

Relatore Orio de Paoli

Co-relatore **Mauro Corrado** 

Politecnico di Torino Facoltà di architettura Architettura per il progetto sostenibile a.a. 2017/2018



## ALLUVIONI E INSTABILITÀ IDROGEOLOGICA: PROGETTO DI MODULI ABITATIVI GALLEGGIANTI AD ALTE PRESTAZIONI ENERGETICHE



Politecnico di Torino Facoltà di architettura c.d.l. Architettura per il progetto sostenibile a.a. 2017-2018 sessione di Settembre 2018 Relatore

Orio de Paoli

Co-relatore Mauro Corrado Elena Mazzucco

ABSTRACT	4
CAPITOLO PRIMO: il cambiamento climatico	6
1.1- Gli scenari futuri	12
1.2- Le conseguenze climatiche: le alluvioni	14
1.2.1- La pericolosità idraulica	18
1.2.2- Analisi dei dati	19
1.3- Le portate	20
1.4- Le aree d'intervento	22
1.4.1- Il Piemonte	23
1.4.2- La Lombardia	27
CAPITOLO SECONDO: abitazioni galleggianti	30
Olanda	31
Inghilterra	34
America	35
Vietnam	37
Thailandia	38
2.1- L'idea di progetto	40
2.2- Il concept	42
CAPITOLO TERZO: le strutture	44
3.1- Galleggiante metallico	45
3.2- La spinta idrodinamica	48
3.3- I cilindri oleodinamici	51
3.4- L'impatto degli oggetti	53

## Contenuti

CAPITOLO QUARTO: i moduli abitativi	56	
4.1- L'idea di progetto	57	
Icnografie di progetto	58	
Prospetti	66	
Sezioni	70	
4.2- Il progetto	72	
4.3- Il comfort abitativo	77	
4.3.1- Benessere termico	78	
4.3.2- Benessere termo-igrometrico	80	
4.3.3- Benessere luminoso	81	
4.3.4- Benessere respiratorio	82	
4.3.5- Benessere psicofisico	83	
4.4- La tecnologia	85	
4.4.1- La struttura portante	85	
4.4.2- L'involucro	89	
4.4.3- I serramenti	94	
4.4.4- Gli impianti	97	
4.4.5- I pannelli fotovoltaici	98	
4.4.6- La batteria d'accumulo	99	
4.4.7- Il boiler	101	
4.4.8- La ventilazione meccanica	102	
4.4.9- Il riscaldamento: pannelli radianti	104	
4.4.10- Il raffrescamento: il condizionatore	104	
4.4.11- Illuminazione: i led	105	
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	106	
APPENDICE	112	
RINGRAZIAMENTI	166	

Le azioni antropiche, l'urbanizzazione, l'utilizzo smoderato dei suoli e il continuo impiego delle fonti di energia non rinnovabile, ha provocato nel tempo dei cambiamenti che hanno avuto, e tutt'ora stanno avendo, ripercussioni climatiche e metereologiche che, in base a studi scientifici protratti per decenni, sono destinate a peggiorare in futuro provocando sempre più danni in termini non solo economici ma anche umani. Far fronte ai cambiamenti climatici è diventata quindi la sfida del secolo nel quale ci troviamo. L'architettura stessa sta cercando di non venir meno a questa sfida progettando case passive ed ecologiche sia utilizzando tecnologie che permettano di ridurre i consumi energetici e che attingano a fonti rinnovabili, sia facendo uso di materiali sostenibili che non prevedano l'eccessivo inquinamento sia in fase di costruzione che di demolizione. L'obiettivo della tesi è proprio questo, la progettazione di un modulo abitativo passivo in grado di essere autosufficiente dal punto di vista energetico e in grado di far fronte agli attuali, ma anche futuri, cambiamenti climatici ed eventi metereologici. A causa di questa variazioni, molti paesi, si trovano ad affrontare eventi catastrofici imprevedibili che provocano spesso ingenti danni in termini di vita umana ed economica, nonché danneggiamenti delle città. Tra questi, uno degli eventi più catastrofici è quello delle alluvioni che in modo improvviso colpiscono moltissimi pae-

si. Non fa eccezione l'Italia che anzi si trova ad essere uno dei principali danneggiati, in particolar modo il Nord. La sfida della tesi è stata quindi quella di realizzare un'unità abitativa provvista di tutte le qualità energetiche e tecnologiche per essere definita passiva e in grado di sopperire all'emergenza delle alluvioni mediante un sistema di galleggiamento. L'idea nasce dalle esperienze già sperimentate delle case galleggianti presenti nei paesi del nord Europa dove la costruzione in prossimità o sull'acqua è un'esigenza; questa tecnologia costruttiva è stata "importata" e adattata per far fronte all'emergenza delle alluvioni. È stato quindi realizzato un modulo abitativo di dimensioni ridotte che costituisce il "modulo base" di partenza, dotato di tutti i confort di una canonica abitazione e utilizzando tecnologie e materiali tali da farle acquisire il titolo di casa passiva; questo modulo verrà poi raddoppiato o quadruplicato, a seconda delle esigenze in termini di spazio, creando unità abitative sempre più grandi. Il modulo verrà fatto galleggiare, durante la piena alluvionale, da un cassone in metallo posto al di sotto del modulo che, sfruttando il principio di Archimede, si comporterà come una nave permettendo all'abitazione e alle persone al suo interno, di essere in salvo durante la piena. La salita sarà libera, regolata solamente dal livello raggiunto dall'acqua, la discesa sarà invece controllata, al fine di permettere la pulizia del fondo

prima che la casa venga depositata nella sua sede originaria; la regolazione di tale movimento verticale sarà data da "delfini" metallici che permetteranno la salita e la discesa mantenendo tuttavia il modulo nella sua posizione tradizionale.

### 1- IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Analisi dei dati

Il fenomeno del cambiamento climatico è stato lungamente studiato dagli esperti di svariati settori tra cui quello architettonico.

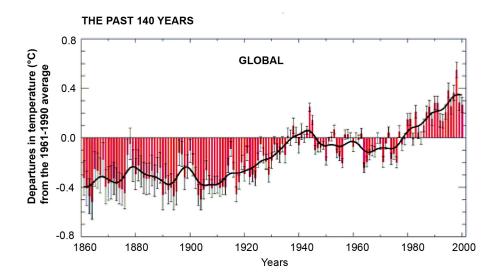
Grazie alle indagini che sono state effettuate, soprattutto nell'arco degli ultimi 50 anni, l'umanità è diventata sempre più consapevole dell'impatto del suo operare sull'equilibrio del sistema terrestre. Già a partire dalla fine dell'800, grazie agli studi del matematico

J. Fourier, si cominciò ad ipotizzare una correlazione tra la produzione di  $CO_2$  e il surriscaldamento terrestre; tuttavia solo negli anni '90 si è iniziato a prendere in seria considerazione la gravità del problema. L'aumento delle temperature globali prende il nome di "effetto serra"; tale fenomeno è naturale ed ebbe origine quando la Terra iniziò ad avere un'atmosfera che consentiva di riflettere, assorbire e rifrangere i raggi solari presenti nell'universo permettendo la vita<sup>(1)</sup>.

Questo delicato equilibrio climatico può venir alterato da taluni elementi mutageni. Negli ultimi anni l'indagine si è concentrata sulla ricerca di questi fattori. Si è scoperto che circa il 75% delle emissioni di  ${\rm CO_2}$  (considerato un gas serra in sieme a  ${\rm CH_4}$  e  ${\rm N_2O_2}$ ) è

<sup>1</sup>Articolo "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", MASSIMO ZUCCHETTI, Areaweb Polito, www.areeweb.polito.it/didattica/climatechange/Cambiamenti.pdf

<sup>2</sup> I gas serra sono sostanzialmente dei gas che "intrappolano" il calore nell'atmosfera. Vengono classificati come tali l'Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), prodotta attraverso la combustione di combustibili fossili; il Metano (CH.) emesso durante la produzione e il trasporto del carbone, gas naturale e petrolio, derivano anche dal bestiame e da talune pratiche agricole; il Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), emesso durante attività agricole e industriali, nonché durante la combustione di rifiuti e combustibili fossili: Gas fluorurati quali gli idrofluorocarburi, i perfluorocarburi, l'esafluoruro di zolfo e il trifluoruro di azoto che sono gas sintetici potenti emessi da una varietà di processi industriali. < www.epa.gov>



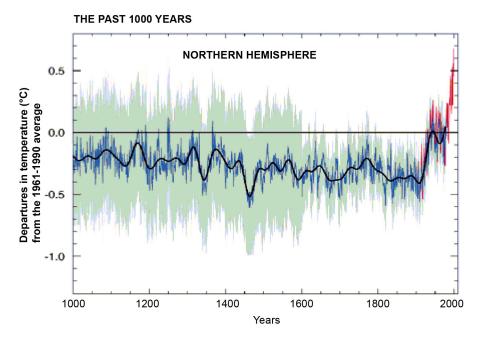


Figura 1: "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", p. 10

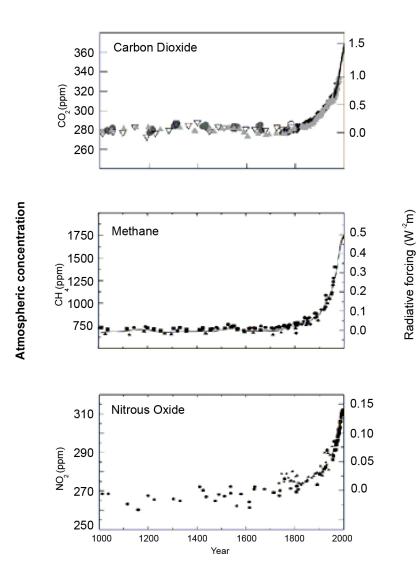


Figura 2: "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", p. 10

- <sup>3</sup> Radiative Forcing è una misura dell'influenza di un dato fattore nell'alterare il bilancio fra energia entrante ed uscente del sistema Terra-atmosfera. È perciò un indice di quel fattore nel meccanismo del cambiamento del clima. Si esprime in Watt su m2.
- <sup>4</sup> clorofluorocarburi (CFC) sono sostanze chimiche infiammabili e non, contenenti atomi di carbonio, cloro e fluoro. Sono utilizzati nella produzione di spray aerosol, agenti espandenti per schiume e materiali da imballaggio. Sono classificati come halocarburi (una classe di composti che contengono atomi di carbonio e atomi di alogeno). <www.esrl.noaa. gov >
- <sup>5</sup> OPEC è l'acronimo di "Organization of the Petroleum Exporting Countries" è un'organizzazione create durante la conferenza a Baghdad nel settembre del 1960. Obiettivo è di coordinare le politiche petrolifere tra i paesi membri al fine di garantire prezzi equi e stabili per i produttori di petrolio. < www.opec.org>
- 6 "Sviluppo che risponde alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie necessità" La definizione deriva dal Rapporto Bruntland 1987

di natura antropica conseguenza dell'utilizzo di combustibili fossili come petrolio, carbone e gas naturale che costituiscono, a livello globale, l'88% delle fonti di energia primaria. Il restante 25% può essere attribuito alla deforestazione. In crescita sono anche la produzione dei CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub>. Dalla fig. 2 si evince che la concentrazione di CO<sub>2</sub> (Anidride Carbonica) è aumentata del 31% a partire dal 1750 e toccando attualmente il livello più alto mai registrato<sup>(1)</sup>.

L'influenza che fattori esterni hanno avuto sul cambiamento climatico può essere quantificata introducendo il concetto di "radiative forcing" (RF)<sup>(3)</sup>.

Paragonando i RF dei vari gas serra è stato possibile assegnare alla  $CO_2$  il 60% dell'effetto serra a partire dal 1750 fino ai giorni attuali; il 19% è stato attribuito al  $CH_4$  e il 13% dei  $CFC^{(4)}$ , mentre il 6% al  $NO_2$ .

La crisi energetica legata all'approvvigionamento del petrolio durante i primi anni '70, ha portato ad un mutamento economico-culturale per gli stati dell' OPEC<sup>(5)</sup>. Fino a questo periodo, il progresso dei vari paesi veniva misurato in base all'utilizzo illimitato delle fonti energetiche. A partire da quegli anni, a seguito della consapevolezza che tali fonti erano soggette ad una limitata disponibilità, l'indagine si è spostata verso la ricerca di fonti alternative per la produzione di energia. Questi studi sono stati sviluppati nell'ottica di uno sviluppo sostenibile<sup>(6)</sup> trattato nel "Rapporto Brundtland"<sup>(7)</sup> del 1987 divulgato a Roma

in occasione della conferenza "Our common future". Il fenomeno dei mutamenti climatici e dei suoi effetti viene trattato nel 1988 con la nascita dell'IPCC<sup>(8)</sup>, organismo costituito da due enti delle Nazioni Unite: la WMO e la UNEP<sup>(9)</sup>. L'effetto che l'utilizzo dei derivati del petrolio ha sul cambiamento climatico viene messo in evidenza con il primo rapporto dell'I-PCC nel 1990 che rappresenta il primo tentativo per la riduzione del fenomeno a livello globale. Di enorme importanza fu il "Summit della terra" del 1992 a Rio che portò alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) che sarà precursore del protocollo di Kyoto<sup>(10)</sup>.

Il protocollo di Kyoto lanciò, nel 1997, precisi obiettivi per i tagli delle emissioni di gas (prevalentemente biossido di carbonio che doveva essere ridotto in misura non inferiore all'8.65% rispetto ai valori misurati nel 1985, mentre per i paesi industrializzati tale valore era limitato al 5%) responsabili dell'effetto serra e del riscaldamento del pianeta, da attuarsi entro il 2012. Venne sottoscritto da più di 160 paesi in occasione della conferenza COP3<sup>(11)</sup> la convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

A seguito del protocollo di Kyoto, le nazioni si sono riunite svariate volte al fine di monitorare i cambiamenti climatici e le azioni antropiche e per definire obbiettivi di riduzione delle emissioni onde per poter controllare il cambiamento climatico, avviando pro<sup>7</sup> Istituito nel 1987 a seguito all'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, il rapporto introduce la teoria dello sviluppo sostenibile.

<sup>8</sup> IPCC è l'acronimo di Intergovernmental Panel on Climate Change, è l'organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici

<sup>9</sup>WMO è l'acronimo di World Meteorological Organization, mentre UNEP è l'acronimo che sta per United Nations Environment Programme. Questi enti hanno lo scopo di studiare il fenomeno dei mutamenti climatici e dei suoi impatti, preparando valutazioni basate su informazioni scientifiche disponibili e formulando realistiche strategie di risposta. Tratto da Organization:History, IPCC, www.ipcc.ch

<sup>10</sup> Il Protocollo di Kyoto è un accordo internazionale collegato alla Convenzione quadro delle Nazioni unite sui cambiamenti climatici (impegna le sue parti stabilendo obbiettivi di riduzione delle emissioni stabilendo obiettivi di riduzione delle emissioni vincolanti a livello internazionale). Il protocollo è stato adottato in Giappone l'11 dicembre 1997 ed è entrato in vigore il 16 febbraio 2005. www.unfccc.int>



Figura 3: COP 23 da sito www.unfccc.int

<sup>11</sup> Il COP è il supremo organo decisionale della Convenzione. Tutti gli stati che sono Parti della Convenzione sono rappresentati dalla COP. Le conferenze COP sono disposte dalle Nazioni Unite in attuazione della Convenzione internazionale sul clima (UNFCCC). La prima si è svolta a Berlino dopo la conferenza di Rio del 1992. A seguito di questa, si sono svolte altre 22 conferenze passate alla storia per la loro lotta ai cambiamenti climatici. www.unfccc.int

<sup>12</sup> tutti i dati sono stati presi da Articolo "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", Massimo Zucchetti, Areaweb Polito, www.areeweb. polito.it/didattica/climatechange/Cambiamenti.pdf cessi di ricerche verso nuove fonti energetiche rinnovabili.

A seguito delle conferenze e degli studi effettuati fino ad ora e degli impegni presi dalle varie nazioni, la temperatura globale viene tenuta sotto controllo e, a partire dal 1979, si provvede a monitorare, mediante l'utilizzo di satelliti, la temperatura media dello strato più basso dell'atmosfera scoprendo che essa è aumentata di 0.1°C ogni 10 anni<sup>(12)</sup>.

Questo innalzamento delle temperature ha provocato, a partire degli anni '60, una drastica riduzione delle aree innevate e dei ghiacciai dell'emisfero settentrionale di circa il 10%<sup>(13)</sup>.

Nell'area Antartica, lo spessore dei ghiacciai nella fase estiva-autunnale si è ridotta del 40% negli ultimi decenni andando ad aumentare il livello del mare, per il quale si registra un innalzamento di 10-20 cm nel corso del XX secolo.

Un altro cambiamento importante è stato l'aumento delle precipitazioni medie soprattutto nell'emisfero settentrionale al ritmo di 0.5-1% l'anno<sup>(12)</sup>.

I cambiamenti climatici appena descritti sono dovuti a variabilità intrinseche del sistema climatico e a fattori esterni naturali e antropici.

L'aumento della temperatura è dato dai gas-serra e da aerosol naturali quali, ad esempio, le esplosioni vulcaniche.

La XXI Conferenza delle parti COP21 svoltasi nel

2015, ha segnato un'altra svolta nel controllo delle emissioni di CO<sub>2</sub>; è stato infatti siglato infatti un accordo per ridurre la produzione del gas serra al fine di mantenere il riscaldamento globale "ben al di sotto dei 2°C" in più rispetto ai livelli pre industriali. Quest'ultimo accordo firmato a Parigi mira a superare i limiti del Protocollo di Kyoto, concentrato prevalentemente sul bisogno di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>.

<sup>13</sup> tutti i dati sono stati presi da Articolo "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", Massimo Zucchetti, Areaweb Polito, www.areeweb. polito.it/didattica/climatechange/Cambiamenti.pdf

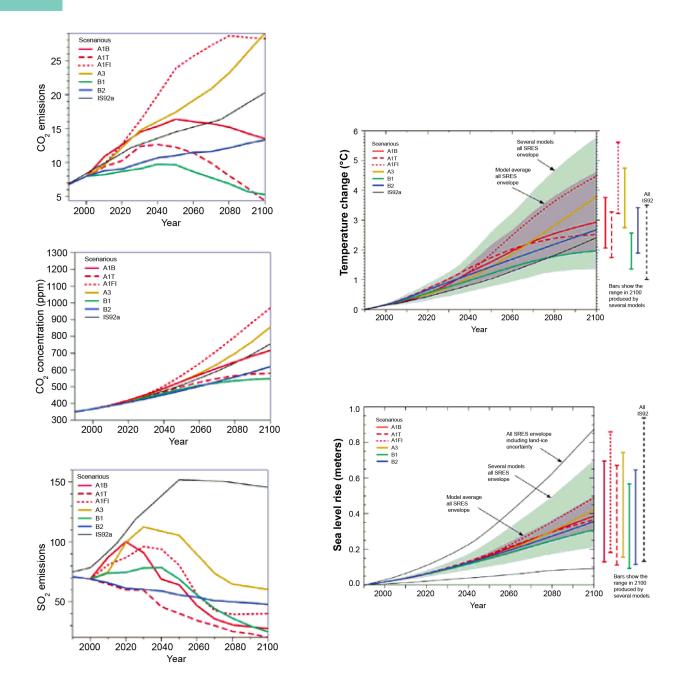


Figura 4: "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", p. 12

#### 1.1- GLI SCENARI FUTURI

Basandoci sugli studi effettuati, si evince che le azioni antropiche costituiscono la principale causa dell'aumento della temperatura globale. L'aumento della concentrazione di  $\mathrm{CO}_2$  rappresenta sicuramente un rischio per l'innalzamento delle temperature, di conseguenza l'umanità è andata in cerca di fonti alternative per la produzione di energia.

Gli studiosi hanno elaborato dei modelli predittivi per il clima del pianeta che forniscono stime secondo le quali, entro il 2100, le concentrazioni di  ${\rm CO_2}$  saranno tra i 490 e 1260 ppm con un incremento quindi del 350% rispetto al 1750.

In base agli studi effettuati i risultati sui cambiamenti climatici per il XXI secolo, è previsto una variazione della temperatura media mondiale intorno ai 3-4 gradi in più in rispetto al secolo precedente.

Gli studi prevedono uno scenario più ottimistico nel quale la temperatura aumenterà di circa 1.4°C ed uno più pessimistico che si aggira intorno ai 5.8°C.

Questo aumento delle temperature, secondo i modelli, non si verificherà in tutte le aree geografiche in egual misura; verranno infatti colpite maggiormente le regioni settentrionali del Nord America.

Per la Groenlandia è previsto un aumento delle temperature di 3°C che, se protratto per millenni, porterebbe al completo scioglimento dei ghiacci e al conseguente aumento di circa 7 metri del livello del mare. I modelli ci indicano anche un aumento delle precipitazioni nel corso degli anni<sup>(12)</sup>.

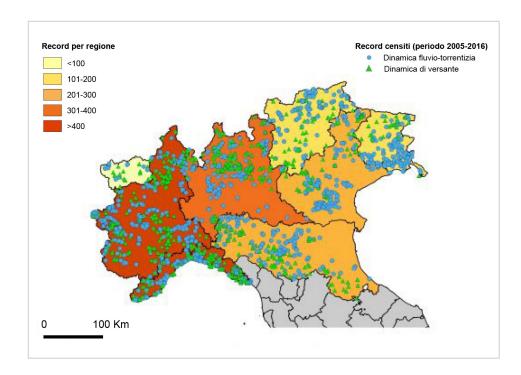


Figura 5: Distribuzione dei record relativi al periodo 2005-2016 e la loro densità per regione. "Italia del Nord tra frane e alluvioni"

15 Preliminary Flood Risk Assesment – PFRA, art. 4 della FD; prevede che gli Stati Membri svolgano una valutazione preliminare del rischio di alluvioni (Preliminary Flood Risk Assessment - PFRA), in modo da poter individuare (art. 5) le aree per le quali sussisterebbe un rischio potenziale significativo di alluvioni o si possa ritenere probabile che questo si generi (Areas of Potential Significant Flood Risk - AP-SFR)

www.isprambiente.gov.it

## 1.2- CONSEGUENZE CLIMATICHE

#### LE ALLUVIONI

"Un'alluvione è l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua [...]. Sebbene le alluvioni siano fenomeni naturali impossibili da prevedere, tuttavia esiste una sorta di ripetitività degli eventi rispetto alle porzioni di territorio che nel tempo sono state interessate da esse e che sono stati definiti dalla Dir. 2007/60/CE quali «aree a rischio potenziale significativo di inondazione»"(14).

Dal brano appena trattato si evince quindi come gli eventi alluvionali siano per loro natura imprevedibili sebbene esista una ripetitività nel loro accadimento. Si possono quindi ipotizzare i rischi di tali eventi studiando i pregressi di queste aree e la conformazione del terreno.

Per l'individuazione e la classificazione di queste zone, è necessario possedere un quadro conoscitivo preliminare del rischio<sup>(15)</sup> utile per la raccolta sistematica di informazioni sulla zona come l'estensione, la localizzazione, i pregressi eventi alluvionali, le aree con peculiarità morfologiche che possano rientrare tra quelle a rischio e il livello di urbanizzazione (anche in previsione di futuri ampliamenti urbani).

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> TRIGILA A., IADANZA C., BUSSET-TINI M., LASTORIA B., BARBANO A. (2015) "Dissesto idrogeologico in Italia: Pericolosità e indicatori di rischio. Rapporto 2015." ISPRA, Rapporti 233/2015 p. 25 <www.isprambiente.gov.it>

I danni che un tali eventi possono provocare dipendono prevalentemente dalle caratteristiche morfologiche del terreno, ma non solo. Grande ruolo hanno ricoperto le attività antropiche che hanno generato la crescita degli insediamenti urbani con la relativa impermeabilizzazione dei terreni, nonché la sottrazione di quegli spazi nei quali naturalmente l'acqua dei fiumi, durante l'evento alluvionale, aveva la possibilità di espandersi.

L'antropizzazione ha provocato l'abbandono dei terreni di montagna, l'eccessiva edificazione, il disboscamento, l'uso di tecniche e tecnologie agricole non rispettose dell'ambiente e la scarsa, se non quasi totale, assenza di manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua.

Ultimo fattore da considerare è quello dei cambiamenti climatici che hanno provocato un progressivo aumento delle precipitazioni e, a causa delle alte temperature, lo scioglimento dei ghiacci con successivo accrescimento della portata d'acqua dei fiumi. Nei paesi europei, le alluvioni costituiscono la più comune forma di disastro naturale, causando rovina e distruzione. L'Italia, nello specifico, è la nazione nella quale le alluvioni costituiscono il più alto danno economico annuo; è stato infatti stimato che oltre il 91% (a differenza dell'88% stimato nel 2015) dei comuni italiani sono ad alto rischio idrogeologico e con le recenti attività piovose, le popolazioni locali

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> Traduzione MICHELOZZI P, DE DONATO F. "Climate changes, floods, and health consequences".

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Traduzione R. H. NAFARI, M. AMADIO, T. NGO, AND J. MYSIAK, "Flood loss modelling with FLF-IT: a new flood loss function for Italian residential structures"

www.ncdc.noaa.gov

hanno subito gravi danni(16).

Questo è particolarmente preoccupante considerato che la frequenza degli eventi alluvionali può potenzialmente raddoppiare entro il 2050 a causa dei già citati cambiamenti climatici e alle espansioni urbane<sup>(17)</sup>. Le alluvioni più catastrofiche che hanno interessato il nostro paese (considerando il fattore danni e quello di perdita di vita umana) sono state provocate dai fiumi Po e Tanaro in Piemonte (1994 e 2000), nel Polesine (1951) e dall'Arno (1966). Non si è trattato tuttavia delle uniche piene; ogni anno, infatti, se ne verificano di intensità minore e pertanto più difficili da prevedere.

Nonostante questi eventi siano, come detto in precedenza, imprevedibili, è tuttavia possibile ridurre i rischi attraverso alcuni interventi:

- Interventi strutturali: argini, invasi di ritenuta, canali scolmatori, drizzagni;
- Interventi non strutturali come ad esempio interventi per la gestione del territorio o quella delle emergenze (predisposizione del sistema di allerta, stesura di piani di emergenza, efficace sistema di coordinamento delle attività previste nei piani stessi)<sup>(18)</sup>.

La predisposizione al rischio idrogeologico del nostro paese è data dalla naturale conformazione del territorio, caratterizzato da un'orografia (distri-

<sup>18</sup> www.protezionecivile.gov.it

<sup>19 &</sup>quot;È un modo statistico di esprimere la probabilità di qualcosa che accade in un dato anno. Un evento (tempesta, alluvione terremoto o altro) con tempo di ritorno pari a "100 anni" ha l'1% (= 1/100) di probabilità di accadere in un dato anno. Un evento con tempo di ritorno pari a "500 anni" ha lo 0,2% (= 1/500) di probabilità di accadere in un dato anno"

buzione dei rilievi montuosi) articolata e con bacini di metratura ridotta, con tempi di ritorno<sup>(19)</sup> delle piogge particolarmente rapidi.

Il periodo che intercorre tra l'evento meteorico e la piena dei fiumi può, pertanto, essere molto breve. Piogge localizzate e violente, unite alle caratteristiche del territorio prima descritto, rischiano di generare fenomeni violenti e repentini.

La particolarità della morfologia italiana, dove spazi e distanze a disposizione del reticolo idrografico concessi dai rilievi montuosi e dal mare, sono molto ridotti, rendono il nostro territorio particolarmente sensibile agli eventi alluvionali noti come "piene repentine o flash floods"<sup>(20)</sup>.

Da studi effettuati nell'ultimo decennio (Drobinski et alii, 2018; Marchi et alii, 2010), si è documentato un aumento della frequenza di questi eventi a causa dei significativi cambiamenti climatici, che hanno alterano il regime termo-pluvometrico, mentre l'aumento dell'urbanizzazione del suolo, enfatizza il carattere impulsivo della risposta del terreno in termini di deflussi.

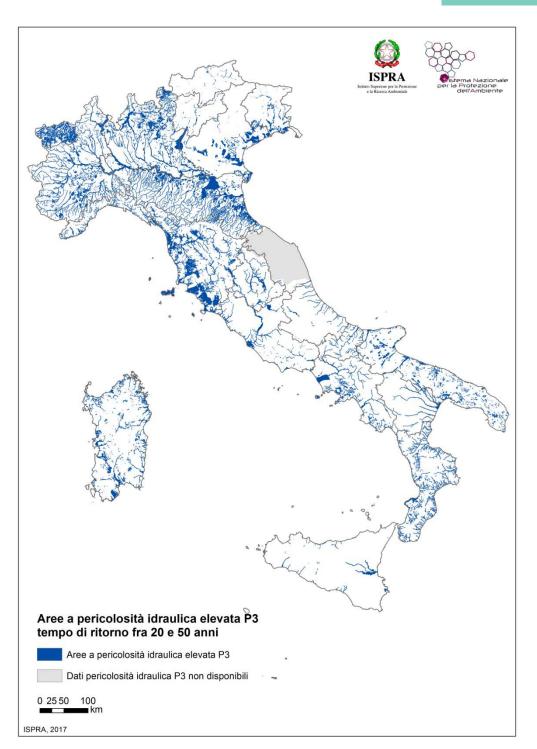
La disciplina che studia le scienze geologiche è l'idrogeologia che si occupa delle acque sotterranee e al loro rapporto con quelle superficiali.

I dissesti idrogeologici definiscono i fenomeni e i danni reali o potenziali provocati dalle acque siano esse di natura superficiale o sotto terra e che si ma-

Figura 6: Area a pericolosità idraulica elevata P3.

TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 p. 43

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio -Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 p. 27



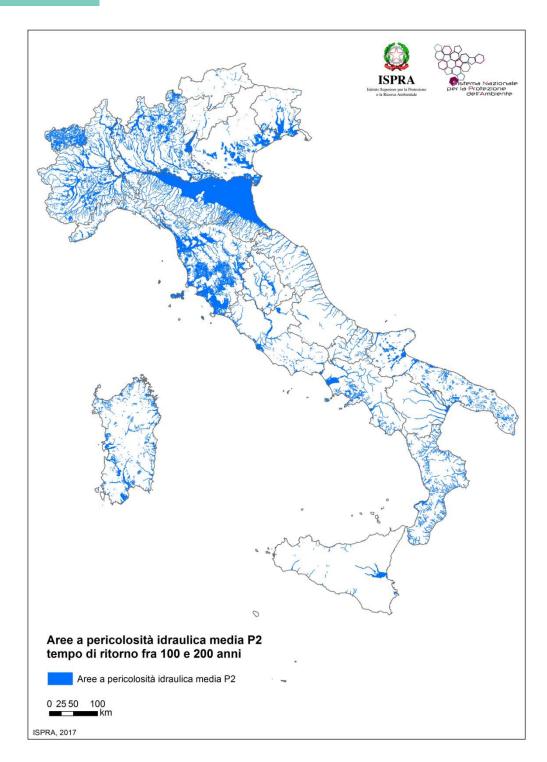


Figura 7: Area a pericolosità idraulica media P2.

TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 p. 44

nifestano sotto forma di frane, alluvioni, valanghe, erosioni costiere e subsidenze.

#### 1.2.1- PERICOLOSITA' IDRAULICA

"L'ISPRA, al fine di aggiornare la mappa della pericolosità idraulica sull'intero territorio nazionale, ha proceduto nel 2017 alla nuova Mosaicatura nazionale (v. 4.0 - Dicembre 2017) delle aree a pericolosità idraulica, perimetrate dalle Autorità di Bacino Distrettuali. L'attività di mosaicatura è stata realizzata nell'ambito della Convenzione stipulata tra MAT'TM e ISPRA in data 16/10/2016 per il monitoraggio, controllo e verifica sull'attuazione e sulla coerenza, con la pianificazione delle misure di mitigazione del rischio idrogeologico sul territorio nazionale" (21). La mosaicatura ha seguito i tre scenari del D. Lgs. 49/2010:

- Tempo di ritorno tra i 20-50 anni, nel caso di alluvioni frequenti P3;
- Tempo di ritorno tra i 100-200 anni, nel caso di alluvioni poco frequenti P2;
- Tempi di ritorno maggiori indicano una scarsa, se non nulla, possibilità di verificarsi dell'evento P1.

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 pp.31-32

La redazione della mosaicatura ha seguito diverse fasi:

- Richiesta dei dati alle Autorità di Bacino Distrettuali;
- Studio dei dati ottenuti;
- Riproiezione dei file in un sistema di riferimento unico (WGS84 UTM fuso 32);
- Controllo della topologia;
- Suddivisione delle aree nelle tre fasce di pericolosità.

#### 1.2.2- ANALISI DEI DATI

In Italia, le aree soggette a pericolosità idraulica<sup>(22)</sup> elevata, toccano i 12.405 km² rappresentante circa il 41% del territorio nazionale; 25.398 km², rappresentante l'8.4%, è l'area a media pericolosità; 32.961 km² (10.9%) quella a bassa pericolosità<sup>(21)</sup>.

I dati sono stati elaborati nel dicembre del 2017 e dalla loro analisi è stato possibile evidenziare una disomogeneità legata al reticolo idrografico di riferimento. Sono state inoltre riscontrate alcune anomalie locali di perimetrazione con aree mappate solo negli scenari in cui l'evento alluvionale ha una maggiore probabilità di accadere e non in quelli meno probabili. Analizzando i pregressi eventi alluvionali,

Figura 8: Area a pericolosità idraulica scarsa P1.

TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 p. 45

<sup>22</sup> Un'area a pericolosità idraulica può essere inondata secondo uno o più dei tre differenti scenari di probabilità. Lo scenario P1, che rappresenta lo scenario massimo atteso ovvero la massima estensione delle aree inondabili in Italia, contiene gli scenari P3 e P2, al netto di alcune eccezioni. I dati relativi ai tre scenari non vanno quindi sommati.

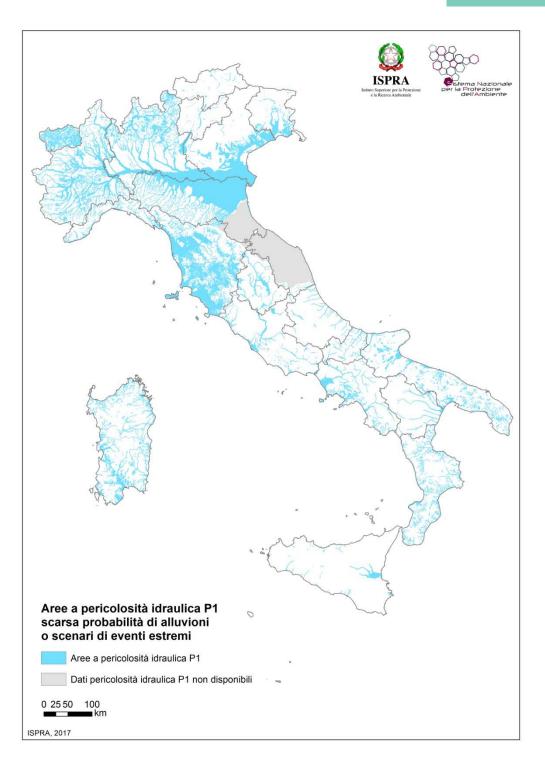
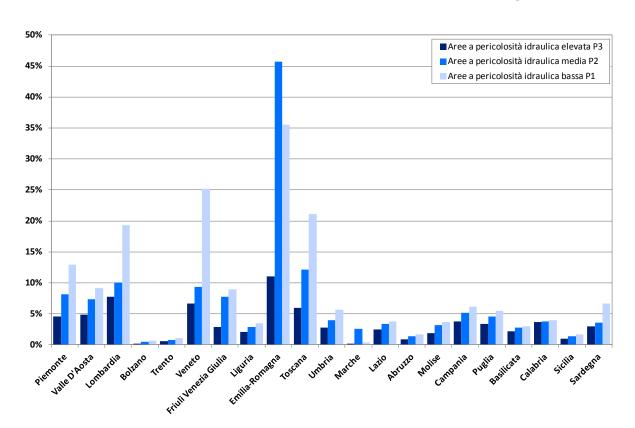


Figura 9: Percentuale di territorio con aree a pericolosità idraulica su base regionale - Mosaicatura 2017

TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 p. 37



emerge una carenza, in talune aree, nella perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.

Mettendo a confronto i dati raccolti nel 2015 con quelli attuali del 2018, è emerso un incremento dell'1.5% delle zone P3 a pericolosità elevata, del 4% delle aree P2 e del 2.5% delle aree P1.

Queste maggiorazioni, sono date dall'analisi delle zone che precedentemente non erano state oggetto di studio. Gli incrementi più significativi si sono verificati in Sardegna, in Lombardia, Lazio, Marche e Puglia.

#### 1.3- LE PORTATE

Lo studio e la classificazione delle portate massime annue al colmo di piena in sezioni di misura ex SIMN ha reso indispensabile la costruzione di scale di deflusso di queste sezioni. La redazione di tali costruzioni è stata resa possibile grazie all'utilizzo di relazioni altezza-portata relative al campo di sola portata della piena determinata dall'analisi delle serie storiche delle curve. Questa operazione, ha permesso di rendere omogenee le ricostruzioni effettuate nel passato rideterminando così eventuali incongruenze.

La determinazione dei valori iniziali è stata quella di attribuire un'altezza idrica h e una portata q relativi al massimo colmo di piena annuale 45 sezioni, selezionando poi almeno 5 coppie di altezza idrometrica e portata di piena.

"I valori (h,q) sono stati ottenuti: (1) dai 4 volumi della Pubblicazione n.17 del S.I.M.N. per quanto riguarda le portate; (2) dalla sezione F ("Eventi di carattere eccezionale") degli Annali Idrologici presenti negli anni 1957, 1959, 1960, 1966, 1968, 1970; (3) dai record breaking, ovvero coppie altezza idrica portata indicate sugli Annali Idrologici con riferimento ai massimi eventi di piena registrati fino al momento di redazione dell'Annale; (4) dalle strisce idrometriche originali. Nei pochi casi in cui non sia stata reperita l'altezza idrometrica di piena, si è ricorsi all'applicazione inversa della scala di deflusso analitica annuale" (23).

Per la valutazione delle piene è stato necessario l'impiego di stazioni idrometriche. Per ogni stazione è stato ideato un modello che riproducesse la propagazione idrodinamica dell'onda di piena nel tratto compreso tra monte e valle nella specifica area d'interesse. La curva teorica della portata viene quindi generata applicando una successione di portate defluenti in condizioni di moto permanente. Il modello è stato tarato attraverso le campagne di misura di portata effettuate durante gli anni. Facendo

Figura 10 (in alto): Vista su Cessole in provincia di Asti durante l'alluvione del 1994. Immagine tratta dal sito www.arpa.piemonte.gov.it

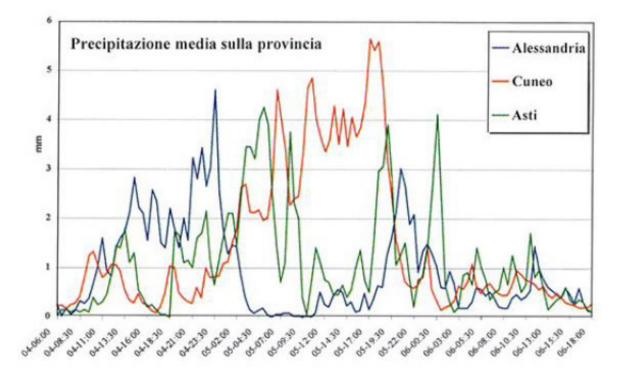
Figura 11 (in basso): vista su Vesime in provincia di Asti durante l'alluvione del 1994. www.arpa.piemonte.gov.it





<sup>23</sup> "Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po" p. 9 www.arpa.piemonte.it

Figura 12: Andamento temporale della precipitazione mediata sulle stazioni delle province di Alessandria, Cuneo e Asti. www.arpa.piemonte.gov.it



un confronto tra i dati ottenuti è stato possibile, una volta studiata la "scabrezza", determinare le portate.

#### 1.4- LE AREE DI INTERVENTO

A seguito degli studi effettuati in zone alluvionali, è emerso che le regioni italiane più colpite sono Emilia-Romagna, Lombardia e Piemonte.

La mia attenzione si è rivolta al Piemonte e alla Lombardia in quanto mie zone di appartenenza, tuttavia il progetto può essere adattato a tutti i paesi e le regioni italiane variando lo studio delle portate dei fiumi che riguardano quella zona.

Le caratteristiche di un evento di piena sono determinate dalla tipologia dell'evento meteorologico, dalle caratteristiche topografiche del terreno, dall'urbanizzazione presente e dagli effetti indotti da eventuali ondate di piena verificatesi nei corsi d'acqua affluenti.

#### 1.4.1- IL PIEMONTE

La mosaicatura nazionale delle aree a pericolosità idraulica realizzata dall'ISPRA nel Dicembre 2017, ha evidenziato che il Piemonte è una delle zone maggiormente interessate da eventi alluvionali con un'area di 1148.4 km² considerata zona P3; 2066.0 km² area P2 mentre 3272.4 km² vengono classificati zona P1<sup>(24)</sup>.

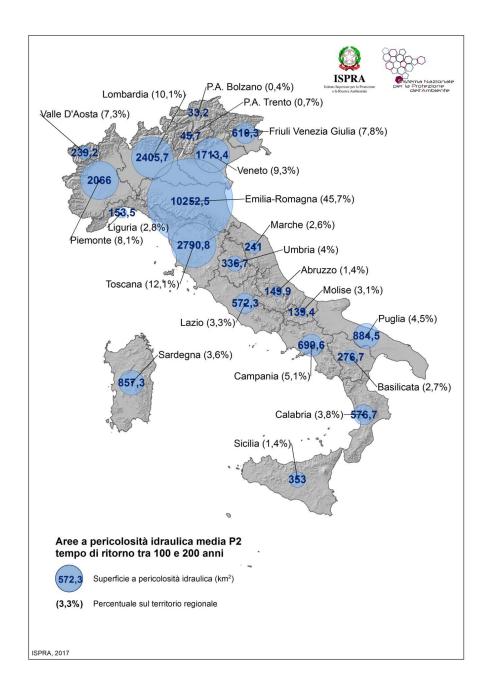
"La vulnerabilità del territorio piemontese è stata tragicamente testimoniata dagli effetti disastrosi determinati dagli eventi alluvionali che si sono succeduti con periodicità negli ultimi anni. Le esondazioni ed i movimenti gravitativi connessi a tali eventi hanno interessato numerosi centri abitati, vie di comunicazione ed un gran numero di altre infrastrutture, recando notevoli danni al patrimonio socio-economico e culturale del Piemonte<sup>\*(25)</sup>.

L'evento alluvionale del novembre 1994 è stato il più grave dell'ultimo secolo. Il fiume Tanaro e i suoi affluenti hanno superato il limite di saturazione a causa delle abbondanti piogge creando una piena di proporzione mai registrata prima.

In questo evento sono state coinvolte aree che mai prima d'ora erano state interessate da alcun tipo di esondazione. La stessa morfologia fluviale è stata localmente e temporaneamente cambiata poiché

Figura 13: aree a pericolosità idraulica P2 su base regionale - Mosaicatura 2017

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup> MINISTERO DEI BENI CULTURALI E AMBIENTALI REGIONE PIEMONTE, Torino "Piemonte emergenza alluvioni. Il tempo della ricostruzione. 300 beni culturali restituiti alle comunità nelle aree alluvionate" Vivalda editori, 1997. P. 23



<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> TRIGILA A., IADANZA C., BUSSETTINI M., LASTORIA B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 pp.31-32

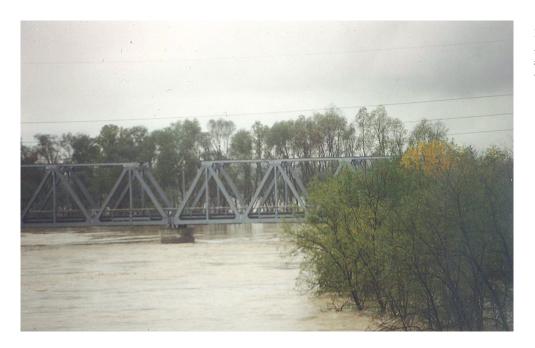


Figura 14 e 15 : Vista su Alessandria durante la piena alluvionale del 1994. www.dialessandria.it



<sup>26</sup> ZANIER G. www.dialessandria.it

il deflusso principale della piena ha seguito nuovi percorsi invece di quello canonico, aprendo nuove diramazioni o riattivandone di abbandonate. Il fiume che ha causato questo evento alluvionale è stato il Tanaro, che ha uno sviluppo complessivo di circa 230 km, avente origine a 2651m di altezza presso il M. Marguareis e terminante a 96m in provincia di Alessandria. È proprio in questa parte finale del fiume Tanaro, nella città di Alessandria, che l'evento alluvionale del 1994 ha provocato i maggiori danni; si sono registrate 70 vittime e 2000 sfollati nonché danni pari a 5500 miliardi di Lire<sup>(26)</sup>, leggiamo infat-

"A causa del suo assetto morfologico e della sua posizione geografica il territorio della Provincia di Alessandria è particolarmente soggetto a fenomeni alluvionali, aggravati dalla particolare conformazione fisica di alcune zone e dagli effetti indotti da attività antropiche.

ti:

Il periodo in cui è maggiore la probabilità che si verifichino eventi alluvionali, è individuabile nell'autunno e nella primavera.

Un evento di piena è caratterizzato da un deflusso d'acqua superiore a quello che normalmente transita lungo l'alveo di un corso d'acqua. Il rischio è legato al superamento dei livelli idrometrici critici lungo i corsi d'acqua"<sup>(27)</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup>www.provincia.alessandria. gov.it

In questa zona la portata, che è stata registrata come massima storica, raggiunse i 3500 m³/s con una sezione del fiume che toccò i 4 km ed un'altezza di 2-3 metri<sup>(28)</sup>

Analizzando lo storico della città è stato possibile individuare quali siano state le cause probabili che provocarono l'evento catastrofico nel 1994:

- Nel 1500 il corso del fiume tendeva ad aggirare la città che si estendeva in entrambe le sponde. Vennero eseguiti una serie di tagli artificiali al fine di evitare questo aggiramento della città, così facendo venne mutato il canale di deflusso modificandolo fino ad ottenere l'aspetto attuale escludendo tuttavia alcuni meandri che vennero interrati e successivamente attraversati dalla linea ferroviaria Genova-Torino:
- Le successive trasformazioni avevano natura strategico militare ma tennero in considerazioni eventuali danni provocati dalle esondazioni, vennero edificate mura difensive abbattute parzialmente nel 1800 mentre altre vennero mantenute come difesa arginale;
- L'esempio più eclatante di usurpazione delle are fluviali è dato dal cosiddetto "Isolotto Galateri". Le prime fortificazioni, infatti, vennero realizzate nel primo Ottocento dall'allora governatore Gabriele Galateri. Queste, caddero in disuso e vennero parzialmente smantellate lasciando l'isola e il ramo

Figura 16: Vista del centro di Alessandria durante la piena alluvionale del novembre 1994.



<sup>28</sup> "Eventi alluvionali in Piemonte – 1994" Capitolo 3-parte 1, p. 165 www.arpa.piemonte.it

Figura 17: Borgo Ticino a Pavia. Il borgo viene completamente allagato periodicamente con la presenza di piogge molto o poco intense. www.meteoweb.it



fluviale secondario che progressivamente si interrò al fine della Seconda Guerra Mondiale;

• Ultimo esempio è dato dallo spostamento progressivo del rione Orti verso Nord. Studiando le cartografie si è potuta studiare la dinamica evolutiva del rione rispetto al centro edificato. Il nucleo centrale del rione venne spostato progressivamente a causa degli ampliamenti e delle modifiche della cinta muraria. Nel secondo dopoguerra, si ottenne, con l'abbattimento della cinta cittadina, un collegamento tramite una fascia di servizi mediante l'utilizzo di terreni demaniali livellati. Ne risultò quindi, un'appendice della città sviluppata prevalentemente verso Nord occupando un'area di espansione delle acque di piena. A questa appendice si addizionarono aree agricole che ridussero la possibilità di laminazione delle acque a settentrione<sup>(27)</sup>.

Nel territorio alessandrino, sono presenti delle aree che si trovano ad alto rischio alluvionale, a causa di antichi percorsi ora deviati del fiume che scorre quindi sotto terra. Il mio progetto contempla l'insediamento di unità abitative proprio in aree come questa dove le leggi urbanistiche prevedono l'edificazione nonostante il forte rischio.

Altra area fortemente colpita dagli eventi alluvionali fu Casale Monferrato le cui sezioni di deflusso fluviale non erano assolutamente in grado di ospitare una piena come quella che si verificò nel 2000 che travolse le opere difesa idraulica della città danneggiando anche un pilone dell'elettrodotto. La zona più colpita è quella di Casale Popolo, oltre il ponte principale della città.

#### 1.4.2- LA LOMBARDIA

A livello nazionale è stata registrata una diminuzione delle precipitazioni; tuttavia c'è stato un aumento dell'intensità dell'evento. Questa irregolarità tende a generare situazioni climatiche estreme, infatti da un lato, porta all'aumento degli eventi alluvionali, dall'altro l'estendersi dei periodi di siccità.

"Negli ultimi venti anni in Lombardia si sono registrate numerose calamità che hanno determinato danni ingenti e perdite di vite umane. Basti ricordare gli eventi del 1983 a Tresenda (SO), l'alluvione della Valtellina e la frana della Val Pola (1987), l'alluvione del 1993 e del 1994, le frane e i sovralluvionamenti del 1996 e del 1997 nelle zone circostanti il Lario e, più recentemente, le alluvioni dell'autunno 2000 e del maggio e novembre del 2002. Stime attendibili quantificano il danno economico in 330 milioni di euro per l'alluvione 2000 e in 650 milioni per quella del 2002"<sup>(29)</sup>.

Figura 18: Borgo Ticino a Pavia. Il borgo viene completamente allagato periodicamente con la presenza di piogge molto o poco intense. www.meteoweb.it



<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> "Rischio naturale" p. 172 www.arpalombardia.it

<sup>30 &</sup>quot;Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia 2003" Capitolo 14p.157 www.arpalombardia.it



Figura 19: Borgo Ticino a Pavia. Il borgo viene completamente allagato periodicamente con la presenza di piogge molto o poco intense. www.meteoweb.it

La regione Lombardia risulta essere fortemente urbanizzata e questo determina una reazione negativa del suolo nei confronti dei fenomeni naturali quali, appunto, le alluvioni.

L'impermeabilizzazione dei terreni aumenta l'evento alluvionale accelerando la velocità di scorrimento delle acque superficiali e aumentando la portata dei fiumi. Il livello di urbanizzazione tocca, nella regione, il 38% a Milano e il 27% a Varese, ma altrettanto delicata risultano i valori per le province di Como, Lecco, Bergamo e Brescia dove la pianura è prevalentemente impermeabilizzata.

Il modo in cui il territorio lombardo risponde alle sollecitazioni di tipo meteorico trovano specchio nell'afflusso di acqua nei laghi e nei livelli idrici da questi raggiunti. I laghi risentono, infatti, dei cambiamenti climatici che tendono ad aumentare o ridurre la loro portata idrica. Nello specifico, lo studio dei laghi ha evidenziato un aumento della loro portata del 33% negli ultimi 25 anni<sup>(30)</sup>.

La Lombardia è stata colpita, negli ultimi 80 anni, da 2500 alluvioni (considerando indistintamente eventi lievi, gravi e totali).

Una città lombarda che spesso subisce fenomeni alluvionali è Pavia, nello specifico la zona di Borgo Ticino che affaccia sull'omonimo fiume e che è spesso interessata dalle sue esondazioni.

# Capitolo secondo

## 2- ABITAZIONI GALLEGGIANTI

L'esempio degli altri paesi

Costruire case in grado di resistere alle alluvioni e alle variazioni delle portate dei fiumi o dei laghi, è argomento di interesse per molti paesi Europei e non, ora perché "non si ha altra scelta" (è il caso della Thailandia), ora perché le aree edificabili a disposizione sulla terra ferma sono scarse.

È questo il caso dell'Olanda, dove la terra ferma ha un'area molto inferiore rispetto a quella occupata dalle acque. Spesso le case vengono edificate su canali o su laghi i quali risentono della variazione di portata idrica. Le case devono perciò adattarsi a questi cambiamenti alzandosi e abbassandosi secondo i flussi delle acque.

Essendo un paese la sua superficie è prevalentemente costituita da acqua, si è sviluppata, nel corso dei secoli, a seguito dell'incremento demografico, l'esigenza di costruire case in grado di stazionare nelle aree occupate dall'acqua galleggiando come una barca; è questo, ad esempio, il caso di un intero quartiere, "Steigereiland" in inglese "Jetty Island", collocata a **IJmeer**, a poca distanza da Amsterdam. Questo distretto è caratterizzato dalla presenza di case galleggianti disposte in modo tale da formare





www.rohmer.nl





un quartiere di 60 edifici. Alle abitazioni è possibile accedere mediante dei pontili e piattaforme che collegano tra di loro le varie abitazioni.

A pochi metri dal centro della città si estende questo distretto progettato dallo studio Marlies Rohmer Architects & Urbanists tra il 2010 e il 2011 e si tratta del primo quartiere con case senza fondazioni. Le abitazioni non sono state realizzate in situ ma in un cantiere a circa 150 km di distanza e sono state trasferite a destinazione da piccoli rimorchiatori. La costruzione è stata quindi molto rapida perché, essendo un cantiere al coperto, i lavori non sono stati interrotti dai cambiamenti di stagione e dagli eventi atmosferici che normalmente costituiscono motivo di ritardo nella costruzione in un cantiere all'aperto.

Il design è stato ispirato dai shipping containers e i materiali utilizzati sono stati cemento (per le fondazioni), vetro, metallo e legno. Queste unità abitative si comportano come delle barche, attingendo a pozzetti mobili per l'approvvigionamento di energia elettrica e di gas e per il trasferimento delle acque nere e bianche. Le superfici delle unità abitative sono variabili dal monolocale fino all'edificio a tre piani.

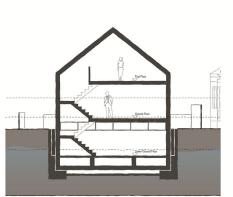
Le fondazioni sono un unico parallelepipedo realizzato in cemento, con il compito di far galleggiare la casa. Condizione fondamentale è la loro monoliticità in quanto una sola frattura provocherebbe l'affondamento dell'intero edificio.

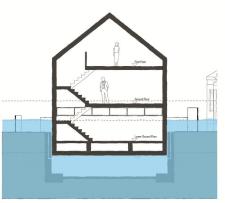
Per garantire la stabilità di galleggiamento, gli ingegneri hanno previsto che le abitazioni fossero affiancate le une alle altre in modo da ampliare il basamento galleggiante e rendere quindi le case più stabili. Per non danneggiare le abitazioni, tra le due pareti viene inserito un giunto plastico che permette lo scorrimento verticale.

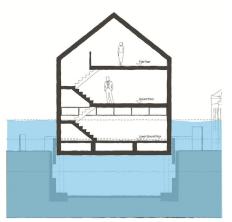
Per permettere poi l'adattamento della casa al livello dell'acqua, sono stati previsti due pilastri metallici (delfini) collocati agli estremi opposti dell'abitazione, che hanno anche azione di stabilizzatori della casa.











www.baca.uk.com

Lo studio Baca Architects ha realizzato la Amphibious House, tradotto "casa anfibio", una residenza su un'isola del fiume Tamigi di Londra. A causa della sua conformazione e posizione, l'isola è spesso inondata dalle piene del fiume. La casa è costituita da due piani fuori terra e uno interrato. L'edificio ha dimensioni e forma canonica, ma è collocata in una darsena in acciaio che permette all'acqua di entrare, riempire la vasca di cemento sottostante e far galleggiare l'abitazione. Il piano interrato è realizzato in cemento impermeabile e si comporta come lo scafo di una nave. L'impiantistica della casa, grazie a tubi flessibili che possono allungarsi fino a 3 metri, rimane attiva anche durante l'evento alluvionale. Per mantenere la casa nella sua posizione ottimale sono stati utilizzati quattro delfini di metallo che agiscono come guide di riferimento verticale permettendo alla casa di alzarsi e abbassarsi con la piena alluvionale. Si tratta di un progetto pionieristico mai realizzato prima in Inghilterra. Alla struttura si

accede tramite una rampa che conduce fino al piano

terra rialzato.

A **New Orleans** è stata realizzata, tra il 2008 e il 2009 dallo studio **Morphosis**, un'abitazione galleggiante prefabbricata e adattabile a tutti i paesi mondiali in cui il rischio alluvionale è alto. In America oltre 36 milioni di persone affrontano periodicamente il rischio di alluvione. La soluzione ipotizzata da questo studio americano cerca di sopperire a tale rischio. Il modulo è interamente prefabbricato e viene trasportato già montato dalla fabbrica di costruzione al luogo in cui verrà installato. Sul posto vengono costruiti solo la piazzola piana di cemento su cui il fabbricato sorgerà e i pilastri di ancoraggio del modulo al terreno.

La casa galleggiante si solleva verticalmente scorrendo su guide alzandosi fino a 12 piedi da terra a seconda del livello raggiunto dall'alluvione. In caso di piena, il telaio della casa funge da zattera, guidata da pilastri di metallo ancorati al suolo con due piattaforme in cemento con sei pile profonde 45 piedi.

La casa fa riferimento alle tipiche abitazioni vernacolari di New Orleans e si solleva solo in caso di forti alluvioni, rimane ferma invece, se la quantità di pioggia è di lieve entità.

La tipologia abitativa prevede un portico anteriore per facilitare l'ingresso agli ospiti anziani o disabili e per favorire attività comuni.

Anche se non è consigliabile l'utilizzo delle case du-





www.morphosis.com



rante un uragano, questa abitazione mira a ridurre al minimo i danni preservando la casa il più possibile, permettendo il ritorno più rapido possibile degli occupanti dopo tali eventi.

L'unità abitativa rispetta inoltre l'ambiente, ha una certificazione LEED platinum ottenendo un altissimo punteggio nella classifica delle prestazioni energetiche. Il tetto è dotato di pannelli solari atti a provvedere al fabbisogno energetico della casa; la sua particolare conformazione, inoltre, permette di raccogliere l'acqua piovana che verrà poi filtrata e immagazzinata per l'uso quotidiano.

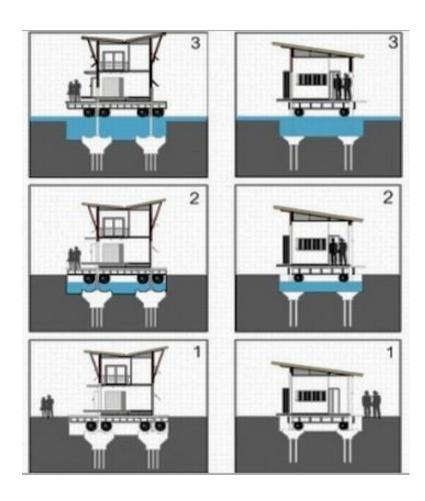
Lo studio **H&P Architects** ha ideato, nel 2008, in Vietnam un'abitazione interamente in bamboo.

Il Vietnam è caratterizzato da eventi catastrofici quali tempeste e alluvioni che provocano distruzione massiva di abitazioni; determinano altresì un alto rischio per la vita umana.

Nel passato gli abitanti erano in grado di sopravvivere a questi eventi costruendo case su palafitte e includendoli nella loro quotidianità. In epoca attuale questa tipologia costruttiva non può più essere applicata alle moderne città e al loro nuovo stile di vita. L'abitazione viene chiamata Blooming Bamboo e rappresenta una soluzione per milioni di persone. Le unità abitative sono facili da assemblare grazie alla semplicità con cui il bamboo può essere lavorato. Questo tipo di abitazione è molto resistente e può innalzarsi fino ad 1.5 metri di altezza; lo studio sta ora sperimentando un prototipo che possa sollevarsi fino a 3 metri. Lo spazio è multifunzionale e può essere adibito come casa, spazio educativo, centro comune oppure centro medico. La casa può essere costruita anche dai futuri abitanti in soli 25 giorni.







La **Thailandia** è un altro paese in cui le alluvioni sono molto frequenti e causano ingenti perdite umane e danni a beni e servizi. Gli architetti e gli ingegneri locali cercano da anni di trovare una soluzione permanente che permetta alla comunità di affrontare queste calamità naturali. Per queste ragioni nel sud del paese alcune case sono state costruite come zattere su pali corti. Il loro nome è "casa anfibio" e sono costituite da moduli prefabbricati galleggianti. Questo sistema galleggiante si trova al di sotto dell'abitazione in una "fossa" per rendere il sistema completamente nascosto e perché questa vasca permette di raccogliere l'acqua piovana. Con l'aumento del livello dell'acqua, la fossa si riempie e la casa galleggia.

I moduli abitativi sono dei prefabbricati in legno con una struttura in metallo. Questo metodo permette alla casa di essere più leggera di quelle tradizionali che tuttavia sono però molto più resistenti.

Scopo della casa è quella di far sopravvivere gli abitanti, per cui sono presenti collettori d'acqua e un generatore d'energia che possono essere messi in funzione durante l'evento alluvionale.

Queste case sono raggruppate in blocchi da 5-10 unità creando una mini comunità in caso di alluvione; questo le permette di essere autosufficiente in caso di emergenza per periodi anche lunghi.

Queste tipologie sono ancora in fase sperimentale ma, nel caso in cui la loro realizzazione avvenga, permetteranno di risolvere il problema delle esondazioni in un paese spesso colpito.





www.sitespecific.co.th





Figure 19 e 20: fotografie scattate nel mese di Dicembre a Valenza Po, in provincia di Alessandria.

I soggetti delle immagini sono delle abitazioni dei pescatori che venivano utilizzate come case estive durante il secolo precedente.

Data la vicinanza del fiume, le "baracche" presentano una conformazione simile tra di loro ovvero rialzate mediante pilotis. Le vecchie realizzazioni non prevedevano parti chiuse a contatto con il terreno. Questo per permetteva il flusso delle acque alluvionali. In epoche più recenti si sono invece utilizzate anche queste parti come depositi utilizzando il calcestruzzo come materiale di costruzione per determinare una maggior resistenza all'impatto delle acque

## 2.1- L'IDEA DI PROGETTO

#### Premessa

Le alluvioni sono sempre state, per l'Italia, causa di gravi danni sia per le persone sia per le abitazioni. Questo problema non è mai stato risolto completamente ma si è sempre cercato di ridurre i danni e le perdite umane al minimo possibile.

La città di Valenza, in cui risiedo, sorge su un'altura e si trova quindi in una zona protetta dagli eventi alluvionali. Tuttavia la sua vicinanza con il fiume Po è sempre stata sfruttata.

Fino alla fine del 1900, le aree vicine al fiume venivano frequentate dalle famiglie valenzane come zone di vacanza, approfittando della vegetazione boschiva e della vicinanza con il fiume per trarre benefici dalle temperature più basse rispetto al centro cittadino. Attualmente non è più usanza frequentare quelle zone che sono state adibite a baracche per la pesca o a ritrovi per anziani e ragazzi.

Data la vicinanza con il fiume, le baracche sono state costruite tenendo in considerazione le piene alluvionali che spesso si ripropongono in quella zona. Nonostante attualmente la legge vieti le nuove edificazioni in zona alluvionale, le vecchie baracche non sono state demolite e resistono, annualmente, alle alluvioni che si verificano, siano esse di piccola o grande entità.

Mi sono recata sul posto per poter studiare da vicino la tecnologia costruttiva che ha permesso a questi edifici di resistere nel tempo.

La tipologia utilizzata risulta essere la stessa per tutte quante: la casa è sopraelevata rispetto al terreno mediante pilastri di metallo, cemento o legno; è possibile accedervi tramite una scala esterna. Non tutto lo spazio sotto l'abitazione è vuota, una parte è infatti chiusa e ospita depositi per attrezzi o, attualmente, garage per auto e macchine da lavoro.

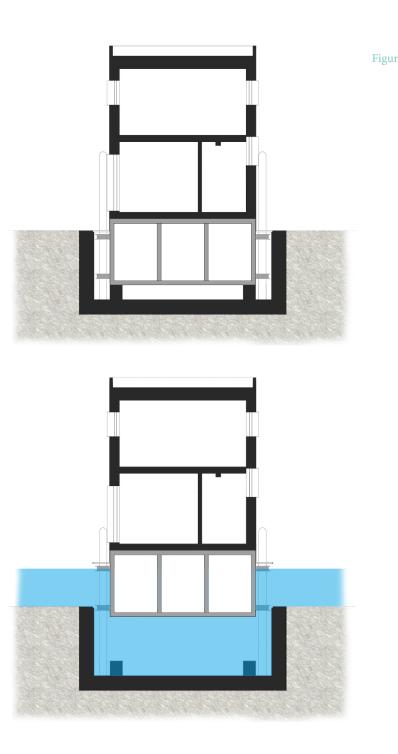
La realizzazione del modulo da me proposto parte proprio dall'analisi di queste abitazioni.

Figure 21 e 22: fotografie scattate nel mese di Dicembre a Valenza Po, in provincia di Alessandria.

La distanza dal suolo che le unità hanno non è casuale ma è di circa due metri e rappresenta un margine di sicurezza in caso di alluvione.







2.2- IL CONCEPT

La necessità di proteggere l'abitazione e le persone che in essa dimorano, è l'obiettivo primario del progetto. Affinchè ciò possa avvenire l'unità abitativa deve essere in grado di resistere alla piena alluvionale; per fare ciò si è ipotizzato che esso possa galleggiare seguendo la piena. Perché ciò avvenga si è fatto riferimento ai progetti realizzati in altri paesi e si è cercato di riproporne le tecnologie utilizzate. In molti progetti o prototipi le abitazioni galleggiano ma rimangono nella loro posizione grazie a pilastri di metallo detti "delfini" che permettono lo scorrimento verticale dell'unità abitativa stabilizzandola in caso di piena alluvionale. In molti dei casi citati nel paragrafo precedente il galleggiamento è consentito dall'azione combinata di elementi galleggianti e da una "vasca" o "fossa" nella quale il corpo galleggiante è situato che, durante la piena, è invasa dalle acque. La presenza della vasca è necessaria affinche il quantitativo di acqua accumulata sia sufficiente a far innalzare l'abitazione secondo il principio di Archimede.

Per rendere la struttura in grado di galleggiare è necessario che essa sia leggera e quindi più facile da sollevare. Si è scelto quindi di utilizzare come materiale per solai, tramezze e murature portanti il legno che ha un peso inferiore, a parità di prestazioni, ri-

SUSTERIA DENO

spetto ai tradizionali mattoni o al cemento.

Poiché questa tecnologia non è stata volutamente pensata per uno specifico luogo, deve essere in grado di adattarsi alle diverse esigenze in termini di utenza e spazio a disposizione. Sono state previste pertanto diverse tipologie di abitazione in grado di adattarsi a diverse esigenze.

Il modulo di riferimento è un'unità abitativa minima in grado tuttavia di soddisfare le esigenze di cui una abitazione tradizionale necessita. Raddoppiando questo modulo (specchiando quello di base) l'abitazione sarà in grado di avere una superficie maggiore in grado di ospitare un'utenza più numerosa. Utilizzando due moduli doppi è possibile ottenere un terzo modulo di circa 160 m<sup>2</sup>, dimensioni queste di un'abitazione che può è essere definita spaziosa. Quest'ultimo modulo, si sviluppa in verticale in modo da non aumentare la superficie a contatto con il terreno. Ouesta modularità nasce anche dalla volontà di produrre elementi che siano facilmente e velocemente trasportabili con l'utilizzo di mezzi convenzionali, anche se eccezionali, ma senza l'utilizzo di scorta. Per questo motivo i moduli (siano essi singoli o multipli) vengono realizzati in cantiere ed eventualmente assemblati in situ, riducendo quindi i tempi di costruzione.

Figura 24:

#### Dall'alto:

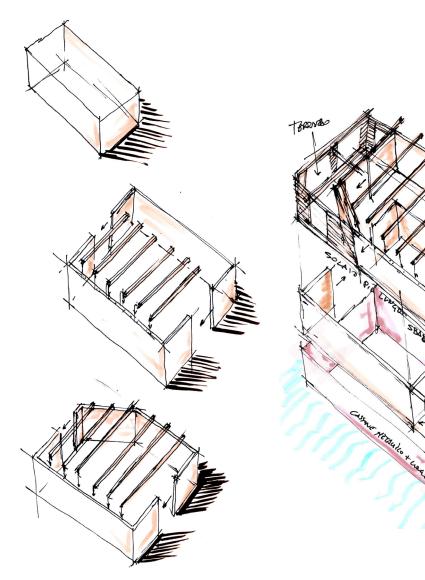
Modulo base 3x14x3 m interamente costruito in officina e trasportato in cantiere con trasporto eccezionale senza scorta;

Utilizzo di due moduli base. Le due parti a "C" sono costruite in officina e trasportate in situ dove vengono assemblate. I solai sono sorretti da travi 0.20x0.35x5.60 m con interasse 1.97 m;

Utilizzo di due moduli 1 rettangolare e 1 sagomato. Le due parti sono costruite in officina e trasportate in situ dove sono assemblate e dove vengono costruiti i solai sorretti da travi 0.20x0.35xlunghezza variabile con interasse 1.97 m.

A destra: Soluzione a due piani composto da due moduli rettangolari e due sagomati costruiti in officina e trasportati in situ per l'assemblaggio.

Il solaio del primo piano è più lungo degli altri perchè i due moduli del primo piano sono sfalsati rispetto a quelli del piano terra. Lo spazio determinato dall'arretramento dei moduli determina il terrazzo.



# 3- LE STRUTTURE

Il predimensionamento dei componenti

## 3.1- IL GALLEGGIANTE METALLICO

La peculiarità del progetto è data dalla sua capacità di sollevarsi in caso di alluvione permettendo all'unità abitativa di galleggiare ed evitando quindi di subire danni.

Al fine di garantire il galleggiamento è stato predisposto un "cassone" di metallo che permettesse di sfruttare il Principio di Archimede<sup>(1)</sup> facendo quindi galleggiare il modulo soprastante.

Il cassone è lungo 16.90 m, largo 5.90 m e ha una profondità di 2.5 m. Queste dimensioni gli sono state definite dalla volontà di inserire gli impianti idraulici ed elettrici all'interno del cassone stesso.

Il cassone di metallo è inserito in una "vasca" di cemento che segue il profilo del cassone ma con un offset di 0.65 m; questo spazio è coperto da una griglia a maglia media che permette di far penetrare l'acqua nella vasca e generando quindi il galleggiamento del cassone e del modulo.

Per permettere l'afflusso di acquea sotto al cassone e determinarne il galleggiamento quest'ultimo è sollevato di 0.80 m rispetto alla vasca di cemento arBAGATTI F.; CORRADI E.; DESCO A.; ROPA C.; TIBONE F.; "Fisica dappertutto" Seconda edizione, Bologna, Zanichelli editore S.p.A. 2018. p. 62

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> "un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto uguale al peso del volume di fluido che il corpo ha spostato".

mato. Questa distanza è determinata dalla presenza di blocchi in cemento che impediscono al cassone di adagiarsi sul fondo della vasca.

Il predimensionamento del cassone è stato studiato tenendo in considerazione il peso proprio dello stesso e quello del modulo posto sopra.

Il peso del modulo è stato studiato grazie alle indicazione che si trovano nelle attuali Norme Tecniche (NTC 2018) che prevedono, per ogni solaio, tre differenti carichi che vengono dimensionati in base alla loro durata nel tempo:

- **Permanenti (G):** azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità; vedono ancora la suddivisione in:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali (G,); peso proprio del terreno, quando pertinente: forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G<sub>2</sub>);
  - spostamenti e deformazioni impressi, incluso

il ritiro;

- presollecitazione (P)
- **Variabili (Q):** azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura;
- **Eccezionali (A):** azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- **Sismiche (E):** azioni davanti ai terremoti.

Questi carichi agenti prendono il nome di azioni e vengono studiati agli stati limite (SL). La normativa specifica che lo stato limite deve essere eseguito "per tutte le condizioni di carico più gravose che possono agire sulla struttura."

Secondo le vigenti leggi sulle costruzioni è stato ipotizzato un peso proprio della struttura pari a 300 kg/m²; un carico permanente pari a 300 kg/m² e un carico variabile di circa 200 kg/m².

Nel caso del modulo più gravoso, i metri quadri sono 84 ogni solaio, per un totale di 168 m² e ogni solaio dovrà reggere:

$$G_1+G_2 \times \gamma_{G1} \times m^2 [Kg]$$

 $300 \text{ kg/m}^2 + 300 \text{ kg/m}^2 \text{ x} 1.5 \text{x} 168 \text{ m}^2 = 110880 \text{ Kg}$ 

Dove: **G**<sub>1</sub> **e G**<sub>2</sub> sono rispettivamente il peso proprio della struttura (considerando raddoppiato il perso del solo X-LAM di spessore 9,6 cm, utilizzato sia per i solai che per le pareti esterne pari a 60 kg/m²) con i carichi permanenti portati e il peso proprio degli elementi non strutturali. Si è stimato complessivamente un carico di 600 Kg/m² per entrambi (300+300 Kg/m²)

 $\gamma_{G1}$  è un coefficiente maggiorativo che vale 1.1 da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi (SLU);

**m**<sup>2</sup> sono le superfici calcolate per entrambi i piani del modulo (84+84) espresse in metri quadrati.

Alla formula appena definita, vanno aggiunti i carichi variabili  $\mathbf{Q}$ , equivalenti a 200 kg/m² con l'aggiunta del coefficiente di equilibrio del corpo,  $\mathbf{\gamma}_{\mathbf{Q}_i}$  pari a 1.5:

$$Q \times \gamma_{Oi} \times m^2 [Kg]$$

 $200 \text{ kg/m}^2 \text{x} 1.5 \text{x} 168 \text{ m}^2 =$ **50400 Kg** 

Sommando i due valori così ottenuti, il peso totale del modulo sarà pari a **161280 Kg.** 

Una volta calcolato il peso del modulo abitativo, è

necessario calcolare quello del cassone stesso; esso è composto da una "gabbia metallica" data da travi He 160 B collocate con un interasse di 1.97m che sostengono le pareti del cassone di spessore 6mm. Queste travi fungono anche da struttura portante del solaio del piano terreno.

Per predimensionare il peso del cassone è stata fatta una stima approssimativa del peso del metallo utilizzato per la realizzazione delle travi sommato a quello delle pareti del cassone stesso, per un totale di **25000 kg**, peso che andrà sommato a quello del modulo per ottenere il peso complessivo che sarà di 186280 Kg.

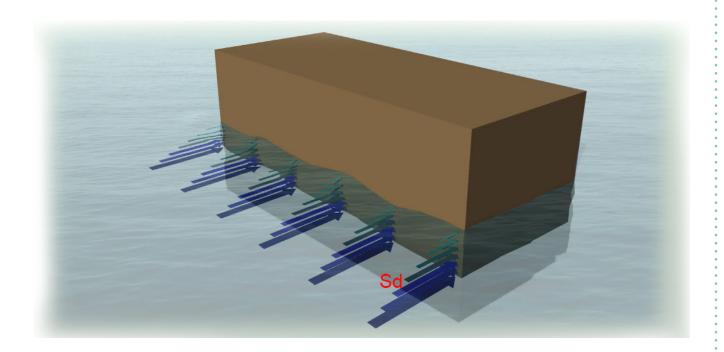
È necessario ora determinare il volume di acqua spostata dividendo per 1000 il risultato sopra ottenuto:

$$186280/1000 = 186.28 \,\mathrm{m}^3$$

Questo dato ci permetterà quindi di calcolare quanti metri del cassone saranno completamente sotto il livello dell' acqua. Sarà necessario dividere i metri cubi di acqua spostata per i metri quadrati del cassone che dovrà essere immerso:

Si evince così quanto il cassone metallico debba essere immerso per permetterne il galleggiamento.

Figura 25: Lo schema rappresenta la forza Sd agente sul "cassone metallico". Questa forza che colpisce ad una determinata velocità il cassone, definisce il predimensionamento delle strutture. Esse dovranno infatti resistere alla forza dell'acqua che agisce orizzontalmente.



## 3.2 - LA SPINTA IDRODINAMICA

L'unità abitativa posta sul cassone metallico verrà, in base agli studi effettuati in precedenza, sollevata dai flussi alluvionali; è tuttavia necessario che il modulo non venga trascinato via dalle correnti.

Affinchè questo non avvenga, sono stati predisposti dei delfini<sup>(2)</sup> con lo scopo di controllare il movimento del modulo in tutte le sue direzioni.

L'altezza di questi elementi è variabile da zona a zona e dipende dalla massima altezza registrata delle piene in quello specifico luogo. Nel nostro caso si è stimata un'altezza approssimativa<sup>(3)</sup> di 2.5 m che equivale alla piena massima registrata nelle aree prese in esame a cui è stato aggiunto un margine di sicurezza.

Un edificio immerso in acqua in movimento riceve delle spinte orizzontali a causa delle quali non deve collassare non dev'esserne deformato o soggetto a cedimento strutturale. La forza orizzontale che viene esercitata su un corpo in caso di alluvione viene definita con il nome di spinta idrodinamica. La spinta idrodinamica è la forza generata da un fluido che impatta su una determinata superficie ad una certa velocità nel tempo. La formula semplificata utilizzata per calcolare questa forza è:

$$Sd= \frac{1}{2} \times Cd \times \rho \times V^2 \times A [N]$$

Dove: **Cd** è il coefficiente di Drag. Esso dipende da vari fattori tra cui la conformazione del corpo. Il valore può variare da 0.8 a 2 a seconda di profondità e della direzione della corrente che lo investe. Nel caso del progetto è stata fatta una media tra questi due valori, pari a **1.4**; **ρ** è la densità dell'acqua pari a 1000[Kg/m²]; **V** è la velocità della corrente [m/s]; **A** è l'area o la porzione dell'edificio colpita perpendicolarmente dalla corrente [m²].

La velocità della corrente deve tenere in considerazione diversi fattori per essere calcolata e stabilita. Questi fattori prevedono la portata d'acqua, la profondità dell'alveo e la sezione del fiume preso in considerazione. Per poter calcolare questi parametri è stata studiata l'ipotesi peggiore tra le città prese in esame, prevedendo una portata d'acqua con un tempo di ritorno di 20 anni<sup>(4)</sup> pari a 6000 m³/s applicabile ad una sezione del fiume pari a 655m con profondità di alveo di 5m<sup>(5)</sup>. È stata pertanto calcolata l'area del mezzo ellisse risultante e quest'area è stata divisa per la portata del fiume; così facendo si è determinata la velocità V.

## Pertanto:

$$S_1 = \frac{1}{2} \times 1.4 \times 1000 \times 2.33^2 \times 31.11 = 118205.556[N]$$

Una volta trovata la forza che impatta sul cassone

galleggiante, è stato necessario ripartirla su tutti gli otto i pilastri che sorreggono l'unità abitativa permettendone il galleggiamento; in seguito è stato calcolato il momento " $M_{\rm ed}$ " che agisce alla base dei delfini metallici. Questo momento è stato calcolato in base alla forza  $S_{\rm d}$  agente su ogni pilastro che verrà chiamata " $S_{\rm d\,pilastro}$ ", quest'ultimo sarà moltiplicato per 1/3 dell'altezza del fluido agente sui delfini; questo perché la forza  $S_{\rm d\,pilastro}$  viene considerata, a livello di convenzione, agente ad 1/3 dell'altezza del pilastro.

Considerando quindi che l'altezza dei pilastri, valutata a partire dal fondo della vasca in cemento, sia pari a 5 m, l'*h* considerata sarebbe pari a 1.53 m, pertanto:

$$M_{ed} = S_{d \text{ pilastro}} \times h/3$$

14775.7[N] x 1.53[m]= 22606.81 [Nm]

Per comodità, viene trasformato in Ncm moltiplicandolo per 100. Perciò

Questo valore del momento alla base dei pilastri è necessario al fine del predimensionamento del diametro dei delfini che avranno quindi compito di resistere, senza subire deformazioni plastiche, ai carichi verticali dati dal peso del cassone e del modulo, quando questo è sospeso e non galleggiante, e ai ca<sup>2</sup> Un delfino è una struttura che viene impiegata in costruzioni che prevedano la presenza di acqua. Queste strutture si estendono al di sopra del livello dell'acqua e sono impiegate per dare stabilità strutturale nonostante si sia lontani dalla riva.

Questi elementi sono costituiti da pile metalliche che vengono infisse sul fondo del fiume o del mare e sono collegate al corpo da fissare, al di sopra del livello dell'acqua.

<sup>4</sup> Il tempo di ritorno viene così definito "È un modo statistico di esprimere la probabilità di qualcosa che accade in un dato anno. Un evento (tempesta, alluvione terremoto o altro) con tempo di ritorno pari a "100 anni" ha l'1% (= 1/100) di probabilità di accadere in un dato anno. Un evento con tempo di ritorno pari a "500 anni" ha lo 0,2% (= 1/500) di probabilità di accadere in un dato anno"

www.ncdc.noaa.gov

<sup>5</sup> Le dimensioni ipotizzate della larghezza fluviale, derivano da uno studio effettuato su tutti i fiumi presenti in Piemonte, in termini di portata (Q) e di larghezza e profondità dell'alveo. Nello specifico, il dato utilizzato prende come riferimento il comune di Casale Monferrato.

www.geoportale.agenziapo.it

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> www.arpa.piemonte.it

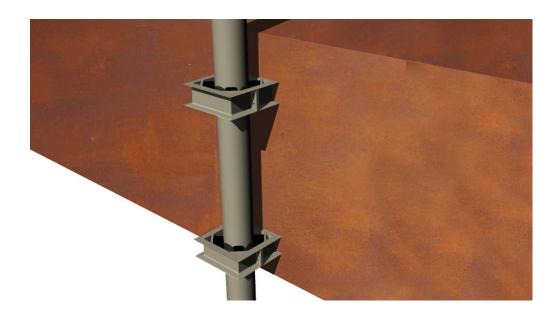
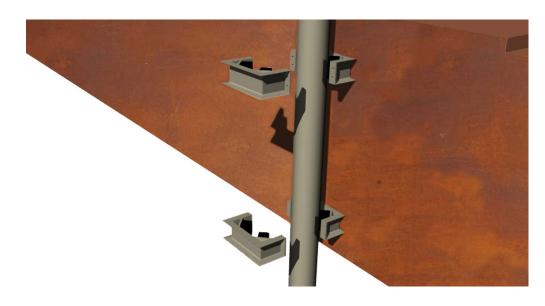


Figura 26 e 27: immagini a sinistra riportano il funzionamento del sistema di fissaggio e scorrimento dei delfini, elementi a "C" dotati di tamponi in gomma atti a permettere lo scorrimento verticale del modulo e del cassone impedendo l'urto di e l'attrito di questi contro i delfini metallici.



richi orizzontali provocati dalla corrente alluvionale. Al fine di predimensionare questi elementi, viene introdotto lo stato limite dell'acciaio utilizzato, l' s235, pari a  $\sigma_s 235 = 21932.4$  [N/cm²]. Per trovare lo stato limite  $\sigma_P$  il valore  $M_{ed}$  calcolato in precedenza andrà diviso per il  $W_{pl}$ , ovvero il momento di resistenza plastico. Questo dato è fornito dai cataloghi dei profili in metallo<sup>(6)</sup>; nel nostro caso il profilo utilizzato è quello di un pilastro circolare di diametro 32 cm. Pertanto:

$$\sigma_{\rm f} = M_{\rm ed}/W_{\rm pl} [Ncm]$$

2260681.2/509 = **4441.41** [Ncm]

Il valore così ottenuto dovrà essere minore o uguale al  $\sigma_{2}$ 35.

Quindi:

# 4441.41 \( \) 21932.4

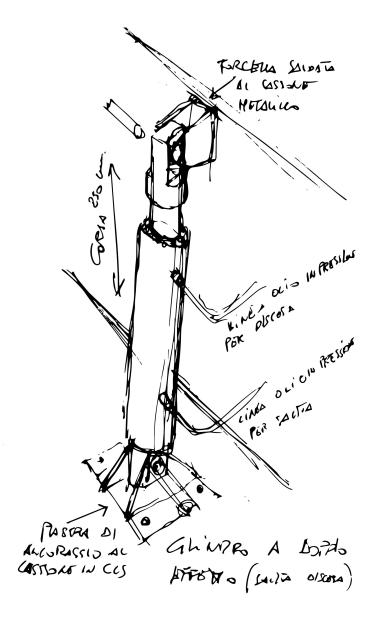
Poiché il valore di  $\sigma_f$  è minore di quello di  $\sigma_s$ 235, il diametro può ritenersi verificato. Il momento alla base  $M_{ed}$  sarà la forza che si ha in cima  $S_{d \, pilastro}$  moltiplicato la distanza dalla vasca di cemento.

#### 3.3- I CILINDRI OLEODINAMICI

Una volta dimensionati tutti gli elementi che compongono il modulo abitativo e il cassone, ci si concentra sul sistema necessario per garantire il sollevamento e la successiva discesa controllata dell'insieme durante la piena alluvionale.

I delfini verranno distribuiti sui lati maggiori del modulo, ripartendo così il peso e le spinte in modo omogeneo. Accanto ai delfini metallici, verranno posizionate, due per ogni lato, dei pistoni oleodinamici che serviranno per sostenere e mantenere sollevato il modulo abitativo dopo la piena alluvionale. (7) Sono stati dimensionati dei cilindri oleodinamici a doppio effetto con dispositivo bloccastelo meccanico bidirezionale. Questi elementi hanno il compito di garantire il mantenimento nella posizione raggiunta mediante l'utilizzo di un dispositivo meccanico di ritenuta che può essere bloccato e sbloccato mediante l'utilizzo di un sistema di pilotaggio idraulico esterno permettendo quindi la ripartenza dello stelo del cilindro. Questo particolare sistema è prevalentemente utilizzato negli ambienti dove un'ulteriore sicurezza di bloccaggio risulta necessario rispetto al canonico blocco idraulico delle camere del cilindro. L'utilizzo di questi componenti è fondamentale per il controllo della discesa del modulo nel suo alloggiamento, al fine di ripulire il fondale della vasca in ce-

Figura 28: Lo schizzo a fianco, mostra la composizione del cilindro oleodinamico. La parte superiore della testa del pistone viene fissata a una forcella saldata al cassone metallico mentre la parte inferiore del pistone è collegata ad una piastra di ancoraggio fissata alla vasca in cemento per mezzo di bulloni. Il meccanismo viene azionato da olio sotto pressione distribuito ai pistoni da una specifica centralina (collocata all'interno del cassone stesso). La corsa del pistone sarà, nel nostro caso, di 2.5 metri.



<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> I profili metallici presi come riferimento provengono dal catalogo sul sito www.promozioneacciaio.it

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> cfr appendice



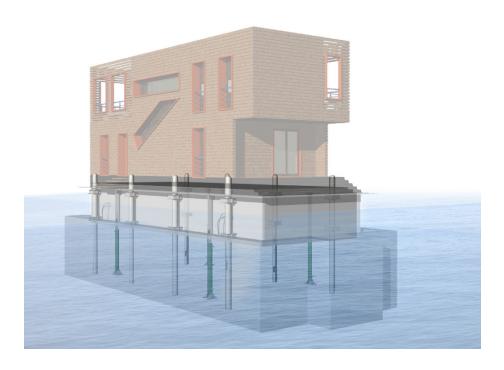


Figura 29 e 30: dalle immagini riportate si evince il funzionamento del meccanismo di delfini e pistoni. In alto il modulo è all'altezza del terreno, in basso, viene riportato il modulo in fase di galleggiamento. I delfini rimangono nella loro posizione mentre i pistoni, grazie a specifici sensori, si allungano fino all'altezza raggiunta dalla piena. Un dispositivo bloccastelo, collocato in ogni pistone, servirà per controllare la discesa del cassone.

mento da residui e materiali trasportati dall'alluvione.

Questo sistema di pompe oleodinamiche è gestito da una centrale (di dimensioni 60 x 80 x 200h cm) che verrà posizionata all'interno del cassone metallico e che si alzerà e abbasserà con esso. Nella centralina sarà inoltre inserito il serbatoio dell'olio, della capacità di 40 litri, necessario al funzionamento dei pistoni. L'intero sistema, oltre che manualmente, sarà assistito da sensori posizionati sulle pareti esterne del cassone stesso a 5cm oltre il livello di galleggiamento (calcolato a 180cm dal fondo). Per predimensionare questa pompa di distribuzione è stato necessario calcolare la pressione necessaria per sollevare il modulo e il cassone; si è deciso di sovrastimare la portata di questi elementi permettendogli di sollevare circa sessante tonnellate ognuno.

Per ottenere il sollevamento sincronizzato e uniforme dei quattro cilindri, l'impianto sarà dotato di trasduttori lineari.

# Dati tecnici:

Carico applicato allo stelo:	60kN
Diametro canna esterna del cilindro:	250mm
Diametro dello stelo:	180mm
Corsa:	2500mr
Pressione nominale di funzionamento:	150 Bar
Velocità di funzionamento:	0.5m/s
Volume olio richiesto per ogni cilindro:	$10dm^3$

## 3.4- L'IMPATTO DEGLI OGGETTI

Alla forza della piena che agisce sui delfini metallici, va aggiunta l'aggravante determinata dall'impatto degli oggetti detritici e non, trasportati dalla piena alluvionale.

Nell'ambito di un'area alluvionale, gli oggetti che il fiume può trasportare possono essere tronchi o sassi di varie dimensioni, ma possono anche essere trascinate, durante la piena, automobili o altri oggetti e strutture più leggere.

L'impatto che questi oggetti hanno sui pilastri può essere più o meno distruttivo e può provocare il cedimento di uno o più delfini portando al collasso della struttura. Il calcolo della forza, espressa in Newton, che questo impatto può avere, viene calcolato mediante una formula:

$$FI = WV/gt = Mv/t [N]$$

Dove: Fi è la forza dell'urto da calcolare;

 ${\bf W}$  è il peso dell'oggetto impattante espresso

in Newton;

**V** è la velocità dell'oggetto (m/s);

**g** è l'accelerazione gravitazionale che vale

 $9.806 \text{ m/s}^2$ ;

# **t** è la durata dell'impatto (s)

si è deciso di ipotizzare come oggetto galleggiante un'auto a cui è stato attribuito un peso pari a 1500Kg. Questo corpo urterà uno dei pilastri con una velocità calcolata pari a 0.4 m/s. Supponendo che l'impatto dell'oggetto duri un solo secondo, la forza che viene trasmessa sarà pari a 600 Newton.

# Capitolo quarto

# 4- I MODULI ABITATIVI

Il progetto architettonico

# 4.1- L'IDEA DI PROGETTO

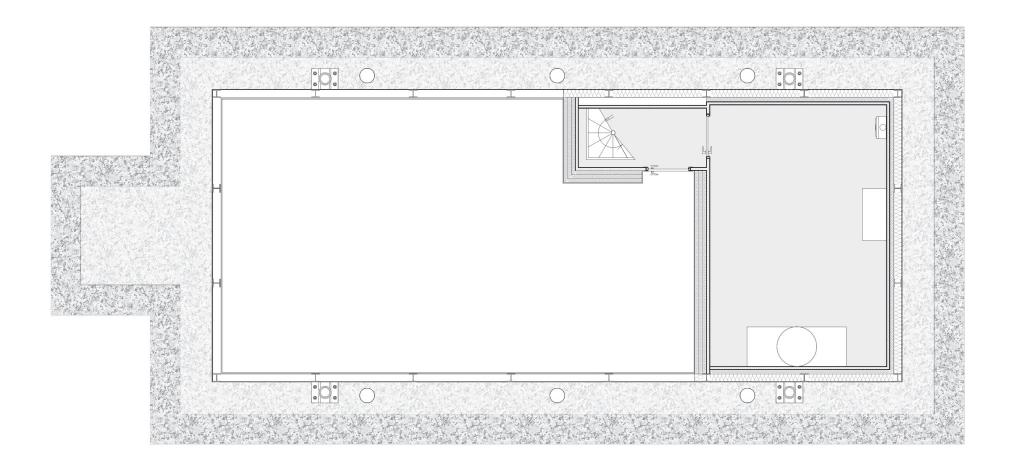
L'idea di progetto nasce a seguito di un'esperienza lavorativa svolta in Olanda con il programma ERASMUS. I paesi Bassi sono caratterizzati dalla presenza di numerose abitazioni galleggianti per la scarsità di terreno edificabile.

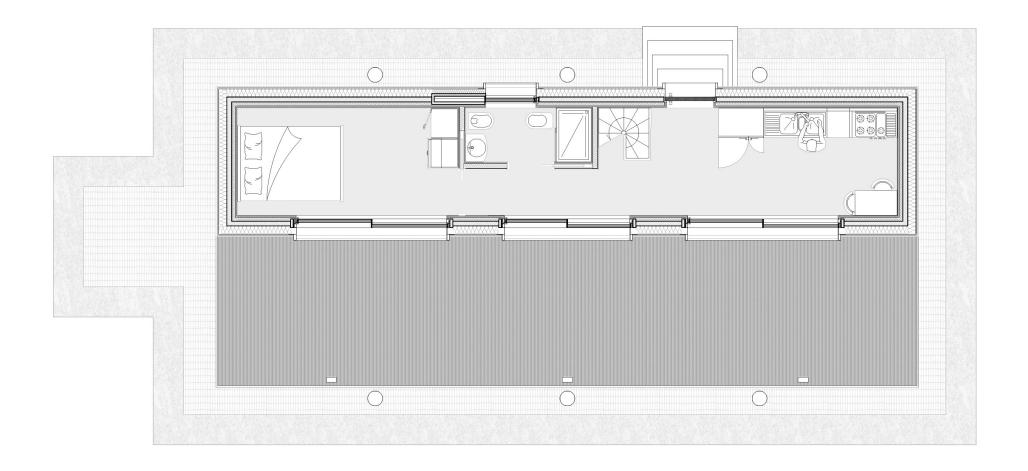
Prende forma quindi la volontà di utilizzare questa tecnologia in modo da affrontare non tanto la carenza di spazio, quanto il verificarsi di eventi climatici che spesso si manifestano in maniera violenta se non addirittura catastrofica e che si ripropongono con frequenza.

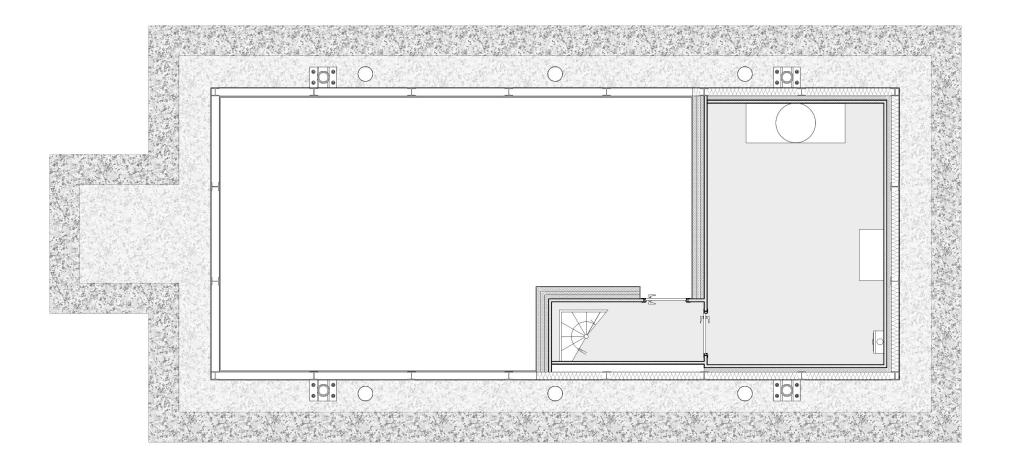
Si è quindi pensato di trasferire, nelle aree della Pianura Padana, peraltro soggetta a frequenti eventi alluvionali, la tecnologia utilizzata nei Paesi Bassi per la realizzazione di queste abitazioni in grado di adattarsi, galleggiando, alla variazione del livello delle acque.

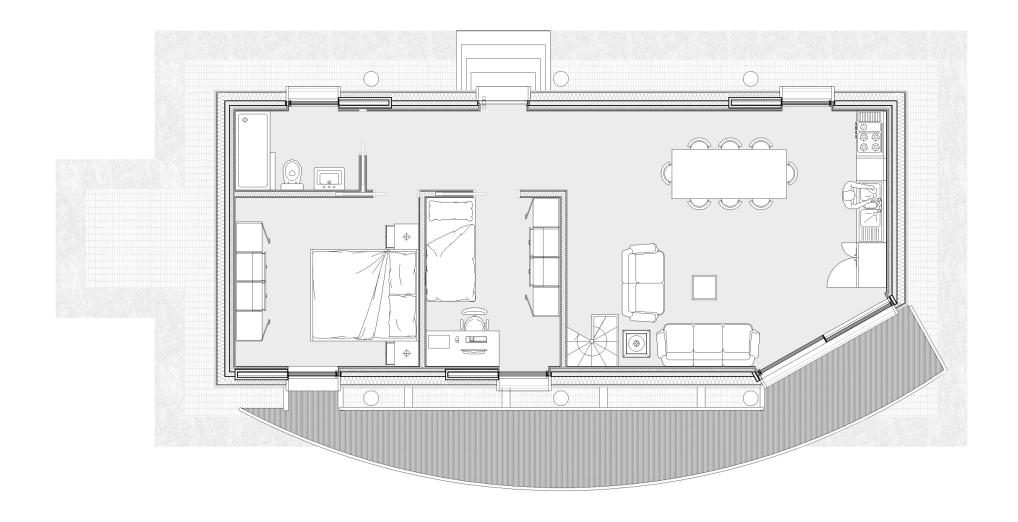
Su questi elementi galleggianti si sono poi studiate delle soluzioni abitativi che prevedessero l'utilizzo di moduli che, tra loro assemblati, determinassero unità abitative di diverse metrature facili e veloci da costruire, nonchè trasportabili utilizzando mezzi di trasporto convenzionali. La tecnologia che è stata studiata, sia per le abitazioni sia per il sistema di galleggiamento, tiene in considerazione gli scenari futuri che prevedono grandi cambiamenti climatici con conseguente aumento delle precipitazioni e innalzamento del livello dell'acqua marina. Si è quindi deciso di pensare un progetto le cui mire siano quelle di poter essere utilizzato anche per abitazioni edificate in prossimità di laghi e fiumi, oppure in zone che potrebbero in futuro, vedere l'avanzamento del mare in aree attualmente "asciutte".

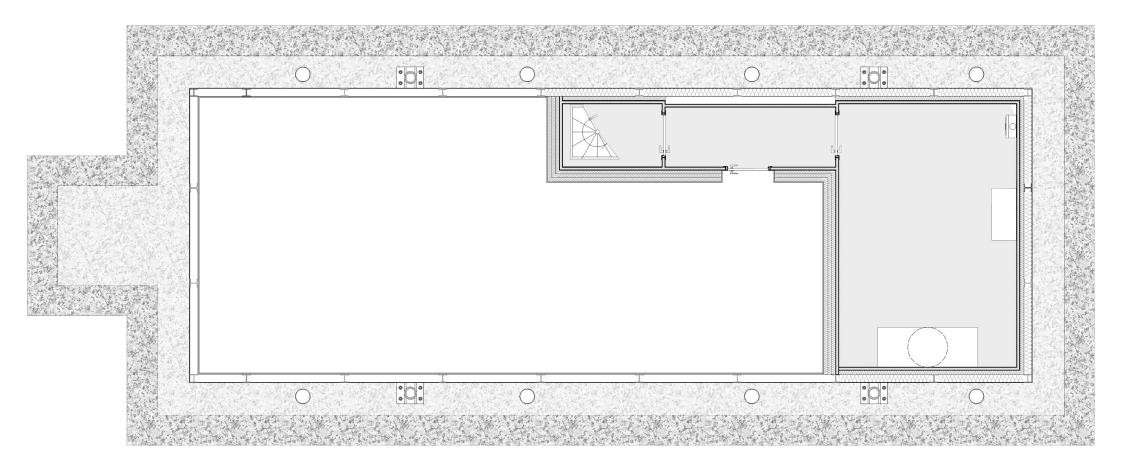
Scopo della tesi è stato anche quello di realizzare dei moduli energeticamente efficienti e in grado di sopperire alle esigenze economiche derivanti dall'approvvigionamento energetico degli utenti; inoltre la realizzazione di un sistema galleggiante flessibile, permette il suo impiego non solo per abitazioni ma anche per edifici industriali o contenenti macchinari e attrezzature che necessitano l'edificazione in zone soggette al rischio esondazione.

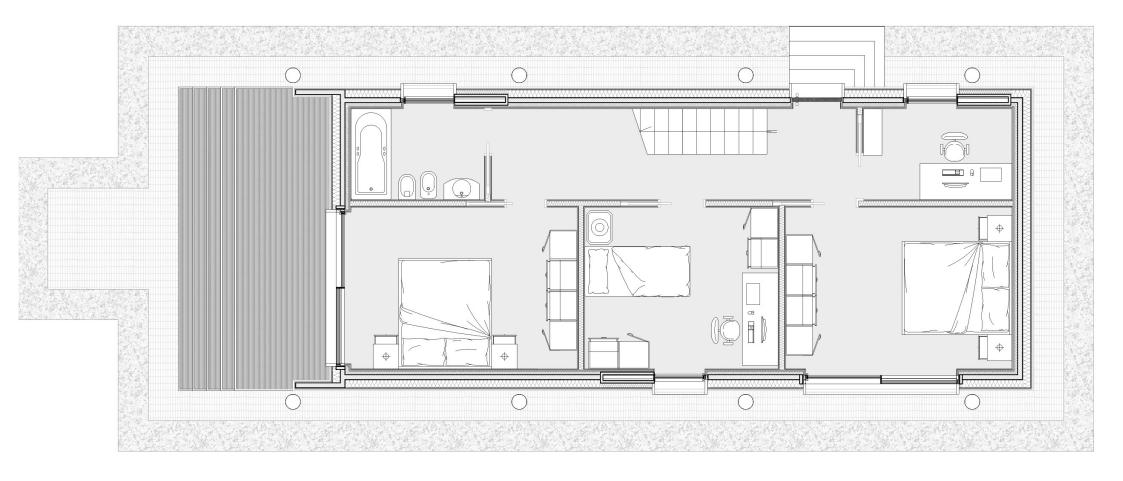


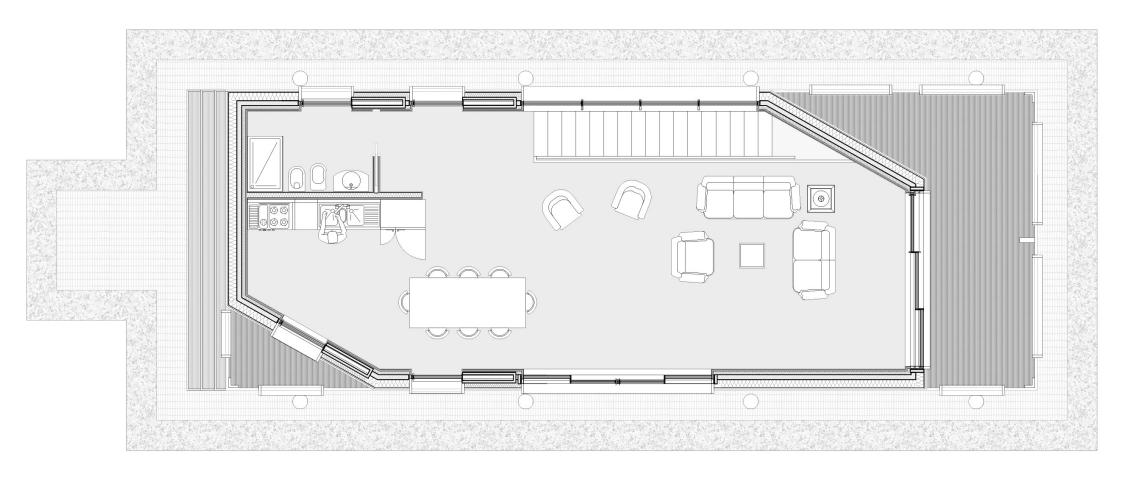


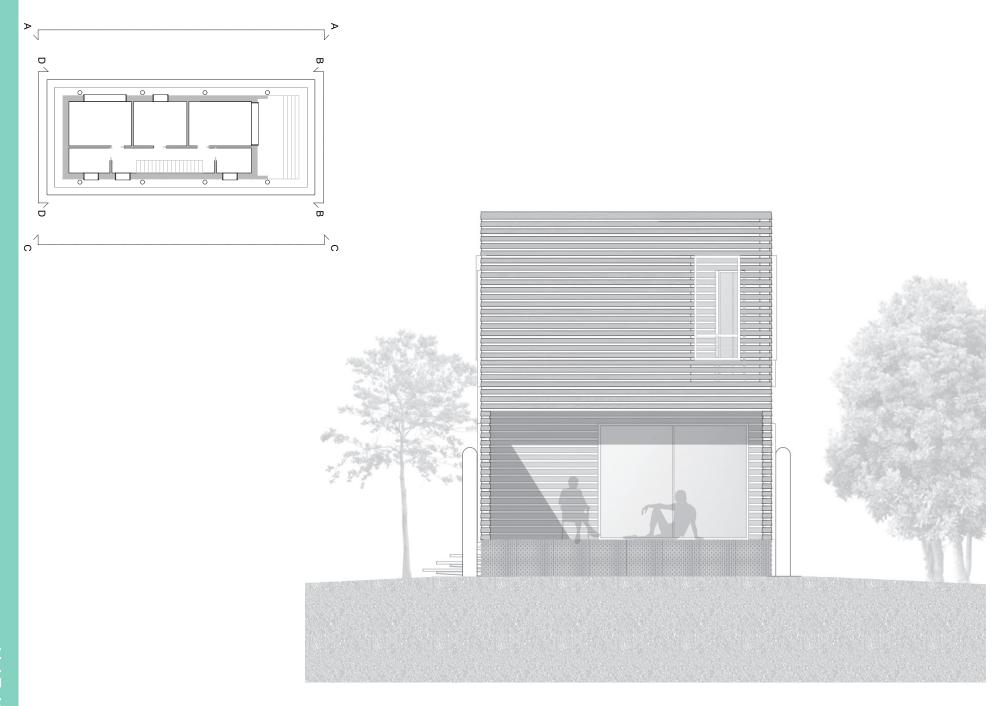


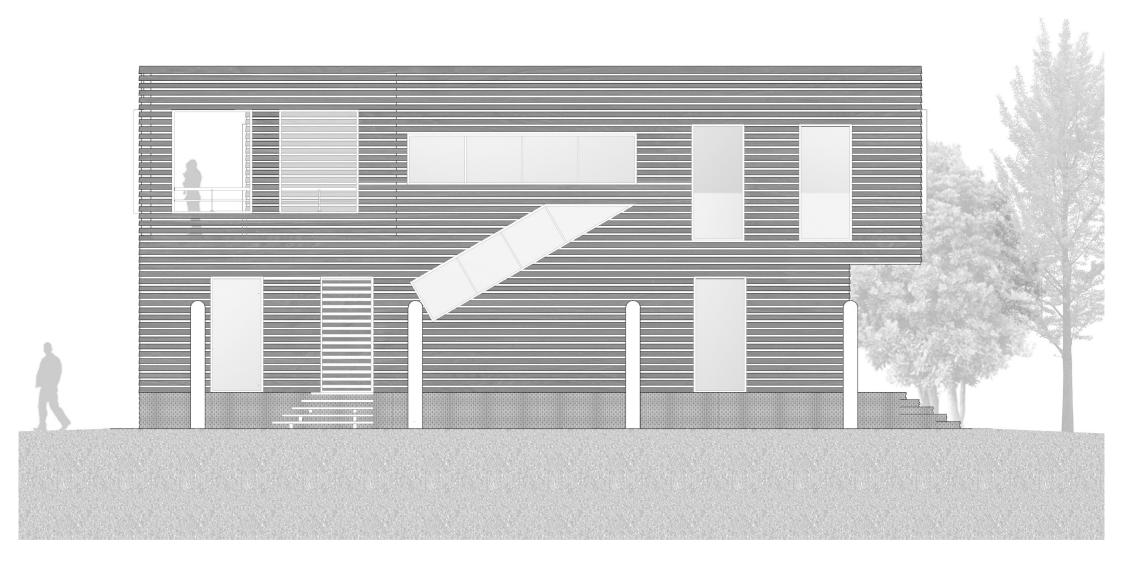


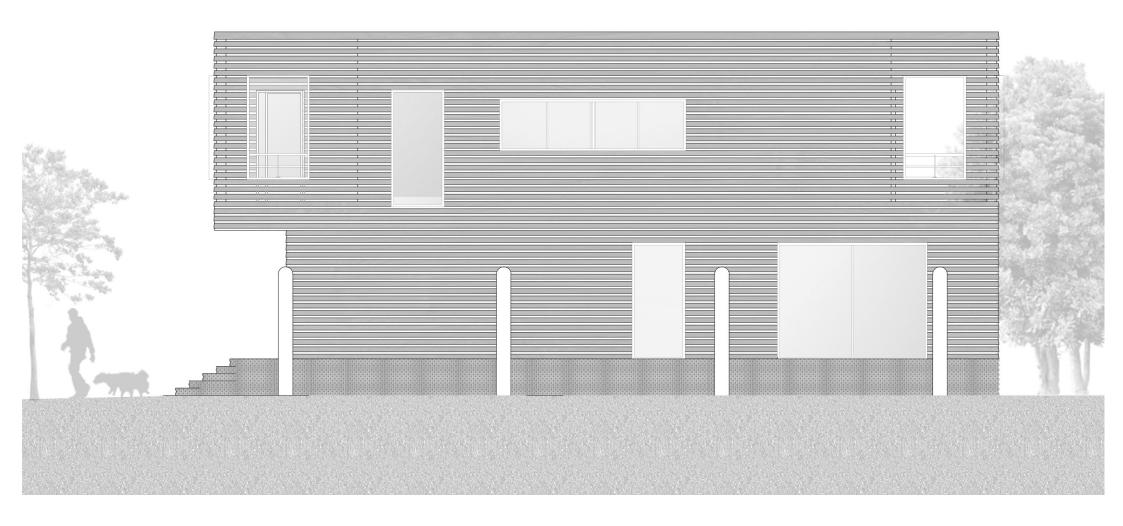




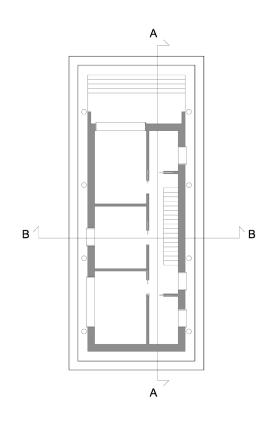


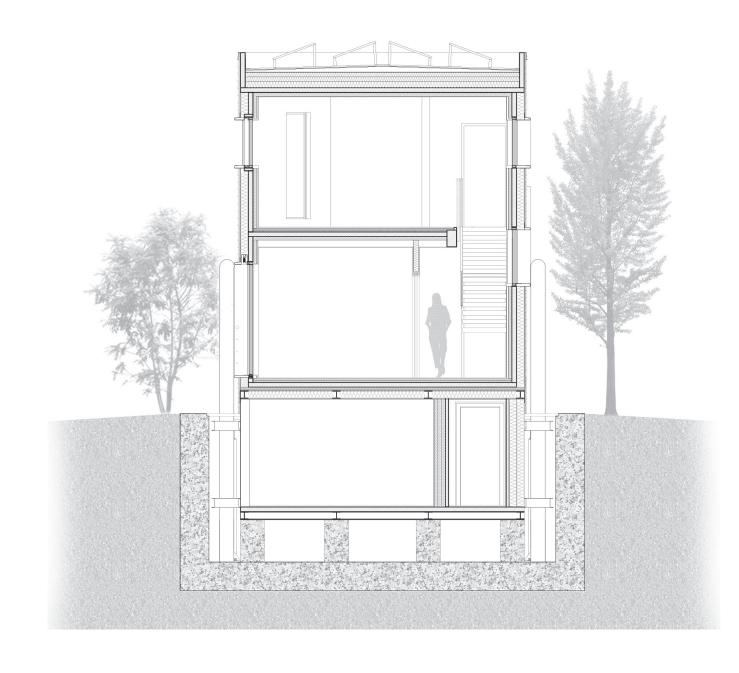


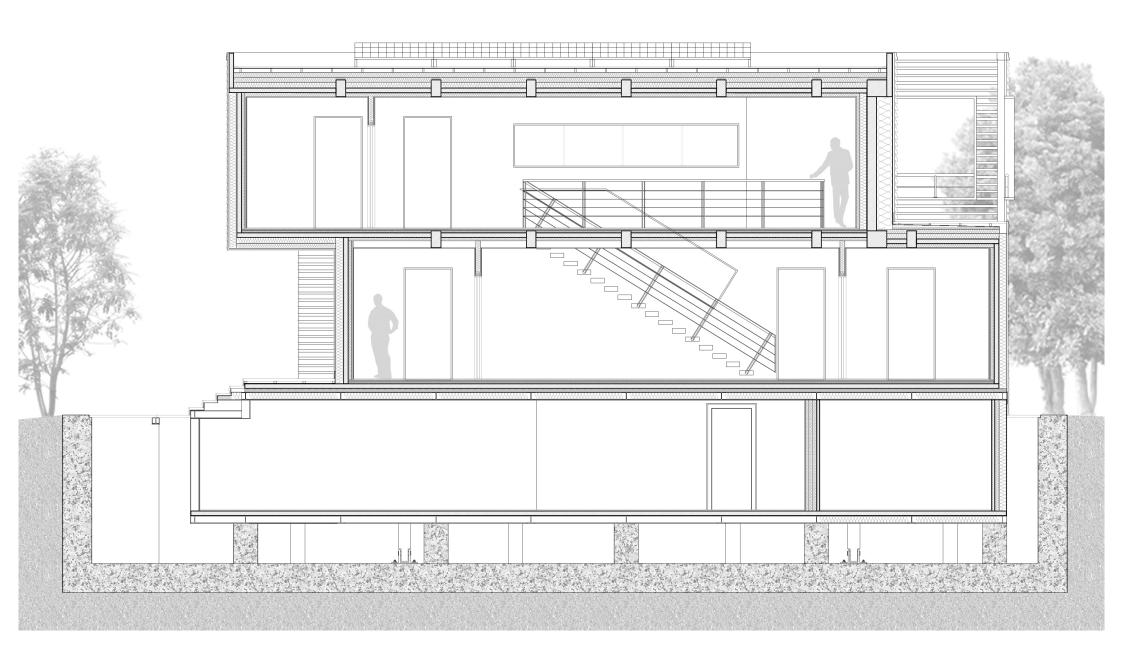












Sezione A-A

# 4.2- IL PROGETTO

Il progetto architettonico, prende come riferimento il prototipo BiosPHera 2.0 e la relativa tesi, realizzata dalle studentesse Niccoli e Rizza con il professor Callegari.

Per la progettazione delle unità abitative ci si è imposti alcuni obiettivi:

- 1) il raggiungimento dell'autosufficienza energetica;
- la possibilità di prefabbricare il più possibile i moduli in officina, lasciando al cantiere solo le operazioni di assemblaggio dei moduli o di alcune componenti;
- 3) la possibilità di trasportare le componenti prefabbricate utilizzando mezzi di trasporto convenzionali;

Queste premesse hanno influito in maniera considerevole sulla scelta dei materiali e sulla definizione dimensionale dei moduli, e conseguentemente sul dimensionamento dei "cassoni galleggianti".

Per il soddisfacimento del primo punto si è cercato di progettare delle unità abitative che, a prescindere dalle dimensioni e dal numero di moduli utilizzati, potessero essere considerate energeticamente passive (Passivhaus). Il termine Passivhaus fa riferimento ad un edificio in grado di riscaldarsi da solo sfruttando i carichi termici "gratuiti interni" (persone, apparecchiature, illuminazione) e solari, che combinato all'elevato isolamento termico dell'involucro, richiede un fabbisogno energetico tanto basso da poter essere soddisfatto da un sistema impiantistico a bassa potenza con conseguenze positive per l'ambiente e per l'utente in termini di risparmio e comfort abitativo.

Il concetto di casa passiva viene introdotto dal prof. Wolfang Feiste nel 1988, che, dopo studi sperimentali, realizzò un complesso di case a schiera nel 1990 a Darmstadt-Kranichstein.

Visti gli ottimi risultati, dimostrando che le case riducevano i consumi standard del 90%, nel 1996 è stato fondato il Passivhausinstitut (PHI) che da allora si è occupato dell'analisi e dello sviluppo di edifici e componenti per case passive, ideando un sistema di certificazione degli stessi. Da allora in tutto il mondo sono state costruite oltre 40.000 unità abitative, e lo standard viene preso da riferimento per le strategie di efficientamento energetico nel settore edile dall'Unione Europea.

L' obiettivo di una casa passiva non è solo l' efficienza energetica ma anche quello di garantire un'alta qualità di comfort e di essere economicamente sostenibile, per cui i costi di costruzione maggiorati rispetto ad un edificio standard vengono ammortiz-

zati dal risparmio sulla spesa energetica. Lo standard Passivhaus è un approccio progettuale e di certificazione degli edifici di tipo prestazionale e che quindi guarda al complesso dei sistemi di cui è composto l'edificio, dall'aspetto energetico a quello tecnologico, dal comfort abitativo alla struttura e alla sua composizione.

Questo tipo di approccio permette al progettista di non avere delle regole rigide da applicare, ma può seguire alcune strategie da utilizzare in linea con la propria idea progettuale.

Lo standard Passivhaus può essere applicato agli edifici di nuova costruzione e per la riqualificazione di quelli esistenti, per climi rigidi ma anche per climi mediterranei come dimostrato dal progetto di ricerca Passiv-On<sup>(1)</sup> (2005/2006).

Per spiegare meglio quali strategie conviene utilizzare per ottenere le prestazioni obiettivo di una casa passiva, l'istituto ZEPHIR Passivhaus-Italia fa riferimento a cinque parametri di riferimento:

- Coibentazione termica dell'involucro, trasmittanze inferiori ai limiti di legge per tutti i pacchetti, pareti perimetrali, copertura e solai.
- Serramenti performanti ovvero basso emissivi con doppi o tripli vetri, telai ben coibentati e posa a regola d'arte per un'ottima connessione con l'involucro

opaco. I serramenti inoltre devono essere dimensionati in modo da garantire l'ingresso della radiazione solare per gli apporti termici gratuiti per il periodo invernale e devono essere dotati di sistemi di oscuramento per limitare l'apporto per il periodo estivo.

- Minimizzazione o assenza di ponti termici, significa prestare attenzione in fase progettuale e in fase di posa, alla coibentazione nei nodi, nei giunti e nella continuità della tenuta all'aria.
- Impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore VMC. In un edificio ben coibentato è necessario garantire un'ottima qualità dell'aria ottenibile con un impianto di ventilazione che garantisce l'ossigenazione dell'aria, l'abbassamento del livello di anidride carbonica che si sviluppa all' interno scambiando l' aria interna con l' esterna prevenendo così la formazione di muffe. L'impianto è meccanico con scambiatore di calore per migliore l'efficienza energetica dell'intero sistema. Infatti rispetto alla classica areazione ottenuta con l'apertura delle finestre, che immetterebbe aria alle temperature esterne e che quindi consumerebbe energia per il riscaldamento o raffrescamento, si utilizza l'impianto VMC. Il principio che permette di risparmiare energia, è quello di utilizzare il calore dell'aria estratta dall'interno per preriscaldare senza costi energetici l'aria esterna in inverno (il principio

è inverso per l'estate).

- Infine per sfruttare al meglio l'impianto di ventilazione senza generare eccessive dispersioni è necessario garantire che l'involucro abbia una buona tenuta all'aria. Questo implica che nella progettazione e nella posa degli elementi dell'involucro si presti attenzione a non generare spifferi che trasporterebbero umidità e calore creando anche danni alla struttura. Generalmente vengono inserite nelle stratigrafie membrane di tenuta all'aria verso l'interno e di tenuta al vento per l'esterno con l'obiettivo di raggiungere il limite di 0,6/h (in un'ora avviene il ricambio del 60% del volume d'aria). Per verificare se si raggiunge questo limite terminata la costruzione dell'involucro e la posa dei serramenti si procede ad un Blower Door test che immettendo aria nell'ambiente è in grado di stabilire il livello del ricambio d'aria dell'edificio. In linea con le strategie messe in campo dall'Unione Europea per ottenere edifici a consumo quasi zero nZEB, le Passivhaus fanno convergere i tre fattori di riduzione dei consumi (impianti efficienti), riduzione delle emissioni (fonti rinnovabili) e di riduzione del fabbisogno (utilizzo delle risorse naturali presenti in loco e buona progettazione dell'involucro). Questo obiettivo è ottenibile attraverso l'applicazione e la combinazione di specifiche tecnologie di cui si riportano le principali.

La definizione funzionale espressa dal PHI afferma che "Una casa passiva è un edificio, nel quale il comfort termico può essere raggiunto esclusivamente attraverso il post riscaldamento o il post raffrescamento della massa d'aria, necessario per esaudire le condizioni sufficienti di qualità dell'aria interna, senza bisogno del ricircolo dell'aria."

Partendo da questo concetto si definiscono i criteri<sup>(2)</sup> da rispettare per ottenere una casa passiva:

Parametri obbligatori:

 Fabbisogno termico per riscaldamento ≤ 15 kWh/ (m²a)

Carico termico specifico ≤ 10 W/m<sup>2</sup>

- Fabbisogno frigorifero per raffrescamento  $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Tenuta all'aria n $50 \le 0.6 \text{ h}-1$
- Fabbisogno di energia primaria  $\leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a})$

Parametri consigliati:

- Progettazione senza ponti termici < 0,01 W/mK
- Serramenti a taglio termico  $Uw \le 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> ZEPHIR PassivHaus Italia, www.zephir.ph

- Impianti ad alta efficienza; ventilazione interna con recupero di calore superiore al 75%
- Ridotte dispersioni termiche per approntamento e distribuzione ACS
- Utilizzo efficiente della corrente elettrica.

Gli standard passivi sono in continuo aggiornamento perché oggetto di ricerca e per via dello sviluppo delle tecnologie in materia di risparmio energetico.

### 4.3- IL COMFORT ABITATIVO

Le unità abitative si inseriscono nel contesto globale sull'efficientamento degli edifici in quanto case passive, ma non si limitano a questo. L'obiettivo centrale rimane quello di garantire anche benessere abitativo, applicando un mix di tecnologie e soluzioni pensate in funzione del benessere dell'utente finale. Risparmiare energia e ottenere maggiore benessere non sono richieste contraddittorie, bensì approcci che si influenzano vicendevolmente. Nel contesto contemporaneo occorre che le scelte progettuali siano dettate da un nuovo modo di pensare, affinché rendano l'ambiente costruito adatto per l'uomo e rispettoso dell'ambiente. Ogni edificio non va inteso a se stante ma in relazione con l'ambiente che lo circonda e con le risorse che offre, ma anche nell'interfaccia con chi usa l'edificio e ne ha quindi una totale percezione. Coniugare comfort, ambiente ed efficienza energetica ha come conseguenza la costruzione di un modo sano di abitare.(3)

Per comprendere a pieno come le unità abitative si relazionano al tema risulta necessario chiarire cosa si intende per benessere abitativo. Un concetto legato alla qualità dell'abitare che necessariamente s'interfaccia con gli aspetti fisiologici, sensoriali e cognitivi dell'uomo e che quindi varia da persona a persona.

Nonostante la difficoltà di definizione ci sono aspetti quantificabili che permettono una valutazione dello stato di benessere che sono stati considerati nella fase di progettazione.

Per benessere abitativo<sup>(4)</sup> nell'accezione generale si indica l'atteggiamento mentale di completa soddisfazione per l'ambiente entro il quale si opera, determinato dalle percezioni psico-fisiche della persona. Il benessere è determinato pertanto da fattori ambientali che possono essere suddivisi nelle seguenti tematiche:

- Benessere termo-igrometrico
- Benessere acustico
- Benessere luminoso
- Benessere respiratorio-olfattivo
- Benessere psico-fisico (cognitivo-sensoriale)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> L. Rubini, S. Sangiorgio, C. Le Noci, "Il nuovo edificio green", Hoepli, Milano, 2011, p. 1-3

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Ibid., p.77

## **4.3.1- BENESSERE TERMICO**

Il benessere termico è dato da uno stato di neutralità termica, in cui il soggetto ha una condizione psi-co-fisica di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico.

L'insoddisfazione può essere causata da:

- disagio per il caldo o per il freddo che prova il corpo nel suo complesso
- non desiderato raffreddamento (o riscaldamento)
   di una particolare parte del corpo (es. da corrente d'aria)
- differenza verticale di temperatura tra testa e caviglie troppo elevata
- pavimento troppo caldo o freddo
- asimmetria della temperatura radiante troppo elevata
- un' energia metabolica troppo elevata
- abbigliamento non adeguato

Per comprendere meglio il fenomeno bisogna introdurre l'omeotermia che è la caratteristica di alcuni esseri viventi di mantenere costante la propria temperatura al variare delle condizioni esterne. In particolare l'organismo umano ha la necessità di mantenere costante la temperatura del nucleo del corpo a circa 37°C entro il ristretto margine di mezzo grado. Per questo l'organismo è dotato di un sistema di termoregolazione che provvede a mantenere il valore previsto anche quando per le condizioni ambientali o per l'attività svolta vi sia tendenza ad allontanarsene.

Il corpo umano è sede di reazioni chimiche che trasformano in energia le sostanze nutritive assimilate. L'energia termica prodotta internamente al corpo umano da tali reazioni dà luogo al flusso metabolico. Questo viene espresso con un'unità di misura apposita, il met:

1 met = 
$$58 \text{ W/m}^2 > \text{``Aeff''} = 1,80 \text{ m}^2 \text{ (circa)}$$

1 met = flusso metabolico specifico da attribuirsi ad un individuo sveglio a riposo.

Il calore in eccesso viene emesso dal corpo attraverso la respirazione (convezione) e traspirazione per il 30%, per irradiazione per il 70%. Secondo l'attività motoria praticata, l'emissione di calore del corpo umano è compreso tra i 60 W/m² e i 255 W/m². In una casa passiva basata sul principio della conservazione dell'energia questo eccesso di calore viene sfruttato nel periodo invernale grazie al buon isolamento dell'involucro.

Quando non intervengono i meccanismi fisiologici

di controllo della temperatura, si può parlare di benessere termo igrometrico. Lo stato neutro di benessere termico è individuato dalle infinite combinazioni delle sei variabili fisiche legate alle condizioni ambientali che sono:

Parametri fisici dell'ambiente:

t<sub>a</sub> – Temperatura aria ambiente

 $\phi_a$  – Differenza di umidità tra la pelle, la cavità polmonare e l'aria ambiente.

 $\omega_{a}$  – Velocità aria ambiente

t<sub>mr</sub> – Temperatura media radiante

Parametri relativi agli occupanti:

**R**<sub>v</sub> – Resistenza termica del vestiario

**H** – Processi metabolici legati alle funzioni di base e all'attività fisica

Generalmente la temperatura nei locali è quella dell'aria **t**<sub>a</sub>, ma il reale effetto sull'uomo si ha con la

temperatura media di  $\mathbf{t}_{mr}$  e  $\mathbf{t}_{a}$ . In prossimità dei requisiti ottimali, bisogna valutare anche l'umidità relativa che sarebbe opportuno fosse mantenuta tra il 40% e il 60% così da minimizzare i processi di proliferazione di microrganismi patogeni. Per cui oltre

i parameri relativi all'interazione uomo-ambiente, altri parametri da considerare per il benessere termo-igrometrico sono la temperatura dell'aria e l'umidità relativa presente. Per valutare le condizioni di riferimento i fisiologi hanno formulato dei valori medi sulla base di valutazioni di carattere soggettivo di un campione di persone<sup>(5)</sup>. Il voto medio previsto (predicted Mean Vote, PMV), espresso secondo la scala ASHRAE di sensazione termica. Gli indici di questa scala vengono attualmente adottati per la valutazione delle condizioni termo igrometriche ambientali da numerose norme.

Ne ricordiamo alcune:

-UNI EN ISO 7726 (1995)

che specifica i metodi per la misura delle grandezze fisiche che influenzano le sensazioni termiche.

-UNI EN ISO 7730 (settembre 1997)

che specifica i metodi per la previsione della sensazione termica percepita da un essere umano all'interno degli ambienti confinati di tipo "moderato" (sono esclusi gli ambienti cosiddetti "estremi" nei quali sono possibili sollecitazioni termiche nocive: stress termico, disidratazione, ecc.)

-UNI EN 15251 (febbraio 2008)

che specifica i criteri per la progettazione dell'am-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> L. RUBINI, S. SANGIORGIO, C. LE NOCI, "Il nuovo edificio green", Hoepli, Milano, 2011, p. 83

biente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

## 4.3.2- BENESSERE TERMO-IGROMETRICO

Il Benessere termo-igrometrico è stato affrontato cercando di mantenere le condizioni ambientali interne stazionare al variare dei contesti in cui è stato posizionato.

Possiamo definire il benessere acustico la condizione psicofisica in corrispondenza della quale un individuo, in presenza di un campo di pressione sonora (rumore), dichiara di trovarsi In una situazione di benessere, tenuto conto anche della particolare attività che sta svolgendo.

Il suono è un fenomeno meccanico prodotto da una vibrazione in un mezzo fisico, il mezzo principale è l'aria ma ciò non esclude che possa propagarsi attraverso altri materiali, più o meno predisposti alla vibrazione. La sua unità di misura è il decibel che esprime in scala logaritmica il livello di pressione sonora. La scala varia da 0 che corrisponde alla soglia dell'udibilità a 140 soglia del dolore. Il livello di pressione sonora prodotto da una sorgente dipende dalla potenza, dalla distanza, ma anche dal comportamen-

to acustico delle superfici dell'ambiente interno.

La difesa dal rumore è una esigenza primaria; l'esposizione al rumore, infatti, provoca disturbo psicologico e ostacola lo svolgimento delle normali attività di un essere umano, riducendone il rendimento e la capacità di concentrazione<sup>(6)</sup>. Inoltre può avere effetti nocivi sulla salute sia fisica che psichica degli uomini:

- -Dal punto di vista fisico può provocare danni all'udito (fino alla sordità), problemi di equilibrio e senso di vertigine, senso di stordimento ed emicranie, disturbi all'apparato cardiocircolatorio e a quello digerente;
- -Dal punto di vista psicologico provoca irritabilità, stati di angoscia e alienazione, alterazioni del ciclo del sonno.

La normativa di riferimento in materia di inquinamento acustico ed isolamento acustico degli edifici è rappresentata dalla Legge 26 ottobre 1995, n. 447 ("Legge quadro sull'inquinamento acustico"), dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 ("Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"), che ne ha dato attuazione, e dalla normativa comunitaria di riferimento. La normativa è diretta a stabilire i limiti di rumorosità (valore – soglia) ammessi, il cui superamento è considerato generativo di un fenomeno di

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Il Benessere abitativo, Meliorfab www.meliorfab.it IL\_COMFORT ABITATIVO .pdf

inquinamento acustico. In particolare in esso sono riportati i Requisiti Acustici Passivi degli edifici, ovvero i valori limite che devono essere rispettati dalle prestazioni acustiche di impianti, facciate, divisori orizzontali e verticali fra unità immobiliari.

Nella progettazione si è cercato di abbattere i dB prodotti dai rumori provenienti dall'esterno, grazie al buon isolamento termico e acustico, garantito dalla stratigrafia delle componenti opache, dalle buone performance dei serramenti e dalla loro corretta posa e connessione con le pareti.

## 4.3.3- BENESSERE LUMINOSO

Definiamo come benessere luminoso lo stato in cui l'individuo può svolgere nel modo migliore i diversi compiti (visual task) che è chiamato ad assolvere. Il comfort visivo che si ha in un interno dipende dall'illuminazione, e la luce migliore è quella naturale perché è gratuita, riproduce fedelmente i colori e garantisce il benessere psicofisico degli abitanti. Un'inadeguata illuminazione causa invece sensazioni di malessere generale e stanca gli occhi. Una buona illuminazione viene valutata in base a: il livello di illuminazione, la distribuzione delle luminanze, la tonalità, la resa dei colori, la direzione, l'abbagliamento, la distribuzione delle ombre.

Per avere un buon comfort visivo è necessario innanzitutto garantire un buona illuminazione della luce diurna. Il flusso luminosa diurno nell'edificio varia in base al luogo, all'ora del giorno, il periodo

dell'anno, le condizioni climatiche, l'indice di riflessioni delle superfici. La superficie dei serramenti deve essere minimo il 10-12% della superficie del locale da illuminare che comunque non dovrà risultare troppo profondo. Inoltre è necessario garantire il corretto livello di illuminazione in relazione all'attività da svolgere. Per quanto riguarda le luci artificiali queste dovranno essere distribuite in modo tale da risultare abbastanza uniformi, senza creare troppi contrasti, ne troppa monotonia. Il comfort visivo non dipende solo dal livello d'illuminamento all'interno, ma include anche il rapporto visivo con il contesto. Le finestre non solo devono procurare la luce necessaria per svolgere un'attività, ma anche consentire la vista dell'esterno come elemento di distensione e sono quindi importanti per il benessere psicofisico.

Gli ampi serramenti e lo studio della luce diurna sono stati uno degli aspetti centrali trattati nella progettazione.

## 4.3.4- BENESSERE RESPIRATORIO-OLFATTIVO

Possiamo definire il benessere respiratorio lo stato di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'aria che respira, in cui non sono presenti inquinanti in concentrazioni ritenute nocive per la salute dell'uomo. La qualità dell'aria è uno degli elementi fondamentali al fine del benessere abitativo.

Le cause che ne minano la purezza sono attribuibili a sostanze presenti nell'aria esterne al locale in cui soggiorna, per esempio si pensi all'aria delle grandi città, ma possono essere generate anche all'interno del locale stesso. In un ambiente isolato l'attività di respirazione consuma ossigeno, restituendo anidride carbonica e umidità, che minacciano il comfort e di rendere l'ambiente insalubre. Per ovviare a questa problematica basta garantire al locale un opportuna ventilazione.

Altre cause interne che generano insalubrità se non viene fornito un opportuno ricambio d'aria sono: il fumo di tabacco, che produce 4700 composti chimici; l'utilizzo di stufe a gas, kerosene o legna che producono ossidi di azoto e ossidi di carbonio; i VOC (composti organici volatili) come la formaldeide presenti nei prodotti casalinghi o nei materiali di costruzione; infine nella polvere si possono trovare microrganismi patogeni come virus, funghi e spore<sup>(7)</sup>.

I metodi più utilizzati per il controllo del ricambio d'aria che deve essere valutato in base al numero degli occupanti e al tipo di attività da svolgere nel locale sono:

- Controllo alla sorgente (cappe e sistemi di aspirazione)
- Controllo per diluizione (ricambio con aria esterna di rinnovo che può essere naturale, per infiltrazione oppure meccanico. Per essere efficiente questi tipi di impianti si consiglia l'uso del recuperatore di calore)
- Controllo per rimozione (impianti a rimuovere alcuni particolari agenti inquinanti)

Il ricambio d'aria viene misurato in metri cubi di ricambio ora  $m^3 = h-1$ , per esempio 0,5 h-1 significa rinnovare il 50% del volume d'aria del locale ogni ora. Per gli edifici residenziali sono idonei valore che variano da 0,4 h-1 a 0,8 h-1, , in particolare per le camere 20  $m^3/h$ , per i soggiorni 30  $m^3/h$  e per i bagni 60  $m^3/h$ .

Nelle unità abitative la qualità dell'aria è stata garantita da: l'impianto di ventilazione meccanica che attraverso i filtri ha limitato l'ingresso degli inquinanti provenienti dall'esterno ed ha eliminato quelli generati dalla respirazione; dall'uso di dispositivi e materiali che possono rilasciare sostanze nocive nell'aria.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> L. Rubini, S. Sangiorgio, C. Le Noci, "*Il nuovo edificio green*", Hoepli, Milano, 2011, p. 85

### 4.3.5- IL BENESSERE PSICOFISICO

Con benessere psicofisico facciamo riferimento ad uno stato di soddisfazione della persona che coinvolge tutti i suoi aspetti, fisico, mentale, sociale e che caratterizza la qualità della vita. (8)

Il concetto di benessere in riferimento all'uomo si è evoluto nel tempo seguendo i vari filoni filosofici in occidente che hanno nel tempo definito la relazione e la separazione mente-corpo, si pensi ad esempio al pensiero di Cartesio. Attualmente vi è un ritorno all'unità del sistema corpo-mente esteso anche alla società. Ci sono infatti evidenze scientifiche comprovate in ambito fisiologico che dimostrano la relazione tra i sistemi nervoso, endocrino e immunitario. Le sostanze chimiche che operano in modo estremamente esteso sia nel cervello che nel sistema immunitario sono anche le più frequenti nelle aree neurali che regolano le emozioni. Aspetti cognitivi, emotivi, psicologici e fisiologici vengono ora trattati come aspetti interconnessi che insieme determinano il benessere e la salute della persona e non solo. L'OMS (Organizzazione mondiale della sanità) è concorde nel definire il benessere come "lo stato emotivo, mentale, fisico, sociale e spirituale di ben-essere che consente alle persone di raggiungere e mantenere il loro potenziale personale nella società". Quindi il concetto viene esteso dall'individuo alla collettività.

L'aspetto cognitivo è costituito dall'elasticità mentale, dalla memoria e dalla capacità di pensare e agire razionalmente o creativamente. L'attenzione è uno degli aspetti dell'attività cognitiva e richiede un elevato dispendio di energia che può provocare stanchezza mentale<sup>(9)</sup>. A proposito della salute mentale, l'OMS la definisce come "uno stato di benessere emotivo e psicologico nel quale l'individuo è in grado di sfruttare le sue capacità cognitive o emozionali, esercitare la propria funzione all'interno della società, rispondere alle esigenze quotidiane della vita di ogni giorno, stabilire relazioni soddisfacenti e mature con gli altri, partecipare costruttivamente ai mutamenti dell'ambiente, adattarsi alle condizioni esterne e ai conflitti interni".

L'aspetto psicologico è legato ai significati culturali e alle norme sociali, alle esperienze passate e all'educazione. L'aspetto fisiologico è relativo alla risposta del corpo e alla sua capacità di adattarsi alle condizioni dell'ambiente e comprendono l'apparato fonetico, muscolo-scheletrico e respiratorio.

Tutti gli aspetti sono importanti per determinare il benessere e lo stato di salute della persona, ma ancora più importante è che questi siano tra loro equilibrati. La letture della salute in chiave "adattativa" introduce così il concetto per cui la salute non è uno "stato" ma una condizione dinamica di equilibrio,

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Studi di Psiconeuroimmunologia Robert Ader; David L. Felten; Nicholas Cohen, eds. (2000). Psychoneuroimmunology. Academic Press. ISBN 978-0-12-044314-7

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> G. Barbiero, R. Berto, "Introduzione alla biofilia. La relazione con la natura tra genetica e psicologia" Editore Carocci, Roma, 2016

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> "Promozione della salute" OMS - La Carta di Ottawa (1986)

fondata sulla capacità del soggetto di interagire con l'ambiente in modo positivo, pur nel continuo modificarsi della realtà circostante<sup>(10)</sup>.

Per raggiungere uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale, un individuo o un gruppo deve essere capace di identificare e realizzare le proprie aspirazioni, di soddisfare i propri bisogni, di cambiare l'ambiente circostante. Un altro aspetto fondamentale della promozione alla salute è il riconoscimento della soggettività.

Questa definizione implica che i progettisti che vogliono misurarsi con l'obiettivo del benessere psi-co-fisico dell'utente finale debbano creare ambienti adeguati in grado di offrire il supporto alle attività individuali e collettive in termini di: condizioni prestazionali che incidono sull'aspetto fisiologico, modificabilità degli elementi in base alle specifiche esigenze, applicazione di strategie in grado di influire sul benessere emotivo, psicologico e cognitivo come spazi immersi nel verde o in contatto col paesaggio circostante e utilizzo di processi, tecnologie e materiali che non emettono agenti inquinanti e che diminuiscano il loro impatto sull'ambiente.

## 4.4- LA TECNOLOGIA

# 4.4.1-LA STRUTTURA PORTANTE

La struttura a secco in pannelli X-lam è prodotta dalla ditta Artuso legnami e teoricamente montata nella sede di Caselle di Altivole (TV).

# Materiali e produzione

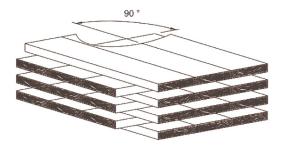
Il sistema è costituito da pannelli in X-lam prodotti all'interno dello stesso stabilimento di Artuso Legnami.

Il legno proviene da filiera italiana Legno Veneto (consorzio per la promozione del mercato del legno proveniente da foreste della Regione Veneto, garantendone la provenienza per la tutela di fornitori e consumatori) ed entra nello stabilimento sottoforma di tavole di abete che vengono sottoposte ad essiccatura per rientrare nei valori di umidità compresi tra l'8% e il 13%, secondo la EN 13183-2.

La produzione dei pannelli X-lam (crosslamineted-timber) segue la procedura ETA 10/0339 European Technical Approval. I passaggi successivi sono quelli di unione delle varie tavole tramite una giunzione a pettine del tipo finger joint anch'essa certificata, che avviene in un ambiente a temperatura e umidità controllata, tramite incollaggio e

Figura 31: l'immagine riporta la stratigrafia di un pannello X-LAM a cinque strati. Tratto dal materiale informativo della ditta Artuso Legnami srl di Caselle di Altivole TV.





crf. appendice





Figura 32: Nell'immagine riportata, viene mostrato uno dei passaggi per la realizzazione dei pannelli X-LAM. Tratto dal materiale informativo della ditta Artuso Legnami srl di Caselle di Altivole TV.

pressa. Il collante utilizzato è un monocomponente poliuretanico del tipo Purbond, privo di formaldeide, provvisto di certificazione Henkel del 2015 e rispondente alla EN 301 (componenti costruttivi portanti e non portanti per esterni ed interni) e viene applicato con un quantitativo pari a 200g/m² pressato a 8 N/mm² costante per 2 sec.

Successivamente le tavole vengono piallate al fine di ottenere lo spessore desiderato e per conferire rigidezza al tavolato vengono ulteriormente pressate nelle 3 direzioni tramite pressa idraulica. A seguire i pannelli vengono inviati al centro di taglio che li sagoma in base alle specifiche progettuali.

La struttura dei moduli abitativi e metodo costruttivo.

Per il progetto dei moduli abitativi, a seguito delle esigenze energetiche e strutturali, si è optato per l'utilizzo di una struttura portante in pannelli X-lam aventi le seguenti dimensioni:

Spessore 96 mm – Larghezza 3,00 m max - Lunghezza 10 m max.

Numero di strati 3, con giunto di collante tra gli strati di 3 mm. Dimensione degli strati 30 mm.

La struttura dei moduli è un sistema scatolare costituito da pannelli di X-lam montati a secco. I

Moduli, una volta trasportati in cantiere saranno ancorati al cassone galleggiante in acciaio.

La struttura, come detto, è interamente composta da pannelli di X-lam e il montaggio è eseguito a partire da una serie di pannelli rispettivamente di 2,57x10 m e 2,57x3,57 m a costituire i solai di base dell'unità ad un modulo, mentre per la soluzione a due moduli affiancati le dimensioni dei pannelli dei solai saranno di 2,785x10 m e 2,785x3,57 m. per la tipologia a due piani infine si utilizzeranno pannelli delle stesse dimensioni di quelle usate nella tipologia a due moduli per il solaio ancorato al cassone galleggiante, mentre per il solaio al primo piano, dato lo sfalsamento dei moduli superiori rispetto a quelli del piano terreno, si utilizzeranno pannelli di 2,785x10 m e 2,785x5,77m. Il solaio di copertura, infine sarà costituito da pannelli di 2,875x3.57 m e pannelli sagomati a cinque lati con i lati maggiori rispettivamente di 10 e 7,04 m, i lati minori di 2,785 e 1,12. Tra i lati di 1,12 m e di 7,04 m sarà ricavato un lato obliquo di 3,40 m.

Su questi pannelli sono stati poi connessi le lastre corrispondenti alle pareti laterali, già tagliati per allocare serramenti, apertura d'ingresso e spazio impianti, sui quali sono stati posizionati e fissati pannelli costituenti il solaio del piano superiore e/o la copertura dei moduli.

Figura 33: I pannelli X-LAM possono essere agevolmente trasportati dal luogo di produzione al cantiere mediante mezzi speciali.

Tratto dal materiale informativo della ditta Artuso Legnami srl di Caselle di Altivole TV.











# Il trasporto

Il materiale lavorato e ultimato viene consegnato in cantiere con autotreno.



Le connessioni tra i pannelli sono di tipo testa-testa con viti inserite a 45° per i pannelli alloggiati sullo stesso piano, mentre per le connessioni tra i pannelli orizzontali e quelli verticali si utilizzeranno degli angolari e in alcuni punti più fragili come in corrispondenza delle aperture degli "hold down". Inoltre tutta la struttura è irrigidita da piastre di circa 600x300x20 mm distribuite lungo il perimetro che ancorano il cassone galleggiante, il solaio e i pannelli verticali e da piastre da 300x300x20 mm che ancorano la copertura con i pannelli verticali.

Infine tutte le connessioni tra i pannelli saranno nastrate per raggiungere i livelli di tenuta all'aria necessari per le case passive.

# Certificazioni

Tavole di abete

Marchiatura Legno Veneto EN 338 C24 -Classe di resistenza

Pannelli X-lam

Marcatura CE - resistenza a rottura EN 12114 –Tenuta all'aria classe 4 EN ISO 10456 - Resistenza alla diffusione EN 1995-1-2 – Resistenza al fuoco, velocità di combustone di 0,76 mm/minuto nel caso di più strati EN 12354-1 – Superamento dei test acustici

Artuso Legnami s.r.l.

ISO 9001- certificazione di qualità

ISO 14001 – certificazione ambientale

## 4.4.2- L'involucro

La buona progettazione dell'involucro è uno dei pilastri fondamentali per le case passive ed in generale per una casa n-ZEB. L'involucro difatti è responsabile della prestazione energetica in quanto è la pelle che permette che all'interno lo spazio abitativo risulti confortevole. In una casa passiva l'obiettivo è quello di rendere l'involucro più isolato possibile, tanto da garantire anche la tenuta all'aria. In questo modo è possibile conservare l'energia termica che viene prodotta dall'attività umana interna o che entra sotto forma di apporto gratuito come la radiazione solare che per la situazione invernale permette di ridurre quasi interamente i consumi per il riscaldamento che sono la fetta maggiore dei consumi residenziali.

Al contrario in estate riesce a mantenere temperature inferiori di quelle esterne per un periodo più lungo rispetto ad un involucro che consente elevate dispersioni. Per ottenere un ottimo isolamento l'involucro deve essere ben progettato, dotato di un corretto strato isolante, senza la presenza di ponti termici e ben connesso a dei serramenti ad alte prestazioni.

Per ottenere queste prestazioni è inoltre necessario utilizzare materiali certificati che vengano posati a regole d'arte. Tutti questi accorgimenti sono stati utilizzati per la costruzione dell'involucro dei moduli.

#### STRUTTURA IN LEGNO

Nome materiale	azienda	Tipologia	Spessore mm.
X-LAM	Artuso legnami	pareti-solai-copertura	96
Pannello OSB		solai-copertura	18 - 25
Listelli	Artuso legnami	copertura	variabile

#### COIBENTE

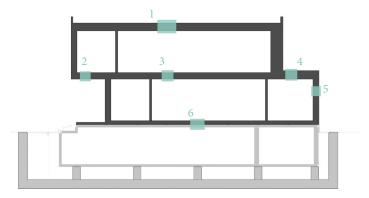
Nome materiale	Azienda	Tipologia	Spessore mm.	Lato
Fixrock	Rockwool	pareti	160	esterno
Acoustic 225	Rockwool	pareti-solai-copertura	30-70-80	esterno
Monrock Soudable	Rockwool	copertura	100	esterno
Durock Energy	Rockwool	copertura	100	esterno
EPS Greydur TOP V	Lape	copertura	120	esterno
Styrodur	Lape	solai	30-40	int/est
Polistar Diamante		solai	80	esterno

#### **RIVESTIMENTO SOLAIO INTERNO**

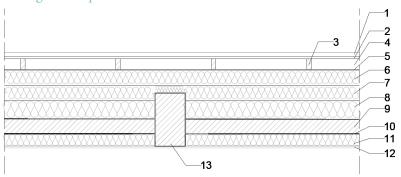
Nome materiale	Azienda	Tipologia	Spessore mm.
Fibrogesso Fermacell	Xella	pareti-solai	10-12,5
Cartongesso HD		copertura	12,5
Pavimentazione		solai	13,5

#### **RIVESTIMENTO COPERTURA**

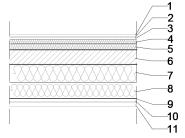
Nome materiale	Azienda	Tipologia	Spessore
Listello in legno		pareti	variabile max. 30
Lastre in metallo		pareti	
Lamiera aggraffata		copertura	25



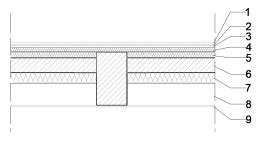
## Dettaglio 1: copertura



Dettaglio 2: solaio terrazzo



Dettaglio 3: solaio divisorio tra due piani



- 1- Manto in lamiera aggraffata 2.5cm
- 2- Pannello OSB 1.5cm
- 3- Listelli per pendenza 3%
- 4- Aria in quiete
- 5- Tenuta al vento
- 6- Coibente Monrock Soudable 10 cm
- 7- Coibente Durock Energy 10 cm
- 8- Coibente Greidur TOP V 12 cm
- 9- Pannello X-LAM 9.6 cm
- 10- Tenuta al vento
- 11- Lana di roccia Acoustic 225 Rockwool 7 cm
- 12- Cartongesso 1.25cm
- 13- Trave in legno 20x35cm
- 1- Pavimento in legno 1.35 cm
- 2- Sottofondo Fermacell 1cm
- 3- Sottofondo Fermacell 1cm
- 4- Coibente Stirodur 3cm
- 5- Coibente Stirodur 4cm
- 6- Pannello X-LAM 9.6 cm
- 7- Coibente Durock Energy 12cm
- 8- Coibente Greidur TOP V 10cm
- 9- Tenuta al vento
- 10- Listelli 2cm
- 11- Rivestimento in listelli di legno 3cm
- 1- Pavimento 1.35 cm
- 2- Sottofondo Fermacell 1cm
- 3- Sottofondo Fermacell 1cm
- 4- Coibente Greidur TOP V 3cm
- 5- Coibente Durock Energy 4 cm
- 6- Pannello X-LAM 9.6 cm
- 7- Lana di roccia Acoustic 225 Rockwool 7cm
- 8- Aria in quiete
- 9- Cartongesso 1.25cm

In conseguenza di quanto appena descritto, si sono definite le seguenti stratigrafie:

per quanto riguarda le pareti perimetrali si è optato per una tipologia di parete micro ventilata con rivestimento in listelli sagomati di legno di cedro e zoccolatura in lamiera forata sagomata;

Per i solai si devono distinguere tre diverse tipologie d'impiego, il primo a contatto con il cassone; il secondo, se presente, a divisione dei due piani abitabili ed il terzo a copertura dell'unità.

## I materiali

Un progetto che ha come obiettivo l'efficientamento energetico e il benessere psico-fisico dell'utente passa anche attraverso la scelta dei materiali da impiegare. Questi possono incidere sulla riduzione dei consumi e delle emissioni di CO<sup>2</sup> in base al loro ciclo di vita, dalla materia prima fino alla loro dismissione. Per valutarne l'impatto generalmente si procede allo sviluppo di una Life Cycle Analysis che è in grado di valutare l'embodied energy ovvero l'energia incorporata nel materiale stesso. I materiali pertanto possono essere considerati meno impattanti se provengono da fonti rinnovabili oppure se sono riciclati o riciclabili. Il progetto non è partito da questo tipo di approccio, ma è possibile procedere ad un'analisi dettagliata degli elementi che pongono le basi per una valutazione LCA e che evidenziano alcune caratteristiche del progetto.

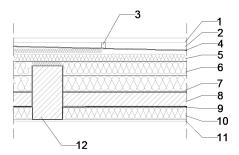
I materiali impiegati oltre all'impatto sull'ambiente hanno un effetto sul benessere psico-fisico dell'utente. Essi infatti influiscono sugli aspetti fisiologici, psicologici e percettivi in molti modi: attraverso le loro prestazioni garantendo più o meno livelli sonori o di temperatura, attraverso il loro grado di salubrità e quindi il possibile rilascio di sostanze nocive nell'aria, attraverso la loro finitura, colore e densità.

Per avere una panoramica completa dei materiali utilizzati per l'involucro possiamo suddividerli in quattro categorie basate sulla loro funzione:

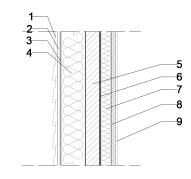
struttura, coibente, rivestimento interno, rivestimento esterno.

I materiali impiegati per la struttura e per l'involucro possono inoltre essere raggruppati in base alla provenienza della materia prima in cinque gruppi: legno ingegnerizzato/massello, lana di roccia, polimeri, metalli e altro. Facendo un'analisi volumetrica vediamo che il materiale maggiormente impiegato nel progetto è la lana di roccia. Il dato non desta sorprese in quanto la coibentazione in una casa passiva è uno degli elementi fondamentali. Quindi un eventuale analisi riguardo la sostenibilità dei materiali potrebbe partire proprio dalla valutazione del coibente e nel caso pensare ad una sua sostituzione.

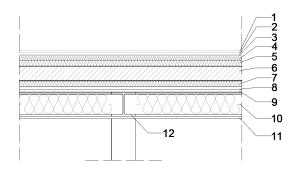
# Dettaglio 4: solaio esterno



Dettaglio 5: parete perimetrale



Dettaglio 6: solaio a contatto con il galleggiante



- 1- Pavimento in listoni di legno
- 2- Aria in quiete
- 3- Listelli per pendenza 3%
- 4- Guaina impermeabile
- 5- Coibente Monrock Soudable spessore variabile
- 6- Coibente Durock Energy 9 cm
- 7- Coibente Greidur TOP V 11cm
- 8- Pannello X-LAM 9.6cm
- 9- Tenuta al vento
- 10- Lana di roccia Acoustic 225 Rockwool 8cm
- 11- Cartongesso 1.25cm
- 12- Trave solaio 20x35cm

- 1 Rivestimento in doghe sagomate di cedro max 3cm
- 2- Microventilazione/listelli di ancoraggio 2cm
- 3- Tenuta al vento
- 4- Coibente Fixrock Rockwool 16cm
- 5- Pannello X-LAM 9.6 cm
- 6- Tenuta al vento
- 7- Lana di roccia Acoustic 225 Rockwool 7cm
- 8- Lana di roccia Acoustic 225 Rockwool con cavalieri 3cm
- 9- Fibrogesso Fermacell 1.25

- 1 Pavimento in legno 1.35 cm
- 2 Sottofondo fermacell 1cm
- 3 Sottofondo fermacell 1cm
- 4 Coibente Styrodur 3cm
- 5 Coibente Styrodur 4 cm
- 6 Pannello X-LAM 9.6 cm
- o i anneno A-LANI 7.0 en
- 7 Coibente Styrodur 4 cm
- 8 Barriera al vapore
- 9 Pannello OSB 1.5cm
- 10 Coibente Polistar diamante 8+8 cm
- 11 Pannello OSB 1.5cm
- 12 Trave in acciaio HE B 160

Il secondo materiale impiegato risulta essere il legno. Il legno è un materiale rinnovabile e proviene da foreste certificate (FSC). A seguire abbiamo i polimeri, anch'essi usati principalmente per la coibentazione. Infine abbiamo il metallo, impiegato per la struttura di base.

# Il montaggio

Il montaggio delle unità abitative sarà eseguito parte in officina e parte in cantiere. L'una o l'altro, acquisteranno preminenza anche in relazione alla tipologia e al numero dei moduli utilizzati.

Si cerca in questa fase di tracciare una sequenza cronologica della costruzione e posa dei vari elementi.

- 1- Operazioni preliminari
- 1.1- creazione in cantiere, previo scavo, decassone fisso in calcestruzzo armato
  - 1.2- posa, entro il cassone in cemento, dei del fini di sostegno (preventivamente costruiti in officina)
  - 1.3- formazione e ancoraggio del cassone galleggiante in metallo, ai delfini
- 2- Costruzione del solaio a contatto con il cassone galleggiante
  - 2.1- primo strato dei pannelli in OSB
  - 2.2- posa del coibente Polistar Diamante da80 mm a isolamento dalla struttura più uno

strato aggiuntivo

- 2.3- posa del secondo strato dei pannelli in OSB
- 2.4- posa della guaina bituminosa lasciata sporgente dalla struttura
- 2.5- a chiudere posa del coibente Styrodur da 40 mm
- 3- Costruzione della struttura portante
  - 3.1- posa delle lastre in X-LAM sia per quanto riguarda le solette, sia per le pareti esterne
  - 3.2- nastratura dei pannelli X-LAM
  - 3.3- avvitamento delle piastre esterne di rinforzo
  - 3.4- rafforzamento struttura tramite viti ed angolari
  - 3.5- sigillatura della guaina bituminosa tramite fiamma ossidrica
- 4- Costruzione del solaio per le unità immobiliari a 2 e 4 moduli
  - 4.1- posa delle travi in legno
  - 4.2- posa della scala di collegamento (per soluzione abitativa a 2 piani)
  - 4.3- posa del coibente Styrodur da 40 mm
- 5- Costruzione dello strato di copertura (in aggiunta al punto 4 per le unità abitative a 2 e 4 moduli)

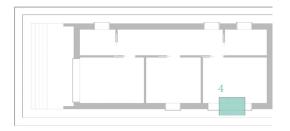
- 5.1- posizionamento della tenuta all'aria
- 5.2- posa del coibente Greydur da 120 mm
- 5.3- posa del coibente Durock da 100 mm
- 5.4- posa del coibente Monrock Soudable da 100 mm
- 5.5- posa della tenuta al vento
- 5.6- posa dei listelli per rafforzamento della copertura e creazione della pendenza
- 5.7- posa dei pannelli in OSB
- 5.8- fissaggio della lamiera di copertura Interni:
- 5.9- rafforzamento della struttura con angolari
- 5.10- realizzazione della forometria
- 5.11- sigillatura guina degli angoli finestre
- 5.12- posa del coibente Acoustic 225 da 80 mm
- 6- Definizione perimetro di copertura
  - 6.1- posa del cordolo sagomato in legno di cedro
  - 6.2- posa della lattoneria
- 7- Posa dell'Isolante per le pareti esterne
  - 7.1- posa della tenuta al vento, nastratura e congiunzione con guaina inferiore e superiore

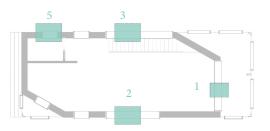
- 7.2- posa dei cassonetti e dei serramenti
- 7.3- posa delle cornici esterne dei serramenti Interni:
- 7.4- impiantistica,
- 7.5- posa del Fibrogesso
- 8- Montaggio del rivestimento esterno:
  - 8.1- posa struttura per rivestimento esterno costituita da strisce di OSB
  - 8.2- posa delle doghe sagomate in legno di cedro

Interni:

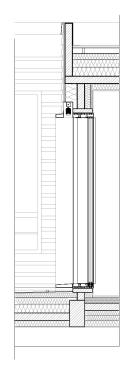
- 8.3- verniciatura finale
- 8.4- arredamento

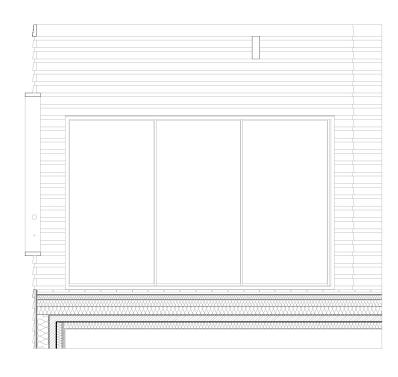
# Navigatori

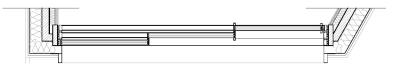




Dettaglio 5







## 4.4.3-I SERRAMENTI

I serramenti rivestono un ruolo decisivo al fine di raggiungere le prestazioni richieste per una casa passiva. La loro dimensione e posizione e stata studiata per garantire il benessere psico-fisico dell'utente, sia dal punto di vista fisiologico, grazie al raggiungimento di un ottimale illuminazione diurna e un opportuno isolamento acustico, sia dal punto di vista cognitivo per il rapporto che attraverso le grandi finestre si riesce ad avere con il contesto esterno.

Nelle unità abitative sono state definite quattro tipologie di serramenti.

Tip. 1- porta-finestra interamente vetrata, scorrevole a scomparsa nella parete

Tip. 2- finestra a nastro, con ante laterali fisse e doppia anta centrale scorrevoli sulle parti fisse

Tip. 3- finestra a nastro, con ante fisse

Tip. 4- serramento interamente vetrato a due ante; una fissa, l'altra scorrevole sulla prima

Tip. 5- serramento interamente vetrato a tre ante; una fissa, le altre due scorrevoli sulle prime

# Materiali e produzione

AZIENDA PRODUTTRICE: KELLER AG

TIPOLOGIA DEL SERRAMENTO: MINIMAL WINDOWS\*4+

**INFISSO:** 

MATERIALE: alluminio

SPESSORE TELAIO: 60 mm; in vista 26 mm

LARGHEZZE: 79 mm anta singola; 174 mm anta doppia; 269 mm anta tripla

SICUREZZA ANTIEFFRAZIONE: RC2N secondo EN 1627

PERMEABILITÀ ALL'ARIA: fino a classe 4 secondo EN 12207

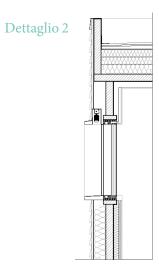
TENUTA ALLA PIOGGIA BATTENTE: fino a classe E1050 secondo EN 12208

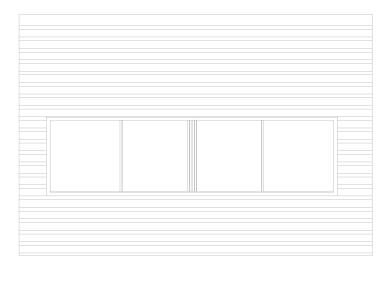
RESISTENZA AL CARICO DEL VETO: fino a classe C5 secondo EN 12210

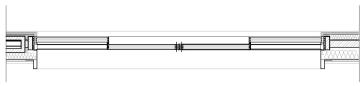
VETRO: Triplo vetro basso emissivo Heat Mirror\* (vetro a protezione solare) con gas argon o cripton

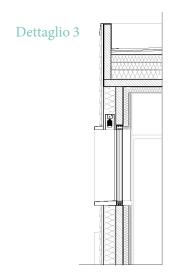
SPESSORE: 56 mm

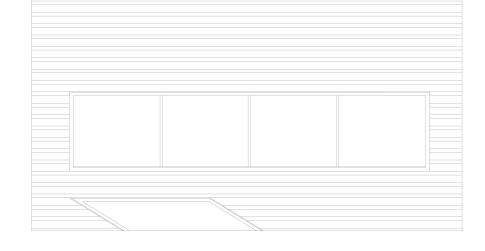
 $Uf = 2.9 \text{ W/m}^2 \text{K}, \text{ s.}$ 

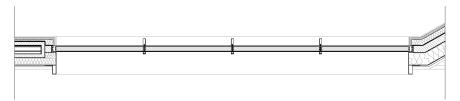








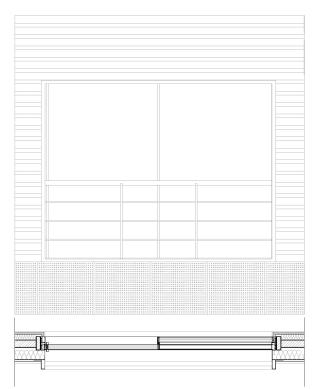




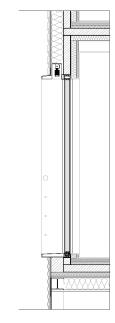
crf. appendice

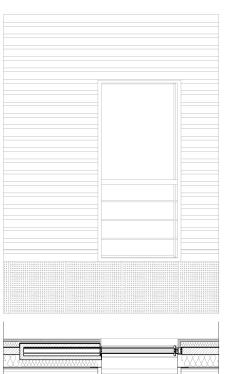
96





Dettaglio 1





ISOLAMENTO TERMICO: fino a Uw  $\geq$  0,70 W/  $m^2K$ 

ISOLAMENTO ACUSTICO: fino a 43 dB

L'infisso è in alluminio, internamente bianco ed esternamente RAL 5003. E' un sistema multi camera a taglio termico con inserti in schiuma.

Una delle caratteristiche del sistema Minimal windows 4+ è l'utilizzo di un telaio di dimensioni estremamente ridotte, tali da determinare una superficie vetrata pari al 98% della superficie totale dell'infisso, che consente un elevatissimo apporto di luce naturale agli ambienti.

È possibile installare il serramento a filo pavimento e a filo del soffitto eliminando totalmente gradini che possono determinare barriere architettoniche. Accessibilità: DIN 18040-1, DIN 18040-2

Al serramento sarà abbinato un sistema oscurante a lamelle in alluminio (veneziana), sistema vivamatic<sup>\*</sup> prodotte da Werema, modello C60F. Il sistema a "riposo" sarà a totale scomparsa nel voltino del serramento.

## 4.4.4- GLI IMPIANTI

I moduli abitativi sono stati progettati in modo da garantire il miglior efficientamento energetico grazie all'applicazione dei cinque pilastri per le case passive, che, basandosi sul principio della conservazione dell'energia, riducono alla base i consumi energetici. Una casa passiva infatti mantiene le condizioni di comfort interne il più a lungo possibile senza utilizzare impianti energivori e sfrutta al meglio le condizioni naturali presenti, come gli apporti gratuiti del sole.

Essendo inoltre un nZEB si garantisce che il fabbisogno energetico sia prodotto in loco attraverso la generazione da fonti rinnovabili, in questo caso da fotovoltaico.

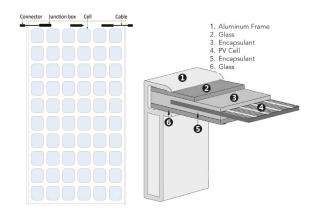
Il sistema impiantistico è principalmente elettrico per rispondere al meglio alle esigenze di efficientamento energetico. L'impianto è costituito da pannelli fotovoltaici posizionati in copertura, una batteria d'accumolo, un boiler elettrico per ACS e dall'impianto di distribuzione interno che fornisce l'illuminazione artificiale a LED, il sistema di ventilazione meccanica VMC, la cucina elettrica costituita da piastre a induzione e forni elettrico e a microonde, lo schermo TV e garantisce l'approvvigionamento per tutti i dispositivi che utilizza l'utente nel quotidiano, Phon, Cellulare, computer ecc.

I moduli abitativi sono autosufficienti da un punto di vista energetico, grazie alla presenza dei pannelli solari che trasformano l'energia solare in energia elettrica; tuttavia la necessità di collegarsi alle reti comunali, diventa indispensabile per l'approvigionamento idrico e per lo scarico delle acque.

Si è optato pertanto, per l'utilizzo di sistemi di catene portacavi in plastica, forniti dalla ditta Igus. Questi sistemi vengono utilizzati nelle fabbriche e permette la flessibilità e l'allungabilità degli impianti senza che essi subiscano danni. Si tratta perciò di un sistema di protezione dei cavi e dei tubi che gli permette di allungarsi seguendo il movimento del modulo durante la piena alluvionale.

crf. appendice





## 4.4.5- I PANNELLI FOTOVOLTAICI

Nell'unità abitativa ad un modulo sono installati 10 pannelli fotovoltaici policristallini Yigli Solar Yge da 60 celle (1640 x 990 x 35 mm), disposti a coppie e collegati tra loro in serie, che sviluppano una potenza complessiva di 2,5 kWh. I pannelli sono dimensionati in modo di soddisfare il fabbisogno energetico del modulo nel momento che viene abitato da due persone, non essendo molto vantaggioso il sistema di sovrapproduzione e ridistribuzione in rete.

Per l'orientamento dei pannelli la soluzione adottata è stata quella di renderli inclinabili per raggiungere il grado di miglior efficienza in base alla latitudine, sono inoltre orientabili rispetto all'azimut.

L'impianto fotovoltaico risulta più conveniente ed efficiente se abbinato a dei consumi elettrici, come già sopra specificato.

Per le unità abitative a due e a quattro moduli i pannelli fotovoltaici saranno rispettivamente 16 e 20.

## 4.4.6-LA BATTERIA D'ACCUMULO

Uno dei fattori che aumenta la convenienza del fotovoltaico è la massimizzazione dell'autoconsumo, cioè il fatto di riuscire ad utilizzare direttamente più energia possibile prodotta dall'impianto senza passare per la rete. A tal proposito uno dei sistemi adottati è l'utilizzo di una batteria di accumulo, cosicché il progetto possa definirsi ZEB off-grid.

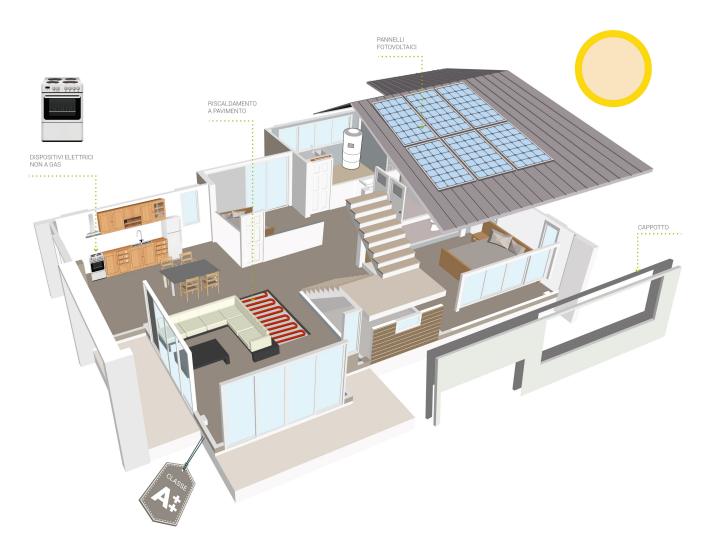
La batteria utilizzata è una batteria a sali disciolti prodotta dalla Start-up UNE (Universal Nature Energy) denominata ZHERO, il cui vantaggio è costituito non dalla quantità di energia venduta alla rete, ma dall'abbattimento dei consumi perché internamente autoprodotti. Il sistema può collegarsi alla rete pubblica per prelevare o cedere energia, ma l'obiettivo rimane quello di ottenere un'autonomia totale. La capacità di accumulo della batteria è di 10 kWh, che per via dei bassi consumi del modulo è stato calcolato potesse mantenere e garantire il fabbisogno del modulo fino a 10 giorni senza alimentazione da fotovoltaico.

L'utilizzo di una batteria a sali disciolti differisce dalle normali batterie a litio e piombo riducendo il rischio di combustione e rendendo l'intero dispositivo interamente riciclabile nei suoi componenti.

Il funzionamento di questo tipo di batteria è dato



crf. appendice



dall'elettrodo negativo, costituito da sodio allo stato fuso, che interagisce con l'elettrodo positivo, costituito da nichel quando scarica e nichel cloridrico nel momento di carica. Pertanto per il suo funzionamento è necessario sia connesso alla rete al fine di garantire che i sali all'interno siano disciolti. La sua temperatura d'esercizio difatti è di 270° C, questo le dà la definizione di "batteria termica", con il vantaggio di non rischiare il congelamento dei liquidi se esposta a basse temperature.

Nel progetto sarà collocata in uno spazio magazzino ben coibentato utile a non creare un eccesso di temperatura interna durante la fase estiva, mentre durante l'inverno il calore aggiuntivo così prodotto può essere utilizzato dagli utenti del modulo in maniera efficiente.

Il sistema ZHERO oltre che dalla batteria è costituito da un inverter e da un software presente al suo interno che permette una gestione completa direttamente da PC. Infatti i dati di consumi, produzione, prelevamento da rete e carica della batteria vengono inviati tramite GPRS o WIFI ad uno spazio web dedicato.

## 4.4.7-IL BOILER

Per quanto concerne la produzione di acqua calda sanitaria ACS si è optato per un sistema elettrico costituito da un bollitore termodinamico in pompa di calore prodotto da De dietrich modello KALIKO TWH 300E da 270 litri, una soluzione ad alta efficienza, adatta per sistemi rivolti all'autonomia energetica.

Il sistema di riscaldamento dell'ACS passa attraverso un efficiente ciclo a pompa di calore che utilizza come sorgente l'aria ambiente min +7°C (molto calda nel nostro caso grazie alla presenza nel medesimo spazio della batteria d'accumolo) o esterna min -5, attraverso un'opportuna canalizzazione e controllata da un termostato per l'attivazione del ciclo antigelo. Il bollitore inoltre può essere interfacciato a fonti termiche rinnovabili quali l'energia solare, grazie ad un serpentino solare integrato oppure al sistema fotovoltaico tramite la funzione booster, ovvero un collegamento diretto con inverter predisposto allo sfruttamento dei surplus elettrici (in autoproduzione), nel nostro caso presente nella batteria UNE.

La regolazione garantisce l'uscita di acqua sanitaria fino a 65°C. Altre attenzioni poste alle tematiche di sostenibilità sono l'uso di un fluido frigorigeno ecologico denominato R134a e la dotazione dell'Energy Label che lo classifica in classe A<sup>+</sup>.



crf. appendice



## 4.4.8-LA VENTILAZIONE MECCANICA VCM

La ventilazione meccanica è uno dei dispositivi indispensabili al buon funzionamento di una casa passiva. Infatti quando una casa è ben coibentata e ne è
assicurata la tenuta all'aria è necessario che si garantisca il ricambio d'aria con l'esterno. Questo è utile
per abbassare l'anidride carbonica e l'umidità che
si genera con l'attività umana e infine per evitare la
formazione di muffe grazie ad una buona ossigenazione. Il ricambio d'aria è ottenibile semplicemente
aprendo le finestre opportunamente dimensionate,
ma esistono impianti di ventilazione che rendono
quest'azione controllabile riducendo i consumi ed
aumentando l'efficienza energetica globale.

Per la VCM dellìunità abitativa a un modulo, sono stati utilizzate due unità di ventilazione decentrali della ZENDHER modello ComfoAir 70. Il sistema è studiato per le pareti perimetrali cosicché può essere direttamente connesso con l'esterno tramite un condotto isolato DN250. Le due unità sono posizionate una nella zona giorno ed una seconda nel bagno, da quest'ultima parte un canale DN100 che termina con una griglia a soffitto nella zona notte. Il sistema è costituito da uno scambiatore di calore a flussi incrociati, un sistema che equalizza e distribuisce gli apporti termici gratuiti attraverso l'aspirazione dell'aria esterna (ad esempio Test = 2 °C) che viene

immessa riscaldata all'interno (Trinn = 20 °C) e allo stesso tempo viene aspirata l'aria viziata interna (ad esempio a Tint = 21 °C) ed espulsa a temperatura inferiore dopo averne recuperato il calore (ad esempio a Test = 3 °C). Il recuperatore inoltre è del tipo entalpico ERV, questo vuol dire che oltre al trasferimento di calore permette il passaggio dell'umidità da un flusso d'aria all'altro, quindi non richiede lo scarico della condensa, inoltre è prodotto con materiali riciclabili secondo le direttive REACH e RoHS ed è lavabile.

Il sistema è dotato di due filtri uno esterno ed uno interno che migliorano la qualità dell'aria sia in ingresso che in uscita. Infine l'unità è dotata di 4 velocità da 15 a 65 m³/h e da una spia che indica lo stato di funzionamento presente sul touch screen frontale.

In una casa passiva pertanto sarebbe opportuno mantenere quest'impianto attivo sulle 24 ore, perché garantisce un'ottima qualità dell'aria e consente il risparmio per riscaldare l'aria esterna abbattendo così i costi energetici. Si stima infatti un risparmio energetico del 50 % e un recupero termico che si aggira tra il 72,9% e il 88,5%, inoltre la potenza elettrica è molto bassa (4-19 W) limitando così l'incidenza del sistema sui consumi. Per le unità abitative a più moduli sono stati adottati, sempre della ZENDHER, i modelli ComfoAir 160 e ComfoAir 200, rispetti-



vamente per le unità a due e a quattro moduli. Considerando le aree in cui presumibilmente saranno costruite le unità abitative (lacustri e/o fluviali) con presenza di elevata umidità atmosferica, si è optato per l'utilizzo di sistemi di estrazione di umidità. In particolare i modelli ZENDHER ComfoDew 150 per le soluzioni a uno e due moduli e ComfoDew 200 per le unità a quattro moduli.

## 4.4.9-RISCALDAMENTO: I PANNELLI RADIANTI

In previsione anche di un clima estremo invernale rigido(fino a -15/20°C), i moduli sono stati provvisti di elementi radianti elettrici con circuito bifilare in fibra di carbonio su supporto in alluminio con potenza energetica di circa 350 W/mq, forniti da Thermoeasy.

I materassini avranno dimensione 60x200 cm, con potenza di 420 W ciascuno.

I radianti saranno posizionati sotto il fribrogesso di finitura grazie al ridotto spessore (7mm). Nello specifico in ogni unità saranno collocati a parete nei locali abiatativi e a soffitto nei bagni.

Una caratteristica che li rende particolarmente adatti alla realizzazione di ambienti confortevoli è quella di garantire una temperatura omogenea nello spazio, eliminando così la percezione di un eventuale discomfort generato dalla presenza di un differenziale termico.

## 4.4.10-RAFFRESCAMENTO: IL CONDIZIONATORE

Le case passive sono nate per i climi freddi, ma possono funzionare ottimamente anche per i climi estivi, se dotate degli opportuni accorgimenti. Il buon isolamento, il giusto orientamento, i sistemi di oscuramento possono avere un ruolo determinante nell'abbattimento dell'eccesso di calore estivo. A volte però la temperatura esterna può raggiungere livelli tali da creare discomfort per gli utenti e così è necessario l'utilizzo di sistemi di estrazione di calore. Nelle unità abitative è previsto l'utilizzo di condizionatori Ariston certificati in classe A+++ e provvisto della funzione ECO che permette di minimizzare il consumo dell'energia elettrica attraverso l'ottimizzazione dei parametri di funzionamento del compressore e della velocità delle ventole di unità interna ed esterna, al variare della temperatura ambiente.

Va sottolineato che in un ambiente ben coibentato il suo utilizzo è minimizzato, in quanto una volta raggiunta la temperatura di comfort interna, il buon isolamento, l'assenza dei ponti termici, la tenuta all'aria, i serramenti prestanti uniti ai frangisole, ri-

escono a mantenere tale temperatura il più a lungo possibile, riducendo di molto i consumi rispetto a una casa comune.

## 4.4.11-L'ILLUMINAZIONE: I LED

Nei moduli abitativi si è previsto che l'illuminazione sia costituita da strip LED, che sono delle strisce di LED posizionati in tubi di silicone dotati di adesivo posteriore che vengono venduti in bobine e che posso essere tagliati da un minimo di 10 cm.

I LED (light emitting diode) rispetto alle lampade a incandescenza hanno il grande vantaggio di essere molto più efficienti energeticamente, infatti richiedono meno potenza per ottenere lo stesso grado di illuminazione. L'efficacia luminosa viene calcolata in potenza su flusso luminoso, per le lampade ad incandescenza i valori si aggirano tra i 14 e i 35 W/lm, per gli Strip LED utilizzati il valore è calcolato a 87,5 W/lm (20 W/1750 lm). Inoltre i LED hanno una durata più elevata e questo significa meno sostituzioni e di conseguenza meno rifiuti e costi. Uno svantaggio rispetto alle lampade a incandescenza è rappresentato dalla resa cromatica che una lampada tradizionale garantisce intorno al 98-99, mentre i migliori LED solo al 70.

Il LED sfrutta il principio dell'emissione spontanea

di luce di alcuni semiconduttori, se li rivestiamo con il giusto mix di "impurità" possiamo anche determinare il colore della luce, così da ottenere rese cromatiche sia calde che fredde. Per i moduli si è optato per una temperatura colore a 3000K, dalla resa calda adatta a rendere l'ambiente casalingo confortevole.

Nel progetto abbiamo due tipologie di strip LED, uno con un grado di protezione all'acqua pressoché assente IP20 per gli interni, le strisce qui sono allocate in gole nel controsoffitto chiuse da un profilo di alluminio protetto da diffusore opalino, oppure sono posizionate come striscia continua all'angolo tra parete e soffitto.

La seconda tipologia invece ha indice di protezione all'acqua medio IP 65, questo vuol dire che non può essere immerso, ma resiste alla pioggia. Questo tipo di strip LED è stato utilizzato per l'illuminazione interna nel bagno e nello spazio tecnico e ovviamente per tutta l'illuminazione esterna.

# **BIBLIOGRAFIA**

Crespi, C., "La coordinazione modulare", Venezia, Marsilio, 1964.

D<sub>I</sub> M<sub>ICCO</sub>, S., "La casa ecologica prefabbricata: sistemi e tecniche di costruzione: i contesti ambientali: schede di progetto: con disegni, prospetti, immagini a colori".

Crespi, R., "Modulo e progetto", Dedalo, Febbraio 1993.

Cocchia, F., "Prefabbricazione come design", Roma, facoltà di architettura, 1970.

Rubini, L., Sangiorgio, S., Le Noci, C. *"Il nuovo edificio green : soluzioni per il benessere abitativo e l'efficienza energetica"*, Milano, Hoepli, 2011.

Orlandi, F., "Progettare l'eco-efficienza dei sistemi insediativi", Alinea editrice, 2012.

Galindo M., "Contemporary prefab houses", braun.

Martegani P. "Spazio minimo: indagine metodologica sull'habitat più ridotto" bulzoni editore.

FALASCA C. C. "Architetture ad assetto variabile", alinea editrice, campi bisenzio (FI), 2000.

Ministero dei beni culturali e ambientali e regione piemonte, "Piemonte emergenza alluvioni. Il tempo della ricostruzione. 300 Beni Culturali restituiti alle comunità nelle aree alluvionate" Torino, vivalda editori, 1997.

Crosio F., Ferrarotti B. "Trino, gli anni del diluvio" Comune di Trino Studi Trinesi/13, luglio 1996.

Petrangeli M.P. "Progettazione e costruzione dei ponti, con cenni di patologia e diagnostica delle opere esistenti", IV edizione, Lodi, Masson, 1998.

Zucchetti M., "I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica", Areaweb Polito.

MICHELOZZI P., DE DONATO E., "Climate changes, floods, and health consequences", Areaweb Polito.

NAFARI R.H., AMADIO M., NGO T., MYSIAK J., "Flood loss modelling with FLF-IT: a new flood loss function for italian residential structures". Areaweb Polito

# Bibliografia e sitografia

Trigila A., Iadanza C., Bussettini M., Lastoria B. (2018) "Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018" ISPRA, Rapporti 287/2018 pp. 31-32.

BAGATTI F., CORRADI E., DESCO A., ROPA C., TIBONE F., "Fisica dappertutto", seconda edizione, Bologna, Zanichelli editore s.p.a., 2018. p. 62.

Barbiero G., Berto R., "Introduzione alla biofilia. La relazione con la natura tra genetica e psicologia", Edizione Carocci, Roma, 2016.

Marino M. A., Simonovic S.P., "Integrated water resources management" International association of Hydrological sciences", IAHS Publication no. 272. California, 2000.

HASSAN M.A., SLAYMAKER O., BERKOWICZ S.M., "*The hydrology-Geomorphology Interface: Rainfall, Floods, Sedimentation, Land Use*", IAHS Publication n. 261, Israel, 1999.

## TESI

Coco Silvestre, "Woodskin eco-house: progetto per una unità familiare minima, trasportabile ad alta efficienza energetica", rel. Callegari Guido, Torino, 2013.

Torrisi Andrea, "Ecobox, l'unità abitativa minima per insediamento di emergenza sostenibili", Rel. Pollo Riccardo, Roccasalva Giuseppe, Torino, 2013

Cola Luca, "Concorso Living Box-unità abitative prefabbricate", Rel. Sergio Pascolo, Politecnico di Torino, facoltà di architettura I, a.a. 2005/2006

CLOS Andre, "MOTE2, modulo tecnologico equipaggiato ed eco efficiente", rel. Giordano Roberto, Montacchi Elena, Simonetti Marco.

Balsamo Sara, "Sustainable hórreo: progetto per un modulo abitativo minimo trasportabile" Rel. Orio De Paoli 2015

Irene Cerruti, Silvia Grimaldi, "una casa per tutti: unità abitativa minima", Chiara Aghemo2008/2009 (12791)

# **SITOGRAFIA**

www.arpa.piemonte.gov.it (consultato il 19/12)

www.pianoalluvioni.adbpo.it (consultato il 21/12)

www.ilgiornaledelpo.it (consultato il 21/12)

www.isprambiente.gov.it (consultato il 21/12)

www.protezionecivile.gov.it (consultato il 27/12)

www.tg24.sky.it/dissesto-doloso/rischio-idrogeologico-mappa.html#/c/6003 (consultato il 27/12)

www.internazionale.it (consultato il 27/12)

www.rohmer.nl (consultato il 30/12)

www.agenziapo.it/ (consultato il 04/01)

www.osgis2.csi.it/webgisAtlante/qgiswebclient.html?map=qgis\_cloud/direttiva\_alluvioni (consultato il 04/01)

www.adbpo.gov.it (consultato il 24/03)

www.ipcc.ch/news\_and\_events/docs/factsheets/FS\_what\_ipcc (consultato il 09/06)

www.ipcc.ch/organization/organization\_history.shtm (consultato il 09/06)

www.areeweb.polito.it/didattica/climatechange/Cambiamenti.pdf (consultato il 09/06)

www.rinnovabili.it (consultato il 09/06)

KeyWorld 2016 energy statistics, IEA, www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf, (consultato il 09/06)

www.protezionecivile.gov.it (consultato il 09/06)

www.pianoalluvioni.adbpo.it (consultato il 29/06)

www.idrologia.polito.it (consultato il 29/06)

www.sinanet.isprambiente.it (consultato il 15/07)

www.provincia.alessandria.gov.it (consultato il 18/08)

www.avi.gndci.cnr.it (consultato il 18/08)

www.cnr.it/it/cerca?search=alluvioni (consultato il 20/08)

www.webmap.irpi.cnr.it (consultato il 21/08)

www.3bmeteo.com (consultato il 09/09)

www.lastampa.it (consultato il 09/09)

www.esri.com (consultato il 09/09)

www.idro.arpalombardia.it (consultato il 09/09)

unfccc.int/process/the-kyoto-protocol (consultato il 09/09)

www.epa.gov (consultato il 12/09)

www.esrl.noaa.gov (consultato il 12/09)

www.opec.org (consultato il 12/09)

www.rvsoleodinamica.com (consultato il 12/09)

www.ncdc.noaa.gov (consultato il 12/09)

www.geoportale.agenziapo.it (consultato il 12/09)

www.geoportale.piemonte.it/geocatalogorp/ (consultato il 13/09)

www.promozioneacciaio.it (consultato il 7/07)

www.eerg.it

www.zephir.ph

Artuso Legnami, www.artusolegnami.it

Lape, www.lape.it, (consultato il 5/07)

Xella, www.xella.com, (consultato il 5/07)

Hella, www.hella.it, (consultato il 5/07)

Yingli solar, www.yinglisolar.com, (consultato il 10/07)

Zhero System, zherosystem.com, (consultato il 10/07)

Thermoeasy, www.thermoeasy.it, (consultato il 10/07)

Ariston, www.ariston.com, (consultato il 11/07)

Exrg, www.exrg.it, (consultato il 11/07)

Rockwool, www.rockwool.it, (consultato il 6/08)

Icop Hydraulics, www.icophydraulics.com (consultato il 10/08)

www.baca.uk.com (consultato il 5/08)

www.morphosis.com (consultato il 5/08)

www.hpa.vn (consultato il 5/08)

www.sitespecific.co.th (consultato il 5/08)

Appendice

# PISTONI OLEODINAMICI CON DISPOSITIVO BLOCCASTELO

#### ICOP HYDRAULICS

I cilindri oleodinamici a doppio effetto con dispositivo bloccastelo bidirezionale, sono realizzati per garantire la ritenuta in posizione attraverso un dispositivo di ritenuta meccanico. Sulla testa anteriore del cilindro viene inserito un dispositivo in grado di ritenere in posizione lo stelo del cilindro. Attraverso un pilotaggio idraulico esterno è possibile bloccare o sbloccare il dispositivo di arresto per permettere la ripartenza dello stelo del cilindro.

La precisione e accuratezza della loro realizzazione, favoriscono l'utilizzo di questi cilindri in tutti gli ambienti in cui è necessaria una ulteriore sicurezza di bloccaggio rispetto al normale blocco idraulico delle camere del cilindro.





Pressione massima di funzionamento cilindro: 320 bar (32 MPa)

Pressione nominale di funzionamento cilindro: 250 bar (25 MPa)

Carico massimo applicabile allo stelo: 400 Kn

Alesaggi disponibili: da 40 a 200 mm

Steli disponibili: da 20 a 140 mm

Corse: fino a 10000 mm

## **UNA NUOVA TIPOLOGIA DI PRODOTTO**

UN'INNOVATIVA MODALITÀ COSTRUTTIVA

# PANNELLO X-LAM

Pannelli prodotti, tagliati, sagomati e montati su progetto elaborato sulle specifiche esigenze del cliente, per costruzioni ANTISISMICHE e di BIO-EDILIZIA.



AN INNOVATIVE CONSTRUCTION METHOD

## X-LAM PANEL

Panels produced, cut, shaped and mounted on project prepared on specific customer requirements for EARTHQUAKE RESISTANT buildings and BIO CONSTRUCTION.



## Pannelli X-LAM

L' X-Lam o CLT (Cross Laminated Timber), è un pannello di legno di grandi dimensioni composto da lamelle in legno di abete classificate C24, incrociate ortogonalmente tra di loro: in questo modo i pannelli acquistano un ottimo comportamento meccanico ed un'omogenea stabilità geometrica e strutturale. I pannelli hanno spessori variabili da 60 mm a 300 mm.

Questo tipo di prodotto è indicato per la realizzazione di pareti portanti nonché per la realizzazione di solai e coperture inclinate. È ideale per le costruzioni ANTISISMICHE grazie alle sue ottime caratteristiche meccaniche, inoltre è compatibile con le costruzioni in BIO-EDILIZIA per la sua composizione, quasi esclusiva, di legno.

La ARTUSO LEGNAMI presta particolare attenzione all'ambiente: è certificata PEFC e ISO 14001. Usa solo materiale certificato 100% PEFC e nella composizione dei pannelli utilizza solo colle poliuretaniche, che non emettono solventi né formaldeide.

## X-Lam panels

The X-Lam panel or CLT (Cross Laminated Timber) is a wooden panel of big dimensions composed of slats of fir wood classified C24; the slats are crossed orthogonally between each other, in this way the panels achieve an excellent mechanic action and a homogeneous geometric and structural stability. The panels have variable thickness from 60 mm to 300 mm.

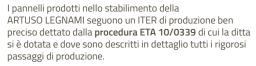
This type of product is ideal for use of load bearing walls but also for the realization of floors and pitched roofs. It is ideal for EARTHQUAKE RESISTANT constructions, thanks to its optimal mechanic characteristics. Besides, it is compatible for buildings in BIO CONSTRUCTION for its composition, almost exclusively of wood.

The ARTUSO LEGNAMI pays particular attention to the environment: it is certified PEFC and ISO 14001 as it uses only materials 100% certified PEFC and inside the panels they only use polyurethane adhesives, glues that do not release solvents while formaldehyde is banned from use and in disposal.

## La produzione del pannello X-Lam







Una volta terminata la progettazione e definiti i dettagli tecnici della struttura, si procede con la lavorazione dei pannelli che avranno una finitura non a vista o eventualmente, su richiesta, una finitura a vista industriale.

L'inizio della lavorazione avviene con l'essiccazione tecnica delle tavole portando le stesse ad un'umidità che varia da 8% a 13%.

Successivamente le tavole vengono unite tramite giunto a pettine (chiamato finger joint) con una apposita linea di giunzione certificata, che controlla in automatico l'umidità presente nelle singole tavole, per accertare che siano conformi; in seguito incollate e pressate garantendo la quantità di colla e la pressione come previsto dalla normativa di 8 N/mm² costante per 2 sec.
Successivamente le tavole vengono piallate dello spessore desiderato.



The panels are produced in the plant of ARTUSO LEGNAMI and follow a precise production process, dictated by the ETA 10/0339 procedure of which the company has equipped itself, where all the production phases are described in detail.

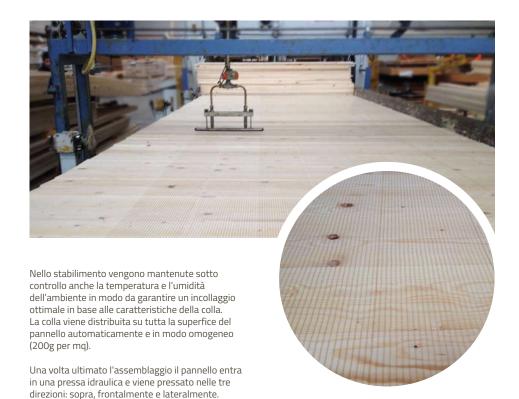
Once the planning is completed and the technical details of the structure have been fixed we proceed with the machining of the panels which can have a non facing finish or, if required, an industrial view finish.

First phase of production requires the technical drying of the boards, taking them to a humidity that ranges from 8% to 13%.

Then, boards are joined together with a comb joint (called finger joint) with a special certified seam that controls automatically the humidity so to assure they comply; after this procedure, the boards are glued and pressed ensuring the quantity of glue and pressure (as required by the norm of 8 N/mm² constant for 2 seconds) and subsequently planed.







In questo modo il risultato finale sarà un pannello rigido e stabile.

Si riesce così a garantire una pressata omogenea e costante durante tutto il tempo di chiusura della

colla di 1N/mm² (circa 10kg/cm²).

In the plant, temperature and humidity of the environment are constantly kept under control to guarantee an optimal gluing. The glue is distributed on all the surface of the panel automatically in a homogeneous way (200 gr/sqm).

Once the assembling has been finished, the panel enters the hydraulic press that can grant an homogeneous and constant pressure of the glue of 1N/mm² (about 10 kg/cm² in the three directions: from above, frontally and laterally) during all the time of closure. In this way the final result will be a rigid and stable panel.





L'eventuale presenza di colla nella superfice del pannello é dovuta alla corretta quantità usata, 200 g/mq. Questo succede perché la colla poliuretanica aumentando di volume riesce a trafilare tra le tavole e dai nodi rotti. The possible presence of glue on the surface of the panel is due to correct quantity used, so 200 gr/sqm. This happens because the polyurethane glue, increasing in volume, manages to seep between the boards and from the broken nodes.





Luglio 2015

#### Conferma:

## I prodotti PURBOND sono assolutamente privi di formaldeide

Il principio degli adesivi monocomponente PUR si basa sulla reazione dell'isocianato con l'umidità. Durante la reticolazione chimica dell'adesivo PUR si forma biossido di carbonio che permette la classica formazione di schiuma. Il processo d'indurimento è fondamentalmente differente dal processo chimico presente negli adesivi a base formaldeide (UF, MUF, MF, PF, PRF).

La formaldeide non è mai un componente della formulazione dei nostri adesivi poliuretanici e neppure si forma o si libera nel processo di reticolazione, durante l'utilizzo di componenti di parti incollate o alla fine del loro ciclo produttivo (incenerimento o smaltimento).

Misure effettuate da istituti indipendenti mostrano che gli adesivi PURBOND non contribuiscono all'incremento dell'inquinamento esistente di formaldeide. Inoltre gli adesivi PURBOND soddisfano i rigidissimi standard per l'inquinamento da formaldeide quali il JAIA F\*\*\*\* (Giappone), il GREENGARD (USA) e il Natureplus (Europa)

J. Jakiel

Dr. sc. nat. ETH Joseph Gabriel Technical Director Henkel & Cie. AG CH-6203 Sempach-Station Tel. +41 (0)41 469 6863 Mobile +41 (0)76 491 3821 joseph.gabriel@henkel.com

July 2015

Adhesive

S

ystems

for

0

Ĭ

ineered

#### HENKEL - Excellence is our Passion

#### Confirm:

#### The products PURBOND are absolutely without formaldehyde

The principle of the mono component adhesives PUR is based on the relationship between the isocyanate with moisture. During the chemical cross linking of the adhesive PUR, carbon dioxide is formed and this permits the forming of the classic foam. The hardening process is fundamentally different from the chemical process present in adhesives based on formaldehyde (UF, MUF, MF, PF, PRF). Formaldehyde is never a component in the formulation of our polyurethane adhesives and does not even form or release in the curing process, while using components of glued parts or the end of their production cycle (incineration or disposal). Measurements carried out by independent institutes show that the stickers Purbond do not contribute to the increase of existing pollution of formaldehyde. Also Purbond stickers meet the very strict standards for formaldehyde pollution such as JAIA F\*\*\*\* (Japan), the GREENGUARD (USA) and the Natureplus (Europe).



Una volta terminata la progettazione e definiti tutti i dettagli tecnici il progetto viene trasferito ai centri di lavoro per il taglio.

Once the project is completed and all technical details are fixed, it is then transferred to the cutting centers.











Finitura non a vista Non view finishing



Finitura a vista View finishing



Spazzolatura Brushing



Finitura con tavole vecchie Finishing with old boards



Copertura inclinata a vista Sloping roof

Su richiesta si possono avere pannelli con finitura a vista levigati o spazzolati; la differenza sta solo nella finitura della parte a vista mentre le caratteristiche di portata e staticità restano invariate.

On request it is possible to have panels with view finishing, sanded or brushed; the difference is only on the view-finished side, while the characteristics of static and capacity remain the same.



Spazzolatura e impregnato bianco White soak brushing



Finitura con tavole di larice prima scelta Finishing with first choice larch











Il trasporto

## **Transport**

Il materiale lavorato e ultimato The material completed and processed is viene consegnato in delivered to the construction site by truck. cantiere con autotreno.



## Movimentazione dei pannelli

I pannelli di grandi dimensioni possono essere movimentati tramite apposite cinghie di sollevamento o con degli appositi ganci.

Sistema con cinghie passanti
System with heavy straps



## **Handling of panels**

The panels of large dimensions can be moved by lifting straps or with special lifting hooks.





Sistema con ganci di sollevamento System with lifting hooks

## **Installazione X-Lam**

Il disegno per l'assemblaggio sarà consegnato insieme ai pannelli X-Lam direttamente in cantiere. In ogni pannello verrà posta un'etichetta con le caratteristiche tecniche e il numero di identificazione per il montaggio.

## X-Lam installation

The drawing for the assembling will be delivered together with the X-Lam panels at the construction site. On the X-Lam panels we apply a sticker with the technical characteristics and the identification number for the assembling.



	Nr of layers
	Thickness of slats
	Adhesive in agreement whits EN 15425
	Species:
Τ	Class of emission of:
	Reaction to fire:
	Durability
	N° of production

I pannelli possono essere tagliati dritti o fresati per l'inserimento delle travi dei solai o di copertura. Per garantire una tenuta all'aria tra il pannello e le travi é consigliato sigillare il tutto con del nastro apposito e schiuma sigillante.

The X-Lam panels can be cut straight or can be milled for the insertion of the beams of floors or roofs. To grant air tight between the panel and the beams it is advised to seal everything with a special sealing tape and foam.



FRESATE PER ALLOGGIAMENTO TRAVI Mills for beam housing

## Per quanto riguarda l'attacco a terra solitamente troviamo tre tipi di soluzioni:

In tutte le soluzioni bisogna impermeabilizzare la connessione tra la platea e il pannello in X-Lam in modo da evitare infiltrazioni future.

# As far as the ground anchorage is concerned, usually we find three type of solutions:

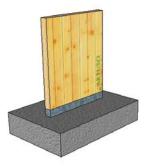
In all the three solutions it is always necessary to waterproof the connection between the reinforced basement and the X-Lam panel so to avoid the ascent of humidity and infiltrations in the future.



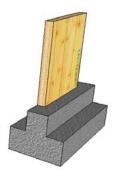
TAGLIO DRITTO PER APPOGGIO TRAVI Straight cut for beam backing



1. Con una banchina in larice Quay in larch



2. Un cordolo di vetro cellulare ad alta densità High density cellular glass curb



3. Con uno zoccolo in cemento armato Reinforced concrete socket



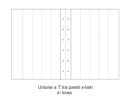
TAGLIO DRITTO PER ALLOGGIO BANCHINA Straight cut for quay lodging

## Giunzioni tra pannelli

Le giunzioni tra i pannelli possono essere di tre tipi:

#### 1. GIUNZIONE CON UNA TAVOLA DI LVL

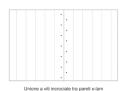
I pannelli vengono fresati con un giunto a L in modo da inserire la tavola, la connessione tra i due avviene tramite delle viti.



## 

#### 2. GIUNZIONE TESTA-TESTA

I pannelli vengono tagliati diritti e la connessione dei due avviene con delle viti poste a 45°.

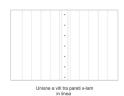


in linea



#### 3. GIUNTO MEZZO LEGNO

I pannelli vengono fresati a L e uniti tra di loro con delle viti; solitamente la fresatura corrisponde a metà dello spessore per una larghezza di 5 cm.



## Junction between panels

The junctions between panels can be of three types:

#### 1. JUNCTION WITH A SLAB OF LVL

The panels are milled with an L joint so to insert the slab that will then be fixed with screws.



#### 2. JUNCTION HEAD-HEAD

The panels are cut straight and the connection between the two is done with screws applied at 45°.



#### 3. JUNCTION HALF WOOD

The panels are milled in L shape and joined together with some screws. Usually the milling is half of the thickness and for a largeness of 5 cm.



## **CROSS LAMINATED TIMBER**

Dimensioni e specifiche tecniche / Dimensions and technical specifications

CARATTERISTICHE CHARACTERISTICS	DIMENSIONI/SPECIFICHE DIMENSION/SPECIFICATION
spessore	da 60 mm a 300 mm
thickness	from 60 mm to 300 mm
larghezza	≤ 3 m
width	≤ 3 m
lunghezza	≤ 10m
length	≤ 10 m
numero di strati	da 3 a 9
number of layers	from 3 to 9
larghezza massima di giunti tra i pannelli all'interno di uno strato maximum width of joint between boards within one layer	3 mm
superfice surface	<b>piallata</b> planed
spessore lamelle piallate	da 17 mm a 40 mm
thickness planed	from 17 mm to 40 mm
larghezza	da 140 mm a 240 mm
width	from 140 mm to 240 mm
rapporto tra larghezza e spessore	≥ 4:1
ratio width to thickness	≥ 4:1
le tavole devono essere classificate a vista per essere in grado di assegnare loro le classi di resistenza secondo la EN 338 boards must be graded with suitable visual procedures to be able to assign them to a strenght class according to EN 338	100% c24  IL NOSTRO PUNTO DI FORZA Our strength
umidità del legno in accordo alla EN 13183-2	da 8% a 13%
moisture of wood according to EN13183-2	form 8% to 13%
finger joint	EN 14080

## CROSS LAMINATED TIMBER

## Scheda prodotto

PRODOTTO	Pannello in legno massello di grande formato composto da lamelle incrociate a 90° e incollate
DENOMINAZIONE PRODOTTO/MARCHIO	CLT Cross Laminated Timber
IMPIEGO	Elementi costruttivi civili,industriali e commerciali
RESISTENZA	Classe d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995-1-1
TIPOLOGIE DI LEGNO	Abete s10
STRUTTURA PANNELLI	A 3,4,5,7,9 strati
LAMELLE	Spessore da 17 mm a 40 mm, essiccate tecnicamente classificate in base alla qualità e giuntate punta a punta con finger joint
CLASSE DI RESISTENZA	100% C24 secondo la norma EN 338 in accordo con la ETA 10/0339 del 27/04/2015
INCOLLAGGIO	Colla poliuretanica senza formaldeide, secondo la norma EN 301 per componenti costruttivi portanti e non portanti, per interni ed esterni
PRESSIONE DI INCOLLAGGIO	Pressione di giunzione finger joint 8 N/mm² costante per 2sec, pressione incollaggio del pannello 1N/mm² (circa 10kg/cm²)
UMIDITÀ DEL LEGNO	Da 8 a 13% al momento della lavorazione ma con un massimo del 5% tra i vari elementi conforme EN 13183-2
FORMATO MASSIMO	Lunghezza 10 mt/larghezza 2.98 mt
SUPERFICI E QUALITÀ	Non a vista / A vista industriale
DEFORMAZIONE	Sul piano del pannello del ~0.01% per % di variazione dell'umidità del legno. Trasversalmente al piano del pannello (nella direzione dello spessore) dello ~0.20% per % di variazione dell'umidità del legno.
CONDUTTIVITÀ TERMICA	λ = 0.13 W/(m*k) secondo la norma EN ISO 10456
CAPACITÀ TERMICA	C <sub>D</sub> = 1600 J (kg*k) secondo la norma EN ISO 10456
RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE	μ = da 50 a 20 secondo la norma EN ISO 10456
RESISTENZA AL FUOCO	Velocità di 0.6 mm / min nel caso di combustione del solo strato esterno o di 0.76 mm / min nel caso di più strati conforme alla EN 1995-1-2
TENUTA ALL'ARIA PERMEABILITÀ ALL'ARIA	Classe 4 conforme alla EN 12114
TEST ACUSTICO	Su pannello da 96 mm a 3 strati abbattimento 31 dB
TEST ACUSTICO	Su pannello da 160 mm a 5 strati abbattimento 37 dB conforme alla EN 12354-1

## **CROSS LAMINATED TIMBER**

## Product details

PRODUCT	Solid wood panel in large format composed of slats crossed at 90° and glued
PRODUCT/BRAND NAME	CLT Cross Laminated Timber
USE	Civil, commercial and industrial elements
RESISTANCE	Class of use 1 and 2 according to standard EN 1995-1-1
TYPES OF WOOD	Fir S10
PANEL STRUCTURE	At 3,4,5,7,9 layers
SLATS	Thickness from 17 to 40 mm, technically dried and classified on base of quality; joined tip to tip with finger joint.
CLASS OF RESISTANCE	100% C24 according to standard EN 338 in compliance with ETA 10/0339 dtd 27-04-2015
GLUING	Polyurethane glue without formaldehyde, in compliance with norm EN 301 for construction components load bearing and non load bearing, internal and external use.
PRESSURE OF GLUING	Pressure of junction finger joint 8 N/mm² constant for 2 sec, pressure of gluing of panel 1N/mm² (about 10 kg/cm²)
HUMIDITY OF WOOD	From 8 to 13% at the moment of processing but with a maximum of 5% among the various elements, in accordance with EN 13183-2
MAXIMUM FORMAT	Length 10 mt/largeness 2.98 mt
SURFACE AND QUALITY	Non view finishing/ industrial view finishing
DEFORMATION	On the surface of the panel ~0.01% for % of variation of moisture of the wood. Transversaly to the surface of the panel (in the direction of the thickness) of ~0.20% per % of variation of moisture of wood.
THERMAL CONDUCTIVITY	λ = 0.13 W/(m*k) in accordance with norm EN ISO 10456
THERMAL CAPACITY	C <sub>p</sub> = 1600 J (kg*k) according to norm EN ISO 10456
RESISTANCE TO DIFFUSION	μ = fro 50 to 20 according to norm EN ISO 10456
RESISTANCE TO FIRE	Speed of 0,6 mm/min in case of combustion of only the external layer or of 0,76 mm/min in case of more layers conforming to EN 1995-1-2
AIR RESISTANCE/PERMEABILITY	Class 4 conforming to norm EN 12114
ACUSTIC TEST	On panel of 96 mm, 3 layers, breakdown 31 dB
ACUSTIC TEST	On panel of 160 mm, 5 layers, breakdown 37 dB conforming to EN 12354-1

## Composizione strati pannelli X-Lam

# X-Lam panel layer composition

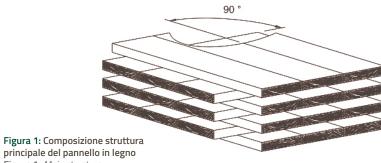


Figure 1: Main structure of the solid wood slab

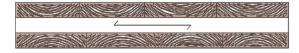


Figura 2: Struttura principale del pannello X-Lam con 3 strati Figure 2: Main structure of cross

laminated timber with 3 layers



Figura 3: Struttura principale del pannello X-Lam con 4 strati Figure 3: Main structure of cross laminated timber with 4 layers

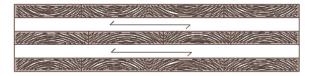
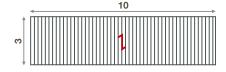
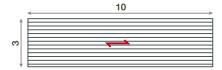


Figura 4: Struttura principale del pannello X-Lam con 5 strati Figure 4: Main structure of cross laminated timber with 5 layers

## Composizione pannello / Panel composition





SPESSORE Thickness	STRATI Layers	S1	S2	S3	<b>S</b> 4	S5	S6	<b>S</b> 7	S8	<b>S9</b>
61 mm	3	22	17	22						
72 mm	3	24	24	24						
80 mm	3	24	32	24						
96 mm	3	32	32	32						
100 mm	3	33,3	33,3	33,3						
120 mm	3	40	40	40						
96 mm	4	24	24	24	24					
112 mm	4	32	24	24	32					
128 mm	4	32	32	32	32					
144 mm	4	40	32	32	40					
95 mm	5	22	17	17	17	22				
100 mm	5	22	17	22	17	22				
120 mm	5	24	24	24	24	24				
140 mm	5	28	28	28	28	28				
152 mm	5	32	28	32	28	32				
160 mm	5	32	32	32	32	32				
184 mm	5	40	32	40	32	40				
200 mm	5	40	40	40	40	40				
168 mm	7	24	24	24	24	24	24	24		
200 mm	7	32	24	32	24	32	24	32		
224 mm	7	32	32	32	32	32	32	32		
248 mm	7	32	40	32	40	32	40	32		
216 mm	9	24	24	24	24	24	24	24	24	24
252 mm	9	28	28	28	28	28	28	28	28	28
288 mm	9	32	32	32	32	32	32	32	32	32

## Proprietà del prodotto secondo ETA -10/0339

#### Product features related to ETA - 10/0339

Classe di resistenza minima delle tavole C24 secondo normativa EN 338 Class of minimum resistance of the tables C24 in accordance with norm EN 338

#### ■ CARICO SUI PANNELLI LOAD ON THE BOARDS

RESISTENZA MECCANICA Mechanic resistance	PROCEDURA DI PROVA Test procedure	VALORE Value
MODULO DI ELASTICITÀ flexibility form parallelo rispetto alla direzione delle fibre $E_{0,\mathrm{mean}}$ parallelo the direction of the fibers $E_{0,\mathrm{mean}}$ verticale rispetto alla direzione delle fibre $E_{90,\mathrm{mean}}$ vertical to the direction of the fibers $E_{90,\mathrm{mean}}$	Leff, Allegato 3 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,1	11600 MPa 370 MPa
MODULO DI SCORRIMENTO sliding form parallelo rispetto alla direzione delle fibre G 090mean parallel to the direction of the fibers G 090mean verticale rispetto alla direzione delle fibre G R, 9090mean vertical to the direction of the fibers G R, 9090mean vertical	EN 338 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,1	690 MPa 50 MPa
RESISTENZA ALLA FLESSIONE resistance to flexing parallela rispetto alla direzione delle fibre $\mathbf{f}_{m,k}$ parallel to the direction of the fibers $\mathbf{f}_{m,k}$	Weff, Allegato 3, EAD 130005-00-0304, 2,2,1,1	26 MPa
RESISTENZA ALLA TRAZIONE resistance to traction verticale sulla direzione delle fibre $f_{t,90,k}$ Vertical to the direction of the fibers $f_{t,800,k}$	EN 338	0,12 MPa
RESISTENZA ALLA PRESSIONE resistance to pressure verticale sulla direzione delle fibre $f_{c,90,k}$ vertical to the direction of the fibers $f_{c,000,k}$	EN 338	2,5 MPa
RESISTENZA AL TAGLIO resistance to cut parallela rispetto alla direzione delle fibre $f_{v,090,k}$ parallel to the direction of the fibers $f_{v,090,k}$ verticale rispetto alla direzione delle fibre $f_{v,9090,k}$ vertical to the direction of the fibers $f_{v,9090,k}$	EN 338 Agross, Allegato 3 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,3	4 MPa 1,25 MPa
■ CARICO SU LASTRE LOAD ON PLATES		
MODULO DI ELASTICITÀ flexibility form parallelo rispetto alla direzione delle fibre $\mathbf{E}_{0,\text{mean}}$ parallel to the direction of the fibers $\mathbf{E}_{\text{0,mean}}$	Anet, Inet, Allegato 3 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,1	11600 MPa
MODULO DI SCORRIMENTO sliding form parallelo rispetto alla direzione delle fibre G $_{\rm 090mean}$ parallel to the direction of the fibers $G_{\rm 090mean}$	Anet, Allegato 3 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,3	450 MPa
RESISTENZA ALLA FLESSIONE resistance to flexing parallela rispetto alla direzione delle fibre $f_{m,k}$ parallel to the direction of the fibers $f_{m,k}$	Wnet, Allegato 3, EAD 130005-00-0304, 2,2,1,1	24 MPa
RESISTENZA ALLA TRAZIONE resistance to traction parallela sulla direzione delle fibre $f_{t,0,k}$ parallel to the direction of the fibers $f_t,0,k$	EN 338	14 MPa
RESISTENZA ALLA PRESSIONE resistance to pressure parallela sulla direzione delle fibre $\mathbf{f}_{c,0,k}$ parallel to the direction of the fibers $\mathbf{f}_{c,0,k}$	EN 338	21 MPa
RESISTENZA AL TAGLIO resistance to cut parallela rispetto alla direzione delle fibre $f_{v,090,k}$ parallel to the direction of the fibers $f_{v,090,k}$	Anet, Allegato 3 EAD 130005-00-0304, 2,2,1,3	4 MPa

#### Pagina n 13 del Benestare Tecnico Europeo

#### ALLEGATO C

#### Considerazioni per il progetto del cross laminated timber

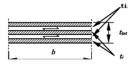
Azioni meccaniche perpendicolare al piano e nel piano del CLT Generalità

A causa dell' orientamento perpendicolare delle tavole, il crosso laminated timber è in grado di trasferire i carichi in tutte le direzioni in base alla sua condizione di supporto.

Per il calcolo dei valori caratteristici della sezione trasversale, possono essere impiegate solo le tavole orientate in direzione dell'azione meccanica. Per la progettazione del CLT secondo la EN 1995-1-1, devono essere adottati i valori di resistenza caratteristica e di rigidità del legno massiccio in accordo all'allegato B.

Per il CLT multi-asse caricato in entrambe le direzioni principali, devono essere considerate differenti rigidezze.

Azioni meccaniche perpendicolari al cross laminated timber



#### Dove

ti ........ Spessore del bordo degli strati nella direzione dell'azione meccanica spessore del bordo degli strati perpendicolare all'azione meccanica

125

La rigidezza a flessionale è specificata in relazione all' effettivo momento di inerzia,  $I_{\rm ff}$  Il calcolo del momento effettivo di inerzia e con essa della effettiva resistenza a flessione deve essere in accordo alla EN 1995-1-1.

For Iff vedere il punto 9.1.3 e l'allegato B della EN 1995-1 A.

II termine S<sub>i</sub>/K<sub>i</sub> della EN 1995-1-1 può essere sostituito con t<sub>i</sub>/G9090\*b

$Ii = \frac{h - t_{3}}{12}$	$Weff = \frac{2 Lff}{ttot}$
A=,b. ii	$_{-htot} = E_{(t.,+)}$
$T_{V, d} = \frac{1.5 - V_d}{Ag, o_{,,}}$	Ag., = h - t tot

#### Where

i	Momento di inerzia
leff	Effettivo momento di inerzia
S	Intervallo degli ancoraggi in accord con EN 1995-1-1 (non rilevante per le tavole di legno massiccio
K	slip modulo in accord con to EN 995-11 (non rilevante per le tavole di legno massiccio)
G <sub>9090</sub>	modulo di taglio perpendicolare alla fibra (modulo di taglio al rotolamento);
	G <sub>9090</sub> = 50 MPa
b	Larghezza del membro del cross laminated timber

126

#### Mechanical actions perpendicular to plane and in plane of cross laminated timber

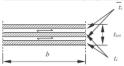
#### General

Due to the perpendicular orientation of the boards, cross laminated timber is able to transfer loads in all directions according to its condition of support. For cross laminated timber multi-axle stressed in both principal directions, different stiffness for the two principal directions shall be considered.

For calculation of characteristic values of cross-section, only boards which are oriented in direction of the mechanical action may be employed.

For design of cross laminated timber according to EN 1995-1-1, characteristic strength and stiffness of solid wood according to Annex 2 shall be taken.

#### Mechanical actions perpendicular to cross laminated timber



t<sub>i</sub>.......Thickness of board layers in direction of mechanical actions

...Thickness of board layers perpendicular to direction of mechanical actions

The bending stiffness is specified in relation to the effective moment of inertia  $I_{eff}$ . The calculation of the effective moment of inertia and therewith of the effective bending stiffness is according to EN 1995-1-1.

For  $I_{\it eff}$  see clause 9.1.3 and Annex B of EN 1995-1-1.

The term  $rac{S_i}{K_i}$  of EN 1995-1-1 should be substituted by  $rac{ar{t}_i}{G_{9090} \cdot b}$ 

$$I_i = \frac{b \cdot t_i^3}{12}$$

$$W_{eff} = \frac{2 \cdot I_{ef}}{t_{tot}}$$

$$A_i = b \cdot t_i$$

$$h_{tot} = \sum_{i} (t_i + \overline{t_i})$$

$$\tau_{v, d} = \frac{1.5 \cdot V_d}{A_{gross}}$$

$$A_{gross} = b \cdot t_{to}$$

#### Where

I..... moment of inertia

Ieff..... effective moment of inertia

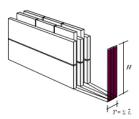
s.......spacing of fasteners according to EN 1995-1-1 (not relevant for solid wood slab)

K.......slip modulus according to EN 1995-1-1 (not relevant for solid wood slab)

 $G_{9990}$  ..... shear modulus of the board perpendicular to grain (rolling shear modulus);  $G_{9090} = 50$  MPa

b.....width of the member of cross laminated timber

#### Azioni meccaniche nel piano del cross laminated timber



Dove H:~ 400 mm

Spessore degli strati di tavole in Direzione

dell'azione meccanica

Spessore degli strati di tavole perpendicolari alla

Direzione dell'azione meccanica

V.....Forza di taglio

#### Secondo i termini della teoria tecnica della trave le seguenti equazioni possono essere utilizzati Momento di inerzia Modulo di sezione

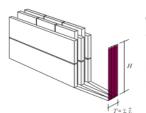
$$L_{...t} = \frac{T_{.} \sim W}{12}$$

## Resistenza al taglio

$$\begin{array}{ccc}
& 1^3 & \frac{Vd}{4 ne} \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& & 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1 & 1 & 1 \\
& 1$$

 $W_{...t} = \frac{T. H_2}{6}$ 

#### Mechanical actions in plane of the solid wood slab



Where

 $H \le 400 \text{ mm}$ 

ti....... Thickness of board layers in direction of

mechanical actions

 $\overline{t_i}$ ....... Thickness of board layers perpendicular to

direction of mechanical actions

V..... Shear force

Under the terms of the technical beam theory the following equations may be used.

Moment of inertia

Shear strength

$$I_{net} = \frac{T \cdot H^3}{12}$$

$$\tau_{v, d} = \text{Maximum} \begin{cases} \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{x, net}} & A_{x, net} = H \cdot \sum_{i} \overline{t_i} \\ \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{x, net}} & A_{x, net} = H \cdot \sum_{i} \overline{t_i} \end{cases}$$

Section modulus

$$W_{net} = \frac{T \cdot H^2}{6}$$

$$A_{x, net} = H \cdot \sum_{i} t$$

$$A_{z, net} = H \cdot \sum_{i} t$$

# Laboratorio e prove interne

La Artuso Legnami per rispettare a pieno la certificazione C € si è dotata di un laboratorio interno per testare il prodotto.



Verifica rottura giunto a pettine finger joint, vengono testati 3 provini per turno di produzione.

The verification of the comb break joint (finger joint) is tested in on 3 samples per each turn of production.

## Laboratory and internal tests

The Artuso Legnami srl, in order to respect completely the certification  $\mathbf{C} \mathbf{E}$ , has equipped itself of an internal lab so to test its product.













## Collaudo delaminazione

Per effettuare le prove vengono estratti 3 provini per ogni lotto di produzione giornaliera dei pannelli con dimensioni di 12 x 12 cm, i quali vengono pesati e successivamente inseriti in un'autoclave.

Per i primi 30 minuti i campioni rimangono immersi nell'acqua in depressione in modo che si aprano i pori del legno, dopodiché rimangono per 2.5 h in pressione a 5 bar. Passato il tempo nell'autoclave i campioni vengono inseriti in un forno ventilato e lasciati circa 24h finchè non raggiungono le condizioni iniziali.

Una volta ristabilito il peso i campioni vengono aperti meccanicamente ed esaminati, tutto questo procedimento serve a simulare un invecchiamento del pannello di 30 anni.

## **Delamination testing**

For performing the tests we extract 3 samples of panels per each daily production lot with a size of 12 cm x 12 cm, which are weighed and then placed in an autoclave.

For the first 30 minutes the samples remain immersed in water in depression, so that the pores of the wood open; thereafter they remain for 2.5 h pressurized to 5 bar. Once these 30 minutes in autoclave have passed, the samples are placed in a convection oven and left there for about 24 hours, until they reach the initial conditions.

Once the weight is restored, the samples are mechanically opened and examined. The entire procedure is used to simulate aging of about 30 years on the panels.





## Principali certificazioni / Main Certifications



Dichiarazione di conformità ETA - 10/0339







Sistemi di gestione qualità



Legno Venet



Per elementi di tavole a strati incrociati ad uso strutturale



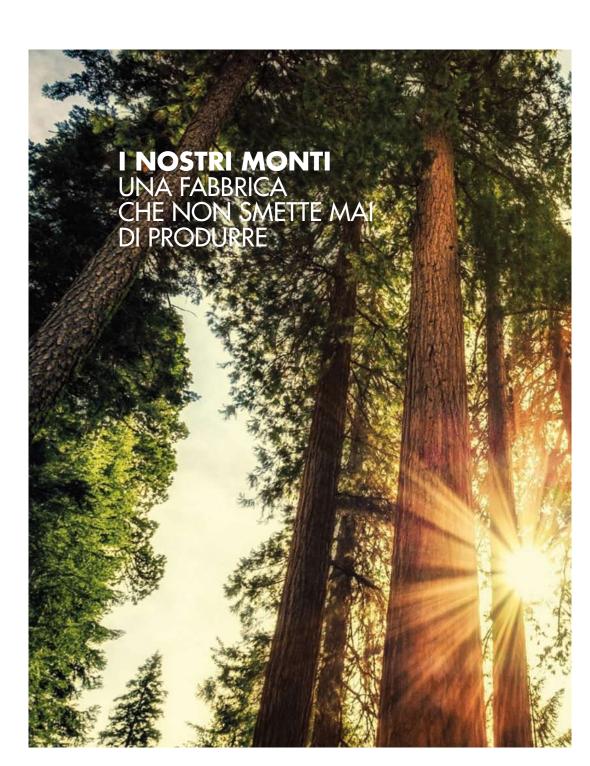
Per legno strutturale massiccio conforme alla EN14081



Certificazioni per massiccio



OS 32 5ª CATEGORIA Attestazione di qualificazione ai lavori pubblici Centro di trasformazione del legno



### **SERRAMENTI**

#### KELLER MINIMAL WINDOWS



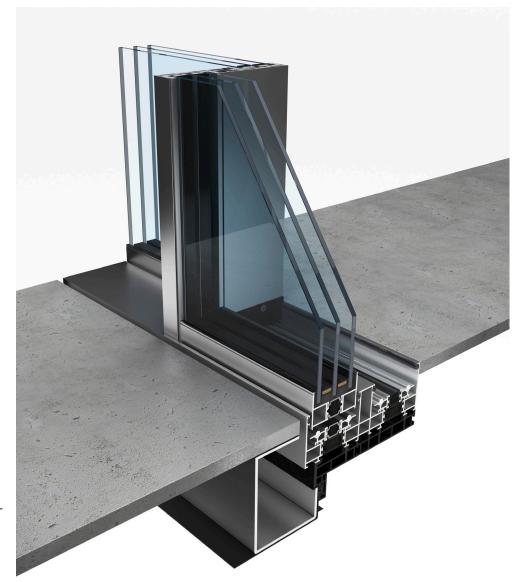
Con una vetrata tripla, la versione premium della vetrata scorrevole di design rappresenta la variante altamente isolata che può essere perfettamente impiegata nella progettazione di una casa passiva.

Le lastre di vetro isolanti di grande pregio consentono di raggiungere un valore di trasmittanza

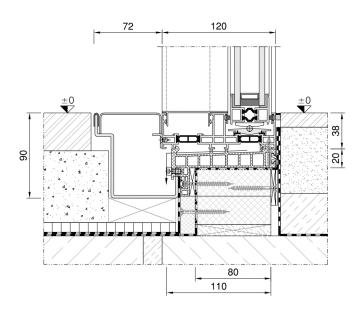
 $Uw \ge 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}.$ 

I profili del telaio perimetrale di soli 38 mm sono ridotti all'essenziale e possono essere integrati, senza soluzione di continuità, nel pavimento, nel soffitto e nelle pareti laterali.

Solo i profili labirinto di unione delle ante, snelli e leggeri, da 21 e 26 mm sono visibili. Di conseguenza avremo una superficie vetrata impressionante pari al 98% con un'incidenza di luce illimitata. Il sistema di vetrate di design può essere realizzato con ante scorrevoli fino a 12 m² e ante fisse fino a 18 m². L'altezza massima costruttiva del sistema è di 4,5 m (realizzazione personalizzata da 6 m su richiesta).







La modularità del sistema e la molteplicità di varianti realizzabili in termini di disposizione consentono di esaudire qualsiasi desiderio.

È possibile realizzare sistemi scorrevoli con telaio fino a quattro vie, in combinazione con ante fisse oppure con ante scorrevoli ad angolo interno ed esterno senza montante.

Sono a disposizione verniciature con colori RAL a scelta oppure in alternativa finiture in alluminio anodizzato o con effetto acciaio inox. I profili minimalisti in alluminio possono essere così adattati perfettamente ed individualmente all'immobile.

Si creano così facciate di vetro, che si adattano perfettamente ad ogni ambiente.

Il binario, costruito in acciaio inox, alloggiato nel profilo inferiore del telaio consente lo scorrimento delle vetrate trasparenti in modo agevole e silenzioso.

I carrelli di scorrimento, autocentranti, integrati in modo invisibile nel profilo inferiore dell'anta scorrevole, rappresentano una decisiva marcia in più. I cuscinetti in acciaio inox, di gran pregio, assicurano un' elevata stabilità alla sollecitazione e una scorrevolezza confortevole nell'utilizzo quotidiano anche in presenza di ante scorrevoli di grandi dimensioni con un peso che raggiunge i 1000 kg.

Il telaio perimetrale può essere incassato nella muratura, nel soffitto e nel pavimento. Il passaggio dall'interno verso l'esterno avviene senza soglia e senza barriere architettoniche.

Il profilo a pavimento con il binario integrato in acciaio inox è a livello del pavimento, facile da pulire, e richiede poca manutenzione.

Il drenaggio dell'acqua controllato avviene tramite un profilo alveolare in PVC sviluppato ad hoc ed integrato nel sistema al di sotto del telaio in alluminio. Opzionalmente l'acqua viene raccolta tramite un canale di gronda da incasso oppure in vista con griglia in acciaio inox. Il profilo di drenaggio in PVC dispone di scanala-

ture di alloggiamento per il collegamento della guaina in EPDM.

L'architettura richiede spazi aperti e flessibilità.

KELLER minimal windows® convince in termini di possibilità di esecuzione e variabilità di collegamento.

Il sistema di vetrate scorrevoli di design consente l'esecuzione di sistemi scorrevoli e fissi a 1, 2, 3 e 4 vie, soluzioni con angoli interni ed esterni aperti, quindi senza montanti di disturbo, e soluzioni da incasso in muratura.

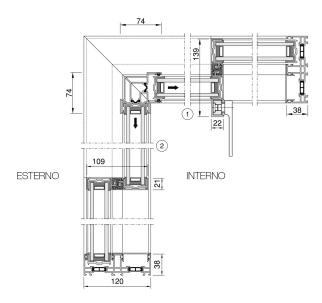
Conformemente alla configurazione personalizzata del sistema è possibile impiegare azionamenti e bloccaggi elettrici, in posizione nascosta, per il miglioramento del confort di manovra. I comandi a disposizione sono in modalità automatica (Controllo remoto, sistema domotica) e in modalità manuale (uomo presente tramite pulsantiera).

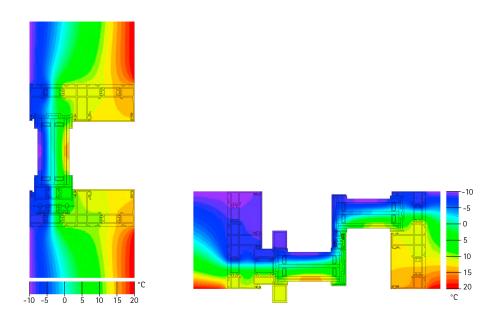
Un unico motore sposta silenziosamente diverse ante scorrevoli con un peso totale fino a 2000 kg tramite cinghie dentate, consentendo quindi l'apertura telescopica di ampie facciate di vetro.

La chiusura con barre a più punti è integrata in modo invisibile nel profilo maniglia, nell'incontro centrale oppure nel profilo labirinto di unione dell'anta scorrevole. L'azionamento manuale avviene tramite leve eleganti e di design con o senza l'aggiunta di una serratura cilindrica.

Il sistema di chiusura a più punti offre una resistenza antieffrazione ed è omologato secondo la classe antieffrazione RC2 (WK2). Per una maggiore sicurezza è possibile dotare il sistema di un monitoraggio integrato di apertura e chiusura e collegarlo a sistemi di monitoraggio esterni, comunemente disponibili in commercio.

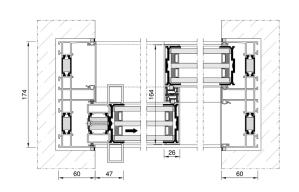


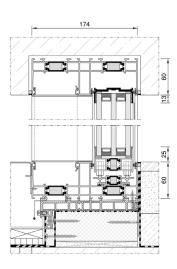




La serie premium del sistema KELLER minimal windows®4+ con l'impiego di vetro triplo dispone di un taglio termico elevato. Il sistema è progettato per l'utilizzo in case passive e/o dove siano richieste grandi vetrate isolanti di grande pregio.

La qualità del sistema soddisfa i massimi requisiti - "Made in Luxembourg" ed assicura una protezione elevata contro la pioggia battente, i carichi del vento, la permeabilità all'aria e il passaggio del rumore. Tutti i nuovi sviluppi e sistemi soddisfano i più elevati standard qualitativi e rispecchiamo il massimo stato dell'arte.





Larghezza in vista labirinto centrale	26 oppure 34 mm			
Dimensione max. anta	fino a 12 m <sup>2</sup> / pannelli fissi fino a 18 m <sup>2</sup>			
Altezza max. anta	4,5 m			
Peso max. anta	1.000 kg			
Spessore del vetro	50 - 56 mm (triplo vetro isolante oppure vetri speciali)			
Coefficiente di trasmittanza termica	$U_w \ge 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$			
Azionamenti motorizzati	fino a un peso totale di 2.000 kg			
Assenza di barriere architettoniche	DIN 18040-1, DIN 18040-2			
Permeabilità all'aria	fino a Classe 4 secondo EN 12207			
Tenuta alla pioggia battente	fino a Classe E1050 secondo EN 12208			
Resistenza al carico del vento	fino a Classe C5 secondo EN 12210			
Isolamento acustico	possibile fino a 45 dB			
Sicurezza antieffrazione	fino a RC 2 secondo EN 1627			

### PANNELLI FOTOVOLTAICI

YINGLI SOLAR



PANDA BIFACIAL modules generate power from the front as well as from the ack side. Together with the cutting-edge PANDA N-type crystalline silicon solar cells, which wake up earlier than conventional P-type and go to sleep later, the nergy yield can be increased by 10- 30%.

In contrast to conventional modules, PANDA BIFACIAL modules generate energy from both sides. As the backside makes use of the reflected and scattered light from the surroundings, the modules can yield up to 30% power more, depending on the albedo.

Once used, PANDA BIFACIAL modules generate more energy, because of low LID, good low-light performance and temperature coefficient of N-type monocrystalline silicon solar cells.

Durable PANDA BIFACIAL modules work well in muggy conditions, and indeendently tested for harsh environmental conditions beyond IEC standards, such as exposure to salt mist, ammonia or known PID risk factors.

No shading aluminium frames enhance the mechanical performance of modules and the installation efficiency of system.





Series	Module	P <sub>max</sub>		V <sub>mpp</sub>		I <sub>mpp</sub>		V <sub>oc</sub>		I <sub>sc</sub>		Max. system voltage	Max. series fuse rating
		[1	W]	[	V]	D.	<b>A</b> ]	[	<b>v</b> ]	D	<b>A</b> ]	[V]	[A]
		STC	BSTC	STC	BSTC	STC	BSTC	STC	BSTC	STC	BSTC		
	YL310CG2530L/F-1	280	310	31.7	31.7	8.83	9.80	38.8	38.8	9.25	10.27	1500	20
PANDA BIFACIAL 60CL/F	YL315CG2530L/F-1	285	315	32.0	32.0	8.90	9.88	39.0	39.0	9.29	10.32	1500	20
	YL320CG2530L/F-1	290	320	32.3	32.3	8.98	9.97	39.2	39.2	9.34	10.36	1500	20
	YL375CG2536L/F-1	340	375	37.1	37.1	9.18	10.19	46.0	46.0	9.72	10.79	1500	20
PANDA BIFACIAL 72CL/F	YL380CG2536L/F-1	345	380	37.4	37.4	9.23	10.24	46.3	46.3	9.76	10.83	1500	20
	YL385CG2536L/F-1	350	385	37.7	37.7	9.28	10.30	46.5	46.5	9.79	10.87	1500	20
	YL340CG2536L/F-2 1/2	340	/	38.5	/	8.85	/	46.0	/	9.35	/	1500	20
	YL345CG2536L/F-2 1/2	345	/	38.7	/	8.92	/	46.3	/	9.37	/	1500	20
PANDA BIFACIAL 144HCL/F	YL350CG2536L/F-21/2	350	/	39.2	/	8.94	/	46.6	/	9.39	/	1500	20
	YL355CG2536L/F-21/2	355	/	39.5	/	8.99	/	47.1	/	9.43	/	1500	20
	YL360CG2536L/F-21/2	360	/	39.8	/	9.05	/	47.2	/	9.47	/	1500	20

## Climate Conditions

PANDA BIFACIAL modules may be installed in the following conditions for more

than 30 years. In addition to the required IEC certification, PANDA BIFACIAL

modules have also been tested to verify resistance to ammonia fumes that may be present around barns sheltering cattle, as well as suitability for installation in

humid (coastal) areas and areas of high sand storms.

## **Electrical Configuration**

Under normal conditions, a PANDA BIFACIAL module is likely to experience

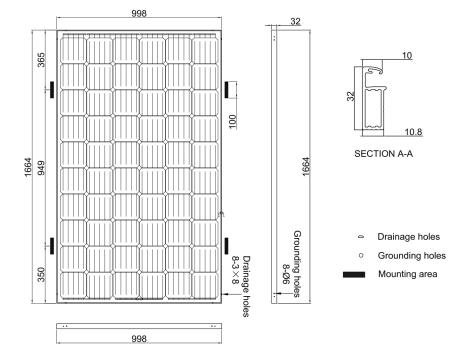
conditions that produce more current and/or voltage than reported at Standard Test Conditions (Irradiance: 1000 W/m2, 25°C cell temperature and AM 1.5).

The short-circuit current (ISC \*) should be multiplied by a factor of 1.25 based on the highest ambient temperature recorded, and the open-circuit voltage (VOC) should be multiplied by a factor of up to 1.25 based on the lowest ambient temperature recorded for the installation location when determining component voltage ratings, conductor current ratings, fuse sizes, and size of controls connected to the PV output.

This maximum voltage should not be exceeded at any time and, as the vol-

tage of the module increases, above datasheet values, at operating temperatures below 25°C, then these need to be taken into account when designing a PV system. Under normal conditions, a PANDA BIFACIAL module is likely to experience conditions that produce more current and/or voltage than reported at Standard Test Conditions (Irradiance: 1000 W/m2, 25°C cell temperature and AM 1.5). The short-circuit current (ISC \*) should be multiplied by a factor of 1.25 based on the highest ambient temperature recorded, and the open-circuit voltage (VOC) should be multiplied by a factor of up to 1.25 based on the lowest ambient temperature recorded for the installation location when determining component voltage ratings, conductor current ratings, fuse sizes, and size of controls connected to the PV output.

This maximum voltage should not be exceeded at any time and, as the voltage of the module increases, above datasheet values, at operating temperatures below 25°C, then these need to be taken into account when designing a PV system. Voltages are additive when PANDA BIFACIAL modules are connected directly in series, and module currents are additive when PANDA BIFACIAL modules are connected directly in parallel (see Figure 6). PANDA BIFACIAL modules with different electrical characteristics must not be connected directly in series. The use of unsuitable third-party electronic devices connected to PANDA BIFACIAL modules may lead to mismatching, and must be installed according to the





manufacturer's specified instructions.

The maximum voltage of the system must be less than the maximum certified voltage, 1500V typically, and the maximum input voltage of the inverter and of the other electrical devices installed in the system. To ensure that this is the case, the open circuit voltage of the array string needs to be calculated at the lowest expected ambient temperature for the location. This can be done by using the following formula.

When the modules connect in parallel, the output current will be equal to the sum of each branch current. It is suggested that every series module string should be fused prior to be connected with other strings. Please refer to the applicable regional and local codes for additional fuse requirements.

An appropriately rated overcurrent protection device must be used when the reverse current could exceed the value of the maximum fuse rating of the module. An overcurrent protection device is required for each series string if more than two series strings are connected in parallel.

# L'EVOLUZIONE DELLA RIVOLUZIONE ENERGETICA

Immagina un mondo dove ciascuno di noi non paga più la bolletta perché produce l'energia che consuma.

Immagina case, quartieri e città dove tutto funziona a energia rinnovabile.

Immagina la fine delle emissioni dannose dovute alla produzione di elettricità.

ORA SMETTI DI IMMAGINARE E SCOPRI **ZHERO**, L'INIZIO DELLA REALTÀ CHE HAI SEMPRE SOGNATO.



### CONQUISTA L'AUTONOMIA ENERGETICA

Zhero è in grado di trasformare, immagazzinare e distribuire l'energia rinnovabile all'interno di qualsiasi edificio residenziale, rendendo autonoma la gestione energetica.

#### IL SOLE SPLENDE SEMPRE

Questa tecnologia innovativa è il frutto di anni di lavoro condotto da un team di professionisti uniti dall'obiettivo di uscire dalla logica degli incentivi per entrare in una nuova era dell'energia solare, quella dove sprechi e burocrazia lasciano spazio a indipendenza, efficienza e risparmio.

### IL RISPARMIO È IL GUADAGNO PIÙ DURATURO

Con Zhero il vantaggio economico non si misura più nella quantità di energia venduta alla rete elettrica. Il guadagno generato da Zhero si concentra nel taglio della bolletta. Con questo sistema, infatti, si abbattono i costi energetici in quanto si consuma l'elettricità prodotta autonomamente. Il sistema può collegarsi alla rete pubblica per prelevare o cedere energia, ma l'obiettivo di Zhero è ridurre al minimo questa dipendenza fino a realizzare un'autonomia totale

## SISTEMA ALL-IN-ONE

Nel mercato non esistono prodotti uguali a Zhero. Si tratta, infatti, di un sistema all-in-one integrato e con un software esclusivo in grado di gestire il flusso energetico in modo autonomo, intelligente e senza sprechi.





IL SISTEMA ZHERO È PROGETTATO PER POTER ESSERE RICICLATO IN TUTTI I SUOI COMPONENTI, A PARTIRE DALL'INNOVATIVA BATTERIA AL SALE.

Rispetto alle normali batterie contenenti litio e piombo, questo rivoluzionario strumento per l'immagazzinamento dell'energia è molto più sicuro, in quanto elimina il pericolo di combustione, e molto più rispettoso dell'ambiente, grazie allo sfruttamento di una sostanza naturale come il sale.

Zhero è disponibile in due modelli, Circle e Square. Per entrambi è possibile scegliere la taglia dell'accumulo da 10 o 20 kWh, per meglio adattarsi al profilo di consumo dell'utente.



#### DA OGGI **GESTISCI** I **TUOI CONSUMI**

Controllo totale del flusso energetico e del funzionamento generale: Zhero è dotato di un software esclusivo che permette di gestirlo direttamente da pc o da dispositivi mobili. Il software interno, infatti, invia tramite MODEM o WI-FI tutti i dati (avvisi e allarmi inclusi) a uno spazio web dedicato in cui l'utente può accedere per controllare in tempo reale l'andamento del sistema.







## ACCUMULI E UTILIZZI DI GIORNO

IL SISTEMA ZHERO È STATO PROGETTATO
PER ASSICURARE PRESTAZIONI ELEVATE E UN
APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO ADEGUATO IN
TUTTI I CONTESTI GEOGRAFICI, ANCHE IN QUELLI OGGI
CONSIDERATI INADEGUATI PER LA GENERAZIONE DI
ENERGIA RINNOVABILE.

Di giorno, in presenza del picco di energia catturata dai pannelli fotovoltaici, Zhero immette tale energia direttamente nella rete domestica e, contemporaneamente, immagazzina parte del flusso nella batteria al sale. La gestione intelligente del flusso viene operata dal software interno, il quale disloca l'energia seguendo i criteri distributivi più efficienti rispetto a ogni specifica esigenza.



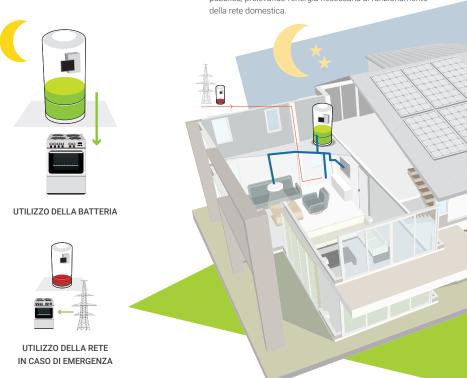


### CONSUMI E RISPARMI DI **NOTTE**

ZHERO È UN SISTEMA OFF-GRID, CIOÈ FUNZIONA AUTONOMAMENTE RISPETTO ALLA RETE PUBBLICA, MA È IN GRADO DI LAVORARE ANCHE ON-GRID PER PRELEVARE O IMMETTERE ENERGIA IN RETE.

Di notte, cioè nel periodo in cui l'energia solare non viene prodotta, l'approvvigionamento viene garantito dal "magazzino" di elettricità stoccata nella batteria al sale.

Se il livello energetico dovesse risultare insufficiente, il sistema si collegherebbe autonomamente alla rete pubblica, prelevando l'energia necessaria al funzionamento della rete domestica



## GRAZIE AL BACKUP TI PROTEGGI DAI BLACK-OUT

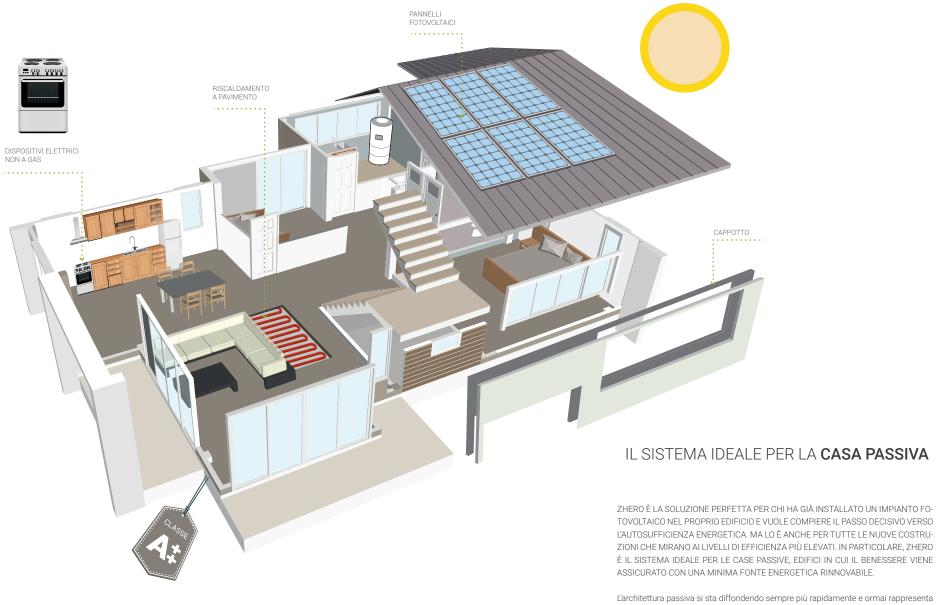
Una delle funzionalità che rende unico Zhero è il suo sistema di backup. Una parte del flusso energetico viene stoccata e mantenuta nella batteria per poter essere utilizzata nei momenti di black-out, cioè nei rari casi in cui risultasse impossibile il prelievo di energia dalla rete pubblica. In questo modo, Zhero assicura il necessario rifornimento energetico sempre, anche nelle situazioni in cui le utenze convenzionali *on-grid* si ritrovano senza corrente elettrica.

# LA **GESTIONE INTELLIGENTE**DELLA RETE DOMESTICA

LAVATRICI, LAVASTOVIGLIE, FRIGORIFERI, POMPE DI CALORE E TANTI ALTRI ELETTRODOMESTICI RENDONO LE ABITAZIONI DEI MICROCOSMI ENERGETICI COMPLESSI DA GOVERNARE. NON PER ZHERO. GRAZIE AL SUO SOFTWARE, IL SISTEMA È IN GRADO DI GESTIRE I CONSUMI NEL MODO PIÙ INTELLIGENTE ED EFFICIENTE POSSIBILE, CIOÈ DI DECIDERE IL MOMENTO PIÙ OPPORTUNO PER CEDERE L'ENERGIA IN FUNZIONE DEL RAPPORTO TRA LA QUANTITÀ RICHIESTA E LA QUANTITÀ DIRETTAMENTE DISPONIBILE O GIÀ STOCCATA IN BATTERIA.

L'energia elettrica rimane sempre a completa disposizione di chi la deve utilizzare, ma la possibilità di una gestione automatica intelligente trasforma le abitudini più semplici nelle abitudini più virtuose. Inoltre, sempre grazie al software integrato, è possibile conoscere tutti i dati energetici necessari per pianificare a proprio piacimento le tempistiche di funzionamento degli elettrodomestici. Con Zhero la casa del futuro diventa realtà.





L'architettura passiva si sta diffondendo sempre più rapidamente e ormai rappresenta un vero e proprio standard in diversi stati. Lo stesso Parlamento europeo, con la direttiva 2010/31/UE del 19 maggio 2010, impone che "entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero", cioè costruiti secondo il modello passivo.



## L'ORA ZHERO

È venuto il momento di aprire una nuova fase dell'energia rinnovabile modificandone il paradigma modello basato sulla vendita alla rete dell'elettricità





## Square





#### I PRINCIPALI DATI TECNICI

Sistema: offgrid ma con funzionalità ongrid

N° stringhe: da 1 a 18

N° MPPT: da 1 a 3

Potenza inverter fotovoltaico con funzione offgrid: 6 kW

Output: 2 ( user e Owner grid)

Efficienza dei componenti oltre il 97%

Tipo batteria: al sale (Sonick)

Peculiarità batteria: sicura, ecologica e riciclabile al 100%, mantiene la medesima carica anche dopo anni di inattività

Capacità di stoccaggio scalabile 10 - 20 kWh

DOD: 90%

Range di temperatura -10°C/+40°C

Attesa di vita batteria: 20 anni

Garanzia: 10 anni

Certificato: CEI-021

## SCALDA ACQUA

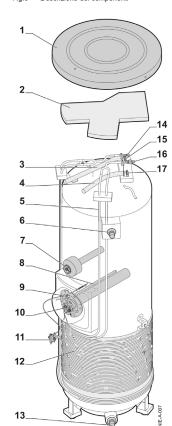
## DE DIETRICH IL COMFORT SOSTENIBILE



#### 4.3 Componenti principali

#### 4.3.1 Bollitore di acqua calda sanitaria

Fig.6 Descrizione dei componenti



- 1 Protezione superiore
- 2 Isolamento superiore
- 3 Condotto per cavi sonda
- Condotto per cavi sonda 230 V
   Tubo condensatore
- 6 Uscita acqua calda sanitaria
- 7 Anodo in magnesio
- 8 Pozzetto portasonda
- 9 Sonda temperatura
- 10 Riscaldatore ad immersione in steatite
- 11 Termostato di sicurezza
- 12 Condensatore
- 13 Ingresso acqua fredda sanitaria
- 14 Collegamento refrigerante 1/4"
- 15 Fermacavo per sonda
- 16 Collegamento refrigerante 3/8"
- 17 Fermacavo 230 V

#### 3.2 Dati tecnici

Tab.2

Modello	Unità	TWH 200 E	TWH 300 E	TWH 300 EH
Tempo di riscaldamento (15-51 °C)	ore	5	7	7
Capacità	litri	215	270	260
Peso (a vuoto)	kg	92	105	123
Liquido refrigerante R134a	kg	1,45	1,45	1,45
Refrigerante R-134a <sup>(1)</sup>	tCO <sub>2</sub> e	2,075	2,075	2,075
Potenza (pompa di calore) con temperatura dell'aria = 15 °C	W	1700	1700	1700
Uscita riscaldatore a immersione	W	2400	2400	2400
Pressione di esercizio	MPa (bar)	1,0 (10)	1.0 (10)	1,0 (10)
Tensione di alimentazione	V	230	230	230
Disgiuntore	A	16	16	16
Prestazioni con aria ambiente				
Profilo di carico	-	L	XL	XL
Potenza elettrica assorbita (pompa di calore)	W	460	470	470
COP <sup>(2)</sup>		2,73	2,93	2,68
COP <sup>(3)</sup>		3,34	3,50	3,27
Vmax <sup>(4)</sup>	litri	274	377	383
Pes <sup>(2)(5)</sup>	W	39	44	48
Prestazioni con aria esterna				
Profilo di carico	-	L	XL	XL
Potenza elettrica assorbita (pompa di calore)	W	500	500	500
COP <sup>(2)</sup>		3,16	3,11	2,9
Velocità nominale flusso aria (ΔP = 25 Pa)	m <sup>3</sup> /h	320	320	320

Zehnder ComfoAir 70	
Codice di ordinazione	100 024 07
Tensione di alimentazione	230 VAC / 24 VDC
Tensione di esercizio	24 VDC
Classe di protezione	III (bassa tensione di sicurezza)
Alloggiamento	interno dell'apparecchio: polipropilene espanso (EPP) involucro dell'apparecchio: alluminio verniciato a polvere
Unità di comando	4 livelli di ventilazione, apparecchio spento visualizzazione di stato funzionamento, cambio filtro e guasti monitoraggio tempi di utilizzo filtri con reset manuale regolazione protezione antigelo chiusura automatica dei battenti per spegnimento e interruzione di corrente
Montaggio	su parete esterna
Filtri	G3 per aria di mandata e di ripresa, opzionale F7 per aria di mandata
Ventilatori	ventilatori radiali DC
Scambiatore di calore	scambiatore entalpico in controcorrente a flusso incrociato con trasferimento di umidità
Battenti	battenti motorizzati per aria di mandata e di ripresa (a chiusura automatica)
Assorbimento max. di corrente	0,75 A
Applicazione	da - 20°C a 40°C, spegnimento apparecchio per protezione antigelo
Protezione contro il gelo	regolazione di protezione contro il gelo fino a -12 °C, poi l'apparecchio si spegne
Portata in volume	15-25-40-65 m³/h
Efficienza energetica	recupero del calore fino all'89%, recupero di umidità fino al 71%
Dimensioni e peso	
Modulo di ventilazione:	alt. 660 x largh. 440 x prof. 145 mm
Spessore parete esterna:	da min. 280 a 600 mm
Tubazione per installazione a parete:	diametro 250 mm, lunghezza 600 mm
Foro di carotaggio:	circa 280 mm di diametro
Peso	24 kg (incl. griglia parete esterna combinata e tubo di incasso a parete)



#### **DISPOSITIVO DI VENTILAZIONE**

## ZEHNDER COMFOAIR 70

always around you

Il dispositivo di ventilazione decentralizzato Zehnder ComfoAir 70 apporta aria fresca per creare benessere e un clima ambientale confortevole. Grazie alla tecnica evoluta, l'ambiente rimane costantemente fresco, viene immessa aria pulita all'interno e l'aria viziata e umida viene convogliata all'esterno in modo salutare: così non sentite mai l'esigenza di aprire la finestra. Il consumo di energia viene ridotto, perché evitando la ventilazione naturale non va disperso nemmeno il prezioso calore prodotto dal riscaldamento. Così si risparmia energia e denaro contante.

Adatto per la ristrutturazione o la nuova costruzione di appartamenti monolocali e bilocali. Il dispositivo di ventilazione decentralizzato Zehnder ComfoAir 70 viene progettato e montato con semplicità.

Per l'installazione occorrono solo un foro di carotaggio e la posa dell'alimentazione di rete a cura del cliente. Lo scambiatore entalpico di grandi dimensioni, cuore del dispositivo di ventilazione, utilizza l'energia ricavata dall'aria di ripresa. Fino a -5 °C Zehnder ComfoAir 70 funziona senza preriscaldatore e regolazione di protezione contro il gelo, risparmiando così ulteriore energia.

Non si forma condensa, si evitano i bordi gocciolanti e la facciata della casa resta pulita e asciutta.

### COIBENTE

#### ROCKWOOL

Pannello rigido in lana di roccia a media densità, rivestito su un lato con velo minerale nero, avente funzione estetica, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di facciate ventilate.

Comportamento al fuoco: il pannello, incombustibile, non contribuisce all'incendio e, se viene esposto a fiamme libere, non genera né fumo né gocce. Fixrock 033 VS aiuta a prevenire la propagazione del fuoco, aspetto essenziale in presenza di un'intercapedine ventilata.

Proprietà acustiche: la struttura a celle aperte della lana di roccia contribuisce significativamente al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti della parete in cui il pannello viene installato. Sono disponibili prove di isolamento acustico di laboratorio.

Prestazioni termiche: grazie all'ottimo valore di conducibilità [lamda= 0,033 W/(mK)] il pannello è particolarmente indicato per ottenere chiusure ad elevata resistenza termica.

Permeabilità al vapore: il pannello, grazie ad un valore di  $\mu$  pari a 1, consente di realizzare pacchetti di chiusura "traspiranti".

Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni termiche e igrometriche dell'ambiente.

Dati tecnici	Valore	Unità di misura	Norma	
Dimensioni pannelli	1000 x 600	mm	-	
Reazione al fuoco (Euroclasse)	A1	-	UNI EN 13501-1	
Conduttività termica dichiarata - $\lambda_{_{\mathrm{D}}}$	0,033	W/m·K	UNI EN 12667 UNI EN 12939	
Resistenza termica dichiarata - R <sub>D</sub>	Vedere tabella rip	Vedere tabella riportata sotto		
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo - μ	1	-	UNI EN 13162	
Calore specifico - Cp	1030	J/kg·K	UNI EN ISO 10456	
Densità - ρ	75	kg/m³	UNI EN 1602	

Spessore (mm)	60	80	100	120	140
Resistenza termica dichiarata (m²K/W) - R <sub>D</sub>	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20
	160	180			
	4,80	5,45			

L'isolante oggetto di questa scheda tecnica è prodotto nello stabilimento ROCKWOOL





Valore	Norma
A1	UNI EN 13501-1
$\lambda_D = 0.035 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
μ = 1	UNI EN 13162
$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
$\rho = 70 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602
	A1 $\lambda_{D} = 0.035 \text{ W/(mK)}$ $\mu = 1$ $C_{P} = 1030 \text{ J/(kgK)}$

Spessore e R <sub>D</sub>								
Spessore [mm]	30	40	50	60	70	80	90	100*
Resistenza termica R <sub>n</sub> [m²K/W]	0,85	1,10	1,40	1,70	2,00	2,25	2,55	2,85

Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a media densità, per l'isolamento termico e acustico di pareti divisorie e perimetrali leggere (tecnologia a secco) e massive.

Il prodotto contribuisce in modo significativo all'incremento delle prestazioni acustiche e di sicurezza in caso di incendio.

Formato 1200x600 mm.

Proprietà acustiche: la struttura a celle aperte della lana di roccia contribuisce significativamente al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti della parete in cui il pannello viene installato. Sono disponibili test acustici di laboratorio.

Comportamento al fuoco: il pannello, incombustibile, in caso di incendio non genera né fumi tossici né gocciolamento; aiuta inoltre a prevenire la propagazione del fuoco e contribuisce ad incrementare le prestazioni di resistenza al fuoco dell'elemento costruttivo in cui è installato.

Prestazioni termiche: il pannello, disponibile anche in grandi spessori (fino a 250 mm), è ideale per la realizzazione di involucri edilizi ad alta efficienza.

Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente. Pannello rigido in lana di roccia a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, rivestito su un lato da uno strato di bitume (protetto con un film di polipropilene), per l'isolamento termico e acustico di coperture piane (tetto caldo) e di pareti divisorie in laterizio.

Coperture piane: raccomandato per applicazioni in cui l'impermeabilizzazione è realizzata con membrane o guaine bituminose.

Isolamento acustico in intercapedine di pareti divisorie in laterizio: la presenza dello strato di bitume unitamente all'alta densità del pannello permette di ottenere elevate prestazioni di fonoisolamento della partizione, anche con spessori contenuti.

Formato 1200x1000 mm.

Prestazioni termiche: la combinazione di conducibilità termica ed alta densità assicura un ottimo comfort abitativo estivo e invernale.

Proprietà meccaniche: l'elevata resistenza a compressione del pannello assicura una calpestabilità ottimale, sia in fase di esecuzione delle coperture che ai fini manutentivi.

Rivestimento: lo strato di bitume funge da primer per l'applicazione a caldo delle membrane.

Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni termiche e igrometriche dell'ambiente.

Assorbimento acustico: la struttura a celle aperte della lana di roccia contribuisce significativamente al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti dei pacchetti in cui il pannello viene installato.

Dati tecnici	Valore	Norma
Classe di reazione al fuoco	F	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata	$\lambda_D = 0.038 \text{ W/(mK)}$	UNI EN 12667, 12939
Resistenza a compressione (carico distribuito)	σ <sub>10</sub> ≥ 40 kPa	UNI EN 826
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	μ = 1*	UNI EN 12086
Calore specifico	$C_P = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN 12524
Densità (doppia densità)	ρ = 135 kg/m³ circa (200/120)	UNI EN 1602

<sup>\*</sup> Valore riferito alla sola lana di roccia, senza considerare il rivestimento in bitume

#### Spessore e R

Dati tecnici			Valore						Norma
Reazione al fuoco			Euroclas	se A1			UNI EN 13501-1		
Conduttività termica dichiarata			$\lambda_D = 0.03$	7 W/(mK)			UNI EN 12667, 12939		
Resistenza a compressione (carico distribuito)			σ <sub>10</sub> ≥ 50 kPa				UNI EN 826		
Resistenza al carico puntuale			F <sub>p</sub> ≥ 600 l	N		UNI EN 12430			
Coefficiente di resistenza alla diffusi	one di vapor	e acqueo	μ = 1			UNI EN 13162			
Calore specifico			C <sub>p</sub> = 1030	J/(kgK)		UNI EN ISO 10456			
Densità (doppia densità)			ρ = 150 k	g/m³ circa (2	210/130)			UN	II EN 1602
Spessore e R <sub>D</sub>									
Spessore [mm]	60	80	100	120	130	140	160	180	200
Resistenza termica R <sub>D</sub> [m²K/W]	1,60	2,15	2,70	3,20	3,50	3,75	4,30	4,85	5,40

Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, ad elevata resistenza a compressione, calpestabile, per l'isolamento termico, acustico e la sicurezza in caso di incendio di coperture inclinate e piane (tetto caldo).

Coperture inclinate: particolarmente indicato nel caso di tetti in legno e ventilati dove apporta un significativo incremento delle prestazioni acustiche e del comfort invernale ed estivo. Coperture piane: raccomandato per applicazioni in cui l'impermeabilizzazione è realizzata con membrane sintetiche o bituminose.

Formato 1200x600 mm e 2400x600 mm.

Prestazioni termiche: la combinazione di conducibilità termica ed alta densità media assicura un ottimo comfort abitativo estivo ed invernale.

Proprietà meccaniche: l'elevata resistenza a compressione (carico puntuale e distribuito) del pannello lo rende un solido appoggio per l'orditura di supporto del manto di copertura e permette di realizzare l'isolamento con continuità (senza l'interposizione di listelli di contenimento), assicurando inoltre una calpestabilità ottimale, sia in fase di esecuzione delle coperture, che ai fini manutentivi.

Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni termiche e igrometriche dell'ambiente.

Proprietà acustiche: la struttura a celle aperte della lana di roccia contribuisce significativamente al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti della copertura su cui il pannello viene installato. Sono disponibili prove di isolamento acustico

di laboratorio.

Comportamento al fuoco: il pannello, incombustibile, se esposto a fiamme libere, non genera né fumo né gocce; aiuta inoltre a prevenire la propagazione del fuoco, caratteristica particolarmente importante in caso di tetti ventilati.

Permeabilità al vapore: il pannello, grazie ad un valore di  $\mu$  pari a 1, consente di realizzare pacchetti di chiusura "traspiranti".

## COIBENTE

## LAPE

## LAPE

Lastra stampata in EPS di ultima generazione ad alto contenuto di materiale riflettente, capace di ridurre ulteriormente le prestazioni termiche e l'assorbimento di umidità di un'analoga lastra disponibile in commercio.

Greydur Top è la lastra ideale per l'utilizzo in coperture piane o a falda e nelle applicazioni in cui si abbia necessità di un basso assorbimento di umidità.

Il valore di progetto è un valore discrezionale imposto dal progettista e può essere uguale o difforme al valore dichiarato in base alle sue considerazioni sui materiali e sull'applicazione La gamma Greypor® suggerisce e garantisce al progettista il valore da utilizzare (dove necessario) in accordo alla DIN 4108-4. In scheda tecnica si distinguono due valori per il Greypor® V.

- il valore garantito ( $\lambda G$ ): valore sotto al quale stanno tutte le misure strumentali rilevate dall'azienda e corpo di ispezione (FIW di Monaco di Baviera); il valore garantito per Greypor® V è  $\lambda G$  0,0309 W/m°K;
- il valore di progetto ( $\lambda P$ ): il valore da utile di calcolo da utilizzare ed inserire nei software; il valore viene dato direttamente dalla DIN 4108-4 in funzione del valore garantito risultante. Il valore di progetto per il Greypor° V è  $\lambda P$  0,032 W/m°K.

## Dati tecnici Greypor® V

	Caratteristiche	Unità di misura	Codifica UNI EN 13163	Requisito ETAG004 o UNI EN 13499	Greypor V	Norme di prova
z 8	Lambda garantito - $\lambda_G$	W/m°K		-	0,0309	DIN 4108-4
DIN 4108	Lambda di progetto - $\lambda_P$	W/m°K		-	0,032	DIN 4108-4
3163	Conduttività termica dichiarata $$ - $$ $$ $$ $$ $$ $$ $$	W/m°K	$\lambda_{\scriptscriptstyle D}$	≤ 0,065	0,030	EN 12667/EN 13163
Requisiti obbligatori per tutte le applicazioni secondo la EN 13163	Resistenza termica dichiarata <sup>1</sup>		R <sub>D</sub>	-		EN 12667/EN 13163
- Ob	40	mm		-	1,30	
Son	50	mm		-	1,65	
i se	60	mm		-	2,00	
zior	80	mm		-	2,65	
<u>ië</u>	100	mm		-	3,35	
арр	120	mm		-	4,00	
<u>e</u>	140	mm		-	4,65	
Ħ	Lunghezza	mm	L2	± 2	± 2	EN 822
ert	Larghezza	mm	W2	± 2	± 2	EN 822
i.	Spessore	mm	T1	± 1	± 1	EN 823
gato	Ortogonalità	mm/mm	S1	± 2/1000	± 1/1000	EN 824
jldc	Planarità	mm	P5	± 5	± 5	EN 825
isiti ol	Stabilità dimensionale in condizioni di laboratorio	%	DS(N)	± 0,2	± 0,2	EN 1603
edr	Resistenza a flessione	kPa	BS	-	≥ 200	EN 12089
	Resistenza al fuoco	Euroclasse	-	-	E	EN 13501-1
opu	Stabilità dimensionale a 70°C	%	DS(70, -)	-	≤ 1%	EN 1604
secor	Deformazione in specifiche condizioni di carico e temperatura - 20kPA/80°C/48h	%	DLT(1)	-	≤ 5	EN 1605
scifiche	Resistenza a compressione al 10% della deformazione	kPa	CS	-	≥ 150	EN 826
cazioni spe	Carico permanente limite con deformazione del 2% dopo 50 anni	kPa	CC(2/1,5/50)	-	≥ 45	EN 1606
Requisiti per applicazioni specifiche secondo la FN 13163	Resistenza a trazione perpendicolare alle facce	kPa	TR	≥ 100	NPD	EN 1607
per ap	Assorbimento d'acqua per immersione totale a 28gg	%	WL(T)	-	≤ 0,5	EN 12087
quisiti	Assorbim.to acqua per diffusione e condensazione	%	WD(V)	-	≤ 3	EN 12088
	resistenza al passaggio del vapore <sup>2</sup>	-	μ	Da dichiarare	70	EN 12086
per	Resistenza al taglio	kPa	$f_{\tau k}$	≥ 20	NPD	EN 12090
isiti	Modulo di taglio  Assorbim.to acqua limite per immersione	kPa	G <sub>m</sub>	≥ 1000	NPD	EN 12090
Requisiti per applicazione	Assorbim.to acqua limite per immersione parziale	kg/m²	W <sub>Ip</sub>	≤ 0,5	≤ 0,2	EN 1609
	Modulo elastico a compressione	kPa	E	-	6.200-9.400	EN 826
stiche	Coefficiente di dilatazione termica lineare	K <sup>-1</sup>	-	-	65 x 10 <sup>-6</sup>	
Altre caratteristiche	Massa volumica apparente	kg/m³	ρ	-	23-26	
tre car	Capacità termica specifica	J/kgK	C <sub>p</sub>	-	1.450	EN 10456
∣¥	Temperatura limite di esercizio	°C	-	-	75	
	Energia primaria di produzione	MJ/m³		-	820	

1 =per altri spessori consultare la tabella 2

2= valore medio

3=secondo ETAG004 e EN13499.





## 1. Styrodur®

Con Styrodur® BASF fa affidamento su 50 anni di esperienza nel mercato dell'XPS: già dal 1964 BASF produce questo isolante verde, che si distingue per l'elevata qualità, le sue numerose possibilità di applicazione e la sua robustezza. Gli isolamenti realizzati in Styrodur durano infatti per diverse generazioni.

Grazie all'alta resistenza a compressione, al basso assorbimento d'acqua e alla propria longevità e imputrescibilità, Styrodur è diventato il sinonimo di XPS in tutta Europa. La caratteristica principale dei vari tipi di Styrodur è la resistenza alla compressione.

Con Styrodur la spesa sostenuta per l'isolamento termico si ammortizza velocemente grazie al consumo ridotto di energia; contemporaneamente la casa ha un clima interno più salubre e le strutture sono protette da agenti esterni come il caldo, il freddo e l'umidità aumentando la durata ed il valore dell'adificio

Styrodur viene prodotto secondo i requisiti della norma europea UNI EN 13164 e, per il suo comportamento in caso di incendio, è inserito nella classe europea E secondo UNI EN 13501-1. La sua qualità viene monitorata dal F.I.W. di Monaco ed è omologata dal D.I.B.t. con il numero Z-23.15-1481.





## 2. Il tetto piano

Sia la forma del tetto che i materiali utilizzati per rivestire ed impermeabilizzare strutture piane o inclinate per i tetti hanno una notevole rilevanza architettonica, sebbene il carattere di una costruzione non sia determinato esclusivamente dagli aspetti esecutivi. Al momento di stabilire la stratigrafia e i materiali da utilizzare per realizzare un determinato tipo di tetto, oltre alla funzione dell'edificio, rivestono un ruolo fondamentale gli aspetti economici e costruttivi. Indipendentemente da requisiti specifici, sia i tetti piani che i tetti a falda sono in grado di soddisfare le esigenze fisiche e strutturali di un tetto.

Sia la disposizione a strati di un tetto a falda che le diverse varianti di strutture per tetti solo leggermente inclinate o addirittura prive di pendenza soddisfano le esigenze di isolamento termico imposte dalle norme e dai regolamenti attualmente in vigore e preservano gli edifici in modo affidabile e duraturo dall'azione degli agenti atmosferici. Il grado di «sicurezza» di un tetto non dipende dall'inclinazione del piano di drenaggio ma dalla ricchezza di informazioni di cui dispongono progettisti ed esecutori riguardo alle caratteristiche particolari della struttura in questione nonché dalle modalità di applicazione



Fig. 1: Progetto di riferimento: Styrodur<sup>®</sup> viene utilizzato come isolante nel tetto dell'acquedotto di Amburgo, nell'ambito delle misure di risanamento.

dei materiali durante la progettazione e l'esecuzione. Contrariamente al tetto caldo convenzionale, nel quale l'impermeabilizzazione del tetto si trova sempre sopra all'isolamento termico, alcuni materiali isolanti speciali come, ad esempio Styrodur® di BASF permettono di procedere anche «a rovescio» nel caso di un tetto piano. Dato che sempre più progettisti prediligono il tetto rovescio, l'azienda BASF offre con Styrodur un materiale isolante ideale per questo sistema. Questo opuscolo contiene tutte le principali istruzioni di progettazione e posa del tetto rovescio e chiarisce i vantaggi di questo tipo di struttura rispetto al convenzionale tetto caldo.

Il materiale isolante nel tetto rovescio (in tedesco abbreviato con tetto UK) è sottoposto a sollecitazioni particolarmente intense dovute all'acqua piovana, al terreno di rinverdimento o ai carichi mobili su tetti a terrazza o tetti carrabili adibiti a parcheggio. Per questa ragione deve essere inattaccabile dall'umidità e resistente alla putrescibilità. Venendo già calpestato o sottoposto al peso di mezzi leggeri (carriole) durante l'installazione e trovandosi dopo l'utimazione dei lavori direttamente al di sotto dei rivestimenti o del terreno, deve possedere un'elevata resistenza alla compressione. Inoltre, per svolgere



Fig. 2: Styrodur, grazie alla su resistenza alla compressione e alla ridotta conduttività termica, è particolarmente indicato per strutture di tetti rovesci.

la propria funzione nel tetto rovescio, occorre una capacità termoisolante ottimale e duratura.

Styrodur è un materiale da costruzione robusto e facile da lavorare che soddisfa tutti i requisiti sopra citati. Durante l'estrusione delle lastre termoisolanti sulle superfici si forma una pellicola compatta e liscia, in virtù della quale esso può essere posato indipendentemente dalle condizioni atmosferiche. I bordi delle lastre sono dotati di battentatura perimetrale che fa si che la posa allineata delle lastre non produca ponti termici.

Styrodur, grazie alle sue molteplici proprietà, è adatto a diverse applicazioni ed è disponibile in una ampia e completa gamma di tipologie. Nella **tabella 1** sono elencate le principali caratteristiche distintive dei diversi tipi di Styrodur idonei per tetti rovesci. Le più importanti sono la resistenza alla compressione e la conduttività termica. I formati disponibili per i diversi tipi di Styrodur si ricavano dalla **tabella 2**.

Per strutture di tetti rovesci, secondo la DIN 4108-2, si deve rispettare l'omologazione Z-23.4-222. Poiché nei tetti rovesci il materiale isolante è a diretto contatto con gli agenti atmosferici, può capitare che in alcune situazioni possa trovarsi in condizioni di umidità superiori a quelle previste in fase di progetto. E' opportuno che il progettista tenga conto di questa eventualità in quanto questa influenza direttamente il valore della trasmittanza termica della struttura.



In tal senso una soluzione è quella di peggiorare il valore della conduttività termica dichiarata. Un valore indicativo da poter utilizzare per i tetti rovesci si può trovare nella (tabella 3) (valore consigliato dal DIBt per questa applicazione).

Tabella 1: Parametri caratteristici dei diversi tipi di Styrodur® per il tetto rovescio							
Proprietà	Unità	Codifica secondo	Styrodur <sup>®</sup>				
Proprieta	di misura	DIN EN 13164	3035 CS	4000 CS	5000 CS	Norm	
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10%	kPa	CS(10\Y)	300	500	700	EN 826	
Resistenza a compressione dopo 50 anni con schiacciamento < 2 %	kPa	CC(2/1,5/50)		180	250	EN 1606	
Comportamento alla deformazione carico 20 kPa; 80 °C	%	DLT(1)5		≤ 5	≤ 5	EN 1605	
Comportamento alla deformazione carico 40 kPa; 70 °C	%	DLT(2)5		≤ 5	≤ 5	EN 1605	
Assorbimento d'acqua per immersione	Vol. %	WL(T)0,7		0,2	0,2	EN 12087	
Assorbimento di umidità per diffusione e condensazione*	Vol. %	WD(V)3		2 – 4	2 – 4	EN 12088	
Comportamento al gelo (300 alternanze gelo/disgelo)	Vol. %	FT2		≤ 1	≤ 1	EN 12091	

Tabella 2: Formati disponibili di Styrod	ur					
Proprietà		Unità	Styrodur <sup>®</sup>			
	di misura	di misura	3035 CS	4000 CS	5000 CS	
Finitura perimetrale						
Superficie				liscia		
Spessore	mm	T1	30/40/50/60/ 80/100/120/ 140/160/200	40/50/60 80/100/120	50/60/80/100	
Lunghezza x larghezza	mm		1.265 x 615	1.265 x 615	1.265 x 615	

Tabella 3: Va	Tabella 3: Valori di misurazione della conduttività termica per Styrodur							
Spessore (mm)	$\lambda_{D}$ [W/(m·K)]	R <sub>D</sub> (m <sup>2</sup> ·K/W)	λ [W/(m-K)]	$\lambda_{B}$				
30	0,032	0,95	0,033	-				
40	0,034	1,25	0,035	0,037				
50	0,034	1,50	0,035	0,037				
60	0,034	1,80	0,035	0,037				
80	0,036	2,30	0,037	0,039				
100	0,038	2,80	0,039	0,040				
120	0,038	3,20	0,039	0,040				
140	0,038	3,65	0,039	0,040				

λ<sub>D</sub> = conduttività termica dichiarata secondo DIN EN 13164

R<sub>D</sub> = resistenza termica dichiarata secondo DIN EN 13164

λ<sub>zul</sub> = secondo l'omologazione del DIBt Z-23.4-222 per tetto rovescio applicato a tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio, Z-23.4-222



#### 2.1 Tipi di tetto piano e definizioni

Secondo la DIN 18531 «Impermeabilizzazioni del tetto», i tetti con pendenza del gruppo I fino a 3° (5 %) e del gruppo II oltre 3° (5 %) fino a 5° (9 %) sono definiti tetti piani. La pendenza del tetto condiziona in modo rilevante il tipo e l'esecuzione dell'impermeabilizzazione. Secondo le direttive per i tetti piani dell'Associazione centrale artigiana dei carpentieri tedeschi (ZVDH), i tetti piani si dividono, in base alla loro struttura, in tetti ventilati e tetti non ventilati. Nel caso di tetto piano non ventilato tutti gli strati funzionali sono posizionati direttamente uno sull'altro. Quando questi strati sono incollati tra loro, la struttura viene denominata tetto compatto. In base al tipo di destinazione d'uso i tetti piani si suddividono in «coperture non praticabili».

Le coperture non praticabili vengono calpestate solo ai fini della manutenzione e riparazione generale. Per l'esecuzione di coperture non praticabili vale la DIN 18531 «Impermeabilizzazioni del tetto».

Le coperture praticabili sono previste come aree per il soggiorno di persone, per il passaggio carrabile o per rinverdimenti estensivi e intensivi. Secondo le direttive per i tetti piani si dividono in

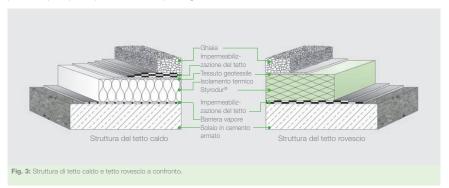
- tetti a terrazza,
- tetti adibiti a parcheggio
- tetti verdi (estensivi o intensivi).

L'esecuzione di coperture praticabili avviene secondo la DIN 18195-5 «Impermeabilizzazioni edili». Secondo le direttive per i tetti piani, nel caso di coperture non praticabili si devono utilizzare lastre di polistirene espanso rigido resistenti alla compressione e per coperture praticabili lastre di espanso rigido.

altamente resistente alla compressione. Tutti i tipi di Styrodur® idonei per tetti rovesci, secondo la tabella 1 (pagina 5), soddisfano questo requisito.

I requisiti stabiliti in base all'applicazione nell'attuale norma per il polistirene espanso rigido estruso (XPS), DIN 18164-1, per applicazioni WD per materiali isolanti resistenti alla compressione e per applicazioni WS per materiali isolanti altamente resistenti alla compressione non sono stati recepiti nella nuova norma europea armonizzata DIN EN 13164. I requisiti relativi all'applicazione dei materiali termoisolanti sono stabiliti nella DIN V 4108-10 «Isolamento termico e risparmio energetico negli edifici - Requisiti relativi all'applicazione dei materiali termoisolanti». La struttura del tetto rovescio è classificata con l'abbreviazione «DUK». I requisiti minimi richiesti sono: tolleranze di spessore, massima deformazione ammessa per compressione e sollecitazione termica definita, caratteristiche di scorrimento, assorbimento d'acqua nel test di diffusione e sollecitazione prodotta da ciclo gelo/disgelo, oltre a resistenza alla compressione o sollecitazione a compressione con schiacciamento del 10 % in tre classi di resistenza dh (minimo 300 kPa) per elevata resistenza alla compressione, ds per resistenza alla compressione molto elevata (minimo 500 kPa) e dx per resistenza alla compressione estremamente elevata (minimo 700 kPa).

A seconda della posizione dello strato isolante il tetto piano semplice e non ventilato viene definito \*tetto caldo» o \*tetto rovescio». Entrambe le varianti di tetto sono realizzabili roper coperture praticabili che per quelle non praticabili. La Fig. 3 mostra la disposizione regolare degli strati di questa struttura.





Per tetto caldo si intende un tetto semplice, non ventilato nel quale l'impermeabilizzazione resistente agli agenti atmosferici si trova sopra allo strato termoisolante.

Nel caso di tetto rovescio si distinguono tre ulteriori varianti:

- Il più diffuso è il tetto rovescio normale nel quale il sistema termoisolante è formato da uno strato di polistirene espanso rigido estruso XPS posizionato esclusivamente sopra all'impermeabilizzazione del tetto.
- Nel caso del cosiddetto «tetto-duo», su un convenzionale tetto caldo con lastre in XPS si applica un ulteriore strato isolante di Styrodur® sopra all'impermeabilizzazione del tetto. Con questo sistema costruttivo, sempre piu diffuso nei nuovi edifici, in condizioni climatiche non particolarmente severe, talvolta è possibile eliminare la barriera vapore.
- II «tetto-plus» rappresenta una soluzione costruttiva per il risanamento di tetti piani non sufficientemente termoisolati. Si utilizza, inoltre, quando si desidera combinare nella struttura del tetto i vantaggi del tetto caldo con quelli del tetto rovescio e si applica la struttura di tetto rovescio con XPS su una struttura di tetto caldo, ad esempio, con EPS o lana minerale per proteggere il tetto e per aumentare la sua durata. In questo caso viene applicato, in un secondo tempo, uno strato termoisolante di Styrodur sulla struttura presente del tetto caldo sottoposta in precedenza a un controllo per verificare la capacità funzionale dell'impermeabilizzazione.

Tutte le tre varianti sono idonee per tetto con ghiaia, tetto a terrazza, tetto verde o tetto adibito a parcheggio. Il principio del tetto rovescio non viene modificato, varia solo la disposizione strutturale. La struttura del tetto rovescio è disciplinata conformemente alla DIN 4108-2 in base ai tipi di esecuzione come tetto a ghiaia o tetto a terrazza. Solo i tipi di esecuzione come tetto verde e tetto adibito a parcheggio richiedono l'omologazione degli enti di vigilanza sulle costruzioni. Per Styrodur è stata rilasciata un'omologazione analoga del DIBt con il N. Z-23.4-222.



Fig. 4: Progetto di riferimento: in un edificio per uffici all'aeroporto di Hongkong è stato utilizzato, tra l'altro nel tetto, Styrodur<sup>®</sup>,



# 3. Vantaggi del sistema a tetto rovescio

Un tetto rovescio è costituito dettagliatamente dai seguenti strati:

- uno strato protettivo (ad esempio ghiaia),
- eventualmente un tessuto geotessile (telo in poliestere o polipropilene),
- uno strato isolante di Styrodur®,
- un'impermeabilizzazione del tetto (al contempo barriera vapore),
- eventualmente uno strato di compensazione,
- un solaio di cemento armato.

Il tetto rovescio si realizza più facilmente e rapidamente del tetto caldo convenzionale perché è composto da un numero minore di strati da posare e incollare.

Nel caso del tetto rovescio, lo strato più importante, l'impermeabilizzazione, è disposto su un fondo resistente, robusto e uniforme. Un'eccezione è costituita dal tetto-plus e dal tettoduo. Se il manto impermeabilizzante viene sottoposto a sollecitazioni meccaniche queste possono influire direttamente sulla sua superficie. A causa di ciò talvolta l'impermeabilizzazione può «incurvarsi» nei punti di giunzione con possibile formazione di crepe. Nel caso di uno strato isolante come fondo di posa, invece, non possono formarsi giunti tra le singole lastre isolanti.

Un altro vantaggio del tetto rovescio è dato dal fatto che l'impermeabilizzazione del tetto aderisce con tutta la superficie al solaio pieno in calcestruzzo, ed in tal caso le perdite in caso di danni possono essere localizzate con facilità. L'acqua sul lato interno esce direttamente nel punto in cui l'impermeabilizzazione è danneggiata. Diverso è il caso del tetto caldo convenzionale: se qui filtra acqua attraverso il manto impermeabilizzate, il danno causato dall'acqua risulta evidente nella parte interna, ma spesso a notevole distanza dal vero punto danneggiato dell'impermeabilizzazione.

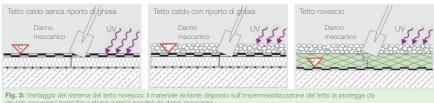
Inoltre, nel caso del tetto caldo non si deve confinare l'umidità tra la barriera vapore e l'impermeabilizzazione del tetto, cosa non sempre realizzabile nella pratica. Per il tetto caldo è necessario provvedere affinché i materiali termoisolanti siano stoccati in cantiere sempre protetti dall'umidità e le lastre già posate siano coperte. Sostanzialmente le lastre isolanti non devono essere posate in caso di pioggia o nebbia, altrimenti l'umidità che si forma sotto l'impermeabilizzazione del tetto produce bolle di vapore. Invece, nel caso di tetto rovescio lo strato termoisolante può essere posato anche con la pioggia. L'acqua piovana presente sull'impermeabilizzazione può essere eliminata attraverso io strato termoisolante in Styrodur o può evaporare nell'aria esterna attraverso i ciunti delle lastre isolanti.

L'impermeabilizzazione del tetto rovescio dovrebbe avere uno spessore d'aria equivalente alla diffusione del vapore acqueo di almeno 100 m (s<sub>a</sub>=100 m). Questo da un lato riduce chiaramente il flusso di diffusione del vapore acqueo che può muoversi attraverso la struttura del tetto e, dall'altro, impedisce che durante i caldi mesi estivi, con l'inversione del senso di diffusione, l'umidità possa raggiungere l'interno dell'edificio.

Dato che l'impermeabilizzazione nel caso di tetto rovescio si trova sotto allo strato termoisolante e agli strati funzionali superiori (ad esempio strato di ghiaia o rivestimento), questa è sempre protetta dai raggi UV. Nel caso di tetto caldo, in base alla diversa disposizione degli strati, può accadere che l'impermeabilizzazione del tetto sia esposta ai raggi UV diretti del sole. Questa situazione può comportare danni sia nel caso di impermeabilizzazioni bituminose che di impermeabilizzazioni in materiale sintetico.

Nel caso di tetto rovescio anche le escursioni termiche registrate sull'impermeabilizzazione del tetto sono essenzialmente ridotte. Nel caso di tetto caldo convenzionale l'escursione termica annuale sulla copertura del tetto può raggiungere i 70-80 °C. Invece, nel tetto rovescio l'escursione termica annuale è di circa 12 K, con temperatura interna sotto al tetto di circa 15-20 °C.





elevate escursioni termiche e shock termici nonché da danni meccanici.

Nella fig. 5 è rappresentata la sollecitazione termica giornaliera a cui è soggetta l'impermeabilizzazione nel caso di tetto caldo convenzionale senza e con strato di ghiaia rispetto al tetto rovescio. Nel tetto caldo le temperature registrate sull'impermeabilizzazione in estate possono superare i 70°C. Nel tetto rovescio, in cui l'impermeabilizzazione è protetta da uno strato termoisolante, la temperatura rimane quasi costante. Gli shock termici, come durante le grandinate estive, nel caso di tetto rovescio non danneggiano l'impermeabilizzazione.

Nel caso di tetto caldo convenzionale, inoltre, l'impermeabilizzazione viene esposta a continue aggressioni meccaniche. I danni spesso insorgono già durante la fase di costruzione a causa dei lavori sul tetto, al deposito di materiali da costruzione, a oggetti che cadono e ad altri fattori. Nel caso di tetto rovescio lo strato isolante elastico protegge l'impermeabilizzazione da danni meccanici, al contempo svolge la funzione dello strato protettivo richiesto sulle impermeabilizzazioni secondo la DIN 18195-10.

#### 3.1 Vantaggi di Styrodur® nei tetti rovesci

Styrodur® è utilizzato già dalla fine degli anni '70 nei tetti rovesci e dal 1978 è omologato dagli enti di vigilanza sulle costruzioni. Prelievi di campioni da tetti rovesci in opera hanno dimostrato che Styrodur mantiene quasi inalterate le sue proprietà fisiche e meccaniche, elencate di seguito, per lunghissimo tempo (Fig. 6).



Fig. 6: Prelievo di campioni da un tetto rovescio verde di





Resistenza all'acqua: l'assorbimento d'acqua delle lastre è straordinariamente ridotto grazie alla struttura espansa a celle chiuse e alla pelle di estrusione presente sui due lati. Il tenore di umidità delle lastre di Styrodur®, inserite per diversi anni in coperture di ghiaia, ammontava a circa 0,1% di vol., un valore che in pratica non pregiudica in alcun modo la capacità termoisolante del materiale.

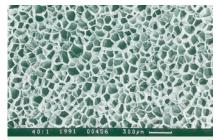


Fig. 8: L'assorbimento dell'acqua di Styrodur® è estremamente ridotto grazie alla struttura espansa a celle chiuse

Alta resistenza: Styrodur, grazie alle sue caratteristiche di resistenza è il materiale isolante ideale per tetti rovesci. Per materiali isolanti sottoposti a carichi particolarmente intensi, ad esempio nel caso di tetti adibiti a parcheggio, si raccomandano i tipi di Styrodur 4000 CS e 5000 CS straordinariamente resistenti alla compressione.

#### Classificazione di protezione antincendio:

Styrodur per la reazione al fuoco rientra nell'Euroclasse E secondo la DIN EN 13501-1 (Reazione al fuoco dei materiali da costruzione). L'omologazione degli enti di vigilanza sulla costruzioni è Z-23.15-1481.

Stabilità dimensionale: il procedimento di estrusione e lo stoccaggio controllato prima della consegna garantiscono un'elevata stabilità dimensionale. Il materiale è dimensionalmente stabile a compressione e sollecitazione termica, definite secondo la DIN EN 13164.

Ponti termici: nel caso di posa delle lastre di Styrodur con battentatura perimetrale, tra le lastre allineate non si formano ponti termici.

Lavorazione: per la lavorazione dello Styrodur si possono utilizzare macchine e attrezzi comuni per la lavorazione del legno. Raccordi o elementi emergenti si possono realizzare senza particolari problemi. Il taglio permette di ottenere bordi netti: le superfici di taglio non si sgretolano.

La realizzazione di un tetto piano secondo il principio del tetto rovescio deriva in sostanza dall'esigenza di proteggere l'impermeabilizzazione del tetto da azioni statiche, dinamiche e termiche. Questo requisito è prescritto come obbligatorio anche dalla DIN 18195-10. Inoltre, la norma segnala che gli strati protettivi possono essere contemporaneamente strati praticabili della costruzione. Nel tetto rovescio lo strato praticabile «isolamento termico» è anche lo strato protettivo per l'impermeabilizzazione del tetto.

#### Styrodur

- grazie al suo elevato modulo di elasticità può svolgere funzioni statiche e assorbire uniformemente i carichi risultanti;
- la sua struttura elastica ma al contempo rigida è in grado di separare dinamicamente la sovrastruttura e il rivestimento praticabile dal sottofondo con struttura portante e impermeabilizzazione del tetto:
- permette di risparmiare energia per il riscaldamento (in inverno) o il raffreddamento (in estate) e protegge l'edificio dagli intensi effetti climatici.

Queste proprietà di Styrodur spingono il progettista ad applicare il principio del tetto rovescio nel caso di strutture a tetto piano praticabili e soggette a notevoli sollecitazioni.



## 4. Istruzioni per l'uso

#### 4.1 Sottostruttura

Il sistema termoisolante del tetto rovescio può essere utilizzato per tetti piani semplici (non ventilati) sia nel caso di sottostrutture pesanti che leggere, sempre che siano rispettate le seguenti condizioni:

- Le sottostrutture pesanti, come solai pieni, devono presentare un peso superficiale di almeno 250 kg/m². Le sottostrutture leggere, il cui peso superficiale è inferiore a 250 kg/m², devono presentare una resistenza termica di ≥ 0,15 m² K/W.
- L'elevato peso superficiale e la resistenza termica minima prescritta della sottostruttura devono impedire che, in caso di piogge fredde, la parte inferiore della copertura si raffreddi così intensamente da causare la formazione di condensa.

Le superfici sulle quali si devono posare le impermeabilizzazioni del tetto devono essere pullte e prive di corpi estranei. I solati in calcestruzzo, inclusi eventuali stratti in pendenza, devono essere sufficientemente induriti e asciutti in superficie. Si devono rispettare le tolleranze stabilite in materia di costruzioni dalla DIN 18202 «Tolleranze dimensionali nell'edilizia» e le «Direttive per tetti piani» in vigore.

I tetti rovesci realizzati con Styrodur® non necessitano di pendenze. Sulle superfici del tetto prive di pendenze dopo le precipitazioni rimane un po' d'acqua che non pregiudica la funzionalità del tetto rovescio, sempre che le lastre isolanti non restino sommerse permanentemente.

#### 4.2 Impermeabilizzazione del tetto

Per tetti rovesci con una pendenza superiore al 2% sono idonei tutti i normali materiali impermeabilizzanti:

- manti bituminosi per tetto,
- manti bituminosi modificati con materiale sintetico,
- manti di materiale sintetico e
- membrane di alti polimeri.

I tetti rovesci con una pendenza minore del 2 % corrispondono a costruzioni speciali e richiedono misure preventive particolari per ridurre i rischi collegati all'acqua stagnante. Per questa ragione, ad esempio, nel caso di impermeabilizzazioni bituminose si devono applicare sotto allo strato superiore formato da manti bituminosi polimerici o un altro strato bituminoso polimerico o due strati bituminoso. Se l'impermeabilizzazione del tetto è formata da manti in materiale

sintetico, è necessario scegliere strati più spessi. Si consiglia in ogni caso di consultare le disposizioni per la lavorazione redatte dal produttore e le direttive per tetti piani in vigore.

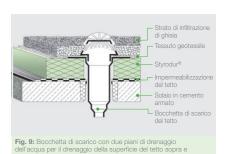
#### Avvertenza

Le impermeabilizzazioni a base di catrame o a base di sostanze contenenti solventi non sono idonee per tel rovesci con Stvrodur.

#### 4.3 Drenaggio del tetto

Dato che il sistema implica una copertura del tetto disposta sotto allo strato isolante, il deflusso dell'acqua avviene sopra e sotto alle lastre isolanti. Per questa ragione è necessaria una bocchetta di scarico del tetto con due piani di drenaggio (Fig. 9). Le condizioni per l'inserimento a regola d'arte delle bocchette di scarico del tetto devono essere specificate già in fase di progettazione. Si deve evitare che le lastre di Styrodur, in seguitto all'installazione ad un'altezza eccessiva delle bocchette di scarico restino permanentemente sommerse dall'acqua. In base alla destinazione d'uso, per i tetti rovesci sono necessarie le bocchette di scarico, il cui diametro è indicato nella tabella 4 per m² d superficie del tetto.

Tabella 4: Diametri destinazione d'uso			se alla				
Diametro tubo Superficie tetto in m² per i diversi tipi di tetto							
DN in mm	Tetto piano < 15°	Tetto a ghiaia	Tetto verde				
70	70	115	190				
100	190	300	500				
105	340	550	900				





#### 4.4 Strato termoisolante

Per evitare la formazione di ponti termici, per il tetto rovescio si consiglial l'utilizzo di lastre di Styrodur<sup>®</sup> con battentatura perimetrale. Devono essere posate in un unico strato, ben accostate, allineate a giunti sfalisati (nessun giunto incrociato). Per la giunzione di velette o di elementi in muratura verticali le lastre di Styrodur, nel caso di impermeabilizzazioni bituminose, si devono adattare al pannello triangolare isolante inserito.

Questo consente una posa del materiale isolante priva di ponti termici. Dato che le lastre isolanti non sono accoppiate all'impermeabilizzazione del tetto, strato isolante e impermeabilizzazione non si condizionano nel caso di variazioni termiche longitudinali.

L'esperienza pratica ha dimostrato che lo strato isolante deve essere posato in un unico strato. Nel caso di posa a due strati, tra le lastre isolanti si può formare una lamina d'acqua che agisce da barriera vapore. La fuoriuscita del flusso di vapore acqueo dalla lastra inferiore verrebbe ostacolata con consequente aumento dell'umidità nel materiale isolante.

In casi particolari è possibile procedere all'incollaggio a punti delle lastre di Styrodur sull'impermeabilizzazione. Nel caso di impermeabilizzazione bituminosa questo si realizza, ad esempio, con bitume soffiato B25/85 o con conglomerati bituminosi a freddo.

Lo strato isolante composto dalle lastre di Styrodur è calpestabile e carrabile. Per il trasporto su superfici isolate sono adatte carriole con pneumatici. Le lastre isolanti di Styrodur non sono resistenti a solventi o a sostanze contenenti solventi. Le lastre di Styrodur possono essere conservate per alcune settimane all'aperto senza alcuna protezione contro gli agenti atmosferici perché pioggia, neve e gelo non possono danneggiare lo Styrodur. Ove fosse prevista una conservazione più lunga in loco, le lastre di Styrodur devono essere coperte con teli di plastica di colore chiaro opaco per proteggerle dai raggi solari. I teli trasparenti o di colore scuro non sono idonei perché sotto a questo tipo di coperture possono insorgere temperature elevate.

#### 4.5 Strato protettivo

Nel caso della struttura del tetto rovescio, come già descritto, l'isolamento termico in Styrodur si trova sempre sopra all'impermeabilizzazione del tetto. Il materiale isolante viene quindi esposto tutto l'anno all'azione diretta degli agenti atmosferici. Le catene polimeriche dell'espanso rigido a cellule chiuse non sono permanentemente resistenti ai raggi UV. Per questa ragione nel caso di tetto rovescio è sempre necessario uno strato protettivo sopra al materiale isolante. Lo strato protettivo ha quattro funzioni:

- la protezione delle lastre isolanti dai raggi UV diretti,
- la protezione della struttura stratiforme del tetto dal sollevamento dovuto alla forza aspirante del vento,
- la resistenza all'incendio causato da scintille e calore irradiato (copertura rigida) e
- la protezione delle lastre isolanti dal galleggiamento.

Lo strato protettivo di norma è costituito da ghiaia Tuttavia, può al contempo corrispondere anche allo strato praticabile se svolge la funzione di rinverdimento del tetto, rivestimento della terrazza e sistema per tetto adibito a parcheggio. Lo strato protettivo in base alla destinazione d'uso è costituito da materiali diversi



Fig. 10: Bocchetta di scarico del tetto



Fig. 11: Tetto rovescio con riporto di ghiaia.

#### Avvertenz

Se Styrodur viene utilizzato sotto ad impermeabilizzazioni come, ad esempio, manti per tetto, teli o tappeti protettivi, con le temperature estive a causa dell'assorbimento delle radiazioni solari possono avere luogo surriscaldamenti in grado di deformare le lastre di Styrodur. Per guesta ragione si deve applicare con cura lo strato protettivo secondo quanto disposto dalle direttive per tetti pian

# Varianti di esecuzione

Tabella 8: Spessori regolari degli strati e carichi s	uperficiali dei diversi t	tipi di vegetazione			
Tipi di vegetazione	Spessore dello strato vegetativo in cm		nplessivo della erdimento in cm Con materiale sciolto da 4 cm*	Carico ip	kN/m²
Rinverdimento estensivo, ridotti interventi e spese di manutenzione, senza irrigazione aggiuntiva					
Rinverdimento con muschio e sedum	2 – 5	4 – 7	6 – 9	10	0,10
Rinverdimento con sedum, muschio, erbe aromatiche	5 – 8	7 – 10	9 – 12	10	
Rinverdimento con sedum, graminacee, erbe aromatiche	8 – 12	10 – 14	12 – 16	10	
Rinverdimento con graminacee, erbe aromatiche (prato asciutto)	≥ 15	≥ 17	≥ 19	10	
Rinverdimento estensivo semplice, media entità di interventi e spese di manutenzione, irrigazione periodica					
Rinverdimento con graminacee, erbe aromatiche (tetto erboso, prato magro)	≥ 8	≥ 10	≥ 12	15	0,15
Rinverdimento con piante selvatiche, boschetto	≥ 8	≥ 10	≥ 12	10	0,10
Rinverdimento con piante erbacee, boschetto	≥10	≥ 12	≥ 14	15	0,15
Rinverdimento con boschetto	≥ 15	≥ 17	≥ 19	20	0,20
Rinverdimento intensivo complesso, notevoli interventi e spese di manutenzione, irrigazione regolare		Spessore dello strato drenante in cm	Spessore totale della struttura in cm		
Prato inglese	≥ 8	≥ 2	≥ 10	5	0,05
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto bassi	≥ 8	≥ 2	≥ 10	10	
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto di media altezza	≥ 15	≥10	≥ 25	20	
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto alti	≥ 25	≥10	≥ 35	30	
Piantagioni di arbusti	≥ 35	≥ 15	≥ 50	40	0,40
Piantagioni di alberi	≥ 65	≥ 35	≥ 100	≥ 60	≥ 0,60

\* Per pendenza del tetto del 2 - 3 %; a partire da una pendenza del tetto del 3 % lo spessore dello strato può essere ridotto a 3 cm

Per tutti gli edifici, anche le case a schiera, le pareti perimetrali, i muri tagliafuoco o le pareti ammesse al posto dei muri tagliafuoco a distanze di massimo quaranta metri devono portare il substrato ad almeno trenta centimetri sopra il bordo superiore (Fig. 37).

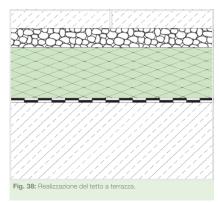


Fig. 36: Strisce di ghiaia sul bordo del tetto e su elementi emergenti

# Varianti di esecuzione



#### 5.5 Tetto a terrazza



Nel caso di tetto a terrazza impermeabilizzazione ed isolamento termico vengono applicati come per il tetto rovescio rinverdito o a ghiaia. Completa l'opera un rivestimento per terrazze stabile e sicuro formato da lastre di calcestruzzo lavato, mattonelle di ceramica prefabbricate, lastricati o strutture grigliate che vengono posati

o su pietrisco o su supporti di rialzo. In questo modo tra l'isolamento termico e il rivestimento calpestabile si crea uno strato di stabilizzazione permeabile alla diffusione che garantisce la fuoriuscita senza problemi del vapore acqueo dal materiale isolante.

Se il rivestimento viene posato su un letto di pietrisco, è necessario proteggere le lastre termoisolanti di Styrodur con un telo protettivo per l'irrigazione a scorrimento, affinché nessuna frazione di pietrisco possa finire nei giunti delle lastre e sotto alle lastre. Il geotessile è costituito da fibre di polipropilene o poliestere. Per il tetto rovescio sono adatti teli in tessuto non tessuto filtrante stabile e permeabile alla diffusione con un peso superficiale di circa 140 g/m².

I fogli di PE non sono idonei perché non permeabili alla diffusione. Sul tessuto geotessile si trova uno strato di materiale di riporto spesso tre centimetri composto da pietrisco o ghiaia fine resistente al gelo, granulometria da 3 a 8 mm, sul quale viene posato il rivestimento calpestabile (Fig. 38 e 39).



Fig. 39: Struttura di un tetto rovescio a terrazza con lastre in calcestruzzo su letto di pietrisco.

24





#### Styrodur 2500 C

Styrodur 2500 C II pannello isolante leggero con superficie liscia e bordi lisci, per applicazioni con normali esigenze di resistenza alla compressione.

#### Styrodur 2500 CN

Il pannello isolante con superficie goffrata e bordi lisci, per applicazioni in combinazione con calcestruzzo, intonaco e altri rivestimenti.

#### Styrodur 3035 CS

■ Il pannello isolante tuttofare con superficie liscia e finitura perimetrale battentata, per quasi tutte le applicazioni in edilizia soprassuolo e sottosuolo.

#### Styrodur 3035 CNE

■ Il pannello isolante lungo con superficie liscia e finitura perimetrale a incastro maschio-femmina, per una posa rapida senza ponti termici.

#### Styrodur 4000/5000 CS

Il pannello isolante altamente resistente alla compressione, con superficie liscia e finitura perimetrale battentata, per applicazioni soggette a carichi elevati.



Le informazioni contenute in questa brochure si basano sulle conoscenze acquisite ed esperienze maturate fino ad oggi e si riferiscono esclusivamente al nostro prodotto e alle sue caratteristiche al momento della stampa della brochure stessa. Le presenti informazioni non forniscono alcuna garanzia ai fini giuridici, né stabiliscono la qualità del prodotto concordata in sede contrattuale. Durante l'applicazione vanno sempre prese in considerazione le condizioni specifiche di utilizzo, in particolare da un punto di vista fisico, tecnico e giuridico. Tutti i disegni tecnici sono esempi che rappresentano un principio e che vanno adattati al caso specifico.

SF SE		Distributore unico per l'Italia:	
marchio depositato di BASF	BASF Italia srl	LAPE HD srl	
	Via Montesanto 46 42021 Bibbiano (RE) Italia	Zona Industriale Terrafino Via Giuseppe Di Vittorio 2–4 I-50053 Empoli (FI)	
Styrodur <sup>®</sup> =	www.styrodur.it styrodur@basf.com	www.lape.it info@lape.it	Consultare la nostra homepage per trovare il distributore più vicino.





# Scheda tecnica di prodotto: **Polistar® Diamante EPS 100** cod. **3110** rev. 04 2011

Scheda tecnica materiale Polistar® a norma UNI – EN 13163 Le caratteristiche riportate in seguito rispettano i requisiti della tabella 1 della EN 13499 ETICS – CAPPOTTO -

Classe EPS IIP ETICS		Simboli	Unità di Misura	100 Diamante CE cod. 3110	Normativa
Conducibilità Termica		λD	W/(m·K)	0,031	EN 12667
Tolleranza Larghezza		W <sub>2</sub>	mm	± 2	EN 822
Tolleranza Lunghezza		L2	mm	± 2	EN 822
Tolleranza Spessore		T <sub>2</sub>	mm	± 1	EN 823
Ortogonalità		S <sub>2</sub>	mm/mm	± 2/1000	EN 824
Planarità		P4	mm	± 5	EN 825
Stabilità dimensionale in condizione normali		DS(N)	%	± 0,2	EN 1603
Resistenza a Compressione al 10% di deformazi	one	CS(10/Y)	KPa	≥ 100	EN 826
Fattore di resistenza alla diffusione del Vapore a	icqueo	μ	-	30-70	EN 12086
Reazione al fuoco		-	Euroclasse	E	EN 13501-1
Densità		ρ	Kg/m³	19 ± 1	EN 1602
Resistenza Termica		RD	(m²-K)/W		EN 12667
	40 mm			1,25	
	50 mm			1,60	
	6o mm			1,90	
	70 mm			2,25	
	8o mm			2,55	
	90 mm			2,90	
	100 mm			3,20	
	120 mm			3,85	
	140 mm			4,50	
	150 mm			4,80	
	160 mm			5,15	
	180 mm			5,80	
	200 mm			6,45	
Resistenza a flessione		BS	KPa	≥ 150	EN 12089
Resistenza a trazione perpendicolare alle facce		TR	KPa	≥ 100	EN 1607
Assorbimento d'acqua a seguito di immersione		WL(T)	%	≤ 2	EN 12087
Permeabilità al vapore d'acqua		δ	mg/(Pa·h·m)	0,010-0,024	EN 12087
Assorbimento d'acqua per immersione parziale Capacità termica specifica		WIp	Kg/m²	≤0,5	EN 12087
		С	J/(Kg·K)	1260	UNI EN 12524
Coefficiente di dilatazione termica lineare		K_1	-	65·10 <sup>-6</sup>	-

Le indicazioni sopra riportate non costituiscono alcuna garanzia di ordine giuridio



Emilia: Sede legale e stabilimento Via San Vitale, 15 43038 Sala Baganza PR tel.: +39.0521.833694 fax: +39.0521.834894 info@polisette.it Lombardia: stabilimento
Loc. Melotta
26014 Casaletto di Sopra CR
tel:.+39.0373.729282
fax: +39.0373.729282
info@polisette.it

www.polisette.it Reg. Imprese di Parma Capitale sociale € 100.000,00 R.e.a. di Parma n° 179642 C.Fisc. - P.Iva 01802650349



La sede igus® a Colonia - R&S, produzione, vendita e supporto tecnico in un'unica sede

















## the-chain... Semplicemente energia in movimento. Per ogni esigenza.

Per ogni applicazione e per ogni tipologia di movimento, in tutti i settori industriali: igus<sup>®</sup> the-chain pronto per l'installazione in pochi giorni - igus® the-chain segue il vostro processo produttivo. thechain combina un'ampia scelta, sempre in crescita, di componenti per il trasporto dell'energia in

giorno. Molti di voi ne hanno però bisogno solo poche varianti o addirittura una sola. Alla igus® puntiamo a ridurre la complessità nella scelta dei prodotti a un livello finora sconosciuto. the-chain significa





#### Disponibile a magazzino.

Spedizione in 24 ore o in giornata! tempo per l'affidamento della merce al corriere



#### Nessun minimo d'ordine!

La igus® non ha nessun minimo d'ordine. Ordini anche online su >www.igus.it



Su richiesta possiamo fornire un certificato di garanzia specifico per la vostra applicazione



#### Ordini e servizio tecnico

Dal Lunedì al Venerdì dalle 8:00 alle 18:00 e il sabato dalle 8:00 alle 12:00



Tel. +39 - 039 - 59 06 -1 Tel. +39 - 039 - 59 06 -222



#### Onlineshop ▶www.igus.it

Potete trovare gli strumenti per la scelta rapida, configuratori online, file 3D CAD e molto altro

plastics for longer life® - incrementate la durata delle vostre macchine con i sistemi per catene portacavi igus®

Riduzione della manutenzione, dei costi ed aumento della durata, componenti pronti a magazzino e disponibili in tempi ridotti - questi sono i punti fondamentali e l'obiettivo per tutti i prodotti e i sistemi per catene portacavi igus®. In guesto catalogo troverete oltre 100.000 prodotti disponibili a magazzino. Aspettiamo una vostra telefonata o un'email.

igus® italia - supporto tecnico, vendita e personalizzazioni dal lunedì al venerdì dalle 8:00 alle 1800 e il sabato dalle 8:00 alle 12:00 Tel. +39 - 039 - 59 06 -1 Senza quantitativo minimo, 100.000 prodotti disponibili a magazzino.

igus® è certificata DIN EN ISO 9001:2008 e ISO/TS 16949:2009 per il settore dei sistemi per catene portacavi, cavi e assemblaggio, nonché per il settore dei cuscinetti in tecnopolimero.

© igus® GmbH - 07/2015

24h/100.000 DIN EN ISO 9001:2008 ISO/TS 16949:2009

## the-chain progettazione dei sistemi igus®

I sistemi per catene portacavi sono il "cordone ombelicale" delle macchine moderne, sono infatti sempre in movimento per assicurare il trasporto di energia e dati. Dal 1971 la igus® sviluppa, produce e testa sistemi per catene portacavi in plastica. Il ns. know-how è cresciuto e si è sviluppato grazie alla collaborazione con i nostri clienti ed ha portato alla realizzazione di numerose serie di prodotti

## Sistemi per catene portacavi igus<sup>®</sup> per il successo della vostra applicazione:

- Serie diverse per le più varie applicazioni
- Per cavi di potenza, di comando, per trasmissione dati, così come per tubi pneumatici e oleodinamici e per molto altro...
- Per applicazioni con alti carichi o per esigenze di elevata durata
- O Per ambienti di lavoro gravosi
- Per esigenze di riduzioni d'ingombri
- In applicazioni con velocità ed accelerazioni elevate
- Per un montaggio semplificato e modulare e per un rapido inserimento dei cavi

## Risparmiate tempo e denaro con i sistemi per catene portacavi igus®!

Per farvi raggiungere questo obiettivo la igus® investe su:

- Prodotti innovativi e facili da montare
- Rapidità di consegna magazzino fornito per rispondere alle vostre richieste di consegna
- Ampia gamma il prodotto più indicato per ogni singola applicazione
- Soluzioni personalizzate catene, cavi e preassemblaggio per sistemi "chiavi in mano"
- Rapidità nella progettazione e consulenza grazie alla rete di vendita presente in tutto il mondo



Video online

►www.igus.it/automated



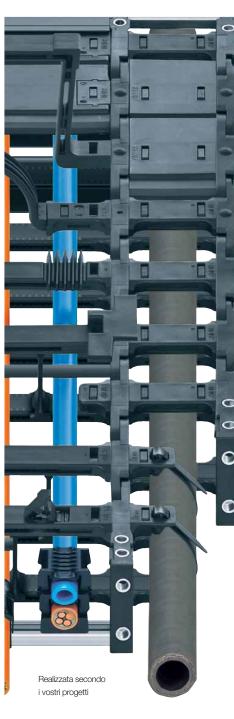








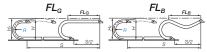
Molte serie di catene hanno ottenuto certificazioni o premi internazionali. Interpellateci in merito 0



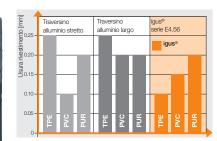




La separazione interna aumenta la durata di vita dei cavi e degli altri condotti in catena portacavi. Maggiori informazioni sulla disposizione di cavi e tubi ▶da pagina 126



Elevate lunghezze autoportanti. Suggerimenti, calcoli e schemi di carico ▶da pagina 106



Durata di vita dei cavi - riduzione dell'usura dei cavi con i componenti igus®



Test in corso nel laboratorio igus®

4

# Cavi chainflex® - soddisfatti o rimborsati.

Il cliente si aspetta che un sistema per la trasmissione di energia funzioni regolarmente senza generare problemi e noie all'impianto. Questo avviene a patto che tutti i componenti ed i conduttori garantiscano l'affidabilità totale nel tempo. Questo aconstatazione ha spinto la igus® ad allargare i propri orizzonti ed ampliare l'offerta al cliente: anziché sulla "semplice" catena portacavi, ha cominciato a lavorare sul sistema completo comprendente i cavi speciali per posa mobile e gli altri accessori.

#### 7 accorgimenti per realizzare un cavo di qualità: 1. Anima di rinforzo

Cordando i conduttori di un cavo, al centro si for ma un interstizio, più o meno grande a seconda del numero e della sezione dei conduttori. Come materiale di riempimento vengono spesso utiliz zati fili di scarto - viceversa è opportuno collocarv una robusta anima di rinforzo che costituisca ur sostegno per la cordatura e conferisca resistenza mescanica all'intoro cavo.

#### 2. Struttura dei trefoli

L'esigenza di realizzare cavi estremamente flessibili porterebbe istintivamente ad impiegare fili molto fini, sennonché c'è poi il rischio che, sottoposti a continui cicli di flessione, si deformino. Per le migliori performance e la massima affidabilità nel tempo è necessario individuare il giusto compromesso tra sezione dei trefoli, passo di cordatura e inclinazione dell'avvolgimento - obiettivo raggiunto effettuando numerosi e complessi test di laboratorio e prove in macchina.

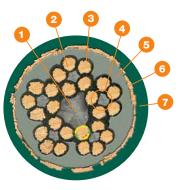
#### 3. Isolamento dei conduttori

Per l'isolamento dei conduttori e importante scegliere materiali che evitino l'effetto di incollaggio e, allo stesso tempo, facciano durare nel tempo la cordatura dei trefoli. A questo scopo anche i singoli conduttori vengono isolati con una guaina in PVC o TPE estruso ad alta pressione, la cuta idoneità all'impiego in catena portacavi è stata provata per milioni di cicli e chilometri percorsi



Esempio di cavo da posa mobile convenzionale (foto a sinistra) e igus® chainflex® - 7 accorgimenti per un cavo di qualità (foto a destra)





#### 4. Cordatura

Il passo di cordatura deve essere appropriato alle esigenze di un impiego in catena portacavi. Per durare nel tempo, i conduttori vanno cordati sopra un'anima di rinforzo resistente alla trazione, non devono potersi svolgere ma devono mantenere un grado di libertà in direzione longitudinale. Per cavi con più di 11 conduttori è opportuno provvedere ad una cordatura a fasci.

#### 5. Rivestimento intermedio (cavi schermati)

Anziché una sottile garza, sopra la cordatura è opportuno applicare un vero e proprio rivestimento estruso ad alta pressione. I conduttori, guidati perfettamente in direzione trasversale, mantengono invece un grado di libertà sulla lunghezza. Si evita inoltre che la cordatura possa allentarsi o svolgersi nel tempo.

#### 6. Schermatura

Per durare nel tempo, la schermatura integrale deve essere ben tesa e realizzata con un angolo di inclinazione adeguato. Trecce rade o, addirittura, semplici avvolgimenti offrono un isolamento elettromagnetico ridotto e sono esposti a deterioramento precoce dovuto a rottura dei fili. Una schermatura robusta costituisce inoltre una protezione antitorsione per l'intero cavo.

#### 7. Rivestimento esterno

Il rivestimento di un cavo deve soddisfare numerose esigenze: oltre che all'abrasione, deve resistere ai raggi ultravioletti, al freddo, all'olio e ad altri agenti aggressivi. Deve essere flessibile e robusto allo stesso tempo, non deve creare adesioni con altri cavi/tubi in catena e, al fine di sostenere lo strato sottostante, viene prodotto per estrusione ad elevata pressione, affinché non rimangano interstizi liberi. In ultima analisi, deve anche essere economicamente conveniente.

QuickPin 2.0 - configurazione online dei connettori ▶ pagina 23

Specifico per i cavi per posa mobile richiedete la vostre copia catalogo chainflex®

►www.igus.it/chainflex oppure Tel. +39 - 039 - 59 06 1





Non dovete immagazzinare cavi, catene, connettori - con readychain® arriva esattamente ciò che serve al momento giusto.

## Riduzione dei tempi di approntamento della vostra macchina

Grazie a un magazzino fornito ed una logistica flessibile, la igus® evade con puntualità e rapidità oni vostro ordine.

## Più flessibilità per fronteggiare le fluttuazioni di mercato

Con le readychain® siete in grado di fronteggiare le cicliche fluttuazioni di mercato. Decentrando le operazioni di premontaggio evitate di appesantire la vostra struttura.

## Riduzione del numero di fornitori e del numero di ordini di circa il 75%

Un ordine una consegna un unico fornitore. Non preoccupatevi di reperire i componenti: il sistema igus<sup>®</sup> dimensionato ed assemblato arriva pronto per l'installazione

#### Minimizzate i tempi morti

Piccoli particolari possono causare grandi pro blemi. L'approvvigionamento e il montaggio del le numerose singole parti origina spesso ritarc ed errori. Tutto ciò viene evitato con il sistema readychain®. Ogni preassemblato è testato ne ns. laboratorio. igus® è certificata DIN EN ISC 9001:2008 e ISO/TS 16949:2009 per il settore dei sistemi per catene portacavi, cavi e assem blaggio, nonché per il settore dei cuscinetti in tecnopolimero.





#### readychain® "basic"

Preassemblaggio "semplice" - catena con i soli cavi chainflex® posati secondo le vostre esigenze.



Spedizione in 3 giorni lavorativi\*



#### readychain® "standard"

Preassemblaggio standard con catene, cavi chainflex® ed accessori (connettori, attacchi, fissacavi...) secondo le vostre esigenze.



Spedizione in 3-5 giorni lavorativi\*

#### Foto a lato: readychain® "project"

Preassemblaggio "complesso" - catene, cavi chainflex®, accessori e parti strutturali della macchina, forniti anche su simulacri per il trasporto



Spedizione in 10 giorni lavorativi\*

"tempo per l'affidamento della merce al corriere (dopo l'approvazione tecnica)



Test su catena ESD



Test elettrici su ogni produzione in ESD



Test di torsione su catene e



Prova di rumorosità all'interno della camera anecoica igus®



Test dinamico di flessione



Test di durata con catena P4 rol e-chain®



Prove di tenuta con velocità di 10 m/s e accelerazione di



Test su catena e cavi - corsa 125 m, velocità 300 m/min

























## Veloce ed affidabile. Il servizio di fornitura igus®



#### Il servizio igus® - nessun minimo ordinabile

Oltre 100.000 prodotti a magazzino. Richiedeteci anche un solo metro di cavo o di catena senza alcun problema. Ordini via fax, telefono, mail. 2.700 dipendenti in Germania e in 36 filiali, nonché rivenditori e uffici in tutto il mondo, per una presenza in 80 nazioni, garantiscono una consegna veloce e puntuale in tutto il mondo.

- Consegne e supporto tecnico ogni giorno dalle 8:00 alle 18:00 e il sabato dalle 8:00 alle 12:00
- Possibilità di seguire lo stato del proprio ordine direttamente online
- Cancellazione semplificata
- Servizio di emergenza "around the clock"

#### Stato dell'ordine

Con la i-net igus® potrete seguire lo stato di un vostro ordine. Potrete seguire passo passo l'ordine dal suo inserimento alla spedizione anche tramite le Webcam.

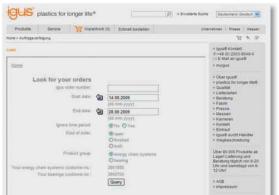
- Date di consegna esatte
- Ricevimento dell'ordine e fatturazione mezzo posta, fax, email
- Webcam per seguire passo passo l'ordine Ordinate da igus®:

Nessun minimo d'ordine,

nessun costo aggiuntivo.

▶www.igus.it/deliveryservice

Tutte le tempistiche e i servizi si riferiscono alla casa madre (igus® GmbH Colonia)



Seguite passo passo il Vs. ordine ▶www.igus.it/i-net





Catena portacavi serie E4.42 in una macchina utensile, completa di cavi chainflex® igus®



readychain® per movimenti combinati in una macchi-



E2/000 - catene portacavi resistenti alla sporcizia e con ingombri ridotti in un centro di lavoro



Portale per macchina utensile con diverse catene delleserie E4/00 - applicazione veloce con alti carichi



Sistema E4 igus $^{\circ}$  su un portale con corsa di 45 m e curva di 90 $^{\circ}$ 



Corse brevi e accelerazioni elevate con la serie E2 mini in una linea di montaggio manuale



# SISTEMA RADIANTE ELETTRICO A PAVIMENTO

Con il sistema RADIANTE per posa a pavimento con CIRCUITO BIFILA-RE, si apre una nuova epoca nel campo del riscaldamento elettrico in FIBRA DI CARBONIO. Notevoli sono i vantaggi. come ad esempio l'assenza di campi elettromagnetici o la possibilità di installazione in oani tipo di ambiente sia all'aperto sia al chiuso.

Il riscaldamento elettrico a pavimento è caratterizzato da una tecnologia unica che assicura una miglior distribuzione del calore rispetto a aualsiasi impianto con cavo riscaldante circolare. Grazie alla sua aeometria piatta che offre una superficie di scambio molto elevata e alla ridotta distanza degli elementi riscaldanti, si garantisce un impianto a pavimento radiante uniforme e confortevole. Questa efficienza è maturata in seguito a studi approfonditi che hanno individuato nell'utilizzo di componenti resistivi laminati la chiave per ottenere performance migliori attraverso l'effetto Joule, responsabile dell'irraggiamento e della produzione di calore dei materiali elettrici. In questo modo il sistema distribuisce l'energia radiante in maniera omogenea e richiede meno potenza all'impianto, facendo risparmiare energia elettrica

Il riscaldamento elettrico a pavimento, inoltre, ricopre una superficie notevolmente superiore a auella di un normale cavo risaldante circolare, eliminando la presenza di zone calde o fredde e mantenendo una temperatura omogenea che si distribuisce armoniosamente attraverso qualsiasi materiale di pavimentazione, come parquet e mattonelle, marmo e granito. Inoltre, grazie alla sua geometria piatta, occupa uno spessore decisamente ridotto (max 7 mm) se paragonato a tubi caloriferi tradizionali.

L'elemento peculiare di questa tecnologia scaldante, unica nel suo genere, è la bandella laminata multistrato, brevettata. Robusta e resistente, è maneggevole, meno soggetta a danni durante il processo di installazione e non prevede alcun intervento di manutenzione futuro. È solitamente raccolta in matasse per facilitarne la posa, ma può essere liberamente modellata per aggirare ostacoli come sanitari o murature irregolari.

I supporto disponibili sono fondamentalemnte due: rete in fibra i vetro e alluminio; quest'ultimo può essere trattato con una pellicola adesivizante per applicazioni particolari.

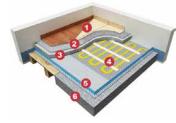
La sostanziale differenza tra riscaldatore su supporto in rete o su supporto in alluminio, èil tipo di applicazione realizzabile:

il sistema radiante fissato su supporto inrete, infatti è adatto a pose sotto massetto tradizionale o sotto piastrella, mentre se si impiega il sistema applicato su pellicola in alluminio, si possono realizzare pavimentazioni con massetto a secco o con parquet o laminato flottante, ovvero non incollato.

Il prodotto è fornito su bobina che ha altezza pari a cm 50 (realizzabile con altezze diverse su richiesta) e lunghezza utile alla copertura dello spazio cui è destinata. La potenza è definita di volta in volta a seconda dell esigenze del progetto e del tipo di applicazione. Di seguito alcune stratigrafie tipo:

circuito bifilare SPAZI INTERNI - posa sottopiastrella - cavo Linea 1 o 2

Colla elastica Sistema radiante Pannelli isolanti Colla per fissaggio pannelli Sottofondo cementizio o di legno

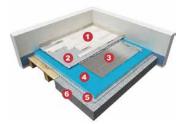


SPAZI INTERNI - posa sottomassetto - cavo Linea 1 o 2 Oualsiasi tipo di pavimento Colla elastica Massetto a copertura Sistema radiante elettrico Pannelli isolanti

Sottofondo cementizio o di leono



SPAZI INTERNI - posa flottante - cavo linea 1 o 2 Legno - pavimenti flottanti Tessuto anticalpestio (opzionale) Riscaldamento in foglio d'alluminio Pannelli isolanti Colla per incollaggio pannelli (opzionale) Sottofondo cementizio o di leano



Thermoeasy srl

via Bonsignora 4, 21052 Busto A. (VA)- 0331632354- info@thermoeasy.itwww.thermoeasv.it



VANTAGGI

#### Risparmio energetico

Grazie alla sua aeometria piatta che offre una superficie di scambio molto elevata e alla ridatta distanza deali elementi riscaldanti, la tecnologia, applicata a un impianto di riscaldamento a pavimento agrantisce un notevole risparmio energetico se paragonato a tubi caloriferi tradizionali o a sistemi a cavo scaldante Di consequenza l'elevata velocità di diffusione del calore permette al sistema di non rimanere attivo per tempi troppo lunghi; il controllo della temperatura viene poi eseguito da sonde a pavimento che leggono in modo puntuale la temperatura raggiunta. In ogni caso, con un impianto di riscaldamento a pavimento si raggiunge la condizione di benessere con una temperatura ambientale media generalmente inferiore di 1 o 2 °C rispetto a un qualsiasi altro tipo di impianto termico. Questa peculiarità permette di richiedere meno potenza facendo così risparmiare energia elettrica e producendo un notevole abbattimento dei costi di

#### Resistente, duraturo, senza manutenzione

L'impianto di riscaldamento elettrico a pavimento è fondamentalmente statico, in quanto non sono presenti fluidi o parti meccaniche in movimento. Grazie a queste caratteristiche, la resa rimane costante nel tempo, abbattendo notevolmente i costi di manutenzione e controllo

Una volta posato, l'impianto di riscaldamento *non richiede* controlli o pulizie annuali come può avvenire per la verifica dei fumi o la pulizia di impianto che utilizzano macchine termiche a combustibile naturale. Oltre a ciò, i materiali di cui è composto il sistema sono commodity che hanno un lento degradamento nel tempo: questo garantisce un'efficienza regolare e costante del riscaldamento anche dopo parecchio tempo.

La base della tecnologia è un laminato metallo-plastico multistrato. L'accoppiamento di diversi materiali con caratteristiche differenti garantisce un'elevata resistenza meccanica, riducendo la possibilità di rotture e danneagiamenti in cantiere. In particolare. la laminazione strato per strato dei vari materiali assicura alte prestazioni elastiche e di stress a trazione, grazie all'unione dei connotati meccanici di alluminio, fibra di carbonio e materiali plastici. La studio delle caratteristiche termiche e chimiche dei materiali, garantisce la loro resa e durata nelle condizioni previste per l'installazione: il polipropilene offre un'idonea resistenza chimica alle sostanze presenti nel cemento, conservando intatta la struttura interna del conduttore: l'adesivo in poliuretano reattivo, utilizzato per incollare i vari strati, assicura ottime performance in adesione. resistenza all'acqua e stress meccanica



#### Facile da installare

Il sistema è facile da installare: con un semplice schema che tenga conto della planimetria della superficie che si desidera scaldare, si potrà facilmente capire stabilire un corretto layout di posa dell'impianto di riscaldamento, sfruttando le matasse in cui è raccolta la tecnologia del radiante elettrico

Per l'installazione basterà semplicemente srotolare la matassa come un tappeta e seguire le istruzioni sul taglia del supporto al mamento. delle curve. La matassa è stata progettata per essere stesa su tutta la superficie, a eccezione delle zone sotto mobili permanenti o senza vie di fuga. Una volta coperta la superficie, basterà eseguire un lavoro di cablaggio in parallelo diretto alla rete tra le matasse. installate e la linea elettrica. La notevole flessibilità della tecnologia di Warmset in fase di installazione permette di aggirare agevolmente ostacoli o elementi ingombranti, mantenendo coperta la totalità della superficie per agrantire un'ottimale resa del sistema.

L'inaombro del sistema è del tutto irrilevante se confrontato con tubature o macchine calorifere tradizionali. Basti pensare che un pallet EUR può contenere più di 150 m2 di impianto di riscaldamen-





#### Tecnologia green

Con l'implanto di riscoldamento - che funziona completamente a elettricità - l'energia prodotta dalle fonti rinnovabili può essere totalmente convertita in calore. L'impianto può essere collegato ai più comuni sistemi di produzione di energie rinnovabili, permettendo in alcuni casi un'auto-sostentamento del riscaldamento o comunque un notevole abbattimento del costi.

La sempre più indispensabile produzione di energia da fonti rinnovabili (sistemi fotovoltraici, eolici e idroelettrici), da moda a un impianto che utilizza solamente la corrente elettrica di abbattere i costi di installazione e di allacciamento a fonti combustibili naturali. Abbinato a batterie di accumulo, il riscaldamento elettrico può perfino rendere un'abilitzione comoletamente autosufficiente.

I materiali utilizzati per i prodotti sono accoppiati plastici principalmente a base PET e PP, metalli come alluminio e ferra, e tessuti sintetici completamente riccidabili. Le tecniche di produzione di tutti i prodotti rispettano le regole di tutela dell'ambiente.



#### Previene polvere, batteri e allergie

Dal punto di vista dell'igiene, il riscoldamento a povimento ha caratteristiche estremamente interessanti: prima tra tutte, essendo il povimento anche il corpo scaldante, l'estrema facilità nella pulizia dello stesso. Negli impianti a pavimento l'assenza di convettori per il riscaldamento esclude totalmente la formazione di nidi di polvere. Inolite, la bassa differenza al temperatura tra pavimento e ambiente (circa 4 °C) non provoca moti convettivi e riduce notevolmente il sollevamento della polvere e con essa anche deli batteri che possono causare allergie. Si evitano totalmente le irritazioni delle vie respiratorie, causate spesso dalla combustione della polvere depositatasi sui radiatori, nei quoi scome un fluido termovettore a elevata temperatura (intorno ai 70 °C).

È infine importante sapere che i pavimenti riscaldati annullano l'umidità, cioè la fonte primaria di prolliferazione di botteri. Basti pensare che un pavimento asciutto per tutta la stagione invenale è sufficiente a bloccare la diffusione degli acari della polvere domestica nei pavimenti, compresi quelli della maquette.

#### Controllo domotico

Crazie al moderni controlli domotici come termostati, sonde di temperatura, termo-protettori e centraline di gestione, il sistema puo essere gestito e controllato a distanza o in maniera automatica. Un efficiente e dinamico controllo del riscaldamento ha come conseguenze un alto risparmio dovuto all'abbattimento degli sprechi energetici e l'aumento del benessere o el acomforti legato al controllo di parametri termici e ambientali ottimali per il corpo umana. Tutto questo può essere comodamente gestibili tramite sistemi specializzati o comuni apparecchi tecnologici come PC, smartphone o tablet, che garantiscono un facile, comodo e immediato controllo di tutto il sistema.

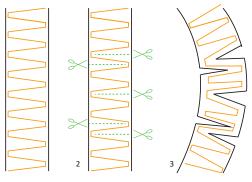


#### Zero emissioni elettromaanetiche

Crazie alla sua struttura bifilare, il sistema non produce emissioni elettromagnetiche. La sua particolare costruzione, che vede stesi due conduttori in parallela, fa si che il campo magnetico prodotto da un conduttore sia uguale e contrario al campo dell'atto, creando una sorta di schematura che annulla il campo magnetico. Questo è determinato dal fatto che i due flussi elettrici che corrono paralleli nei due conduttori sono di senso opposto, compensando del tutto il campo magnetico da prodotto.

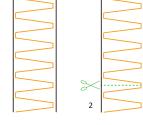


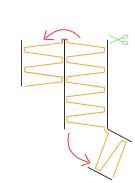
#### ESEMPIO DI POSA IN CASO DI SUPERFICI CURVE O SCONNESSE





Il riscaldatore è fornito su bobina che ha sviluppo lineare [1], in caso di superfici curve è sufficiente tagliare il supporto in rete in fibra di vetro [2] ed ada⊠are tale riscaldatore alla curva esistente [3 + foto a].





Il riscaldatore è fornito su bobina che ha sviluppo lineare [1], in caso di superfici sconnesse o non in linea è sufficiente tagliare il supporto in rete in fibra di vetro [2 + fota a] ed ad\text{\text{\text{a}}} re tale riscaldatore agli spazi esisten\text{\text{\text{g}}} [3 + foto b e c].







а





## SISTEMA RADIANTE ELETTRICO A PAVIMENTO circuito bifilare - su rete

#### TIPOLOGIA PRODOTTO

riscaldatore su supporto in fibra di vetro

#### TECNOLOGIA

è un sistema di riscaldamento elettrico ad irraggiamento nel quale l'elemento radiante è costituito da due conduttori in alluminio o in fibra di carbonio accoppiati a diversi film di materie plastiche, esattamente sovrapposti ed interamente riciclabili

#### CARATTERISTICHE

- fornito in bobine h cm 50
- spessore: 3 mm
- potenza: personalizzabile
- grado di protezione all'umidità: IP67
- alimentazione: 230 V 380 V 24 V

#### APPLICAZIONI

- pavimenti in nuove costruzioni
- pavimenti in ristrutturazioni

#### TIPO DI POSA

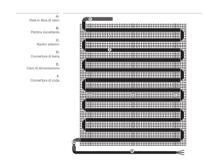
- sottopiastrella
- sottomassetto

#### MANUTENZIONE

non necessaria, l'impianto è fondamentalmente statico, senza fluidi o parti meccaniche in movimenta

#### GARANZIA

tecnologia garantita 25 anni



## Thermoeasy srl

via Bonsignora 4, 21052 Busto A. (VA)- 0331632354- info@thermoeasy.itwww.thermoeasy.it





## SISTEMA RADIANTE ELETTRICO A PAVIMENTO circuito bifilare - su alluminio

#### TIPOLOGIA PRODOTTO

riscaldatore su supporto in film in alluminio

è un sistema di riscaldamento elettrico ad irraggiamento nel quale l'elemento radiante è costituito da due conduttori in alluminio o in fibra di carbonio accoppiati a diversi film di materie plastiche, esattamente sovrapposti ed interamente riciclabili

#### CARATTERISTICHE

- fornito in bobine h cm 50
- spessore: 3 mm
- potenza: personalizzabile
- grado di protezione all'umidità: IP67
- alimentazione: 230 V 380 V 24 V

#### **APPLICAZIONI**

- pavimenti in nuove costruzioni
- pavimenti in ristrutturazioni

#### TIPO DI POSA

- flottante

#### MANUTENZIONE

non necessaria, l'impianto è fondamentalmente statico, senza fluidi o parti meccaniche in movimento

#### GARANZIA

tecnologia garantita 25 anni



Vorrei ringraziare come prima cosa i professori Orio de Paoli e Mauro Corrado per avermi guidata nella stesura di questa tesi sperimentale, per tutto il tempo che hanno dedicato al progetto e per l'interesse in esso.

Ringrazio anche tutte le ditte che si sono rese disponibili a fornirmi il materiale necessario per la redazione della pratica del progetto; vorrei quindi ringraziare la Keller per i serramenti, la UNE start-up che mi ha fornito anche i calcoli per il dimensionamento della batteria d'accumulo, la DUEDI s.r.l., la Zehnder e infine la Thermoeasy.

Vorrei ringraziare la mia famiglia, per tutto il supporto, l'amore e l'aiuto che mi hanno sempre dato da quando sono nata fino ad ora e che continueranno a darmi. Grazie quindi a mia nonna Carla per avermi mostrato la cocciutaggine e la "puntigliosità" che una donna deve avere e per avermi amata sempre. Grazie a mio padre per avermi fatto vedere la bellezza delle passioni, per essermi sempre stato vicino di giorno e soprattutto di notte ora per aiutarmi con un modellino ora per una sezione tecnologica; vorrei ringraziarlo per l'immenso amore che mi ha dato e che mi ha dimostrato quando alle quattro del mattino mi portava a Torino per consegnare il mio progetto o quando aspettava tutta la notte che il mio render fosse pronto.

Grazie a mia madre, la donna più forte che conosca, che mi ha insegnato il valore delle cose, la dedizione, l'ambizione e la tenacia; vorrei ringraziarla per l'immensa pazienza (o quasi) che mi ha dimostrato quando avevo bisogno di una mano per fisica, strutture e matematica, e anche se non capiva niente mi ha sempre aiutata più che poteva.

Grazie a mio fratello Andrea per essere stato il mio migliore amico, per avermi voluto bene e supportato quando avevo bisogno; vorrei ringraziarlo per tutto il tempo che abbiamo passato insieme a guardare serie tv e per tutti i "non dirlo a mamma e papà" che ci siamo detti in questi anni.

Grazie alla Tati, che, anche se non parte della famiglia dal punto di vista biologico, è stata come una seconda mamma sia per me che per Andrea; vorrei ringraziarla per tutto l'amore che mi ha sempre dato, per il supporto, per il grandissimo incoraggiamento in tutte le mie scelte e per essere sempre stata la mia più grande sostenitrice.

Vorrei ringraziare, al pari della mia famiglia, la Cugi non solo per essere stata più di un'amica, ma per avermi resa parte dea sua famiglia e per aver fatto parte della mia. La voglio ringraziare per tutto il supporto che mi ha sempre dato, più di quanto io sia stata capace di darle. La ringrazio per l'infinito amore che mi ha dimostrato non solo in questi anni di università ma negli undici in cui siamo state amiche

Ringraziamenti

(per ora). La ringrazio per avermi sopportata sempre senza mai lamentarsi ma anzi, amandomi ancora più, standomi vicina quando non avrei voluto nessuno. La ringrazio per essere stata la mia migliore amica, mia sorella ma soprattutto la fonte d'amore e comprensione più grande che mi sia mai meritata. Qualsiasi cosa succederà in futuro, una parte di me tornerà sempre a casa da te. Per citare Dickens "tu sei una di quelle persone che si incontrano quando la vita decide di farti un regalo".

Vorrei ringraziare Simo, che in questi mi è stato vicino supportandomi e sopportandomi quando nemmeno io l'avrei fatto. Lo ringrazio per essere stato il migliore amico che abbia mai avuto, per essere sempre stato mio complice e per tutto l'immenso amore che mi ha dato e dimostrato in questi anni di università, lo ringrazio per il rapporto speciale che abbiamo creato, per non essersi mai arreso con me, ma soprattutto per avermi fatto sentire a casa anche quando ero lontana chilometri senza mai farmi sentire sola.

Vorrei ringraziare i miei migliori amici Valerio, Chiara e Pierre. Grazie per tutto quello che mi avete dato in questi anni di università. Grazie per tutti i consulti medici, per tutte le risate, per l'incoraggiamento, per il sostegno nei momenti meno facili e soprattutto per i costruttivi insulti. Vorrei ancora ringraziare i miei amici dell'università, tutte quelle meravigliose persone che ho avuto il privilegio di conoscere in questi tormentati anni, ora per un workshop ora per caso. Grazie per le nottate, per le risate, per i burritos e per il sostegno. Grazie a Debby che è stata letteralmente con me dall'inizio alla fine di questo percorso, grazie al mio meraviglioso gruppo delle sumaya's girls, e grazie a Laura, una persona meravigliosa che conosco da poco ma che sento di conoscere da sempre, grazie per tutti i momenti belli e brutti che abbiamo condiviso.

Un grazie particolare va ancora ai miei amici di sempre, quelli che ci sono da undici anni e che spero ci saranno per sempre, grazie non solo ai miei amici del liceo ma anche ai miei amici di Valenza; siamo cresciuti insieme ma non siamo mai maturati.

Un grazie particolare va al mio amico bello, ricco e famoso Giacomo, per tutti i viaggi che abbiamo fatto insieme, per tutto il supporto e per essere sempre sopravvissuto a tutto quello che gli abbiamo fatto io e cugi.

Infine, ma non per importanza, vorrei ringraziare i miei colleghi di lavoro e il mio capo, per il grande sostegno e supporto pratico e psicologico che mi hanno dato in questi ultimi mesi.

