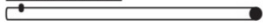
**MONTANA PNEU-TEX  
Art. 97224V**

COMPOSIZIONE DELLA TENDA:

COLLO GRANDE - CORPO TENDA COMPLETO  
SACCA - PALI PER ESTENSIONE  
BIDONE - PALI PER PORTALI  
SCATOLA - GIUNTI E ACCESSORI  
KIT PER GONFIAGGIO



N. 2 P 60 cm



N. 4 P 72 cm



N.4 PS 96 cm



N. 4 P 83 cm



N.10 PS 103,5 cm



N.10 P 103,5 cm



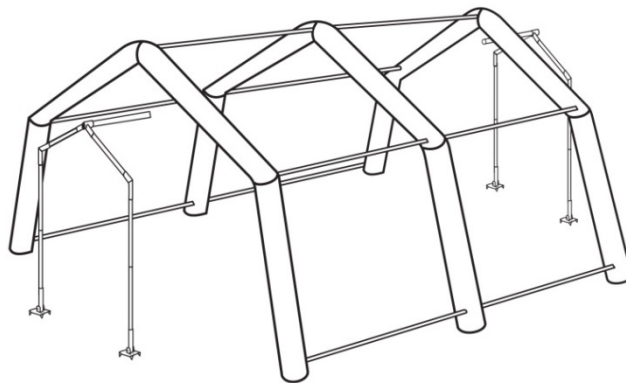
N.22 S 1



N. 10 S 2

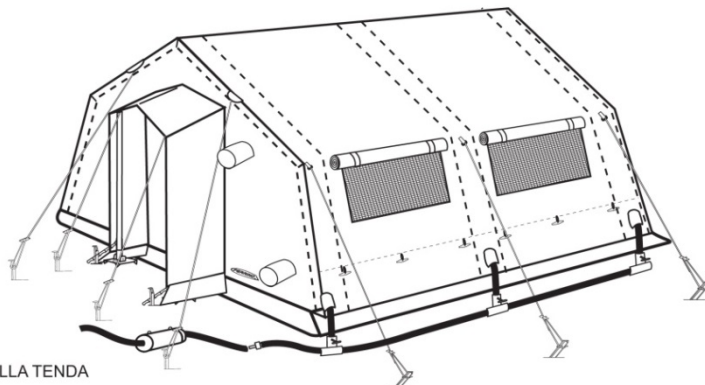
- 1) Stendere il pavimento della tenda a terra dopo aver ripulito lo spazio necessario da eventuali asperità che potrebbero provocare delle lacerazioni o altri danni.
- 2) Dal lato tenda predisposto collegare il kit di gonfiaggio, innestare la pompa elettrica in dotazione (attenzione alla posizione: da un lato gonfia e dall'altro aspira) e iniziare il gonfiaggio simultaneo degli elementi pneumatici controllando che i rubinetti siano tutti aperti.
- 3) Durante il gonfiaggio agevolare il sollevamento della tenda mantenendo possibilmente verticali i due elementi in corrispondenza delle testate con porta.

**2**



- 4) A tenda quasi completamente sollevata, interrompere momentaneamente il gonfiaggio e chiudere il rubinetto di ingresso aria. Sistemare dall'interno gli elementi pneumatici nelle posizioni corrette inserendo anche i tubi di estensione (PS103,5 + P103,5) nelle apposite sedi di alloggiamento (sono 5 ogni campata della tenda).
- 5) Completare a questo punto il gonfiaggio della tenda fino alla pressione massima consentita dalla pompa e chiudere tutti i rubinetti. **(Si consiglia di controllare la pressione ogni 24 ore).**
- 6) Ancorare a terra la tenda da entrambi i lati con i tiranti precedentemente legati agli anelli del tetto, usando i picchetti in dotazione.
- 7) Procedere al montaggio dei portali di sostegno delle coperture protettive degli ingressi di testata controventandoli in tensione.

**3**



SMONTAGGIO DELLA TENDA

- 1) Iniziare togliendo le strutture di sostegno dei portali esterni e tutti i tiranti di controventatura della tenda. Togliere anche i rispettivi picchetti dal terreno.
- 2) Aprire i rubinetti e lasciare sgonfiare gli elementi solo quel tanto che serve a facilitare lo smontaggio dei tubi di estensione della tenda e depositarli all'esterno.
- 3) Completare lo svuotamento dell'aria degli elementi pneumatici, usando eventualmente come aspiratore la stessa pompa in dotazione.
- 4) Togliere tutti i picchetti di ancoraggio del pavimento e piegare la tenda in modo da poterla riporre nella sua custodia evitando possibilmente di attorcigliarla.
- 5) Si raccomanda sempre di ritirare la tenda solo quando è completamente asciutta, e di non conservarla in locali umidi o poco arieggiati, per evitare danni ai tessuti e garantire quindi la qualità nei successivi utilizzi.

# shelter

The Gammax design has been deployed in various rough areas during the past decade, serving mainly as accommodation. The winterized version has been selected by international NGO's and UN agencies to be utilized in the Caucasus, the Balkans, the Middle East and in Afghanistan, among other areas. The shape and composition secures stability and efficient heating of the temporary shelter. Reports from several operations substantiate the value-for-money concept; the Gammax has been in use for more than three years in some camps.

The Gammax comes in three versions, the basic tent and the Foyer for cold climates, and the Gammax II for tropic climates. The latter is not equipped with inner lining, but has very large, fly-screened windows. The Foyer is the direct result of an important and relevant input from one NGO after an operation. They wanted to improve the quality of life for the residents by adding an entrance section. To respond accordingly as a designer and manufacturer of tent solutions is the way we work.

Gammax is one of the items that ROFI Industrier keep in stock through our commitment in NOREPS, Norwegian Emergency Preparedness System. 24 hours a day, 365 days a year, we are able to deliver the NOREPS commodities to an international airport within 24 hours, and upon several occasions we have accordingly performed. Our technicians are available for organising and supervising partial or complete turnkey projects in the field. This professional assistance is also available 24 hours a day, year around.



ROFI Industrier as represents more than 60 years of experience within the textile industry. A comprehensive integration with our suppliers and partners enable us to meet the requirements for progressive development, system solutions and a stock-hold of selected items. We continuously maintain our certificate covering quality assurance/quality control.



**ROFI Industrier as**  
 Årasetervn.5  
 NO-6422 Molde  
 Norway  
 Tel. + 47 7120 3333  
 Fax: + 47 7120 3334  
 Email: sales@rofi.com

www.rofi.com



## gammax the family tent for various climates



The Gammax Family Tent comes in several versions; one of them with outer- and inner fly and a very durable ground sheet out of coated polyester. Be aware of the 30 cm high splash wall made from the very same rot-proof material, avoiding rottness or moisture to the main canvas from cotton. Cotton is preferred as the main canvas due to its ability to «breath the air» - and preventing condense to occur. In tropic areas, large windows covered with mosquito netting ensure sufficient ventilation. The roof is prepared for a stove chimney apron to be installed, whenever that is required.

### BASIC SPECIFICATIONS

|                      | GAMMAX                       | GAMMAX II                 | FOYER                        |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Base area            | 24 m <sup>2</sup>            | 24 m <sup>2</sup>         | 27 m <sup>2</sup>            |
| Center height        | 240 cm                       | 240 cm                    | 240 cm                       |
| Wall height          | 125 cm                       | 125 cm                    | 160/125 cm                   |
| Poles                | aluminium                    | aluminium                 | aluminium                    |
| Splash wall          | 30 cm high                   | 30 cm high                | 30 cm high                   |
| Ground sheet, coated | PES, 450 g/m <sup>2</sup>    | PES, 450 g/m <sup>2</sup> | PES, 450 g/m <sup>2</sup>    |
| Ground strip, coated | PES, 450 g/m <sup>2</sup>    | PES, 450 g/m <sup>2</sup> | integrated                   |
| Inner fly            | cotton, 200 g/m <sup>2</sup> | NA                        | cotton, 200 g/m <sup>2</sup> |
| Weight               | 54 kg                        | 42 kg                     | 56 kg                        |
| Volume               | 0.16 m <sup>3</sup>          | 0.15 m <sup>3</sup>       | 0.21 m <sup>3</sup>          |

Specifications may be altered without notice due to progressive product development.

shelter and protection solutions

UNHRD ITEMS CATALOGUE

WMS Code: B27163102

Shelter & Housing

Tent, for warm climate, 24 sq.m. Gammax

**Item's Description:** This version of Gammax tent is for tropic climate. It is not equipped with inner lining, but has very large fly-screened windows.



**Item's Details:**

**Base Area:** 24 m<sup>2</sup>  
**Centre Height:** 240 cm  
**Wall Height:** 125 cm  
**Poles:** Aluminium  
**Splash Wall:** 30 cm high  
**Ground sheet coated:** PES 450 gr./m<sup>2</sup>  
**Ground strip coated:** PES 450 gr./m<sup>2</sup>  
**Inner fly:** Not available  
**Weight:** 42 kg.  
**Volume:** 0.15 m<sup>3</sup>



**Packaging Details:**

This item is packed in two wooden boxes:

**Box 1:** 1.44x0.44x0.29m  
**Content:** Outer cover, poles, instructions manual  
**Box 2:** 1.08x0.44x0.29m  
**Content:** Pegs, hammer, ropes, ground sheet

**Total volume:** 0.31 m<sup>3</sup>

**Box 1:** GW 40.5 Kg – **Box 2:** GW 37 kg  
**Total Gross Weight:** 77.5kg

Cold chain:  Yes  
 No

Dangerous:  Yes  
 No

Perishable:  Yes  
 No

Shipping Weight: 77.5 Kg  
 Shipping Volume: 0.40 m<sup>3</sup>



## UNHRD ITEMS CATALOGUE

WMS Code: B27163201

Shelter &amp; Housing

*Tent, for cold climate, 24 sq.m., Gammax*

**Item's Description:** The Gammax design has been deployed in various rough areas throughout the past decade, serving mainly as accommodation. The winterized version has been selected by international NGO's and UN Agencies. The shape and composition secures stability and efficient heating of the temporary shelter.

**Item's Details:**

**Base Area:** 24 m<sup>2</sup>  
**Center Height:** 240 cm  
**Wall Height:** 125 cm  
**Poles:** Aluminium  
**Splash Wall:** 30 cm high  
**Ground sheet coated:** PES 450 gr./m<sup>2</sup>  
**Ground strip coated:** PES 450 gr./m<sup>2</sup>  
**Inner fly:** cotton 200 gr./m<sup>2</sup>

The roof is prepared for a stove chimney apron to be installed, whenever that is required.

**Weight:** 54 kg  
**Volume:** 0.16 m<sup>3</sup>

**Packaging Details:**

This item is packed in two wooden boxes:

**Box 1:** 1.44x0.44x0.29m = 0.18 m<sup>3</sup>  
**Content:** outer cover, poles, pegs, hammer, ropes, ground sheet, instruction manual

**Box 2:** 1.08x0.44x0.29m = 0.13 m<sup>3</sup>  
**Content:** inner lining, heater  
**Total volume:** 0.31 m<sup>3</sup>

**Box 1:** GW: 61.9 Kg – **Box 2:** GW: 30.0 Kg

**Total Gross Weight:** 91.9 kg

Cold chain:  Yes  
 No

Dangerous:  Yes  
 good  No

Perishable:  Yes  
 item  No

Shipping Weight: 91.9Kg  
 Shipping Volume: 0.40 m<sup>3</sup>

UNHRD ITEMS CATALOGUE

WMS Code: B27163202

Shelter & Housing

Tent, for cold climate, 32 sq.m., Ferrino

**Item's Description:** This type of tent has been developed for recovering in cold areas; used as office accommodation, mess-room, field hospital and dressing station.



**Item's Details:**

**Fabric:** Composition: 100% cotton;  
**Weight:** 340 g/m2  
**Frame:** galvanized tubular steel (ø 28x1 mm). The tubular elements that make up the frame are all identical in length to facilitate assembly, replacement and to take up the minimum of space  
**Inner:** To guarantee improved heat insulation, there is an isothermal inner tent to increase the tent's insulation and make it easier to maintain a suitable inside temperature; made using a special fabric that is comprised of a mattress made of insulating material, an aluminum sheet and cotton fabric.



**Packaging Details:**

1 tent is packed into 4 wooden boxes with the following dimensions:

- Box 1:** 2.00x0.38x0.44m = 0.33 m3    Gross Weight: 63 kg  
**Content:** 1 Bag fly sheet, 1 bag Ground sheet
- Box 2:** 2.00x0.38x0.44m = 0.33 m3    Gross Weight: 50 kg  
**Content:** Inner tent
- Box 3:** 2.00x0.38x0.24m = 0.18 m3    Gross Weight: 67 kg  
**Content:** Frame and accessories
- Box 4:** 2.00x0.38x0.24m = 0.18 m3    Gross Weight: 33 kg  
**Content:** Frame and accessories

**Total Volume:** 1.05 m3

**Total Gross Weight:** 240 kg

Cold chain:  Yes  
 No

Dangerous:  Yes  
 good  No

Perishable:  Yes  
 item  No

Shipping Weight: 240 kg  
 Shipping Volume: 1.05 m3



## Tent Assembling Instruction



Pull out the tent from his bag.



Roll out Inner and Fly



Lay out the Fly and put the poles into the sleeves.



Insert the pole tip in the metal buckle on a side



Carve the poles and then block it from the other side



Pull up the structure



Secure the cord with the pegs first in the front then in the rear



...also for the sides



Lay out the inner under the Fly



Secure the rear corners of the inner to the fly



Pull up the inner inserting the toggles in the relative eyelets



Continue the previous operation for the remaining sections



Close the internal dividers



Lock on the vestibule cord to the front pegs





# TENDA MODULARE ULTRARAPIDA

## ISTRUZIONI DI MONTAGGIO

1- Togliere il corpo gazebo dalla custodia e disporlo in posizione verticale.



2- Prendendo il gazebo dalle gambe e distanziandole seguendo la diagonale, due persone riescono facilmente e in pochi secondi a distendere la struttura; così facendo gli angoli scivolano lungo il palo sino a raggiungere il **nottolino** superiore a questo punto devono essere bloccati.



3- Se nel momento in cui il gazebo viene esteso si verificasse una qualsiasi forma di resistenza interrompere l'operazione e verificare se qualche lembo del telo non sia agganciato alla struttura.

4- Regolare l'altezza delle gambe fino a portarla a quella desiderata. (Tre sono le possibili combinazioni).



5- Inserire i tiranti nelle **asole** agli angoli del tetto. Ancorare il gazebo a terra fissando i tiranti con picchetti o se questi non possono essere utilizzati attraverso i corpi morti che vengono forniti.



## ISTRUZIONI DI SMONTAGGIO

- 1- Togliere eventuali pareti laterali qualora presenti.
- 2- Togliere i picchetti o i possibili corpi morti che ancorano il gazebo al terreno.
- 3- Portare le gambe a media altezza.
- 4- **(!) Liberare le asole in velcro che assicurano il tetto all'armatura lungo i lati**
- 5- Agendo sul nottolino posto in prossimità del tetto, liberare gli angoli in successione facendoli scivolare lungo le quattro gambe.
- 6- Ridurre completamente l'altezza delle gambe.
- 7- Prendere il gazebo dalle gambe e richiuderlo lungo la diagonale.
- 8- Riposizionarlo nell'apposita custodia.

6- Assicurare le asole in velcro del tetto all'armatura



## MANUTENZIONE

- 1- Se il gazebo è bagnato non bisogna piegarlo o imballarlo. In caso contrario, una volta tornati a casa è meglio rimontarlo o aprirlo in un luogo adatto e farlo asciugare bene.
- 2- Battere il telo asciutto, spazzolarlo e pulirlo bene.
- 3- Per togliere eventuali macchie non usare benzina o altri solventi chimici, ma solo acqua, sapone neutro e una spazzola morbida.
- 4- Pulire bene e asciugare i picchetti prima di riporli nella apposita custodia.
- 5- Riporre il gazebo sempre in un luogo asciutto.

## ATTENZIONE

- 1- In caso di vento forte ancorare saldamente il gazebo a terra. Se si è muniti di pareti opzionali è opportuno montarle in modo da evitare che l'aria, entrando da sotto il gazebo, lo sollevi (Effetto Vela).
- 2- Mantenere lontano dal tessuto del gazebo fonti di calore o di fiamma. Questo gazebo è fabbricato con tessuti ignifughi "Flame Resistant" secondo le specifiche CPAI-84 (USA). Il tessuto può incendiarsi se lasciato in continuo contatto con il fuoco. L'applicazione di qualsiasi sostanza al tessuto può rendere inefficaci le sue proprietà di resistenza alla fiamma.

# TABELLA PRODOTTI

## PRODUCTS' TABLE

| MODELLO / MODEL  | PIANTA / PLAN (m)  | ALTEZZA / HEIGHT   |  | ARMATURA / FRAME   |  |                             | TESSUTO / FABRIC  |   |  |                      |  |
|--|--|--|--|--|--|-----------------------------|---|---|--|----------------------|--|
|  |  | Centrale / Central (m)   | Laterale / Side (m)  | Materiali / Materials  | Dimensioni / Dimensions  |                             | Composizione / Composition  | Peso / Weight (g/m <sup>2</sup> )                       | Impermeabilità / Waterproof (mm)                         | Ignifugo / Fireproof | Resistenza / Strength                                    |
|  |  |  |  |  | diam / dia (mm)  | spessore / thickness (mm)   |   |   |  |                      | Trama / Warp (kg)  |
| <b>PNEU-TEX 3 ARCHI FR / 3 ARCHES PNEU-TEX</b>   | 5,1 x 5,1  | esterna: 2,6<br>interna: 2,2 /<br>external: 2,6<br>inside: 2,2     | esterna: 2<br>interna: 1,7 /<br>external: 2<br>inside: 1,7         | archi: poliester<br>spalmato PVC<br>distanziali:<br>acciaio zincato /<br>arches: polyester<br>PVC coated<br>poles:<br>galvanized steel | archi: 380<br>distanziali:<br>28 /<br>arches: 380<br>poles: 28 | distanziali: 1/<br>poles: 1 | 50% modacrilico<br>50% cotone<br>pavim.: poliester<br>spalmato PVC /<br>50% modacrylic 50%<br>cotton floor: polyester<br>PVC coated | tenda: 310<br>pavim.: 650 /<br>tent: 310<br>ground: 650 | tenda 600<br>pavim.: 2000 /<br>tent: 600<br>ground: 2000 | CAT I                | tenda: 90<br>pavimento: 200 /<br>tent: 90<br>ground: 200 |
| <b>PNEU-TEX 4 ARCHI FR / 4 ARCHES PNEU-TEX</b>   | 5,6x6  | esterna: 2,75<br>interna: 2,35 /<br>external: 2,75<br>inside: 2,35 | esterna: 2,35<br>interna: 2,05 /<br>external: 2,35<br>inside: 2,05 | archi: poliester<br>spalmato PVC<br>distanziali:<br>acciaio zincato /<br>arches: polyester<br>PVC coated<br>poles:<br>galvanized steel | archi: 380<br>distanziali:<br>28 /<br>arches: 380<br>poles: 28 | distanziali: 1/<br>poles: 1 | 50% modacrilico<br>50% cotone<br>pavim.: poliester<br>spalmato PVC /<br>50% modacrylic 50%<br>cotton floor: polyester<br>PVC coated | tenda: 310<br>pavim.: 650 /<br>tent: 310<br>ground: 650 | tenda 600<br>pavim.: 2000 /<br>tent: 600<br>ground: 2000 | CAT I                | tenda: 90<br>pavimento: 200 /<br>tent: 90<br>ground: 200 |
| <b>PNEU-TEX 6 ARCHI FR / 6 ARCHES PNEU-TEX</b>   | 5,6x10   | esterna: 2,75<br>interna: 2,35 /<br>external: 2,75<br>inside: 2,35 | esterna: 2,35<br>interna: 2,05 /<br>external: 2,35<br>inside: 2,05 | archi: poliester<br>spalmato PVC<br>distanziali:<br>acciaio zincato /<br>arches: polyester<br>PVC coated<br>poles:<br>galvanized steel | archi: 380<br>distanziali:<br>28 /<br>arches: 380<br>poles: 28 | distanziali: 1/<br>poles: 1 | 50% modacrilico<br>50% cotone<br>pavim.: poliester<br>spalmato PVC /<br>50% modacrylic 50%<br>cotton floor: polyester<br>PVC coated | tenda: 310<br>pavim.: 650 /<br>tent: 310<br>ground: 650 | tenda 600<br>pavim.: 2000 /<br>tent: 600<br>ground: 2000 | CAT I                | tenda: 90<br>pavimento: 200 /<br>tent: 90<br>ground: 200 |
| <b>KIT GONFIAGGIO /<br/>SGONFIAGGIO<br/>SIMULTANEO /<br/>SIMULTANEOUS<br/>INFLATION/<br/>DEFLATION KIT</b> | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | -   | -   | -  | -                    | -  |
| <b>TELO COIBENTAZIONE<br/>PNEU-TEX 3 ARCHI /<br/>3 ARCHES<br/>INSULATION SHEET</b>                         | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | 100% cotone<br>ignifugo /<br>100% FR cotton   | 280   | 300  | CAT I                | 70   |
| <b>TELO COIBENTAZIONE<br/>PNEU-TEX 4 ARCHI /<br/>4 ARCHES<br/>INSULATION SHEET</b>                         | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | 100% cotone<br>ignifugo /<br>100% FR cotton   | 280   | 300  | CAT I                | 70   |
| <b>TELO COIBENTAZIONE<br/>PNEU-TEX 6 ARCHI /<br/>6 ARCHES<br/>INSULATION SHEET</b>                         | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | 100% cotone<br>ignifugo /<br>100% FR cotton   | 280   | 300  | CAT I                | 70   |
| <b>TELO DIVISORIO<br/>PNEU-TEX 3 ARCHI /<br/>3 ARCHES DIVIDING<br/>SHEET</b>                               | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | 100% cotone<br>ignifugo /<br>100% FR cotton   | 280   | 300  | CAT I                | 70   |
| <b>TELO DIVISORIO<br/>PNEU-TEX 4 E 6 ARCHI /<br/>4 AND 6 ARCHES<br/>DIVIDING SHEET</b>                     | -  | -  | -  | -  | -  | -                           | 100% cotone<br>ignifugo /<br>100% FR cotton   | 280   | 300  | CAT I                | 70   |
| <b>MV 6X6<br/>MONTAGGIO VELOCE /<br/>MV 6X6<br/>QUICK SET UP TENT</b>                                      | esterna: 6x6<br>int.: 5,9x5,9 /<br>external: 6x6<br>inside: 5,9x5,9                    | esterna: 3<br>interna: 2,8 /<br>external: 3<br>inside: 2,8         | esterna: 2<br>interna: 1,9 /<br>external: 2<br>inside: 1,9         | alluminio /<br>aluminium   | 50   | 2                           | poliester spalmato<br>PVC /<br>polyester PVC coated   | 480   | 2000   | CAT II               | 120  |
| <b>MODULO INGRESSO<br/>MV 6X6 /<br/>MV 6X6<br/>ENTRANCE MODULE</b>   | -  | -  | -  | alluminio /<br>aluminium   | -  | -                           | poliester spalmato<br>PVC /<br>polyester PVC coated   | 480   | 2000   | CAT II               | 120  |
| <b>SOSPESA /<br/>SUSPENDED TENT</b>  | est.: 6,95x6,80<br>int.: 6,05x6,40 /<br>external:<br>6,95x6,80<br>inside:<br>6,05x6,40 | esterna: 3,05<br>interna: 2,75 /<br>external: 3,05<br>inside: 2,75 | esterna: 2,25<br>interna: 2 /<br>external: 2,25<br>inside: 2       | alluminio/<br>acciaio /<br>aluminium/<br>galvanized steel  | sezione:<br>70x30 /<br>section: 70x30                          | 2                           | poliester spalmato<br>PVC /<br>polyester PVC coated   | 480   | 2000   | CAT II               | 120  |
| <b>MODULO INGRESSO<br/>TENDA SOSPESA /<br/>SUSPENDED TENT<br/>ENTRANCE MODULE</b>                          | -  | -  | -  | alluminio/<br>acciaio /<br>aluminium/<br>galvanized steel  | -  | -                           | poliester spalmato<br>PVC /<br>polyester PVC coated   | 480   | 2000   | CAT II               | 120  |

|   | IMBALLI / PACKAGING |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | TOTALI / TOTAL                |                                   |                        |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
|   | Collo / Package 1   |                    | Collo / Package 2  |                    | Collo / Package 3  |                    | Collo / Package 4  |                    | Collo / Package 5  |                    | Collo / Package 6  |                    | Peso tot. / Total weight (kg) | Volume / Volume (m <sup>3</sup> ) | N. Colli / Package no. |
| Ordito / Weft (kg)                                    | Peso / Weight (kg)  | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) |                               |                                   |                        |
| tenda: 110<br>pavim.: 250<br>tent: 110<br>ground: 250 | 105                 | 135 x 90 x 50      | 25                 | 115 x 20 x 15      | 20                 | 37 x 37 x 62       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    | 150                           | 0,727                             | 3                      |
| tenda: 110<br>pavim.: 250<br>tent: 110<br>ground: 250 | 130                 | 140 x 90 x 50      | 33                 | 160 x 25 x 16      | 22                 | 37 x 37 x 62       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    | 185                           | 0,779                             | 3                      |
| tenda: 110<br>pavim.: 250<br>tent: 110<br>ground: 250 | 195                 | 150 x 120 x 50     | 45                 | 160 x 28 x 16      | 25                 | 37 x 37 x 62       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    | 265                           | 1,056                             | 3                      |
| -   | 4,6                 | 37 x 37 x 62       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 4,6                           | 0,084                             | 1                      |
| 110   | 21                  | 125 x 45 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 21                            | 0,1                               | 1                      |
| 110   | 30                  | 125 x 45 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 30                            | 0,112                             | 1                      |
| 110   | 42                  | 125 x 50 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 42                            | 0,125                             | 1                      |
| 110   | 4                   | 70 x 10 x 10       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 4                             | 0,007                             | 1                      |
| 110   | 6                   | 70 x 10 x 10       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 6                             | 0,007                             | 1                      |
| 120   | 140                 | 130 x 90 x 60      | 143                | 235 x 90 x 50      | 20                 | 37 x 37 x 62       | 24                 | 70 x 40 x 30       |                    |                    |                    |                    | 327                           | 1,928                             | 4                      |
| 120   | 20                  | 120 x 35 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 20                            | 0,084                             | 1                      |
| 120   | 142                 | 130 x 90 x 60      | 65                 | 215 x 27 x 27      | 35                 | 70 x 45 x 30       | 32                 | 70 x 50 x 30       | 30                 | 50 x 40 x 20       | 24                 | 70 x 40 x 30       | 328                           | 1,181                             | 6                      |
| 120   | 20                  | 120 x 35 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 20                            | 0,084                             | 1                      |

# TABELLA PRODOTTI

## PRODUCTS' TABLE

| MODELLO / MODEL                                     | PIANTA / PLAN (m) | ALTEZZA / HEIGHT       |                     | ARMATURA / FRAME                   |                         |                           | TESSUTO / FABRIC  |  |  |                      |   |
|---|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|--|--|----------------------|---|
|   |                   | Centrale / Central (m) | Laterale / Side (m) | Materiali / Materials              | Dimensioni / Dimensions |                           | Composizione / Composition  | Peso / Weight (g/m <sup>2</sup> )                        | Impermeabilità / Waterproof (mm)                           | Ignifugo / Fireproof | Resistenza / Strength                                     |
|   |                   |                        |                     |                                    | diam / dia (mm)         | spessore / thickness (mm) |   |  |  |                      |   |
| MONTANA 19 FR / MONTANA 19 FR TENT                  | 5,1 x 3,9         | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% modacrilico<br>50% cotone /<br>50% modacrylic<br>50% cotton   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |
| MONTANA 29 FR / MONTANA 29 FR TENT                  | 5,1x5,8           | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% modacrilico<br>50% cotone /<br>50% modacrylic<br>50% cotton   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |
| MONTANA 39 FR / MONTANA 39 FR TENT                  | 5,1 x 7,8         | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% modacrilico<br>50% cotone /<br>50% modacrylic<br>50% cotton   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |
| MONTANA PLUS FR / MONTANA PLUS FR TENT              | 6 x 7,5           | 3                      | 2,1                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% modacrilico<br>50% cotone /<br>50% modacrylic<br>50% cotton   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |
| CAMERA MONTANA 19 FR / FR MONTANA 19 INNER TENT     | 5 x 3,8           | 2,4                    | 1,75                | -                                  | -                       | -                         | cam.:100% cotone<br>pavim.: poliestere<br>spalmato PVC /<br>inner: 100% cotton<br>ground: polyester PVC<br>coated | camera: 280<br>pavim.: 650/<br>inner: 280<br>ground: 650 | camera: 300<br>pavim.: 2000/<br>inner: 300<br>ground: 2000 | CAT I                | camera: 70<br>pavimento:200 /<br>inner: 70<br>ground: 200 |
| CAMERA MONTANA 29 FR / FR MONTANA 29 INNER TENT     | 5 x 5,7           | 2,4                    | 1,75                | -                                  | -                       | -                         | cam.:100% cotone<br>pavim.: poliestere<br>spalmato PVC /<br>inner: 100% cotton<br>ground: polyester PVC<br>coated | camera: 280<br>pavim.: 650/<br>inner: 280<br>ground: 650 | camera: 300<br>pavim.: 2000/<br>inner: 300<br>ground: 2000 | CAT I                | camera: 70<br>pavimento:200 /<br>inner: 70<br>ground: 200 |
| CAMERA MONTANA 39 FR / FR MONTANA 39 INNER TENT     | 5 x 7,7           | 2,4                    | 1,75                | -                                  | -                       | -                         | cam.:100% cotone<br>pavim.: poliestere<br>spalmato PVC /<br>inner: 100% cotton<br>ground: polyester PVC<br>coated | camera: 280<br>pavim.: 650/<br>inner: 280<br>ground: 650 | camera: 300<br>pavim.: 2000/<br>inner: 300<br>ground: 2000 | CAT I                | camera: 70<br>pavimento:200 /<br>inner: 70<br>ground: 200 |
| CAMERA MONTANA PLUS FR / FR MONTANA PLUS INNER TENT | 5,9 x 7,4         | 2,85                   | 1,95                | -                                  | -                       | -                         | cam.:100% cotone<br>pavim.: poliestere<br>spalmato PVC /<br>inner: 100% cotton<br>ground: polyester PVC<br>coated | camera: 280<br>pavim.: 650/<br>inner: 280<br>ground: 650 | camera: 300<br>pavim.: 2000/<br>inner: 300<br>ground: 2000 | CAT I                | camera: 70<br>pavimento:200 /<br>inner: 70<br>ground: 200 |
| MONTANA 19 / MONTANA 19 TENT                        | 5,1 x 3,9         | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% cotone<br>50% poliestere<br>50% cotton<br>50% polyester   | 310  | 500  | no                   | 80  |
| MONTANA 29 / MONTANA 29 TENT                        | 5,1 x 5,8         | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% cotone<br>50% poliestere<br>50% cotton<br>50% polyester   | 310  | 500  | no                   | 80  |
| MONTANA 39 / MONTANA 39 TENT                        | 5,1 x 7,8         | 2,65                   | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% cotone<br>50% poliestere<br>50% cotton<br>50% polyester   | 310  | 500  | no                   | 80  |
| MODULO DI COLLEGAMENTO A 2 VIE / 2 WAY LINK MODULE  | 1,8 x 2           | -                      | -                   | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% cotone<br>50% poliestere<br>50% cotton<br>50% polyester   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |
| MODULO DI COLLEGAMENTO A 4 VIE / 4 WAY LINK MODULE  | 5,6 x 5,6         | 2,3                    | 1,9                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 50% cotone<br>50% poliestere<br>50% cotton<br>50% polyester   | 310  | 600  | CAT I                | 90  |

|  | IMBALLI / PACKAGING |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | TOTALI / TOTAL                |                                   |                        |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
|  | Collo / Package 1   |                    | Collo / Package 2  |                    | Collo / Package 3  |                    | Collo / Package 4  |                    | Collo / Package 5  |                    | Collo / Package 6  |                    | Peso tot. / Total weight (kg) | Volume / Volume (m <sup>3</sup> ) | N. Colli / Package no. |
| Ordito / Weft (kg)                             | Peso / Weight (kg)  | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) |                               |                                   |                        |
| 110  | 33                  | 130 x 40 x 25      | 45                 | 190 x 23 x 18      | 23                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 101                           | 0.305                             | 3                      |
| 110  | 40                  | 130 x 40 x 30      | 56                 | 190 x 23 x 18      | 28                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 124                           | 0.330                             | 3                      |
| 110  | 47                  | 130 x 40 x 35      | 34                 | 190 x 23 x 16      | 34                 | 190 x 23 x 16      | 33                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    | 148                           | 0.418                             | 4                      |
| 110  | 70                  | 130 x 45 x 40      | 45                 | 225 x 20 x 10      | 45                 | 225 x 20 x 10      | 26                 | 145 x 20 x 15      | 35                 | 195 x 20 x 10      | 34                 | 37 x 37 x 62       | 255                           | 0.491                             | 6                      |
| camera: 110 pavim.:250/ inner: 110 ground: 250 | 35                  | 130 x 35 x 22      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 35                            | 0,1                               | 1                      |
| camera: 110 pavim.:250/ inner: 110 ground: 250 | 45                  | 130 x 35 x 25      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 45                            | 0,113                             | 1                      |
| camera: 110 pavim.:250/ inner: 110 ground: 250 | 53                  | 130 x 30 x 35      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 53                            | 0,136                             | 1                      |
| camera: 110 pavim.:250/ inner: 110 ground: 250 | 65                  | 130 x 40 x 35      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 65                            | 0,182                             | 1                      |
| 120  | 33                  | 130 x 40 x 25      | 45                 | 190 x 23 x 18      | 23                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 101                           | 0.304                             | 3                      |
| 120  | 40                  | 130 x 40 x 30      | 56                 | 190 x 23 x 20      | 28                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 124                           | 0.304                             | 3                      |
| 120  | 47                  | 130 x 40 x 35      | 34                 | 190 x 23 x 16      | 34                 | 190 x 23 x 16      | 33                 | 40 x 40 x 60       |                    |                    |                    |                    | 148                           | 0.418                             | 4                      |
| 110  | 32                  | 185 x 20 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 32                            | 0,074                             | 1                      |
| 110  | 34                  | 125 x 28 x 28      | 45                 | 185 x 20 x 20      | 23                 | 37 x 37 x 62       |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 102                           | 0.257                             | 3                      |



# TABELLA PRODOTTI

## PRODUCTS' TABLE

| MODELLO / MODEL   | PIANTA / PLAN (m) | ALTEZZA / HEIGHT                                  |                     | ARMATURA / FRAME                   |                         |                           | TESSUTO / FABRIC  |  |  |                      |   |
|---|-------------------|---|---------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|--|--|----------------------|---|
|   |                   | Centrale / Central (m)                            | Laterale / Side (m) | Materiali / Materials              | Dimensioni / Dimensions |                           | Composizione / Composition  | Peso / Weight (g/m <sup>2</sup> )                | Impermeabilità / Waterproof (mm)                   | Ignifugo / Fireproof | Resistenza / Strength                             |
|   |                   |   |                     |                                    | diam / dia (mm)         | spessore / thickness (mm) |   |  |  |                      |   |
| MULTIPURPOSE 32 SQM / MULTIPURPOSE 32 SQM TENT                                  | 5,3 x 6           | 2,7   | 1,95                | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 100% cotone ignifugo / 100% FR cotton   | 330  | 400  | CAT I                | 65  |
| MULTIPURPOSE 42 SQM / MULTIPURPOSE 42 SQM TENT                                  | 5,3 x 8           | 2,7   | 1,95                | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | 100% cotone ignifugo / 100% FR cotton   | 330  | 400  | CAT I                | 65  |
| CAMERA MULTIPURPOSE 32 SQM / MULTIPURPOSE 32 SQM INNER TENT                     | 5,2 x 5,7         | 2,6   | 1,85                | -                                  | -                       | -                         | camera: 100% cotone pavimento: polietilene impermeabile / inner: 100% cotton ground: polyethylene                                 | camera: 330 pavim.: 200 / inner: 330 ground: 200 | camera: 200 pavim.: 3000 / inner: 200 ground: 3000 | CAT I                | camera: 65 pavimento: 60 / inner: 65 ground: 60   |
| CAMERA MULTIPURPOSE 42 SQM / MULTIPURPOSE 42 SQM INNER TENT                     | 5,2 x 7,7         | 2,6   | 1,85                | -                                  | -                       | -                         | camera: 100% cotone pavimento: poliester spalmato PVC / inner: 100% cotton ground: polyester PVC coated                           | camera: 280 pavim.: 650 / inner: 280 ground: 650 | camera: 200 pavim.: 3000 / inner: 200 ground: 3000 | CAT I                | camera: 70 pavimento: 200 / inner: 70 ground: 200 |
| POLIFUNZIONALE FR 6x7,5 M / FR POLYFUNCTIONAL TENT 6x7,5 M                      | 6 x 7,5           | 3   | 2,1                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 2-1                       | tetto: poliester spalmato PVC pareti: 50% cotone 50% modacrilico / roof: polyester PVC coated walls: 50% cotton 50% modacrylic    | tetto: 650 pareti: 310 / roof: 650 wall: 310     | tetto: 2000 pareti: 700 / roof: 2000 wall: 700     | CAT I                | tetto: 210 pareti: 90 / roof: 210 wall: 90        |
| POLIFUNZIONALE FR 6x10,5 M / FR POLYFUNCTIONAL TENT 6x10,5 M                    | 6 x 10,5          | 3   | 2,1                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 2-1                       | tetto: poliester spalmato PVC pareti: 50% cotone 50% modacrilico / roof: polyester PVC coated walls: 50% cotton 50% modacrylic    | tetto: 650 pareti: 310 / roof: 650 wall: 310     | tetto: 2000 pareti: 700 / roof: 2000 wall: 700     | CAT I                | tetto: 210 pareti: 90 / roof: 210 wall: 90        |
| TELO CONGIUNZIONE PER POLIFUNZIONALI FR / JOINING SHEET FOR POLYFUNCTIONAL TENT | 2 x 4,5           | -   | -                   | -                                  | -                       | -                         | poliester spalmato PVC / polyester PVC coated   | 650  | 2000   | CAT I                | 210   |
| VELARIO SOTTOTETTO FR / UNDER ROOF CURTAIN FR                                   | -                 | -   | -                   | -                                  | -                       | -                         | 100% cotone / 100% cotton   | 280  | 300  | CAT I                | 70  |
| MEETING 6 SCHOOL / MEETING 6 SCHOOL TENT  | 6 x 12            | 3   | 2,1                 | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | poliester spalmato PVC / polyester PVC coated   | 450  | 5000   | CAT II               | 160   |
| FAMILY 16 SQM / FAMILY 16 SQM TENT  | 5,5 x 3,1         | 2   | 1,9                 | vetroresina / fiberglass           | 14                      | -                         | poliester ripstop / ripstop polyester   | 170  | 3000   | CAT II               | 80  |
| COMMUNITY 540 / COMMUNITY 540 TENT  | 4,3 x 5,4         | 2,1   | 1,7                 | acciaio zincato / galvanized steel | 22,5                    | 1,25                      | 100% cotone / 100% cotton   | tetto: 280 pareti: 220 / roof: 280 wall: 220     | tetto: 370 pareti: 300 / roof: 370 wall: 300       | no                   | 70  |
| CAMERA COMMUNITY / COMMUNITY INNER TENT   | 4,2 x 3,5         | 2   | 1,6                 | -                                  | -                       | -                         | camera: 50% cotone 50% poliester pavimento: poliester spalmato PVC / inner: 50% cotton 50% polyester ground: polyester PVC coated | camera: 210 pavim.: 700 / inner: 210 ground: 700 | camera: 300 pavim.: 2000 / inner: 650 ground: 310  | no                   | camera: 55 pavimento: 200 / inner: 55 ground: 200 |
| JAMBOREE / JAMBOREE TENT  | 4,5 x 4           | 2   | -                   | acciaio zincato / galvanized steel | 28                      | 1                         | tetto: 100% cotone camera: 35% cotone 65% poliester / roof: 100% cotton inner: 35% cotton 65% polyester                           | tetto: 270 camera: 200 / roof: 270 inner: 200    | tetto: 390 camera: 280 / roof: 390 inner: 280      | no                   | tetto: 70 camera: 55 / roof: 70 inner: 55         |
| TENDA MODULARE ULTRARAPIDA 3x3 / ULTRA FAST MODULAR TENT 3x3                    | 3x3               | esterna: 3,2 interna: 2 / external: 3,2 inside: 2 | 2                   | alluminio / aluminium              | sez. 30x30              | 2                         | poliester ignifugo / FR polyester   | 120  | 1000   | CAT II               | 45  |
| TENDA MODULARE ULTRARAPIDA 3x4,5 / ULTRA FAST MODULAR TENT 3x4,5                | 3x4,5             | esterna: 3,2 interna: 2 / external: 3,2 inside: 2 | 2                   | alluminio / aluminium              | sez. 30x30              | 2                         | poliester ignifugo / FR polyester   | 120  | 1000   | CAT II               | 45  |

|   | IMBALLI / PACKAGING |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | TOTALI / TOTAL                |                                   |                        |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
|   | Collo / Package 1   |                    | Collo / Package 2  |                    | Collo / Package 3  |                    | Collo / Package 4  |                    | Collo / Package 5  |                    | Collo / Package 6  |                    | Peso tot. / Total weight (kg) | Volume / Volume (m <sup>3</sup> ) | N. Colli / Package no. |
| Ordito / Weft (kg)  | Peso / Weight (kg)  | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) | Peso / Weight (kg) | Misura / Size (cm) |                               |                                   |                        |
| 100   | 55                  | 200 x 38 x 44      | 67,5               | 200 x 38 x 24      | 32                 | 200 x 38 x 24      |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 154,5                         | 0,699                             | 3                      |
| 100   | 63                  | 200 x 38 x 44      | 67,5               | 200 x 38 x 24      | 37                 | 200 x 38 x 24      |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 167,5                         | 0,699                             | 3                      |
| camera: 100<br>pavim.: 60 /<br>inner: 100<br>ground: 60   | 54                  | 200 x 38 x 44      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 54                            | 0,334                             | 1                      |
| camera: 110<br>pavim.: 250 /<br>inner: 110<br>ground: 250 | 53                  | 130 x 40 x 40      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 53                            | 0,208                             | 1                      |
| tetto: 210<br>pareti: 110 /<br>roof: 210<br>wall: 110     | 42                  | 130 x 35 x 35      | 33                 | 130 x 30 x 30      | 22                 | 130 x 30 x 30      | 24                 | 145 x 20 x 15      | 45 (x2)            | 220 x 20 x 10      | 36                 | 37 x 37 x 62       | 247                           | 0,609                             | 7                      |
| tetto: 210<br>pareti: 110 /<br>roof: 210<br>wall: 110     | 59                  | 130 x 40 x 40      | 46                 | 130 x 35 x 35      | 22                 | 130 x 30 x 30      | 35                 | 145 x 20 x 15      | 56 (x2)            | 220 x 20 x 10      | 43                 | 37 x 37 x 62       | 317                           | 0,7                               | 7                      |
| 210   | 17                  | 200 x 20 x 20      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 17                            | 0,08                              | 1                      |
| 110   | 12                  | 125 x 30 x 15      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 12                            | 0,05                              | 1                      |
| 180   | 131                 | 230 x 62 x 48      | 80                 | 230 x 32 x 26      | 85                 | 230 x 32 x 26      | 85                 | 230 x 32 x 26      | 95                 | 230 x 32 x 26      |                    |                    | 476                           | 1,45                              | 5                      |
| 130   | 55                  | 95 x 41 x 44       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 55                            | 0,171                             | 1                      |
| 70  | 25                  | 115 x 30 x 30      | 32                 | 115 x 34 x 20      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 57                            | 0,182                             | 2                      |
| camera: 60<br>pavim.: 200/<br>inner: 60<br>ground: 200    | 22                  | 110 x 30 x 24      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 22                            | 0,079                             | 1                      |
| tetto 70<br>camera: 60 /<br>roof: 70<br>inner: 60         | 32,5                | 72 x 31 x 41       | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 32,5                          | 0,091                             | 1                      |
| 90  | 29                  | 155 x 28 x 28      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 29                            | 0,121                             | 1                      |
| 90  | 36                  | 155 x 31 x 31      | -                  | -                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 36                            | 0,149                             | 1                      |

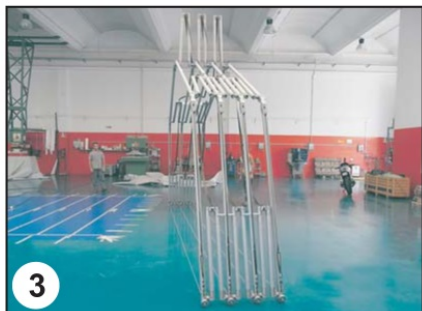
## MV 6X6 ISTRUZIONI 1/2



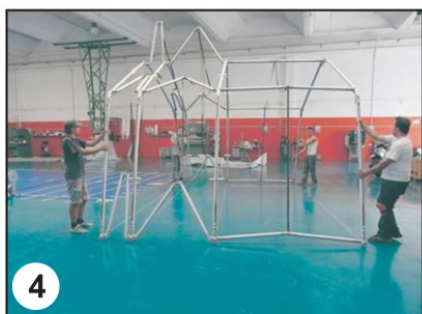
Posizionare la paleria a terra



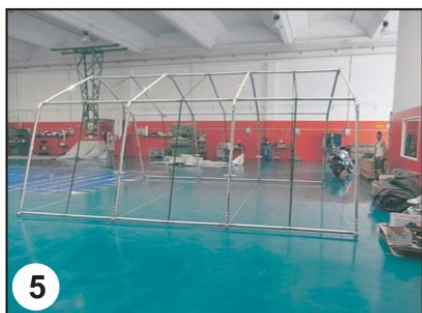
Aprire a ventaglio la paleria facendo attenzione di non pizzicare i nastri di tenuta . Srotolare i 4 cavi con moschettone posizionati alla base della paleria da una parte e agganciarli all'occhiello corrispondente alla base della parte opposta  
**ATTENZIONE:** questa operazione è importante per il sollevamento della paleria.



In 4 persone posizionarsi per il sollevamento della paleria "2 persone al colmo e 2 persone sulle gronde" sollevare.



Apertura della paleria : in 4 persone posizionarsi ai 4 lati estremi della paleria " 2 persone rimangono ferme ,mentre 2 distendono la paleria fino alla distensione finale.



  
**FERRINO**

# MV 6X6 ISTRUZIONI 2/2



Stendere la tenda all'interno.

Sganciare le corde avvolte su ogni gamba, con l'asta in dotazione far scendere il moschettone centrale, fare la stessa operazione con quelli sulle gronde. Agganciare i moschettoni ai relativi anelli a "D" posizionati sul telo tenda.



Sollevamento tenda: le 4 persone si posizionano sulle gambe centrali "2 a destra e 2 a sinistra.

In sincronia tirare la corda, in maniera tale da sollevare la tenda, **FARE QUESTA OPERAZIONE IL PIU' SCORREVOLE POSSIBILE PER EVITARE STRATTONAMENTI.**

Una volta sollevata la parte centrale avvolgere il cavo su i 2 punti posti su ogni gamba e bloccare l'elastico posto alla fine della corda.



Fare la stessa operazione con le corde di testata.

Per finire agganciare i moschettoni posizionati alla base di ogni gamba agli anelli a "D", della tenda sul perimetro di base, sganciare il moschettone con il cavo, stabilizzare la tenda e fermarla al suolo usando i picchetti in dotazione inserendoli negli occhielli fissati all'esterno del perimetro della tenda (n°7 per lato)

Per lo smontaggio: ripetere le operazioni partendo dall'ultima fatta.

PS: per chiudere la paleria (foto 4) usare l'asta in dotazione, spingere verso l'alto la parte centrale del colmo dove c'è il giunto fare questa operazione su tutte e 3 le campate mentre si chiude la paleria.





**Eurovinil S.p.A.**

*Logistic System  
Division*

## **Tenda Self-erecting TPSE-07**



### **Descrizione**

Tenda a struttura pneumatica di nuova concezione idonea per impieghi di pronto intervento e per soluzioni campali a lungo termine:

### **Montaggio 1 solo operatore in 4 MINUTI**

#### **Maggiore spazio utile interno**

-Assenza di paleria verticale

#### **Modularità**

-Possibilità di connessione con altre strutture al fine di offrire diverse soluzioni logistiche

#### **Facilità di trasporto**

-Ingombro di solo 1m<sup>3</sup>

#### **Materiali**

-Tessuto spalmato in PVC di nuova concezione che riduce l'irraggiamento solare e offre:

- elevata resistenza meccanica
- resistenza al fuoco
- resistenza a funghi e muffe



**Eurovinil S.p.A. Via Genova 5  
58100 Grosseto - Italy  
Phone: + 39 0564 487454 Fax: + 39 0564 487222  
[www.eurovinil.it](http://www.eurovinil.it)**

**[eurovinil@eurovinil.it](mailto:eurovinil@eurovinil.it)**

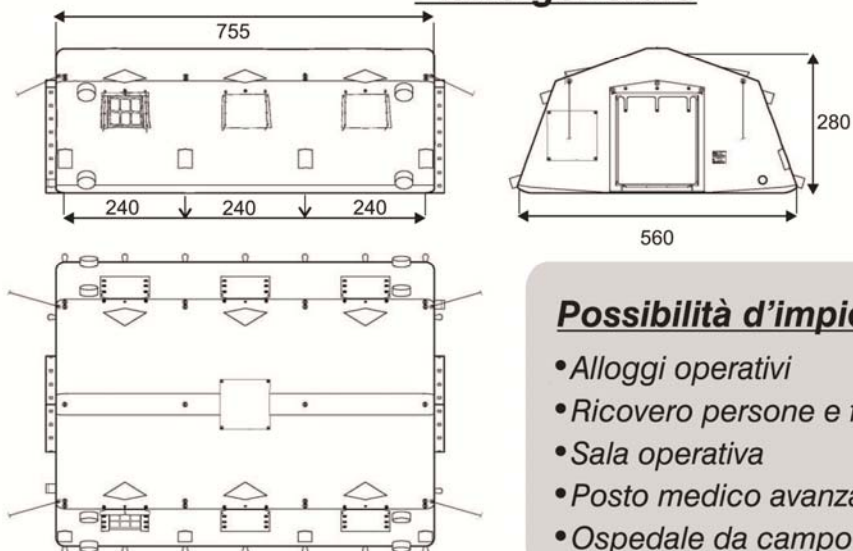


**Eurovinil S.p.A.**

Logistic System  
Division

## Tenda Self-erecting TPSE-07

### Piano generale



#### Possibilità d'impiego

- Alloggi operativi
- Ricovero persone e famiglie
- Sala operativa
- Posto medico avanzato
- Ospedale da campo

|                            |  |                |                |
|----------------------------|--|----------------|----------------|
| <b>Area di base</b>        | 3 archi 29 mq  | 4 archi 42 mq  | 5 archi 56 mq  |
| <b>Peso</b>                | 3 archi 135 Kg   | 4 archi 180 Kg | 5 archi 225 Kg |
| <b>Carico di neve</b>      | 15 kg/mq   |                |                |
| <b>Resistenza al vento</b> | 100 km/h   |                |                |
| <b>Materiale</b>           | Tessuto spalmato in PVC 1100 Dtex  |                |                |
| <b>Dotazioni standard</b>  | Mazza e picchetti-gonfiatore manuale- kit di riparazione- manuale d'uso  |                |                |
| <b>Optional</b>            | Telo Coibente-Telo divisorio-Telo Ombreggiatore-Gonfiatore elettrico con kit gonfiaggio simultaneo-kit di pavimentazione-Tappeto antipolvere |                |                |



#### MODELLI DISPONIBILI

| Modelli | Dimensioni      |
|---------|-----------------|
| 3 archi | 5.62x5.15xh2.80 |
| 4 archi | 5.62x7.55xh2.80 |
| 5 archi | 5.62x9.95xh2.80 |

**Eurovinil S.p.A. Via Genova 5**  
**58100 Grosseto - Italy**  
**Phone: + 39 0564 487454 Fax: + 39 0564 487222**  
**www.eurovinil.it**

**eurovinil@eurovinil.it**



**Eurovinil S.p.A.**

**Logistic System  
Division**

## **Tenda Autogonfiabile Pronto Impiego EV/07**



Tenda a struttura pneumatica di nuova concezione, indicata per interventi di tipo immediato che necessitano di fornire al personale operativo un punto di ricovero nel più breve tempo possibile e con ingombri ridotti:

**Leggerezza**

pesa circa 40 Kg

**Ingombro ridotto**

stivabile in un bagagliaio di un autovettura

**Rapidità e facilità d'uso**

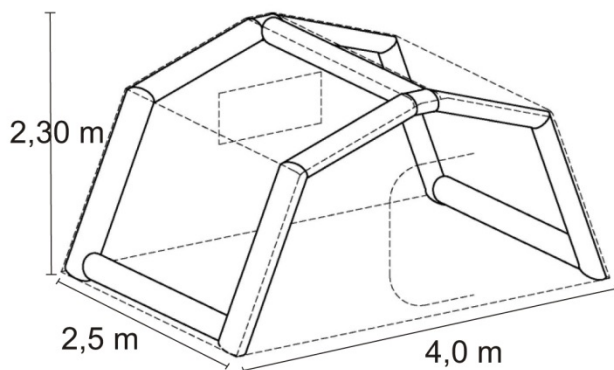
si aziona con bombola  $\text{CO}_2$  in circa 30 secondi

**Possibilità di personalizzazioni**

la sacca valigia e la tenda stessa sono personalizzabili con grafiche ad hoc

**Materiali**

- parte pneumatica: tessuto spalmato poliuretano
- copertura: tessuto nylon idrorepellente
- catino: tessuto PVC ad alta resistenza



**Eurovinil S.p.A. Via Genova 5  
58100 Grosseto - Italia  
Tel: 0564 487304 Fax: 0564 487222  
www.eurovinil.it**

**eurovinil@eurovinil.it**



**Eurovinil S.p.A.**

**Logistic System  
Division**

## **Tenda Autogonfiabile Pronto Impiego EV/07**

### **SCHEMA TECNICA**

#### **Specifiche tecniche**

|                               |   |                     |                    |
|-------------------------------|---|---------------------|--------------------|
| Dimensioni della confezione   | Larghezza 50 cm   | Lunghezza 85 cm     | Altezza 30 cm      |
| Dimensioni della tenda aperta | Larghezza 4 metri   | Lunghezza 2,5 metri | Altezza 2,30 metri |
| Peso                          | 40 kg   |                     |                    |
| Sistema di gonfiaggio         | Semiautomatico con bombola CO <sub>2</sub>  |                     |                    |
| Materiale                     | parte pneumatica: tessuto spalmato poliuretano<br>copertura: tessuto nylon idrorepellente<br>catino: tessuto PVC ad alta resistenza |                     |                    |

### **Sequenza illustrativa dell'apertura rapida**

1



2



3



4



**Eurovinil S.p.A. Via Genova 5  
58100 Grosseto - Italia  
Tel: 0564 487304 Fax: 0564 487222  
[www.eurovinil.it](http://www.eurovinil.it)**

**[eurovinil@eurovinil.it](mailto:eurovinil@eurovinil.it)**





**TUFF-R™ COMMERCIAL AND SUPER TUFF-R™ COMMERCIAL INSULATION**

**1. PRODUCT NAME**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial Insulation

**2. MANUFACTURER**

The Dow Chemical Company  
Dow Building Solutions  
200 Larkin  
Midland, MI 48674  
1-866-583-BLUE (2583)  
Fax 1-989-832-1465  
www.dowbuildingsolutions.com

**3. PRODUCT DESCRIPTION**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial polyisocyanurate insulation products consist of a patented, high-insulating-value, closed-cell polyisocyanurate foam core sandwiched between a choice of durable, exterior facers.

TUFF-R Commercial insulation has reflective foil facers on both sides of the board. When additional durability is required, Super TUFF-R Commercial insulation is the product of choice. The Super TUFF-R facers are composed of a reinforced, coated three-ply polymer/foil facer on one side. The other side is an equally reinforced polymer/foil super Tri-Plex non-reflective facer. The three-ply facers of Super TUFF-R improve shipping, storage and job site durability.

TUFF-R Commercial and Super TUFF-R Commercial insulation products offer high, long-term R-value\*. The facers reduce intrusion by water and water vapor into the foam insulation core, and allow the foam R-value to stabilize at a higher value. TUFF-R Commercial and Super TUFF-R Commercial insulation can be detailed as an air barrier.

**BASIC USE**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products can be used in commercial interior wall construction behind a minimum 1/2" gypsum board or equivalent thermal barrier interior finish.

**SIZES**

Product thicknesses and R-values are shown in Table 1. Not all products are available in all parts of the country. Other product sizes are available by custom order. Consult a Dow representative for board sizes and additional thickness information.

**4. TECHNICAL DATA**

**APPLICABLE STANDARDS**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation meet ASTM C1289 – Standard Specification for Faced Rigid Cellular Polyisocyanurate Thermal Insulation Board, Type I. Applicable standards include:

- D1621 – Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics
- C209 – Standard Test Methods for Cellulosic Fiber Insulating Board
- E96 – Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials
- D1622 – Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics
- C203 – Standard Test Methods for Breaking Load and Flexural Properties of Block-Type Thermal Insulation
- C236 – Standard Test Method for Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by Means of a Guarded Hot Box
- C518 – Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus

**CODE COMPLIANCE**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products comply with the following standards and codes:

- 2009 IRC – International One- and Two-Family Dwelling Code, Section 316; 2009 International Building Code, Section 2603
- ICC-ES ESR 3089

**PHYSICAL/CHEMICAL PROPERTIES**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products exhibit physical properties as indicated in Table 2 when tested as represented.

**ENVIRONMENTAL DATA**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products are manufactured with hydrocarbon blowing agents, which have no ozone depletion potential.

**FIRE INFORMATION**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products are combustible; protect from high heat sources. Local building codes may require a protective or thermal barrier. CAUTION: This product is combustible and shall only be used as specified by the local building code with respect to flame spread classification and to the use of a suitable thermal barrier. For more information, consult MSDS, call Dow at 1-866-583-BLUE (2583) or contact your local building inspector. In an emergency, call 1-989-636-4400.

**TABLE 1: SIZES AND R-VALUES FOR TUFF-R™ COMMERCIAL AND SUPER TUFF-R™ COMMERCIAL INSULATION**

| NOMINAL BOARD THICKNESS <sup>(1)</sup> , IN. | R-VALUE <sup>(2)</sup> |              |
|--|------------------------|--------------|
|  | TUFF-R                 | SUPER TUFF-R |
| 1.0  | 6.5                    | 6.5          |
| 1.5  | 9.8                    | 9.8          |
| 1.75   | N/A                    | 11.4         |
| 2.0  | 13.0                   | 13.0         |

(1) Stabilized R-values @ 75F mean temperature determined in accordance with ASTM C518.

(2) An additional R2.77 (2.8) may be added to the system R-value when a minimum 3/4" ideal air space and horizontal heat flow are present in accordance with ASHRAE Fundamentals Handbook and FTC, 16 CFR Part 460.

©™Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow  
\*R means resistance to heat flow. The higher the R-value, the greater the insulating power.

**5. INSTALLATION**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation boards are easy to handle, cut and install. They can be cut with a utility knife or any sharp blade. Contact a local Dow representative or access the literature library at [www.dowbuildingsolutions.com](http://www.dowbuildingsolutions.com) for more specific instructions.

**6. AVAILABILITY**

TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products are distributed through an extensive network. For more information, contact your local Dow representative or call 1-800-232-2436.

**7. WARRANTY**

A 15-year limited thermal warranty is available. Ask your Dow representative for details.

**8. MAINTENANCE**

Not applicable.

**9. TECHNICAL SERVICES**

Dow can provide technical information to help address questions when using TUFF-R™ Commercial and Super TUFF-R™ Commercial insulation products. Technical personnel are available to assist with any insulation project. For technical assistance, call:

1-866-583-BLUE (2583)

**10. FILING SYSTEMS**

[www.dowbuildingsolutions.com](http://www.dowbuildingsolutions.com)  
[www.sweets.com](http://www.sweets.com)

**TABLE 2: PHYSICAL PROPERTIES OF TUFF-R™ COMMERCIAL AND SUPER TUFF-R™ COMMERCIAL INSULATION**

| PROPERTY AND TEST METHOD                                  | VALUE |
|---|-------|
| Compressive Strength, ASTM D1621, psi, min.               | 25    |
| Water Absorption, ASTM C272, % by volume, core foam, max. | 0.1   |
| Water Vapor Permeance, ASTM E96, perm                     | <0.03 |
| Maximum Use Temperature, °F                               | 190   |
| Flexural Strength for 1" core foam, ASTM C203, psi, min.  | 40    |

[www.dowbuildingsolutions.com](http://www.dowbuildingsolutions.com)

**Technical Information**  
 1-866-583-BLUE (2583)  
**Sales Information**  
 1-800-232-2436

**IN THE U.S.**  
 THE DOW CHEMICAL COMPANY  
 200 Larkin  
 Midland, MI 48674

NOTICE: No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. The product shown in this literature may not be available for sale and/or available in all geographies where Dow is represented. The claims made may not have been approved for use in all countries or regions. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. References to "Dow" or the "Company" mean the Dow legal entity selling the products to Customer unless otherwise expressly noted. NO EXPRESS WARRANTIES ARE GIVEN EXCEPT FOR ANY APPLICABLE WRITTEN WARRANTIES SPECIFICALLY PROVIDED BY DOW. ALL IMPLIED WARRANTIES INCLUDING THOSE OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.

CAUTION: This product is combustible and shall only be used as specified by the local building code with respect to flame spread classification and to the use of a suitable thermal barrier. For more information, consult MSDS, call Dow at 1-866-583-BLUE (2583) or contact your local building inspector. In an emergency, call 1-989-636-4400.

Building and/or construction practices unrelated to building materials could greatly affect moisture and the potential for mold formation. No material supplier including Dow can give assurance that mold will not develop in any specific system.





**TUFF-R™ AND SUPER TUFF-R™  
POLYISOCYANURATE INSULATION**

**PRODUCT NAME**

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ Polyisocyanurate Insulation

**MANUFACTURER**

The Dow Chemical Company  
Dow Building Solutions  
200 Larkin  
Midland, MI 48674  
1-866-583-BLUE (2583)  
Fax 1-989-832-1465

www.insulateyourhome.com

**PRODUCT DESCRIPTION**

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ polyisocyanurate insulation products consist of a high-insulating-value, closed-cell polyisocyanurate foam core sandwiched between a choice of durable exterior facers.

On TUFF-R™ insulation, one facer is a continuous sheet of aluminum foil; the other is a Tri-Plex facer consisting of a three-ply laminate of durable kraft with aluminum foil on both sides. Where additional durability is required, Super TUFF-R™ insulation is a product of choice. The Super Tri-Plex facers are three-ply laminates of durable polyester, kraft and reinforced aluminum foil. One side is blue; the other side is reflective foil. TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation help reduce air infiltration through the wall by covering cracks between the framing members and sealing tightly against the studs.

**APPLICATIONS**

Install TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products in residential construction where they will be covered with a minimum of 1/2" gypsum board, or equivalent, thermal barrier.

Applications include:

- New frame wall construction behind masonry, siding, exterior stucco or other compatible finishes
- Interior retrofit of existing walls

**TABLE 1: FEATURES AND BENEFITS OF TUFF-R™ AND SUPER TUFF-R™ POLYISOCYANURATE INSULATION**

| Feature   | Benefit   |
|---|---|
| High R-value <sup>(1)</sup>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enhances thermal efficiency, helping reduce energy cost</li> </ul>   |
| Choice of durable facers depending on design requirements   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribute to durable surface that can be nailed, stapled or glued</li> </ul>  |
| Facers help reduce air penetration and water vapor intrusion  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allow products to be detailed as a weather-resistant barrier</li> <li>• Allow foam R-value to stabilize at higher value</li> </ul> |
| Products can be cut with utility knife or any sharp blade; Tri-Plex facers on Super TUFF-R™ improve shipping, storage and job-site durability | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Easy to handle and install</li> <li>• Less damage and job-site waste</li> </ul>  |
| Compatible with most exterior siding treatments   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatile</li> <li>• Ideal for brick, stone, aluminum, vinyl, wood, composite, fiber cement and stucco<sup>(2)</sup></li> </ul>    |
| Hydrocarbon blowing agent   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No ozone depletion potential</li> </ul>  |

(1) R means resistance to heat flow. The higher the R-value, the greater the insulating power.  
(2) Siding manufacturers may restrict warranties as applied to sheathing underlayment.

**TABLE 2: PHYSICAL PROPERTIES OF TUFF-R™ AND SUPER TUFF-R™ POLYISOCYANURATE INSULATION**

| Property and Test Method  | Value       |
|---|-------------|
| Compressive Strength <sup>(1)</sup> , ASTM D1621, psi, min.               | 25          |
| Flexural Strength, ASTM C203, psi, min. for 1" core foam                  | 40          |
| Water Absorption, ASTM C209, % by volume, max.                            | <0.1        |
| Water Vapor Permeance <sup>(2)</sup> , ASTM E96 (dessicant method), perms | <0.03       |
| Nominal Density, ASTM D1622, pcf  | 2           |
| Operation Temperature Range, °F   | -50 to +190 |

(1) Vertical compressive strength is measured at 10 percent deformation or at yield, whichever occurs first.  
(2) Based on 1" thickness.

- under a new interior finish of 1/2" (minimum) gypsum board
- Exterior retrofit of existing walls under new exterior sidings
- Over roof decks and in cathedral ceilings

**PHYSICAL PROPERTIES**

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products offer high R-value. The polyisocyanurate insulation is created by an exclusive free-rise manufacturing process, which produces a uniform, closed-cell foam for better insulation performance. As with all Dow polyisocyanurate insulations, TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products are

manufactured with hydrocarbon blowing agents, which have no ozone depletion potential.

For features and benefits of TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products, refer to Table 1.

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products exhibit the properties indicated in Tables 2 and 3 when tested as represented.

**SIZES**

Width and length:  
4' x 8', 4' x 9', 4' x 10'  
Edge treatment: Square edge

\*\*\*Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow

### CODE COMPLIANCES

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation products comply with the following codes and standards:

- International Residential Code (IRC) and International Building Code (IBC); see ICC-ES ESR-3089
- ASTM C1289 Type I
- Calif. Std. Reg. # CA-T383

Contact your Dow sales representative or local authorities for state and local building code requirements and related acceptances.

### INSTALLATION

Boards of TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulation are easy to handle, cut and install. The lightweight boards can be cut with a knife or any sharp blade.

Contact a local Dow representative or visit the literature library at [www.insulateyourhome.com](http://www.insulateyourhome.com) for more specific instructions.

### AVAILABILITY

TUFF-R™ and Super TUFF-R™ Polyisocyanurate Insulations are available through an extensive network of distributors and dealers. For more information, call 1-800-232-2436.

### TECHNICAL SERVICES

Dow can provide technical information to help address questions when using TUFF-R™ and Super TUFF-R™ insulations. Technical personnel are available at 1-866-583-BLUE (2583).

**TABLE 3: R-VALUES FOR TUFF-R™ AND SUPER TUFF-R™ POLYISOCYANURATE INSULATION**

| Nominal Foam Thickness, in. | Product R-Value <sup>(1)(2)</sup> |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 3/8                         | 2.0                               |
| 1/2                         | 3.3                               |
| 5/8                         | 4.1                               |
| 3/4                         | 5.0                               |
| 1                           | 6.5                               |

- (1) Product R-values @ 75°F mean temperature determined in accordance with ASTM C1289 and ASTM C236/C518 on full-sized product.  
(2) An additional R-2.77 (2.8) may be added to the system R-value when a minimum 3/4" ideal airspace and horizontal heat flow are present in accordance with the ASHRAE Fundamentals Handbook and FTC, 16 CFR part 460.

**NOTICE:** No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. The product shown in this literature may not be available for sale and/or available in all geographies where Dow is represented. The claims made may not have been approved for use in all countries or regions. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. References to "Dow" or the "Company" mean The Dow Chemical Company and its consolidated subsidiaries unless otherwise expressly noted. **NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.**

**NOTICE:** Changes to the International Residential Code require the installation of a water-resistive barrier (WRB) within most exterior wall assemblies in residential construction. The following Dow insulated sheathing products qualify as a WRB when installed according to the installation instructions developed for "Installation of foam sheathing as a weather-resistive barrier": STYROFOAM™ DURAMATE™ Plus, STYROFOAM™ Residential Sheathing, STYROFOAM™ Tongue and Groove, STYROFOAM SIS™, STYROFOAM™ Square Edge, STYROFOAM™ Residing Board, DOW™ High Performance Underlayment, THERMAX™ Sheathing, TUFF-R™ and Super TUFF-R™ and therefore do not require the use of a building paper or a housewrap as a WRB. When a WRB is not needed, these Dow foam sheathings may be installed according to standard installation instructions for foam sheathing from Dow. Be sure products and installation instructions meet code requirements for your particular location. Note: WEATHERMATE™ and WEATHERMATE™ Plus Housewraps have already qualified as water-resistive alternatives to the prescribed felt (see Evaluation Reports NER-593 and NER-640 for approved alternative).

**CAUTION:** This product is combustible and shall only be used as specified by the local building code with respect to flame spread classification and to the use of a suitable thermal barrier. For more information, consult MSDS, call Dow at 1-866-583-BLUE (2583) or contact your local building inspector. In an emergency, call 1-989-636-4400.

Building and/or construction practices unrelated to building materials could greatly affect moisture and the potential for mold formation. No material supplier including Dow can give assurance that mold will not develop in any specific system.

a proud partner of



Printed in U.S.A.

[www.insulateyourhome.com](http://www.insulateyourhome.com)

FOR TECHNICAL INFORMATION: 1-866-583-BLUE (2583)

FOR SALES INFORMATION: 1-800-232-2436

THE DOW CHEMICAL COMPANY

Dow Building Solutions • 200 Larkin • Midland, MI 48674

Form No. 179-07932-1011MCK McKAY211338

©™Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow  
Habitat for Humanity is a registered service mark owned by Habitat for Humanity International



**Materiali di riempimento granulari:**

- Sughero granulare (marca: Artimestieri)
- Perlite espansa “Perilit 25” (marca: Perlite italiana s.r.l.)
- Argilla espansa (marca: Liapor)

**Materiali di riempimento a pannello:**

- EPs+alluminio “FONOSTOPThermoAlu” (marca: Index s.p.a.)
- Vetro cellulare “Foamglass Floor Board T4” (marca: Foamglass)
- Schiuma polyiso “Stiferite Class S” (marca: Stiferite s.r.l.)
- Lana di roccia “Knauf 40” (marca: Knauf)
- Lana di legno “FiberTherm” (marca: Betonwood)

**Tessuti e pellicole polimeriche:**

- Membrana in polietilene Mylar 1000 (marca: Dupont)
- Tessuto Low-E (marca: Serge Ferrari)

**Altri materiali di progetto:**

- Velcro (marca: Velcro )
- Pompa a vuoto (marca: Torr Technologies)

# Bioart prodotti di sughero

## Ri-sughero granulare dim 3/8mm



**RI-SUGHERO** è sughero selezionato, ribollito e macinato in granuli di dimensioni da 3 a 8 millimetri, adatto all'isolamento termico e acustico delle abitazioni.

### IMPIEGHI CONSIGLIATI

Con il sughero granulato 3/8mm si possono eseguire i seguenti lavori di coibentazione termica ed acustica:

- Riempimento di intercapedini con o senza insufflaggio.
- Isolamento dei sottotetti agglomerato con silicato di sodio
- Isolamento dei sottotetti con granulare adagiato in forma sciolta
- Isolamento dei sottofondi di pavimenti
- Alleggerimento dei massetti in genere

### CARATTERISTICHE TECNICHE

- Peso specifico: 90-100kg al mc
- conduttività termica: 0.041 W/mK
- Resistenza termica: 0.6268 m<sup>2</sup>K/W (valore misurato su sp. 25mm)
- Sacco in carta avana da 125lt - 1/8 di mc

### POSA IN OPERA

**1-INSUFFLAGGIO NELLE PARETI:** praticare i fori sulle pareti perimetrali e insufflare il sughero granulare fino a completo riempimento delle intercapedini.

VOCE DI CAPITOLATO

Realizzazione di isolamento termico e acustico mediante l'insufflaggio di sughero granulare biondo tipo RI-SUGHERO 3/8 ARTIMESTIERI, fino a completo riempimento delle intercapedini.

**2-ISOLAMENTO DEI SOTTOTETTI** mescolato con silicato di Sodio: miscelare 1 mc di sughero granulare 3/8 con 90 kg di silicato di sodio a partire da 7 cm di spessore.

VOCE DI CAPITOLATO

Formazione di massetto isolante con funzione portante realizzato con impasto di granuli di sughero di dimensioni adatte tipo RI-SUGHERO 3/8 ARTIMESTIERI con silicato di sodio tipo BIOART-Silicato di Sodio, in misura di 90 kg di silicato di Sodio in 1mc di sughero granulare.

**3-ISOLAMENTO DEI SOTTOTETTI** in forma sciolta: adagiare il sughero granulare in spessore a piacere in modo libero sulla superficie oppure a riempimento di casseri o settori adatti ad una successiva copertura calpestabile.

VOCE DI CAPITOLATO

Formazione di massetto isolante costituito da granuli di sughero biondo tipo RI-SUGHERO 3/8 ARTIMESTIERI versati e livellati a secco senza l'aggiunta di agglomeranti.

**4-ISOLAMENTO DEI SOTTOFONDI DI PAVIMENTI** mescolato con silicato di Sodio: miscelare 1mc di sughero granulare con 90kg di silicato di Sodio e stendere l'impasto compattandolo con frattazzo al fine di migliorare la resistenza alla compressione del massetto. Successivamente coprire con massetto portante o pannellatura prima di pavimentare la superficie interessata.

VOCE DI CAPITOLATO

Formazione di massetto isolante con funzione portante realizzato con impasto di granuli di sughero di dimensioni adatte tipo RI-SUGHERO 3/8 ARTIMESTIERI con silicato di sodio tipo BIOART-Silicato di Sodio, in misura di 90 kg di silicato di Sodio in 1mc di sughero granulare. Successiva formazione di massetto pavimentabile in sabbia e cemento o in sabbia e calce idraulica tipo Bio-E NHL5 Tassullo.

**5-ALLEGGERIMENTO DI MASSETTI** in cemento o calce idraulica naturale: miscelare 1mc di granulare (oppure 1mc misto di granulare e sabbia in tutte le proporzioni) con 200kg di cemento 325 o con 350kg di calce idraulica naturale NHL5.

VOCE DI CAPITOLATO

Formazione di massetto alleggerito isolante termico e acustico mediante l'impasto di sughero granulare tipo RI-SUGHERO 3/8 ARTIMESTIERI (specificare se solo sughero o se misto a sabbia) con cemento o calce idraulica naturale NHL5 tipo Bio\_E Tassullo.

## PERALIT® 25

### Perlite espansa a grossa granulometria

► Termoisolamento di sottotetti non praticabili, pavimenti a secco, intercapedini murarie e canne fumarie.

## IDROPERALIT®

### Perlite espansa idrofuga

► Termoisolamento di pavimentazioni e di intercapedini murarie in presenza di umidità.

| Caratteristiche                  | Unità di misura   | Valore              | Certificazioni  |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|---|
| Granulometria                    | mm                | 1 - 5               |   |
| Massa volumica                   | kg/m <sup>3</sup> | 100 +/- 20%         |   |
| Reazione al fuoco                | Classe            | A1 (incombustibile) | Ministero Interno D.M. 10/03/2005                     |
| Conduktività termica $\lambda_m$ |                   |                     |   |
| ► Peralit 25                     | W/mK              | 0,048               | Certificato di conformità n° CPD/0497/675/06 - C.S.I. |
| ► Idroperalit                    | W/mK              | 0,052               | Certificato di conformità n° CPD/0497/676/06 - C.S.I. |

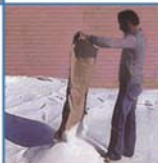
|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Imballo</b>         | Sacchi di polietilene da 100 litri                           |
| <b>Resa</b>            | 10 sacchi = 1 m <sup>3</sup>                                 |
| <b>Confezionamento</b> | 39 o 42 sacchi su bancali da 120 x 120 cm (h = 250 - 260 cm) |

### Prestazioni termoisolanti

| Spessore S | PERALIT 25           |                        | IDROPERALIT          |                        |
|------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
|            | Resistenza termica R | Trasmittanza termica U | Resistenza termica R | Trasmittanza termica U |
| cm         | m <sup>2</sup> K/W   | W/m <sup>2</sup> K     | m <sup>2</sup> K/W   | W/m <sup>2</sup> K     |
| 5          | 1,04                 | 0,96                   | 0,96                 | 1,04                   |
| 7          | 1,46                 | 0,69                   | 1,35                 | 0,74                   |
| 10         | 2,08                 | 0,48                   | 1,92                 | 0,52                   |
| 15         | 3,13                 | 0,32                   | 2,88                 | 0,35                   |
| 20         | 4,17                 | 0,24                   | 3,85                 | 0,26                   |



PERALIT® 25 IDROPERALIT®



ST 07 08.2 | 4/12

### Protezione delle tubazioni e degli elementi metallici

Le tubazioni metalliche (zincate o meno) inglobate in massetti porosi, qualora non siano dotate di specifiche protezioni impermeabili, prima della messa in opera dei massetti

alleggeriti devono essere immerse completamente in malta ricca di cemento e poco porosa, in modo che sia assicurata la passivazione superficiale completa delle tubazioni stesse. Le tubazioni plastiche devono essere ancorate al solaio.

| Caratteristiche del conglomerato    | Unità di misura    | Peralit 25 + 300 kg cemento R 32,5 | Peralit 25 + 200 kg cemento R 32,5 |                                    |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Massa volumica a 28 gg              | kg/m <sup>3</sup>  | 500 - 580                          | 400 - 480                          |                                    |
| Resistenza a compressione tipica    | MPa                | > 2                                | > 1,5                              |                                    |
| Reazione al fuoco                   | classe             | A1 (incombustibile)                | A1 (incombustibile)                | Ministero Interno D.M. 10/03/2005  |
| Resistenza a compressione           | kg/cm <sup>2</sup> | 22,44                              | 15,76                              | Ist. Giordano n. 1083.81 e n. 2688 |
| Conducibilità termica $\lambda_{m}$ | W/mK               | 0,10                               | 0,094                              | Ist. Giordano n. 2136 e n. 2679    |

### Prestazioni termoisolanti del conglomerato

| Spessore S | Peralit 25 + 300 kg cemento R 32,5 |                        | Peralit 25 + 200 kg cemento R 32,5 |                        |
|------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|
|            | Resistenza termica R               | Trasmittanza termica U | Resistenza termica R               | Trasmittanza termica U |
| cm         | m <sup>2</sup> K/W                 | W/m <sup>2</sup> K     | m <sup>2</sup> K/W                 | W/m <sup>2</sup> K     |
| 5          | 0,50                               | 2,00                   | 0,53                               | 1,88                   |
| 7          | 0,70                               | 1,43                   | 0,74                               | 1,34                   |
| 10         | 1,00                               | 1,00                   | 1,06                               | 0,94                   |
| 15         | 1,50                               | 0,67                   | 1,60                               | 0,63                   |
| 20         | 2,00                               | 0,50                   | 2,13                               | 0,47                   |



ST 07 08.2 | 9/12





**DECLARATION OF PERFORMANCE**

No. 4

1. Unique identification code of the product-type:  
Lightweight aggregate Liapor 3 6/16
2. Type, batch or serial number or any other element allowing identification of the construction product as required pursuant to Article 11(4):  
Liapor 3 8/16 mm
3. Intended use or uses of the construction product, in accordance with the applicable harmonised technical specification, as foreseen by the manufacturer:  
The preparation of concrete, mortar, grout and mixes for construction and the manufacture of construction products as well as other bound and unbound mixtures for use in roads and other civil engineering works according to:  
DIN EN 13055-1:2002 und DIN EN 13055-2:2004
4. Name, registered trade name or registered trade mark and contact address of the manufacturer as required pursuant to Article 11(5):  
Liapor GmbH & Co. KG, Werk Pautzfeld, Industriestraße 2, D-61352 Hallertendorf/Pautzfeld
5. Where applicable, name and contact address of the authorised representative whose mandate covers the tasks specified in Article 12(2):  
Not relevant
6. System or systems of assessment and verification of constancy of performance of the construction product as set out in Annex V:  
System 2\*
7. In case of the declaration of performance concerning a construction product covered by a harmonised standard:  
TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH (0780) performed initial inspection of the manufacturing plant; and of factory production control and continuous surveys, assesses and evaluates factory production control under System 2\* and issued the certificate of the factory production control:  
No. 0780-CPD-111074
8. In case of the declaration of performance concerning a construction product for which a European Technical Assessment has been issued:  
Not relevant
9. Declared performance  
See complete table at the end of this declaration.  
Where pursuant to Article 37 or 38 the Specific Technical Documentation has been used, the requirements with which the product complies:  
Not relevant
10. The performance of the product identified in points 1 and 2 is in conformity with the declared performance in point 9.  
This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 4.

Signed for and on behalf of the manufacturer by:  
Wolfgang Fuchs, CEO  
(name and function)

Hallertendorf/Pautzfeld, 01.07.2013  
(place and date of issue)

**Declared performance according point 9:**

| Essential characteristics        | Performance                    | Harmonised technical specification         |
|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Particle shape                   | round                          |  |
| Particle size                    | 8 – 16 mm                      |  |
| fineness                         | ≤ 1,5 M-%                      |  |
| Loose bulk density               | 325 ± 25 kg/m <sup>3</sup>     |  |
| Particle density                 | 0,67 ± 0,05 kg/dm <sup>3</sup> |  |
| Water absorption W <sub>50</sub> | 16 ± 4 M-%                     | DIN EN 13055-1:2002<br>DIN EN 13055-2:2004 |
| Water absorption W <sub>20</sub> | 24 ± 4 M-%                     |  |
| Crushing resistance              | ≥ 1,0 N/mm <sup>2</sup>        |  |
| Freezing and thawing resistance  | < 2,0 M-%                      |  |
| Chloride                         | < 0,02 M-%                     |  |
| Acid-soluble sulfate             | < 0,8 M-%                      |  |
| Total sulphur                    | < 1,0 M-%                      |  |


SCHEDA TECNICHE

| <b>FONOSTOPAlu</b>  |   |
|---|---|
| Spessore (UNI 9947)   | 6,5 mm circa  |
| Spessore lamina Alu   | 0,012 mm  |
| Dimensioni rotoli   | 1,05x15,0 m   |
| Massa areica  | 1,1 kg/m <sup>2</sup>                                 |
| Impermeabilità all'acqua (EN 1928)  | 1 KPa   |
| Coefficiente di diffusione al vapore acqueo (lamina fonoimpedente)                              | $\mu$ 1.500.000                                       |
| Rigidità dinamica (certificazione ITC conforme UNI EN 29052 p. 1*) carico 200 kg/m <sup>2</sup> | Rigidità dinamica apparente $s'_t = 4 \text{ MN/m}^3$ |
| Stima teorica del livello di attenuazione al calpestio (*)                                      | $\Delta L_w = 28 \text{ dB}$                          |
| Prove di compressione sotto carico costante 200 kg/m <sup>2</sup> (EN 1606)                     | Riduzione dello spessore: $\leq 1 \text{ mm ca.}$     |
| Comprimibilità (EN 12431:2000 - Determinazione dello spessore)                                  | $\leq 2 \text{ mm}$                                   |
| Resistenza al punzonamento statico (EN 12730)   | 35 kg   |
| Resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691)  | 20 cm   |
| Conducibilità termica tessuto non tessuto $\lambda$ .   | 0,045 W/mK  |
| Conducibilità termica lamina Alu $\lambda$ .  | 236 W/mK  |
| Diffusione termica lamina Alu   | $\alpha = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$     |

\* Rigidità dinamica  $s'_t = 21 \text{ MN/m}^3$

## FONOSTOPThermoAlu

**PRESTAZIONI ACUSTICHE: vedi caratteristiche FONOSTOPAlu**  
**Elemento costituente: Polistirolo espanso sinterizzato EPS120**

|  |   |                         |                         |                         |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  Codice di designazione CE per l'isolamento termico (EN 13163) | EPS EN13163-T1-L1-W1-S1-P3-DS(N)5-BS170-CS(10)120 |                         |                         |                         |
| Resistenza a compressione al 10% di compressione (EN 826)  | $\geq 120 \text{ KPa [CS(10)120]}$                |                         |                         |                         |
| Stabilità dimensionale 48 h a 23°C U.R. (EN 1604)  | $\pm 0,5\% \text{ [DS(N)5]}$                      |                         |                         |                         |
| Resistenza a flessione (EN 12089)  | $\geq 170 \text{ KPa [BS170]}$                    |                         |                         |                         |
| Ass. d'acqua a lungo periodo (EN 12087)  | $< 5\%$   |                         |                         |                         |
| Trasmissione del vapore (EN 12086)   | $30 \pm 70 \mu$                                   |                         |                         |                         |
| Spessore T1  | 20 mm   | 30 mm                   | 40 mm                   | 50 mm                   |
| Resistenza termica $R_{1D}$ (EN 12667)   | 0,55 m <sup>2</sup> K/W                           | 0,85 m <sup>2</sup> K/W | 1,10 m <sup>2</sup> K/W | 1,40 m <sup>2</sup> K/W |
| Conducibilità termica  | 0,035 W/mK  |                         |                         |                         |
| Calore specifico   | 1,20 kJ/kgK                                       |                         |                         |                         |
| Reazione al fuoco (EN 13501-1)   | Euroclasse E                                      |                         |                         |                         |

**Prodotto: FONOSTOPThermoAlu**

| Tipo                                | 25                      | 35                      | 45                      | 55                      |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Spessore (*)                        | 26 mm                   | 36 mm                   | 46 mm                   | 56 mm                   |
| Resistenza termica R (*) (EN 12667) | 0,65 m <sup>2</sup> K/W | 0,95 m <sup>2</sup> K/W | 1,20 m <sup>2</sup> K/W | 1,50 m <sup>2</sup> K/W |
| Dimensioni rotoli                   | 1x10 m                  | 1x8 m                   | 1x6 m                   | 1x5                     |
| Larghezza lamina fonoresiliente     | 1,05 m                  | 1,05 m                  | 1,05 m                  | 1,05 m                  |

(\*) Valore determinato sul materiale sottoposto ad un carico di 1 kPa (100 kg/m<sup>2</sup>).

**\* ATTENZIONE.** Solo i valori di rigidità dinamica segnati in rosso sono i valori utili per il calcolo previsionale conforme norma EN 12354-2 e solo la trasparente espressione sia della rigidità dinamica apparente  $s'_t$  sia della rigidità dinamica  $s'_t$  consentono al progettista una corretta valutazione.

(segue)

completamente desolidarizzato non solo dal solaio ma anche dalle murature e da qualsiasi corpo fuoriuscente dal solaio che dovesse attraversarlo. Per ottenere ciò, a partire dal materiale isolante steso sul piano del solaio, le murature perimetrali verranno rivestite per 15 cm con gli appositi elementi autoadesivi angolari in polietilene espanso FONOCCELL che risolveranno sul piano per 5 cm per incollarsi sullo strato isolante sul quale verranno ulteriormente fermati con il nastro adesivo SIGILTAPPE. I corpi o le tubazioni che dovessero attraversare verticalmente il foglio isolante ed il massetto galleggiante dovranno essere accuratamente rivestite con il FONOCCELL. Successivamente verranno posate le tubazioni riscaldanti che verranno mantenute in posizione da apposite barre modulari in plastica nelle quali, ogni 5 cm, sono ricavate le sedi dei tubi e che saranno state precedentemente incollate sulla faccia alluminata con un filo di colla a caldo estruso dalla apposita pistola elettrica. Le tubazioni riscaldanti, nel caso di massetto cementizio armato, possono essere legate o fissate con opportuni dispositivi alla rete elettrosaldata di armatura ma per entrambi i sistemi la cosa più importante da tenere presente è che non si dovrà mai forare o fissare le tubazioni attraverso il materiale isolante pena la riduzione delle proprietà isolanti dello stesso. Si procede poi alla stesura del massetto evitando di forare l'isolamento o di spostarne le sovrapposizioni. La preparazione e il dimensionamento del massetto saranno eseguiti conforme le prescrizioni del progettista dell'impianto riscaldante.

• I DATI FORNITI DA QUESTA PUBBLICAZIONE, FRUITO DI PROVE DI LABORATORIO O RILEVAZIONI DI CANTIERE, NON GARANTISCONO LA RIPETITIVITÀ DEI RISULTATI PER SISTEMI EQUIVALENTI • PER ULTERIORI INFORMAZIONI O USI PARTICOLARI CONSULTARE IL NOSTRO UFFICIO TECNICO •

|   |   |   |   |  |  |
|---|---|---|---|--|--|
|  Construction Systems and Products<br>Via G. Rossini, 22 - 37060 Castel D'Azzano (VR) - Italy - C.P.67 - Tel. (+39)045.8546201 - Fax (+39)045.518390 | Internet: <a href="http://www.indexspa.it">www.indexspa.it</a><br>e-mail Inform. Tecniche Commerciali: <a href="mailto:tecom@indexspa.it">tecom@indexspa.it</a><br>e-mail Amministrazione e Segreteria: <a href="mailto:index@indexspa.it">index@indexspa.it</a><br>e-mail Index Export Dept.: <a href="mailto:index.export@indexspa.it">index.export@indexspa.it</a> |  UNI EN ISO 9001 |  UNI EN ISO 14001 |  socio del GBC Italia |  Associati ANIT |
|---|---|---|---|--|--|

le utilizzazioni del prodotto. Considerate le numerose possibilità d'impiego e la possibile interferenza di elementi da noi non dipendenti, non ci assumiamo responsabilità in ordine ai risultati. L'Acquirente è tenuto a stabilire sotto la propria responsabilità l'adeguatezza del prodotto all'impiego previsto.

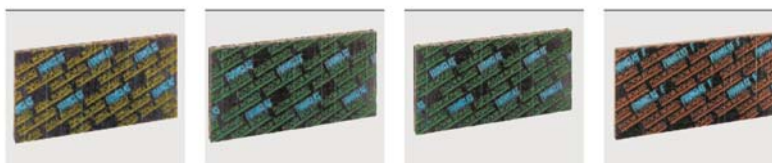
I dati esposti sono dati medi indicativi relativi alla produzione attuale e possono essere cambiati e aggiornati dalla INDEX in qualsiasi momento senza preavviso e a sua discrezione. I suggerimenti e le informazioni tecniche fornite rappresentano le nostre migliori conoscenze riguardo la proprietà

01/2012<sup>em</sup>

© INDEX

## FOAMGLAS® Boards

### Dati tecnici



| DIN EN 13167  | FOAMGLAS®<br>WALL BOARD W+F  | FOAMGLAS®<br>FLOOR BOARD T4+   | FOAMGLAS®<br>FLOOR BOARD S3  | FOAMGLAS®<br>FLOOR BOARD tipo F  |
|---|--|--|--|--|
| <b>Dimensioni [mm] *</b><br>1200 x 600 **   | <b>Spessore [mm]</b><br>40–140   | 40–180   | 40–180   | 40–160   |
| <b>Peso specifico apparente (<math>\pm 10\%</math>) [kg/m<sup>3</sup>]</b>  | 100  | 115  | 130  | 165  |
| <b>Conducibilità termica <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>   | $\leq 0,038$   | $\leq 0,041$   | $\leq 0,045$   | $\leq 0,050$   |
| <b>Comportamento in caso di incendio (EN 13501-1)</b><br><b>Comportamento in caso di incendio (DIN 4102-1)</b><br>materiale interno classe Euro A1  | F<br>B2  | F<br>B2  | F<br>B2  | F<br>B2  |
| <b>Resistenza alla compressione CS test eseguito da istituto esterno abilitato, (EN 826, allegato A) [kPa]</b>  | –  | $\geq 600$   | $\geq 900$   | $\geq 1600$  |
| <b>Resistenza alla flessione BS (EN 12089) [kPa]</b>  | –  | $\geq 450$   | $\geq 500$   | $\geq 550$   |
| <b>Resistenza alla trazione TR (EN 1607) [kPa]</b>  | –  | $\geq 100$   | $\geq 100$   | $\geq 150$   |
| <b>Coefficiente di dilatazione termica [K<sup>-1</sup>]</b>   | $9 \times 10^{-6}$   | $9 \times 10^{-6}$   | $9 \times 10^{-6}$   | $9 \times 10^{-6}$   |
| <b>Capacità di ritenzione del calore [kJ/(kg·K)]</b>  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  |
| <b>Conducibilità termica a 0 °C [m<sup>2</sup>/s]</b>   | $4,4 \times 10^{-7}$   | $4,4 \times 10^{-7}$   | $4,4 \times 10^{-7}$   | $4,4 \times 10^{-7}$   |
| <b>Resistenza alla diffusione del vapore (EN ISO 10456)</b>   | $\mu = \infty$   | $\mu = \infty$   | $\mu = \infty$   | $\mu = \infty$   |
| <b>Altre proprietà</b>  |  |  |  |  |
| <b>Resistenza alla compressione [N/mm<sup>2</sup>]</b><br>Resistenza media alla compressione <sup>1)</sup><br>Valore frattile 2.5% <sup>2)</sup><br>Valore frattile 7.5% <sup>3)</sup><br>Carico utile ammesso<br>– sicurezza strutturale <sup>4)</sup><br>– determinante per l'usabilità <sup>5)</sup> |  | 0,79–0,81<br>0,64<br>0,68  | 1,16–1,19<br>0,97<br>1,02  | 1,80–1,83<br>1,59<br>1,65  |
| <b>Modulo d'elasticità [N/mm<sup>2</sup>]</b><br>(in compressione)  |  | 90<br>a secco (su sabbia<br>o pietrisco)   | 120<br>a secco (su sabbia<br>o pietrisco)  | 220<br>a secco (su sabbia<br>o pietrisco)  |
| <b>Campi di applicazione</b>  | Applicazioni senza sollecitazioni meccaniche:<br>– facciate (quale isolante interno tra pareti doppie)<br>– isolamento interno (davanti a pareti o costruzioni aggiunte) | – isolamento di pavimenti<br>– facciate (quale isolante interno tra costruzioni in calcestruzzo a doppio strato) | Applicazioni con forti sollecitazioni della resistenza alla compressione:<br>– isolamento di pavimenti | Applicazioni con forti sollecitazioni della resistenza alla compressione:<br>– isolamento di pavimenti |
| <b>Tinte</b>  | Giallo (sui due lati)  | Verde (sui due lati)   | Verde (sui due lati)   | Rosso (sui due lati)   |

\* Altre dimensioni e spessori su richiesta.

\*\* Tolleranza secondo DIN EN 13167.

### Descrizione delle resistenze alla compressione ( $\sigma_{zul}$ , [N/mm<sup>2</sup>])

1) Affidabilità 95%

2) Valore non raggiunto con una frequenza del 2.5%; livello di affidabilità 95%

3) Valore non raggiunto con una frequenza del 7.5%; livello di affidabilità 95%

4) quale elemento integrante del sistema portante primario, sotto fondamenta,  $\gamma_s > 1.75$ , riferito a un valore frattile del 2.5%

5) sotto pavimenti sospesi e lastre di ripartizione del carico, ev. supplemento di spinta incluso,  $\gamma_s > 1.75$ , riferito a un valore frattile del 7.5

# FOAMGLAS® Boards e blocchi

## Dati tecnici



| DIN EN 13167   | FOAMGLAS®<br>READY BOARD<br>T4+   | FOAMGLAS®<br>READY BLOCK<br>T4+  | FOAMGLAS®<br>PC® PERISAVE<br>elemento per zoccolo       | FOAMGLAS®<br>PC® PERISAVE<br>elemento perimetrale   |
|--|---|--|---|---|
| <b>Dimensioni [mm] *</b><br>1200 x 600 **  | <b>Spessore [mm]</b><br>40 – 180  |  |   |   |
| <b>Dimensioni [mm] *</b><br>600 x 600 **   | <b>Spessore [mm]</b>  | 40 – 180   | 280   |   |
| <b>Dimensioni [mm] *</b><br>600 x 300, 250 **  | <b>Spessore [mm]</b>  |  |   | 300   |
| <b>Peso specifico apparente (± 10%) [kg/m³]</b>  | 115   | 115  | 100   | 100   |
| <b>Conducibilità termica <math>\lambda_D</math> [W/(m·K)]</b>  | ≤ 0,041   | ≤ 0,041  | ≤ 0.038 W/mK  | ≤ 0.038 W/mK  |
| <b>Comportamento in caso di incendio (EN 13501-1)</b><br><b>Comportamento in caso di incendio (DIN 4102-1)</b><br>materiale interno classe Euro A1   | F<br>B2   | F<br>B2  | F<br>B2   | F<br>B2   |
| <b>Resistenza alla compressione CS</b> test eseguito da istituto esterno abilitato, (EN 826, allegato A) [kPa]   | ≥ 600   | ≥ 600  |   |   |
| <b>Resistenza alla flessione BS</b> (EN 12089) [kPa]   | ≥ 450   | ≥ 450  |   |   |
| <b>Resistenza alla trazione TR</b> (EN 1607) [kPa]   | ≥ 100   | ≥ 100  |   |   |
| <b>Coefficiente di dilatazione termica [K<sup>-1</sup>]</b>  | 9 x 10 <sup>-6</sup>  | 9 x 10 <sup>-6</sup>   | 9 x 10 <sup>-6</sup>                                    | 9 x 10 <sup>-6</sup>  |
| <b>Capacità di ritenzione del calore [kJ/(kg·K)]</b>   | 1,0   | 1,0  | 1,0   | 1,0   |
| <b>Conducibilità termica a 0 °C [m²/s]</b>   | 4,2 x 10 <sup>-7</sup>  | 4,2 x 10 <sup>-7</sup>   | 4,4 x 10 <sup>-7</sup>                                  | 4,4 x 10 <sup>-7</sup>  |
| <b>Resistenza alla diffusione del vapore</b><br>(EN ISO 10456)   | $\mu = \infty$  | $\mu = \infty$   | $\mu = \infty$  | $\mu = \infty$  |
| <b>Altre proprietà</b>   |   |  |   |   |
| <b>Resistenza alla compressione [N/mm²]</b><br>Resistenza media alla compressione <sup>1)</sup><br>Valore frattile 2.5% <sup>2)</sup><br>Valore frattile 7.5% <sup>3)</sup><br>Carico utile ammesso<br>– sicurezza strutturale <sup>4)</sup><br>– determinante per l'usabilità <sup>5)</sup> | 0,79–0,81<br>0,64<br>0,68<br>0,36<br>0,39   | 0,79–0,81<br>0,64<br>0,68<br>0,36<br>0,39  |   |   |
| <b>Modulo d'elasticità [N/mm²]</b><br>(in compressione)  | 65<br>a secco (su sabbia o<br>pietrisco) con manto<br>bituminoso  | 75<br>in bitume freddo senza<br>manto bituminoso   |   |   |
| <b>Campi di applicazione</b>   | – tetti piani (incollaggio a freddo su lamiera grecata con PCR 11)<br>– sistemi isolanti con la possibilità di saldare direttamente il manto bituminoso | – tetti piani (incollaggio a freddo su con PCR 500)<br>– sistemi isolanti con la possibilità di saldare direttamente il manto bituminoso | – Elemento di zoccolo universale per abitazione passiva | – chiusura perimetrale nelle costruzioni in calcestruzzo<br>– quale elemento di sistema soddisfa i criteri di isolamento termico per abitazione passiva |
| <b>Tinte</b>   | blu (sopra), velo bianco (sotto)  | blu (solo faccia superiore)  |   |   |

\* Altre dimensioni e spessori su richiesta.

\*\* Tolleranza secondo DIN EN 13167.

### Descrizione delle resistenze alla compressione ( $\sigma_{zul}$ [N/mm²])

1) Affidabilità 95%

2) Valore non raggiunto con una frequenza del 2.5%; livello di affidabilità 95%

3) Valore non raggiunto con una frequenza del 7.5%; livello di affidabilità 95%

4) quale elemento integrante del sistema portante primario, sotto fondamenta,  $\gamma_s > 1.75$ , riferito a un valore frattile del 2.5%

5) sotto pavimenti sospesi e lastre di ripartizione del carico, ev. supplemento di spinta incluso,  $\gamma_s > 1.75$ , riferito a un valore frattile del 7.5%



STIFERITE Srl  
 Viale Navigazione Interna, 54 - 35129 Padova  
 Tel +39 049 8997911 - Fax + 39 049 774727  
 http://www.stiferite.com - email [info@stiferite.com](mailto:info@stiferite.com)

SCHEDA TECNICA

Pag. 1/3

# CLASS S

**DESCRIZIONE**

STIFERITE CLASS S è un pannello sandwich costituito da un componente isolante in schiuma polyiso, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito su entrambe le facce con velo vetro saturato.

**PRINCIPALI APPLICAZIONI**

Isolamento di coperture anche sotto manti sintetici a vista  
 Isolamento di pavimenti  
 Isolamento di casseri  
 Isolamento di pareti

**LINEE GUIDA PER LA STESURA DI CAPITOLATI TECNICI\***

Isolante termico **STIFERITE CLASS S** in schiuma polyiso espansa rigida (PIR) di spessore ...(\*), con rivestimenti di velo vetro saturato su entrambe le facce, avente:

- Conducibilità termica Dichiarata:  $\lambda_D = \dots$  **W/mK (EN 13165 Annessi A e C)**
- Percentuale in peso di materiale riciclato: **3.23 – 2.45 %**
- Resistenza a compressione al 10% della deformazione: **valore minimo = ... kPa (EN 826)**
- Resistenza a compressione al 2% della deformazione: **valore minimo = ... kg/m<sup>2</sup> (EN 826)**
- Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo per lo spessore 100 mm:  **$\mu = 56$  (EN 12086)**
- Resistenza alla diffusione del vapore acqueo:  **$Z = \dots$  m<sup>2</sup>hPa/mg (EN 12086)**
- Resistenza a trazione perpendicolare alle facce:  **$\sigma_{mt} > 70$  kPa**
- Scostamento dalla planarità:  **$S_{max} \pm 5$  mm (EN 825)**
- Planarità dopo bagnatura da una faccia:  **$FW \leq 10$  mm (EN 13165)**
- Assorbimento d'acqua per immersione totale a lungo periodo:  **$W_{lt} < 2$  % (EN 12087)**
- Assorbimento d'acqua per immersione parziale a breve periodo:  **$W_{sp} < 0.2$  kg/m<sup>2</sup> (EN1609)**
- Classe di reazione al fuoco: **E (EN 11925-2)**
- Dichiarazione ambientale di prodotto EPD per lo spessore 60 mm (**ISO 14040 e MSR 1999:2**)

**Prodotto da azienda certificata con sistema di qualità ISO 9001, avente la marcatura di conformità CE su tutta la gamma**

(\* ) I parametri non riportati variano in funzione dello spessore. Per inserire i valori corrispondenti allo spessore utilizzato si utilizzino i dati riportati nella presente scheda tecnica.

CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI

**Isolamento Termico**

| Caratteristica [Norma]  | Descrizione  | Simbolo [Unità di misura]  | Valore   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---|--|----------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   |  |                            | Per alcune caratteristiche varia in funzione dello spessore (mm) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|   |  |                            | 20   | 40          | 50          | 60          | 70          | 80          | 90          | 100         | 120         | 140         |
| Conducibilità Termica media iniziale [EN 12667]               | Valore determinato alla temperatura media di 10 °C | $\lambda_{90/90,1}$ [W/mK] | <b>0,024</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Conducibilità Termica Dichiarata [UNI EN 13165 Annessi A e C] | Valore determinato alla temperatura media di 10 °C | $\lambda_D$ [W/mk]         | <b>0,028</b> spessore 20 - 70                                    |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|   |  |                            | <b>0,026</b> spessore 80 - 110                                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|   |  |                            | <b>0,025</b> spessore 120 - 140                                  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Trasmittanza Termica Dichiarata                               | $U_D = \lambda_D / d$                              | $U_D$ [W/m <sup>2</sup> K] | <b>1.40</b>  | <b>0.70</b> | <b>0.56</b> | <b>0.47</b> | <b>0.40</b> | <b>0.33</b> | <b>0.29</b> | <b>0.26</b> | <b>0.21</b> | <b>0.18</b> |
| Resistenza Termica Dichiarata                                 | $R_D = d / \lambda_D$                              | $R_D$ [m <sup>2</sup> K/W] | <b>0.71</b>  | <b>1.43</b> | <b>1.79</b> | <b>2.14</b> | <b>2.50</b> | <b>3.03</b> | <b>3.49</b> | <b>3.85</b> | <b>4.80</b> | <b>5.60</b> |
| Per altre caratteristiche v. retro →                          |  |                            |  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |

Altre informazioni Per ottenere dati tecnici non contemplati nella presente Scheda Tecnica contattare direttamente l'Ufficio Tecnico al numero verde **800840012**

Scheda Tecnica Stiferite CLASS S Rev. 12 del 01/10/2013 Redatta da: F. Raggiotto Verificata da: L. Tolin

SCHEDA TECNICA

**CLASS S**

Pag. 2/3

Altre caratteristiche e prestazioni

| Caratteristica [Norma]  | Descrizione  | Simbolo [Unità di misura]        | Valore   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|--|----------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |  |                                  | Per alcune caratteristiche varia in funzione dello spessore (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |                                  | 20   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 120  | 140  |
| Conducibilità Termica di Progetto [UNI EN 12667]                            | Valore determinato alla temperatura media di 20 °C e umidità relativa 50 %   | $\lambda_U$ [W/mk]               | 0.026 spessore 80 - 120  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Massa volumica pannello   | Valore medio comprensivo del peso dei rivestimenti.  | $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]      | 35 ± 1.5   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Spessore nominale [EN 823]  | Misura   | $d_N$ [mm]                       | Standard da 20 a 140 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Resistenza a compressione [EN 826]  | Determinata al 10% di schiacciamento   | $\sigma_{10}$ o $\sigma_m$ [kPa] | 160  | 150  | 150  | 160  | 160  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  |
| Resistenza a compressione [EN 826]  | Determinata al 2% di schiacciamento  | $\sigma_2$ [kg/m <sup>2</sup> ]  | 5000   | 5000 | 5000 | 6000 | 6000 | 5000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Stabilità dimensionale [EN 1604]  | 48h (±1) a 70°C (±2) e 90% UR (±5)   | DS(TH) [% variazione lineare]    | 1  | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|   |  | [% variazione spessore]          | 6  | 5    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |
|   | 48h (±1) a -20°C (±3)  | [% variazione lineare]           | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
|   |  | [% variazione spessore]          | 1  | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Euroclasse di Reazione al fuoco [EN 13501-1] [EN 11925 -2] [EN 13823 (SBI)] |  | Euroclasse                       | E  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Calore Specifico  | Valore   | $C_p$ [J/kg K]                   | 1464   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fonoisolamento acustico a parete [UNI EN ISO 140-3] [UNI EN ISO 717-1]      | Stratigrafia:<br>o 15 mm intonaco<br>o Foratina da 12<br>o Pannello STIFERITE CLASS S di spessore 50 mm<br>o Foratina da 8<br>o 15 mm intonaco | $R_w$ [dB]                       | 54   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fattore di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua [EN 12086]         | Valore per lo spessore 100 mm  | $\mu$                            | 56 ± 2   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Resistenza alla diffusione del vapore d'acqua [EN 12086]                    | Valore   | $Z$ [m <sup>2</sup> hPa/mg]      | 4.2 – 8.0  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Resistenza a trazione perpendicolare alle facce [EN 1607]                   | Valore   | $\sigma_{mt}$ [kPa]              | Maggiore di 70   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Pull through [EN 16382]   | valore   | [N]                              | > 750  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Scostamento dalla planarità [EN 825]  | Valore   | $S_{max}$ [mm]                   | ± 5 per superficie ≤ 0.75 m <sup>2</sup>                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |                                  | ± 10 per superficie > 0.75 m <sup>2</sup>                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Planarità dopo bagnatura da una faccia [EN 13165]                           | Valore   | FW [mm]                          | ≤ 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |                                  | Per altre caratteristiche v. retro →                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|                    |   |                        |                          |                         |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Altre informazioni | Per ottenere dati tecnici non contemplati nella presente Scheda Tecnica contattare direttamente l'Ufficio Tecnico al numero verde 800840012 |                        |                          |                         |
| Scheda Tecnica     | Stiferite CLASS S   | Rev. 12 del 01/10/2013 | Redatta da: F. Raggiotto | Verificata da: L. Tolin |

SCHEDA TECNICA

**CLASS S**

Pag. 3/3

Altre caratteristiche e prestazioni

| Caratteristica [Norma]                     | Descrizione  | Simbolo [Unità di misura]     | Valore   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|--|--|-------------------------------|--|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|  |  |                               | Per alcune caratteristiche varia in funzione dello spessore (mm) |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|  |  |                               | 20   | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 140 |
| Assorbimento d'acqua [EN 12087]            | Immersione totale per 28 giorni                            | $W_t$ [%]                     | Inferiore a 2% in peso   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Assorbimento d'acqua [EN 1609]             | Immersione parziale a breve periodo                        | $W_{sp}$ [kg/m <sup>2</sup> ] | Inferiore a 0.2  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| Percentuale in peso di materiale riciclato | La variazione dipende dallo spessore del prodotto isolante | %                             | <b>3.23 – 2.45</b>   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |

Tolleranze industriali e Note

| Tolleranze [UNI EN 13165] | Spessore                   | T2 [mm]   | <50 ±2 mm    |                        | Da 50 a 75 ±3 mm      |               | >75 +5 /-2 mm |  |
|---------------------------|----------------------------|---|--------------|------------------------|-----------------------|---------------|---------------|--|
|                           | Dimensioni                 |   | < 1000 ±5 mm | Da 1000 a 2000 ±7,5 mm | Da 2000 a 4000 ±10 mm | > 4000 ±15 mm |               |  |
| Note                      | Stabilità alla temperatura | I pannelli Stiferite sono utilizzabili in un campo di temperature continue normalmente comprese fra -40 °C e +120 °C. Per brevi periodi possono sopportare anche temperature fino a + 200 °C, o equivalenti alla temperatura del bitume, senza particolari problemi.<br>Lunghe esposizioni alle temperature potranno causare deformazioni alla schiuma o ai rivestimenti, ma non provocare sublimazioni o fusioni.<br>Resistenza alla sfiammatura e altre particolari reazioni al fuoco sono caratteristiche legate alla tipologia di pannello utilizzato |              |                        |                       |               |               |  |
|                           | Aspetto                    | Eventuali piccole zone di non adesione tra i rivestimenti e la schiuma hanno origine dal processo produttivo e non pregiudicano in modo alcuno le proprietà fisico-meccaniche dei pannelli  |              |                        |                       |               |               |  |

|                    |   |                        |                          |                         |
|--------------------|---|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Altre informazioni | Per ottenere dati tecnici non contemplati nella presente Scheda Tecnica contattare direttamente l'Ufficio Tecnico al numero verde 800840012 |                        |                          |                         |
| Scheda Tecnica     | Stiferite CLASS S   | Rev. 12 del 01/10/2013 | Redatta da: F. Raggiotto | Verificata da: L. Tolin |



## Lana di roccia Knauf ISOROCCIA 40®

Prodotto, Caratteristiche, Campo di applicazione

### Prodotto

#### Denominazione commerciale

Isoroccia 40

#### Descrizione

Pannello rigido in lana di roccia a densità medio bassa, senza rivestimento.

### Campo d'applicazione

#### Impieghi

Isolamento termico, acustico e protezione al fuoco di pareti divisorie realizzate con il sistema a secco.

### Caratteristiche

| Caratteristiche   | Valore              | Unità di misura        | Norma                |
|---|---------------------|------------------------|----------------------|
| Densità nominale ( $\pm 10\%$ )                                 | 40                  | kg/m <sup>3</sup>      | EN 1602              |
| Dimensione dei pannelli   | 1000 x 600          | mm                     |                      |
| Spessori disponibili  | 40, 50, 60, 70, 100 | mm                     |                      |
| Conducibilità termica $\lambda_0$                               | 0,037               | W/mK                   | EN 13162<br>EN 12667 |
| Resistenza termica $R_0$  |                     |                        |                      |
| Spessore 40   | 1,05                |                        |                      |
| Spessore 50   | 1,35                |                        |                      |
| Spessore 60   | 1,60                | m <sup>2</sup> K/W     | EN 13162             |
| Spessore 70   | 1,85                |                        |                      |
| Spessore 100  | 2,70                |                        |                      |
| Reazione al fuoco (Euroclasse)                                  | A1                  | -                      | EN 13501-1           |
| Calore specifico (Cp)   | 1.030               | J/kgK                  | EN 12524             |
| Resistenza al passaggio del vapore acqueo<br>Senza rivestimento | 1                   | $\mu$                  | EN 12086             |
| Absorbimento d'acqua a breve termine - WS                       | $\leq 1,0$          | kg/m <sup>2</sup>      | EN 1609              |
| Resistenza al passaggio d'aria - AF                             | $> 5$               | kPa - s/m <sup>2</sup> | EN 29053             |
| Temperatura di fusione lana di roccia                           | $> 1.000$           | °C                     | -                    |
| Classe tolleranza di spessore - T                               | T5 (-1% o 1 mm)     | %                      | EN 823               |

#### Sede:

Castellina Marittima (PI)  
Tel. 050 69211  
Fax 050 692301

#### Stabilimento Sistemi a Secco:

Castellina Marittima (PI)  
Tel. 050 69211  
Fax 050 692301

#### Stabilimento Sistemi Intonaci:

Gambassi Terme (FI)  
Tel. 0571 6307  
Fax 0571 678014

#### K-Centric:

Knauf Milano  
Rozzano (MI)  
Tel. 02 52823711

Knauf Padova  
Padova (PD)  
Tel. 049 7165011

Knauf Pisa  
Castellina Marittima (PI)  
Tel. 050 69211

Knauf Roma  
Roma (RM)  
Tel. 06 32099911

Tutti i diritti sono riservati ed oggetto di protezione industriale. Le modifiche dei prodotti illustrati, anche se parziali, potranno essere eseguite soltanto se esplicitamente autorizzate dalla società Knauf s.a.s. di Castellina Marittima (PI). Tutti i dati forniti ed illustrati sono indicativi e la società Knauf s.a.s. si riserva di apportare in ogni momento le modifiche che riterrà opportune, in conseguenza delle proprie necessità aziendali e dei procedimenti produttivi.



SCHEDA TECNICA

# FiberTherm®

## Pannello isolante in fibra di legno FiberTherm

Pannello isolante FiberTherm in fibra di legno prodotto nel rispetto delle norme EN 13171 e EN 13986 sotto costante controllo qualità. Il legno utilizzato proviene da una gestione forestiera ragionata ed è certificato conforme alle direttive del FSC®.



### DESCRIZIONE

Il pannello FiberTherm in fibra di legno è un isolante rigido per muri e coperture, ideale per coibentare in modo completamente naturale il vostro edificio, garantendo la realizzazione di ambienti con un elevato comfort abitativo nonché un'atmosfera interna veramente sana.

Il pannello è prodotto con sistema a umido, l'unico a garantire la completa compatibilità del materiale coi criteri della bioedilizia, perchè esente da qualsiasi tipo di sostanza tossica.

Il materiale è inoltre riciclabile e realizzato esclusivamente con legno proveniente da foreste controllate nel rispetto delle direttive FSC.

È disponibile anche una versione battentata accoppiata al nostro pannello in cementolegno BetonWood per massetti a secco bioecologici o nella versione per capotti termici BetonTherm Fiber.

### UTILIZZO

Il pannello in fibra di legno FiberTherm è adatto per qualsiasi tipo di isolamento termico e acustico sotto rivestimento che richieda l'impiego di un materiale rigido.

In particolare questo materiale può essere impiegato per la realizzazione di:

- pannelli isolanti rigidi per muri e coperture, sotto rivestimenti;
- isolamento esterno di coperture, solette e di murature protette dalle intemperie sotto rivestimento;
- isolamento tra capriate, tra travi e su travi, delle strutture e ossature in legno;
- isolamento interno sotto la copertura o sotto le solette o tavole;
- isolamento interno dei muri e nei tramezzi.

## APPLICAZIONI

La posa in opera è strettamente legata al tipo di utilizzo del pannello a seconda del quale sarà opportuno adottare il metodo di applicazione più idoneo.

In generale è sempre necessario proteggere questo materiale dall'umidità sia prima della posa, durante la fase di stoccaggio in cantiere, che nelle fasi precedenti alla realizzazione del rivestimento.

In caso di esposizione del materiale all'acqua lasciar asciugare il materiale.

## VOCE DI CAPITOLATO

Pannello isolante in fibra di legno tipo FiberTherm.

Il pannello è realizzato in fibra di legno prodotto con sistema a umido, nel rispetto delle norme EN 13171 e EN 13986 sotto costante controllo qualità.

Il materiale è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche termodinamiche: densità circa 160 Kg/m<sup>3</sup>, coefficiente di conduttività termica  $\lambda=0,039$  W/mK, calore specifico  $c=2100$  J/Kg K, coefficiente di resistenza alla penetrazione del vapore  $\mu=5$  e classe di reazione al fuoco E, secondo la norma EN 13501-1.

Le dimensioni del pannello corrispondono a ... mm per uno spessore pari a ... mm.

Il legno impiegato nella lavorazione del pannello è proveniente da foreste controllate da cicli di rimboscimento FSC.

## SPECIFICHE TECNICHE

Spessori e formati disponibili:

| Dati dimensionali | Misure [mm] |    |    |    |     |     |     |     |
|-------------------|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Spessore          | 20          | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 |
| Lunghezza         | 1350 x 600  |    |    |    |     |     |     |     |
| Larghezza         | 1350 x 600  |    |    |    |     |     |     |     |

Stoccaggio e trasporto:

| Spessore [mm] | Formato [mm] | Peso [Kg/m <sup>2</sup> ] | n° Pannelli/Pallet | m <sup>2</sup> /Pallet | Peso/Pallet [Kg] |
|---------------|--------------|---------------------------|--------------------|------------------------|------------------|
| 20            | 1350 x 600   | 3,20                      | 108                | 87,5                   | ca. 300          |
| 40            | 1350 x 600   | 6,40                      | 56                 | 45,4                   | ca. 310          |
| 60            | 1350 x 600   | 9,60                      | 38                 | 30,8                   | ca. 310          |
| 80            | 1350 x 600   | 12,80                     | 28                 | 22,7                   | ca. 310          |
| 100           | 1350 x 600   | 16,00                     | 22                 | 17,8                   | ca. 300          |
| 120           | 1350 x 600   | 19,20                     | 18                 | 14,6                   | ca. 300          |
| 140           | 1350 x 600   | 22,40                     | 16                 | 13,0                   | ca. 300          |
| 160           | 1350 x 600   | 25,60                     | 14                 | 11,3                   | ca. 300          |

Informazioni relative allo stoccaggio e al trasporto:

- accatastare in orizzontale e all'asciutto,
- prestare una particolare attenzione ai bordi dei pannelli,
- rimuovere l'imballaggio dei pallet solamente quando questo si trova su un suolo piano, stabile ed asciutto,
- la massima altezza impilabile è raggiunta da due bancali

## Caratteristiche del materiale:

| Dati tecnici                                 | Simbolo       | Descrizione / Dati                          | Unità di misura      | Standard   |
|--|---------------|---|----------------------|------------|
| Densità                                      | $\delta$      | circa 160                                   | Kg/m <sup>3</sup>    |            |
| Conducibilità termica                        | $\lambda$     | 0,039                                       | W/mK                 | EN12667    |
| Calore specifico                             | c             | 2100  | J/kgK                |            |
| Resistenza alla diffusione del vapore acqueo | $\mu$         | 5   | -                    |            |
| Reazione al fuoco                            | -             | E   | -                    | EN 13501-1 |
| Classe del materiale                         | -             | B2  | -                    | DIN 4102   |
| Resistenza alla flessione a 10% compressione | $\sigma^{10}$ | 0,05  | N/mm <sup>2</sup>    |            |
| Resistenza allo strappo                      | -             | ≥2,5  | kPa                  |            |
| Resistenza alla compressione                 | -             | 50  | kPa                  |            |
| Resistenza idraulica relativa alla lunghezza | -             | ≥100  | kPa s/m <sup>2</sup> |            |
| Componenti                                   | -             | Fibra di legno;<br>incollatura degli strati | -                    |            |
| Codice rifiuti                               | EAK           | 030105/170201                               | -                    |            |
| Profilo                                      | -             | Bordi piani                                 | -                    |            |

I pannelli in fibra di legno FiberTherm sono caratterizzati da:

- Buona resistenza alla compressione,
- protezione molto efficace contro la calura estiva, per le notevoli proprietà isolanti intrinseche,
- apertura alla diffusione di vapore acqueo, contribuendo alla realizzazione di edifici traspiranti dall'elevato comfort,
- elevata capacità di assorbimento dell'umidità ambiente, costituendo un naturale sistema di regolatore igrometrico,
- garanzia di qualità, grazie a continui controlli e test effettuati secondo le norme europee in vigore.

## CERTIFICAZIONI

Il pannello FiberTherm è prodotto nel rispetto delle norme EN 13171 e EN 13986 sotto costante controllo qualità.



### BETONWOOD Srl

Sede legale:  
Via Falcone e Borsellino, 58  
I-50013 Campi Bisenzio (FI)  
Uff. Comm.le:  
Via di Gramignano, 76  
I-50013 Campi Bisenzio (FI)

T: +39 055 8953144  
F: +39 055 4640609

info@betonwood.com  
www.betonwood.com

FTH-IR.12.1

**Beton Wood**  
Sistemi di costruzione a secco per bioedilizia

La presente scheda tecnica sostituisce ed annulla le precedenti versioni. Le indicazioni e prescrizioni sopra indicate, sono basate sulle nostre attuali conoscenze tecnico-scientifiche, che in ogni caso sono da ritenersi puramente indicative, in quanto le condizioni d'impiego non sono da noi controllabili. Pertanto, l'acquirente deve comunque verificare l'idoneità del prodotto al caso specifico, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso, sollevando la BetonWood da qualsivoglia conseguente richiesta di danni. Per qualsiasi informazione contattare il nostro ufficio tecnico.

Per le condizioni di vendita consultare il sito web: <http://www.betonwood.com/condizionivendita.htm>

# Mylar®

polyester film

## Physical-Thermal Properties

Mylar® polyester film retains good physical properties over a wide temperature range (–70 to 150°C [–94 to 302°F]), and it is also used at temperatures from –250 to 200°C (–418 to 392°F) when the physical requirements are not as demanding.

Some physical and thermal properties of Mylar® are summarized in **Table 1**. Detailed information and other physical and thermal properties are described in the remaining pages of this bulletin.

**Table 1**  
Typical Physical and Thermal Properties of Mylar® Polyester Film

| Property  | Typical Value                                | Unit  | Test Method  |
|---|--|---|--|
| <b>Gauge and Type<br/>End Use</b>   | <b>92A<br/>Industrial</b>                    |   |  |
| Ultimate Tensile<br>Strength, MD<br>TD  | 20 (29)<br>24 (34)                           | kg/mm <sup>2</sup> (kpsi)   | ASTM D 882   |
| Strength at 5%<br>Elongation (F-5), MD<br>TD                                      | 10 (15)<br>10 (14)                           | kg/mm <sup>2</sup> (kpsi)   | ASTM D 882   |
| Modulus, MD<br>TD   | 490 (710)<br>510 (740)                       | kg/mm <sup>2</sup> (kpsi)   | ASTM D 882   |
| Elongation, MD<br>TD  | 116<br>91                                    | %   | ASTM D 882   |
| Surface Roughness<br>Ra   | 38   | nm  | Optical profilometer                                   |
| Density   | 1.390  | g/cm <sup>3</sup>   | ASTM D 1505  |
| Viscosity   | 0.56   |   | ASTM D 2857  |
| Melt Point  | 254  | °C  | DSC*   |
| Dimensional Stability<br>at 105°C (221°F), MD<br>TD<br>at 150°C (302°F), MD<br>TD | 0.6<br>0.9<br>1.8<br>1.1                     | %   | DuPont test  |
| Specific Heat   | 0.28   | cal/g/°C  |  |
| Coefficients of<br>Thermal Expansion<br>Thermal Conductivity<br>(Mylar® 1000A)    | $1.7 \times 10^{-5}$<br>$3.7 \times 10^{-4}$ | $\frac{\text{in/in/}^\circ\text{C}}{\text{cm}^2\cdot\text{sec}\cdot^\circ\text{C}}$ | ASTM D 696<br>30–50°C (86–122°F)<br>25–75°C (77–167°F) |
| UL94 Flame Class  | See UL file # E93687                         | VTM   |  |

\*Differential Scanning Calorimeter





[Home](#) / [Products](#) / [For Fabrics](#) / [Anti-Snag Sew On](#)

## ANTI-SNAG SEW ON TAPE

VELCRO® Brand Anti-Snag Sew On fasteners incorporate the hook and loop in one piece, with the soft loop buffering the hooks to reduce snagging and lint buildup. The one-piece design also means no leftover hook-only or loop-only pieces. These clothing fasteners can be machine washed or dry cleaned.



### Tape

**SIZES:**  
20mm

**COLOURS:**

## CARE & APPLICATION

Cut tape to desired width and length. Machine- or hand-sew around edges and backstitch to secure.

Note: For best results, use hook fastener on side of garment that faces away from the skin. Fastener can be washed or dry cleaned. If possible, close fastener when laundering to minimize lint and thread build-up on fastener.

[About Us](#) | [Contact Us](#) | [Legal and Privacy](#) | [Find a Retailer](#)

© 2013 Velcro Industries B.V.



[Home](#) / [Products](#) / [For Fabrics](#) / [Sew & Stick](#)

## SEW & STICK

VELCRO® Brand combination sew-on loop and adhesive-backed hook tape is perfect for attaching fabric to non-fabric surfaces and other home decorating projects.



### Tape

**SIZES:**  
20mm

**COLOURS:**

## CARE & APPLICATION

Cut tapes to desired length. Machine- or hand-sew loop tape around edges of fabric and backstitch to secure. Peel film backing from hook tape and press firmly on clean, dry surface. Wait one hour for adhesive to set.

Note: The adhesive-backed hook tape is not recommended for use on fabrics, dashboards, flexible vinyl, underwater use or machine sewing. Moving fastener from original location will weaken sticking power and may mark painted surfaces. Continued exposure to direct sunlight can damage fastener.

[About Us](#) | [Contact Us](#) | [Legal and Privacy](#) | [Find a Retailer](#)

© 2013 Velcro Industries B.V.

## HEAVY DUTY STICK ON



VELCRO® Brand Heavy Duty Stick On tapes, coins, and strips offer 50% more holding power than everyday VELCRO® Brand Stick On Fasteners. They feature a molded plastic hook and a heavy duty, water-resistant adhesive for indoor and outdoor uses on smooth surfaces, including plastic.

### Coins

**SIZES:**  
45mm

**COLOURS:**

Note: Sizes may not be available in all colors shown. Check with your local retailer for availability.

### Strips

**SIZES:**  
50mm x 100mm

**COLOURS:**

Note: Sizes may not be available in all colors shown. Check with your local retailer for availability.

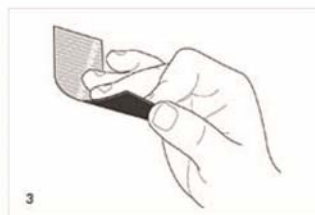
### Tape

**SIZES:**  
50mm

**COLOURS:**

Note: Sizes may not be available in all colors shown. Check with your local retailer for availability.

## CARE & APPLICATION



VELCRO® Brand fasteners with heavy duty adhesive are recommended for indoor or outdoor use on most smooth surfaces, including plastic.

**Application instructions:**

1. Clean and dry surface before application.
2. Peel tape from fastener and press firmly into place.
3. Adhesive reaches maximum strength after 24 hours.

Note: Not recommended for fabrics, dashboards, flexible vinyl, or underwater use. Continued exposure to full sunlight can damage fastener.



Torr Technologies, Inc.  
1435 22nd St NW  
Auburn, WA 98001-3330

253-735-9115  
FAX 253-735-0437

**INFORMATION SHEET**

**P/N 502150 ELECTRIC ROTARY VANE VACUUM PUMP**

- 29.91" Hg ultimate vacuum
- 5 cfm free air displacement
- 1/2 HP, 1725 RPM, thermal overload protection
- 115V, 60 Hz
- On/off switch, 10' cord

Comes standard with 3/8 female NPT connection and exhaust muffler/filter. Torr can provide adapter fittings to work with customer's existing plumbing

|        |           |  |
|--------|-----------|--|
| 502150 | \$ 515.00 | Vacuum pump with 3/8" female NPT connection and exhaust filter/muffler   |
| 502F   | \$ 132.00 | Filter option, with high-flow housing and carbon element   |
| 502G   | \$ 52.00  | Gauge option, with 3/8" tee and glycerin-filled gauge, stainless steel housing   |
| 502M   | \$ 67.00  | Manifold option, with 5-port manifold including (4) 1/4" female NPT and (1) 3/8" female NPT connections, and extension hose (24" with filter option, 18" with filter option) |

