



POLITECNICO DI TORINO

COLLEGIO DI ARCHITETTURA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN ARCHITETTURA PER IL  
PROGETTO SOSETNIBILE

**IL SISTEMA ICF E LO SVILUPPO DI ECOSISM  
NEL PANORAMA COSTRUTTIVO ITALIANO**

*Relatore: Prof. Guido Callegari*  
*Correlatori: Prof. Manuela Rebaudengo*  
*Prof. Alessandro Fantilli*

*Tesista: Youssef HEZRAF*

*Tesista: Marco Edgardo GROSSI*

Anno accademico: 2020 / 2021



# Indice

Introduzione	Pag. 5
1 - Il sistema ICF (INSULATED CONCRETE FORM)	Pag. 7
1.1 - Brevetto e cenni storici	Pag. 10
1.2 - Aspetti tecnologici e diffusione in Italia	Pag. 16
2 - Il sistema ICF Italia contemporaneo	Pag. 34
3 - Casi studio di realizzazioni in ICF	Pag. 36
3.1 - Villa Diamante - San Bonifacio (VE)	Pag. 37
3.2 - Residence – ZAC Clichy Battagnoles	Pag. 47
3.3 - Edificio scolastico – Sarnano (MA)	Pag. 54
3.4 - Ampliamento rifugio – Pejo	Pag. 59
4 - Ecosism	Pag. 62
4.1 - Caratteristiche tecniche e specifiche	Pag. 66
4.2 - Perché ECO-	Pag. 93
4.3 - Perché -SISM	Pag. 102
5 - Caso studio: SIX VILLAS COMPLEX	Pag. 118
5.1 - Certificazione CasaClima	Pag. 126
5.2 - Scelte progettuali	Pag. 128
5.2.1 - La soluzione Ytong	Pag. 129
5.2.2 - Considerazioni sui requisiti CAM del prodotto	Pag. 130
5.2.3 - La soluzione Aster	Pag. 132
5.2.4 - Considerazioni sui requisiti CAM del prodotto	Pag. 134
5.2.5 - La soluzione Bahaus	Pag. 136
5.2.6 - Considerazioni sui requisiti CAM del prodotto	Pag. 137
5.2.7 - La soluzione Ecosism	Pag. 138
6 - Analisi qualitative e quantitative	Pag. 139
7 - Valutazioni conclusive	Pag. 149
Bibliografia e sitografia	Pag. 157
Ringraziamenti	Pag. 161



# Introduzione

In questa tesi si vuole approfondire una tecnologia costruttiva ormai presente nel panorama costruttivo nazionale già dal secondo dopoguerra, ma che non riesce ad emergere e a svilupparsi, in un settore che storicamente e culturalmente refrattario al cambiamento e alle innovazioni, nel dettaglio la tecnologia costruttiva Insulated Concrete Form, ICF.

Le costruzioni in ICF, sebbene siano molto impiegate negli Stati Uniti e nel Nord Europa, in Italia attraverso un'analisi, non risultano ancora molto diffuse, seppur in grado di creare nuovi scenari, e sviluppare altrettante ricadute nel mercato.

Non a caso, le potenzialità dei sistemi ICF, in Italia, sono state peraltro messe in luce in occasione di passati processi di ricostruzione emergenziale conseguenti ai sismi di Abruzzo (2009) ed Emilia-Romagna (2012) con risultati più che apprezzabili, in termini di costi e performance.

Oltre agli eventi calamitosi sopra citati, la perdurante crisi edilizia<sup>1</sup> e le nuove normative nazionali entrate in vigore negli ultimi anni (NTC 2018) in materia antisismica e di risparmio energetico dovrebbero indurre il settore edilizio a valutare con maggiore attenzione i sistemi a pareti portanti che, ottimizzando il processo edilizio, introducono vantaggi economici ed esecutivi, ripensando ed aggiornando il modo di costruire “tradizionalista”.

Nello specifico, dopo un'analisi dei Sistemi ICF, all'interno del suddetto nucleo, troviamo un brevetto ed un'azienda che ci ha colpito particolarmente, chiamata “Ecosism”.

Il motivo per cui verte l'interesse è dovuto alle sue specificità che coniugano due aspetti fondamentali richiesti nella progettazione architettonica odierna: la componente del dispendio energetico fondamentale per le normative vigenti che deve essere trattata in maniera sinergica con la sostenibilità dei materiali stessi e la componente antisismica, un tema di rilevanza nazionale vista la topografia e morfologia del nostro territorio.

---

1 Fabrizio Berti, Fabio Ciaponi, 2019, politiche aggregative e performance del settore della distribuzione edile, FrancoAngeli Editore

La suddetta tecnologia, che sta alla base non si applica solo alle nuove costruzioni ma si può estendere anche a edifici già presenti sul territorio tramite apposizione di speciali cappotti ad hoc, che consentono sia la messa in sicurezza sismica, sia l'efficientamento energetico secondo le normative vigenti, una peculiarità specifica del brevetto Ecosism.

Di questo sistema si vuole approfondire nello specifico il brevetto, la storia, l'aspetto tecnologico di come si differenzia con gli altri sistemi ICF, la gamma dei prodotti, la componente ambientale e di sostenibilità dei materiali, fino alla componente sismica e l'approccio progettuale sismo-resistente.

Tutti questi approfondimenti ci permettono di avere una visione d'insieme del sistema e di poterlo analizzare anche con uno sguardo critico, così da poter capire la ricaduta futura che avrà sul mercato, per comprenderne al contempo gli spazi d'innovazione.

Infine, si intende porre il focus su un caso studio, "Six villas complex" di Officina 23, che ha preso in esame diverse tecnologie costruttive compresa Ecosism per la realizzazione del progetto.

Concludiamo con un'approfondita analisi quantitativa e qualitativa che espone sia gli aspetti "positivi" ma si fa riferimento anche ad alcuni "compromessi", offrendo una documentazione ampia di soluzioni tecniche al fine di accompagnare il progettista in una scelta ragionata ed oggettiva.

Il fine utile di questo lavoro é di dare un valore aggiunto su un ambito non molto documentato e diffuso con grandi possibilità di innovazione del settore edile con potenziali ricadute future sul progetto architettonico nel panorama edile nazionale.

# 1. Il sistema ICF (INSULATED CONCRETE FORM)

Con il termine Insulated Concrete Form si intende un sistema costruttivo ormai presente da circa 50 anni all'interno del mondo dell'edilizia che comprende una nuova tipologia basata sulle realizzazioni di veri e propri moduli con funzione di casseri a perdere con un'interconnessione di malta che viene gettata in opera nel vuoto creatosi.

I blocchi in ICF vengono realizzati con pannelli cavi interconnessi da un connettore, tipicamente realizzati in polistirene espanso sintetizzato o di altro materiale sintetico dove all'interno viene colata la malta idraulica interposta e annegata in un'armatura metallica che adempie ed assolve ad una funzione bivalente: sia di tenuta delle pareti isolanti sia di armatura metallica per la colatura della malta.<sup>2</sup>

Tali blocchi vengono posati l'uno all'altro grazie ad una scanalatura della faccia superiore che aderisce perfettamente con sistema "maschio- femmina", così via fino a formare le dimensioni delle pareti desiderate.

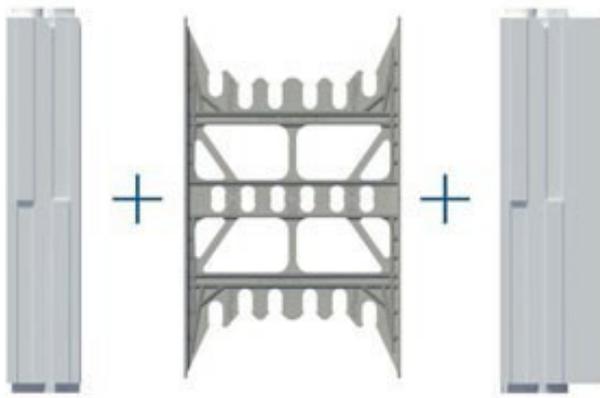


Fig1: Esplicazione stratigrafica del componente ICF, doppio strato in EPS, inter-assiato da mordente che funzione di tenuta e di fissaggio delle pareti della muratura. 2016

---

<sup>2</sup> Christian Angeli, 2016, "Progettare e costruire edifici antisismici in ICF, Unione professionisti e- learning

Una volta che il calcestruzzo è stato versato e stagionato, i casseri ICF formano una struttura esterna permanente che può essere impiegata in strutture alte fino a cinque piani fuori terra.

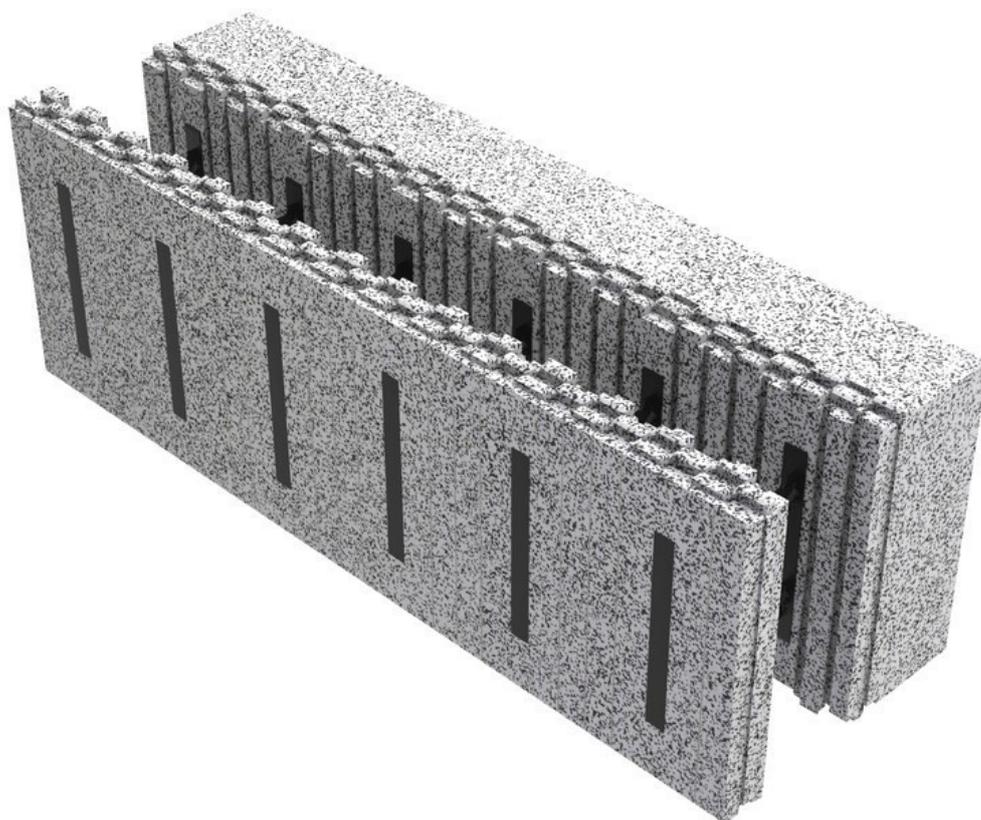


Fig2: Tipologia di pacchetto ICF, con ancoraggio interassiale profilo fisso. 2017 BlockHus

I pannelli interni ed esterni in polistirolo rimangono permanentemente fissati, solitamente distanziati di 10 - 15 centimetri, dove nel vuoto malta cementizia con armatura.

Questi ultimi consentono l'installazione di adduzioni idrauliche ed elettriche in un secondo tempo, oppure a monte, lasciando veri e propri vuoti nel momento in cui viene colato il calcestruzzo.

Il parametro fondamentale per questo tipo di modulo è solitamente 60x120 cm, sebbene ogni azienda produttrice fornisca le proprie misure in relazione alle proprie necessità, e in base anche al singolo pezzo e alla funzione da sottendere.

La peculiarità più rappresentativa di questi blocchi rimane appunto la versatilità, pertanto ne esistono diverse tipologie con diverse forme.

Rimane vero, che si possono creare vere e proprie strutture in loco in base alle forme da creare, quali angolari o forme a T, quest'ultime create ed assemblate in serie e successivamente incastrate, dato che i singoli moduli possono essere tagliati in loco, durante la posa.

Questo metodo costruttivo ha portato numerosi benefici e ha rinnovato e rivoluzionato il mondo dell'edilizia tradizionale in latero-cemento e delle costruzioni in genere.

La gamma completa consente la realizzazione di qualsiasi tipo di forma in funzione della struttura, persino architravi e spallette, grazie alla versatilità e alla libertà geometrica in termini progettuali.

La possibilità di creare veri e propri monoliti permette di creare delle strutture altamente efficienti dal punto di vista tecnologico, sismo-resistente, nel rispetto di tutte le norme cautelative per la progettazione antisismica (NTC 2018)<sup>3</sup>, ambientale, attraverso l'utilizzo di materiali semplici e dal facile impiego e reperibilità con un basso coefficiente di food-printing ed infine energetico, un tema di rilevanza ormai fondamentale, con dei precetti normativi ai quali attenersi anche in caso di progettazione preventiva, a seguito della sensibilizzazione dell'uomo nei confronti dell'ambiente e delle risorse, via via sempre più carenti.

Definiamo qui di seguito qualche cenno storico, prima di approfondire formalmente tutta la parte tecnologica costruttiva del materiale.

---

<sup>3</sup> Si fa riferimento alle norme tecniche vigenti entrate in vigore nel 2018 che hanno preso posto del precedente testo risalente al 2008, Norme tecniche delle costruzioni del 2018, capitolo 11.

## 1.1 Brevetto e cenni storici

Il primo sistema ICF fu sviluppato in Belgio nel 1937 dai cittadini svizzeri August Schnell e Alex Bosshard (in seguito ad un brevetto olandese registrato nel 1932).<sup>4</sup>

All'epoca, ebbero un impatto limitato sull'industria delle costruzioni, ma nel 1938, questi due uomini fondarono la Durisol AG für Leichtbaustoffe a Dietikon, in Svizzera, per implementare lo sviluppo industriale dell'ICF e permettere all'azienda di penetrare nei mercati internazionali, compresi quelli dei Paesi Bassi, della Francia e del Belgio a seguito della Seconda guerra mondiale.

Riuscirono a creare e innovare un metodo di costruzione rapido, economico e solido, utilizzando manodopera in gran parte non qualificata.

Seguirono i successivi brevetti internazionali della tecnologia costruttiva, tra cui (secondo il volume 81 del registro e del registro dell'Ufficio dei brevetti canadese, edizione 4-6 maggio 1953) la richiesta del brevetto svizzero del 4 novembre 1949, (numero di serie 593.899) e successivamente il brevetto canadese 492.991 della stessa data.



LIGHTWEIGHT foam forms are easily handled. Block 4 ft long, 9 in. wide and 16 1/2 in. high weighs 2 1/2 lbs.

Nel 1959, come riportato nel volume 39 del settimanale Barron's National Business and Financial Weekly<sup>5</sup>, il metodo Durisol fu promosso come riduzione dei costi di costruzione tradizionali del 20-30% e venne riprodotto in 13 paesi.

Oggi giorno Durisol opera in tutto il mondo come produttore di prodotti in fibra di legno legata al cemento, con 14 stabilimenti di produzione e si aggiudica la

<sup>4</sup> Agrizap, "Official Gazette of united states patent office", volume 722.

<sup>5</sup> Josh Downswil, 1951 "Building post-war", Boston Mass Editory, pag.43

corona per aver inventato gli ICF e per aver replicato la sua idea nell'edilizia mondiale per oltre 80 anni.

Tuttavia, i moderni ICF che tutt'ora dominano il mercato delle forme di calcestruzzo isolante vengono realizzati e prodotti con schiuma EPS.

Il polistirene espanso (spesso erroneamente chiamato Styrofoam, che è un marchio registrato della DuPont Corporation per un tipo specifico e dissimile di schiuma estrusa a base di polistirolo)<sup>6</sup> è un materiale prodotto da circa il 2% di polimero e il 98% di aria.

Il polistirolo fu scoperto nel 1839 da Eduard Simon, un farmacista di Berlino, che distillò il balsamo di benzoino o balsamo di copalm, il nome corretto deriva dalla resina dell'albero americano della gomma dolce (*Liquidambar styraciflua*), che a sua volta creò una sostanza oleosa, con un monomero che chiamò "storax"<sup>7</sup>.

Alcuni giorni dopo, Simon scoprì che il proprio composto si addensava in un gel che chiamò inizialmente ossido di storax ("Styroloxyd) presumendo che si fosse verificata un'ossidazione dovuta al contatto con l'aria.

Nel 1845 il chimico giamaicano John Buddle Blyth e il chimico tedesco August Wilhelm von Hofmann dimostrarono la trasformazione dello storax in gel in assenza di ossigeno e lo battezzarono "metastirolo".

Le successive analisi chimiche dimostrarono che questo, risultava identico allo stiroloxyd di Simon e nel 1866 Marcelin Berthelot identificò correttamente la formazione di metastirolo/stiroloxyd dallo storax come un processo di polimerizzazione.

Intorno al 1946 si capì che il riscaldamento dello storax permetteva una reazione a catena che produceva macromolecole come contenuto nella tesi del chimico organico tedesco Hermann Staudinger (1881-1965).

Il fine ultimo è stato avere una sostanza dura e chiara, dal nome "polistirolo", sebbene la maggior parte delle persone associ ancora oggi il nome polistirolo con quello che è in realtà e più accuratamente descritto come schiuma EPS.

---

<sup>6</sup> Gerarld Colby, 2003, "DuPont Dynasty: Behind the nylon curtain", Mark Miller editor.

<sup>7</sup> George A. 1995. "Flavour ingredients" C.N.C. Press. Pag 1743-1752

In modo piuttosto confuso, secondo il libro di Fritz Störi intitolato "The Stuff Foams Are Made of - The History of Styropor"<sup>8</sup> il polistirolo, è stato inventato nel 1930, mentre invece, la schiuma di polistirolo espandibile BASF (EPS) (Styropor®) fu inventata per caso dallo scienziato BASF Fritz Stastny nel 1949 nel corso di svariati esperimenti dove cercò di espandere il materiale plastico al fine di creare un isolante per gli allora cavi telefonici esposti.

Lasciò un campione di polistirolo trasparente nel forno di cottura in una teglia per la lucidatura delle scarpe, solo per trovare dopo diverse ore quello che egli descrisse come "un vero e proprio mostro di schiuma" che apparve "nel corso delle 36 ore successive".

BASF perfezionò il processo di stampaggio per la loro nuova schiuma plastica e la brevettò nel 1952.

Da allora, l'EPS è stato uno degli isolanti termici più utilizzati al mondo e viene applicato sempre più spesso in edifici efficienti dal punto di vista energetico.

Il suo basso costo, la sua versatilità e l'elevato valore resistente fanno dell'isolamento EPS il prodotto preferito da architetti, progettisti e costruttori in tutto il mondo, grazie alla sua riciclabilità, stabilità chimica e sostenibilità ambientale (essendo composto per il 98% di aria).

La prima persona accreditata a combinare i vantaggi di questo moderno, leggero e isolante EPS in uno stampo o in una forma di calcestruzzo alla fine degli anni '60 (aiutato dalla coincidente scadenza del brevetto originale per Durisol) fu il costruttore Werner Gregori (o Gregory - come riporta il giornale Journal-Record dell'epoca), un tedesco naturalizzato canadese.

Ispirato dai giochi dei propri figli nella spiaggia di Algonquian Park e ammirato dall'efficacia del suo refrigeratore in schiuma EPS per mantenere le bibite fresche, iniziò a domandarsi quali potessero essere le possibilità di un sistema di formazione di pareti piene in schiuma EPS, così da ridurre i costi di costruzione, aumentare la velocità di costruzione e promuovere l'uso di manodopera non specializzata.

Depositò il primo brevetto nord-americano per una forma di calcestruzzo espanso o "plastica moderna" ICF nel marzo 1966 in Canada con un blocco di 23 cm di

---

<sup>8</sup> In questo testo si fa riferimento alla scansione degli eventi e delle invenzioni, sebbene la scansione cronologica è piuttosto disorganizzata e confusionaria, come riporta lo stesso testo che cita la fonte, Clay Cnacele, 2009 "Styrofoam, a practical and problematic creation" Science History Institute press.

altezza per 65 cm di lunghezza,<sup>9</sup> con un ancoraggio a incastro maschio e femmina, fascette metalliche e un'anima a cialda con un peso complessivo di 7 kg.

Successivamente quando questi brevetti furono esportati negli Stati Uniti, mostrò le proprie idee a BASF in Germania, il creatore dell'EPS, che sviluppò ulteriormente le sue idee di prodotto con l'obiettivo di espandere gli usi internazionali e le vendite della loro schiuma EPS come prodotto isolante per l'edilizia.

L'adozione delle costruzioni in ICF aumentò costantemente negli anni '70, anche se molti ritengono l'incremento che sia dovuto alla mancanza di consapevolezza e conoscenza dalle norme edilizie, in quanto i produttori cercavano più un profitto personale che concentrarsi sulla standardizzazione del prodotto.

La costruzione ICF fa ora parte della maggior parte delle norme edilizie mondiali ed è accettata nella maggior parte delle giurisdizioni del mondo sviluppato.

Durante gli anni nevralgici dello sviluppo degli ICF in EPS, si contò che le pareti ICF fossero in grado di ridurre i costi di riscaldamento/raffreddamento di circa un terzo, un valore significativo in termini di dispendio energetico in costi.

All'inizio degli anni '70 nel Nord America, sono stati sviluppati gli ICF a cassero, così come i rinforzi su misura per allineare e tenere allineate le pareti ICF, impilate durante il getto del calcestruzzo.

Durante gli anni '80 e '90, molte nuove società nord-americane di ICF hanno incorporato modelli, con variazioni brevettate sul tema simile al "blocco" come Foam-Form o sistemi di pannelli come Quad-Lock e sistemi Plank come Thermoform e Hobbs.

A metà degli anni '90 è stata costituita l'Insulating Concrete Form Association (ICFA) un vero e proprio organo legislativo che ha normato e istituito burocraticamente la tipologia costruttiva nel panorama edilizio, con una visione piuttosto utopica e singolare la quale affermava che: "Le forme di calcestruzzo isolante diventeranno il metodo di costruzione preferito in Nord America".<sup>10</sup>

I principali produttori di casseri hanno continuato a migliorare i loro prodotti e hanno iniziato a educare migliaia di appaltatori sulle corrette tecniche per l'installazione dei loro sistemi di costruzione in ICF.

---

<sup>9</sup> Thomas S. , june 2000 "insulated Concrete forms" Building system magazine, pag. 141

<sup>10</sup> Hoffman J. Davison, 2001, "Commerce Business Daily", Edition 2860-2860, U.S. Dipartimento of Commerce, pag. 18

Il tasso di crescita delle vendite dei moduli in ICF aumentò drasticamente dal 50% al 100% ogni anno fino alla prima metà del decennio 2000, quando iniziò a livellarsi al 20%-30% ogni anno.<sup>11</sup>

Durante il suddetto periodo, la costruzione ICF di case unifamiliari negli USA costituiva circa il 70% del mercato ICF totale, mentre gli edifici commerciali e multifamiliari costituivano il restante 30%.

Nell'aprile 2005, uscì la rivista "ICF Builder Magazine"<sup>12</sup>, una rivista creata per promuovere l'industria dell'ICF e per educare i costruttori ICF sulle specifiche tecniche del materiale e delle conseguenti applicazioni.

Nel 2006, molti dei produttori ICF organizzarono una riproduzione in scala reale al "World of Concrete"<sup>13</sup> per dimostrare come i loro rispettivi sistemi di costruzione ICF venissero utilizzati per costruire edifici.

Nel 2008, il mercato delle nuove costruzioni crollò con l'inizio di una recessione e stagnazione economica che ebbe delle forti ricadute anche nel mondo delle costruzioni, per un lasso di tempo perdurato sette anni.

Alcuni principali produttori ICF come Arxx, Eco-Block e American PolySteel si fusero, con la speranza di sopravvivere alla depressione economico residenziale imminente.<sup>14</sup>

Intanto, nel 2010 il concetto di "bioedilizia" continuò a crescere anche nel bel mezzo di una grave recessione economica e i produttori di ICF dimostrarono come gli attributi dei propri sistemi di costruzione (risparmio energetico, installazione facile e veloce, ridotta impronta di carbonio, durabilità e scarti di costruzione estremamente ridotti) potessero dare un perfetto materiale da costruzione "green".

Sebbene si ebbe un notevole recesso e una diminuzione delle costruzioni unifamiliari prevalenti nel territorio, con lo sviluppo di edifici condominiali si riuscì a tenere a galla questo sistema costruttivo nel mercato edile.

Nel 2012, nella zona di Kitchener/Waterloo, a Toronto, l'edilizia residenziale di alto livello registrò un notevole aumento dato che diversi (più di sei) progetti edilizi che superavano i 15 piani erano in corso d'opera o erano stati completati.

---

<sup>11</sup> Dina Kruger, 2003, Environmental technology initiative, "2000's project description", University of Minnesota, pag.111

<sup>12</sup> Dannis Oliver, 2005, "ICF Builder Magazine", Clark Ricks editor.

<sup>13</sup> Expo internazionale negli USA sull'impiego e utilizzo del cls, [www.concreteconstruction.net](http://www.concreteconstruction.net)

<sup>14</sup> Mark Owell, "Economic depression on the buildin site", Ronarld Figer ed. pag 21.

I mercati residenziali combinati registrarono una crescita modesta nella suddetta annata.

Il 2014 vide la creazione del Council of ICF Industries (CICFI) per sostituire l'ICFA che si sciolse nel 2009 causa del crack economico finanziario. Tale istituto si creò a seguito della collaborazione tra quattro principali produttori casseri in ICF: Logix, Nudura, Quad-Lock e Superform.

Gli inizi dell'edilizia residenziale ICF combinata (multifamiliare e monofamiliare) mostrarono un forte aumento e durante l'estate i costruttori completavano gli edifici (di tutti i tipi di costruzione) con un indice di 1,12 milioni all'anno, il tasso più alto dal novembre 2007.

Il 2015 ha visto il lancio del “ICF Builder Group”, un'associazione Nordamericana di categoria professionale formata per soddisfare le esigenze del costruttore ICF, con l'obiettivo di fornire strumenti mirati per coadiuvare i costruttori ICF a portare il loro business ad un livello superiore, rafforzando così l'industria ICF nel suo complesso a livello internazionale.



Fig4: Posa di un pannello per una parete contro-terra in un cantiere negli USA. 1970 History of IC-RBS

## 1.2 Aspetti tecnologici e diffusione in Italia

Come abbiamo precedentemente esplicitato il “pannello” o “blocco” si è molto evoluto negli anni grazie alle innovazioni chimico-tecnologiche che si sono susseguite nel tempo.

Ma prima di esplicitare taluni sistemi, bisogna fare un passo indietro ed esplicitare come si è arrivato a questo processo e come si è stato possibile integrarlo in un’edilizia tradizionalista come quella italiana.

Il tutto ebbe inizio negli anni '80 quando all’interno del panorama costruttivo italiano diverse piccole realtà, promossero nuove tecnologie costruttive, senza una vera tutela normativa, prendendo spunto da metodologie presenti in altri paesi (America, Nord-Europa)

Nel 1984 si venne a creare l’AIPE (associazione italiana polistirene espanso), una vera e propria realtà organizzativa senza scopo di lucro, con lo scopo di tutelare e promuovere l’immagine del polistirene espanso (EPS-airpop) e di svilupparne l’impiego.<sup>15</sup>

Ovviamente, l’associazione sottende il materiale polimerico su diverse scale e utilizzi, a partire dall’imballaggio merceologico fino al campo edile.

Di conseguenza, all’interno della suddetta, si creò un sottogruppo che racchiude diverse realtà edili che coniugano il materiale plastico all’interno di un sistema costruttivo: il cosiddetto SAAD.<sup>16</sup>

I sistemi ad armatura diffusa (Sistemi ICF-SAAD) vengono ritenuti innovativi rispetto alle radicate metodologie costruttive tradizionali in laterocemento, e permettono di realizzare costruzioni in cls già coibentato utilizzando «casseri a rimanere» in polistirene espanso sinterizzato o EPS, e che coniugano la resistenza meccanica del calcestruzzo gettato in opera con l’elevata capacità di isolamento termico dell’EPS.

---

<sup>15</sup> La suddetta realtà nasce con l’intento di promuovere lo sviluppo e l’impiego del polistirene all’interno del panorama industriale, 2014, [www.airpe.biz](http://www.airpe.biz)

<sup>16</sup> Cristian Angeli, 2018, “Sistemi costruttivi a pareti portanti in cemento armato”, Legislazione Tecnica

I sistemi costruttivi ICF-SAAD rappresentano un implemento alla tecnologia costruttiva per opere sostenibili: l'EPS, con le sue caratteristiche intrinseche, assolve una funzione nevralgica contribuendo al risparmio dei combustibili fossili usati per il riscaldamento invernale abbattendo le emissioni di CO<sub>2</sub> che concorrono alla salubrità della qualità dell'aria, garantendo elevati indici di confort e benessere, sia in periodo estivo, sia invernale.

Un vero e proprio traguardo per i sistemi ICF nella legislazione italiana, dove per la prima volta vengono riconosciuti, inglobati e classificati all'interno delle norme tecniche costruttive

I sistemi costruttivi in questione si configurano come processi completi che prevedono la costruzione di pareti e solai armati allo stesso tempo coibentati mediante all'impiego del polistirene espanso che ne fa da involucro.

La modularità del blocco si differenzia in base al produttore e al sistema di montaggio o incastro, restando sempre fedeli ad un unico denominatore comune: offrire al panorama costruttivo un sistema tecnologico innovativo resistente e performante, garantendo altrettanti benefici in termini di posa e velocità di esecuzione.

Un ulteriore aspetto caratteristico di questa tecnica costruttiva è la posa a secco, pertanto i blocchi vengono posati uno sopra l'altro tramite apposite giunzioni tendenzialmente maschio-femmina, dove all'interno di essi, nell'anima della cavità, avviene la colatura della malta.

Come è, come stato precedentemente accennato, risulta necessario fare una divisione fondamentale per esplicitare meglio il sistema in questione: i vari blocchi si differenziano in blocchi per le pareti e le tramezzature, e pannelli per gli orizzontamenti, dove all'interno di ciascuna famiglia vi sono diverse sotto-tipologie esistenti come esplicheremo qui di seguito.

Per la realizzazione delle pareti o tramezzature vi sono due ulteriori differenziazioni in funzione delle dimensioni e posa, e pertanto abbiamo:

- Blocco a incastro dalle modeste dimensioni
- Grandi Blocchi modulari di grandi dimensioni

Nella suddetta classificazione troviamo la quasi totalità dei pacchetti ICF presenti nel territorio nazionale.

I blocchi ad incastro e i grandi blocchi si differenziano prevalentemente per la misura del cassero stesso, ricoprendo impieghi diversi.

Il sistema è studiato per realizzare pareti portanti in calcestruzzo, tamponati e delimitati dalla struttura modulare in EPS, che in questo specifico frangente assolve un ruolo autoportante per garantire la funzione di isolamento termico e acustico, oltre alla tenuta statica del modulo stesso.

Gli elementi sono composti da due lastre in EPS autoestinguente, interconnesse tra loro da distanziali in acciaio, che ricoprono il ruolo di supporto della struttura e ancoraggio dell'armatura perimetrale della parete.

Il distanziale, oltre unire le lastre interposte assolve ulteriormente anche l'importante funzione di supporto per il posizionamento dei ferri di armatura e di contrasto alla spinta del calcestruzzo durante il getto di completamento.

I distanziali a loro volta possono essere:

- Ancorati in modo fisso
- Predisposti ma estraibili
- Separati al blocco, con incastro apri-chiudi

Lo spessore della muratura a sua volta può variare in funzione delle specifiche strutturali di progetto, di conseguenza anche del distanziale e dello spessore delle lastre di EPS.

Queste a loro volta, sono provviste di scanalature interne, in base alla casa produttrice e hanno lo scopo di aiutare il posizionamento longitudinale e la sovrapposizione dei singoli moduli e delle scanalature esterne per facilitare gli eventuali tagli da eseguire in cantiere.

I dentelli superiori vengono chiamati "spine", e hanno funzione di incastro maschio-femmina, con uno scostamento di circa 2-3 cm tra i singoli moduli che oltre alla funzione di semplicità esecutiva, ricoprono anche il compito di tenuta statica durante la fase di getto nella cavità.

Infine, in base alla terminazione e alla conformazione strutturale ogni blocco avrà geometrie diverse, dai sistemi lineari e ortogonali, fino a casseri angolari con ampiezze da 45° a 125°, in funzione alle specifiche tecniche del progetto.

L'elemento lineare è un cassero isolante a rimanere composto da due pannelli in polistirene espanso sinterizzato (EPS) di dimensioni pari a circa 100/120 cm x 35/40 cm affacciati tra loro e collegati da distanziatori che determinano la dimensione in sezione del setto in CLS che può essere compreso tra i 10 e i 15 cm circa.

Le due lastre possono differire in spessore ma devono stare comunque entro un range di valori compreso tra 6cm e 18cm, parametro necessario per garantire la tenuta del blocco stesso.

Gli elementi angolari sono moduli a L con diverse specifiche tecniche, in funzione dell'angolo di attribuzione, sebbene sia anche corretto ricordare che vi è la possibilità di creare superfici curve e di conseguenza ricreare geometrie più armoniche. I blocchi a T sono utilizzati principalmente per le divisioni perimetrali, mezzerie o muri di spina.

La peculiarità di questi blocchi è la possibilità di poterli realizzare interamente in fabbrica, in funzione del setto murario di progetto che porterà alla creazione di un modello unico e specifico.

Infine, vi sono terminali e spondine, vere e proprie terminazioni perimetrali con doppio strato di EPS che vengono posizionati in prossimità della trave perimetrale del solaio al fine di garantire l'isolamento esterno ed evitare i giunti e sfasamento.

Per quanto concerne i grandi blocchi modulari essi sono composti stravolgendo l'etica del piccolo blocco, e vengono realizzati per creare dei casseri a rimanere ad altezza di interpiano, con pannelli larghi 100 –120 cm, spessore che varia da 8 a 20cm, e altezza in funzione dell'interpiano di progetto.

Il posizionamento così come l'allineamento dei moduli può avvenire mediante accorgimenti fissi o riutilizzabili dopo il getto (profili o puntelli), mentre il completamento avviene dopo la posa della maglia strutturale mediante il getto di calcestruzzo colato dall'alto e la rifinitura superficiale della parete, ormai posata.

La geometria e la possibilità di adeguare la componente perimetrale alla parte strutturale, mediante tagli ed esecuzioni ad hoc, permette di creare con gli opportuni calcoli anche delle superfici a sbalzo, fornendo importanti guadagni in fase di cantiere, in termini di costo e tempo.

Gli elementi di supporto in plastica rinforzata che fissano le lastre di EPS, sono calcolati per resistere alla pressione del calcestruzzo e consentire getti in una sola fase fino a  $H=3m$  senza interruzione, successivamente vibrato.

Il getto del calcestruzzo può avvenire tradizionalmente avendo cura di orientare il getto nel centro del pannello, e di verificare la fluidità del calcestruzzo (SLUMP S4) e la curva granulometrica degli inerti.

I pannelli possono essere uniti tra loro grazie a legature a mano in filo di ferro o mediante sistemi appositamente progettati, permettendo la realizzazione di sistemi ben isolati con una bassa incidenza di peso.

Su tutti i pannelli è possibile eseguire le tracce per la successiva posa degli impianti e strutturalmente si forma una struttura monolitica che non richiede controventi.

Analizziamo ora le tipologie appartenenti agli orizzontamenti e tutto quello che ne concerne, per le orditure dei solai orizzontali o inclinati da armare e gettare in opera.

Il solaio realizzato con casseri isolante a rimanere in EPS è caratterizzato da un peso specifico inferiore rispetto al tradizionale, latero-cemento, e presenta facilità nella posa e nella banchinatura.

Questa componente contribuisce ad ottenere un edificio caratterizzato da una maggiore resistenza meccanica.

La presenza dell'EPS rende il solaio leggero offrendo al contempo una resistenza meccanica coniugata ad una rigidità strutturale elevata.



Figura 5: Tipologia dell'orditura delle pignatte in EPS, per la realizzazione del solaio alleggerito. Come si evince, in questo caso non risulta necessario il travetto reggi- pignatta, grazie proprio al peso specifico ridotto del materiale. Nel suddetto caso sarà necessaria solo l'armatura delle travi, e tondini di ancoraggio longitudinali e trasversali per la collaborazione del solaio. 2012 Pastbau Comptex.

F

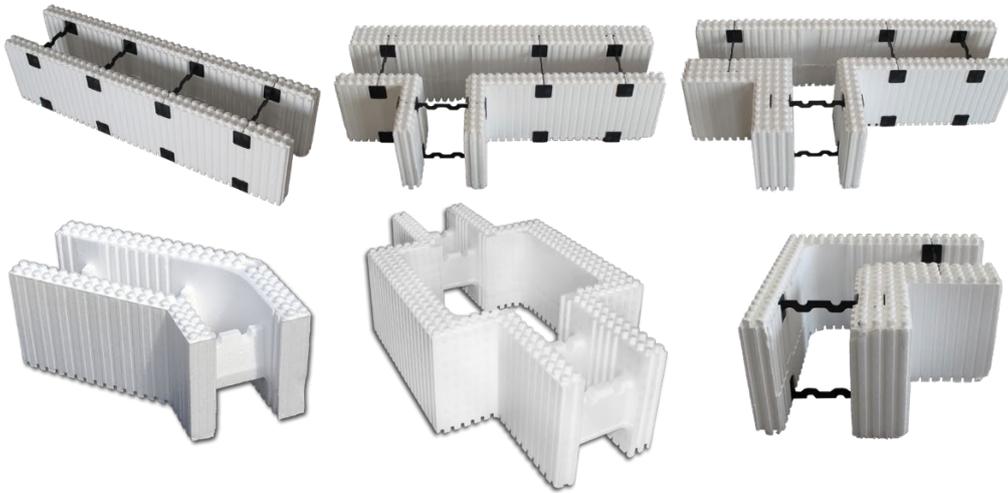


Foto 6: Oltre alle soluzioni a blocco lineare, i blocchi ICF possono essere impiegati in molteplici forme e dimensioni. 2018 Plastbau.

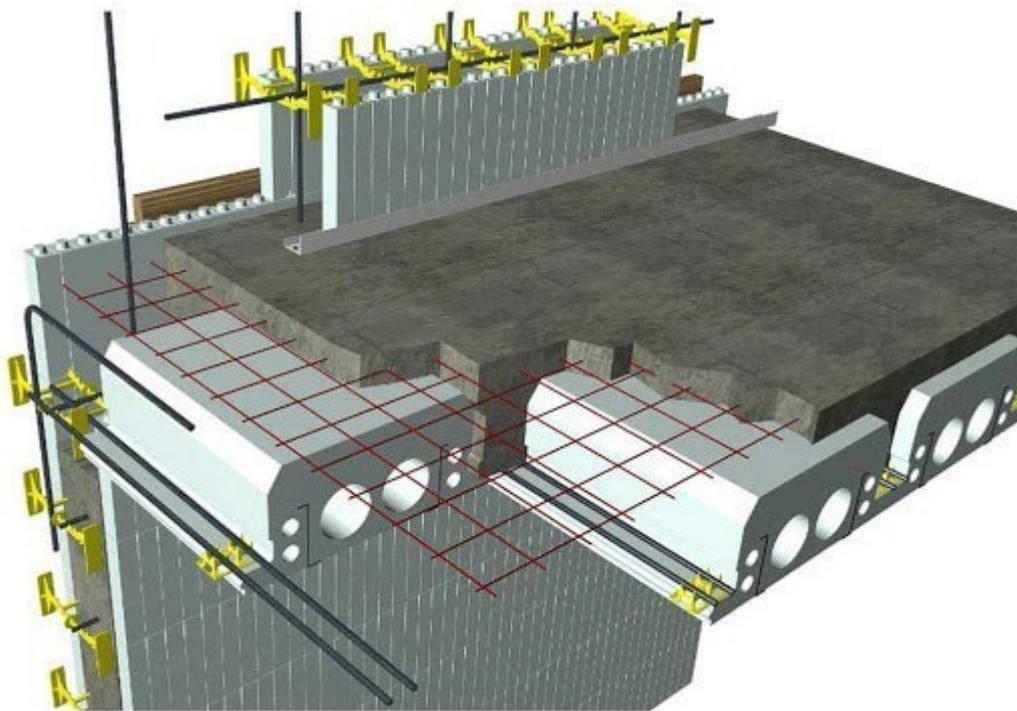


Foto 7: Ancoraggio parete-solaio di dettaglio e di posa in cantiere e delle varie stratigrafie dei blocchi ICF. 2017, SSDHQ

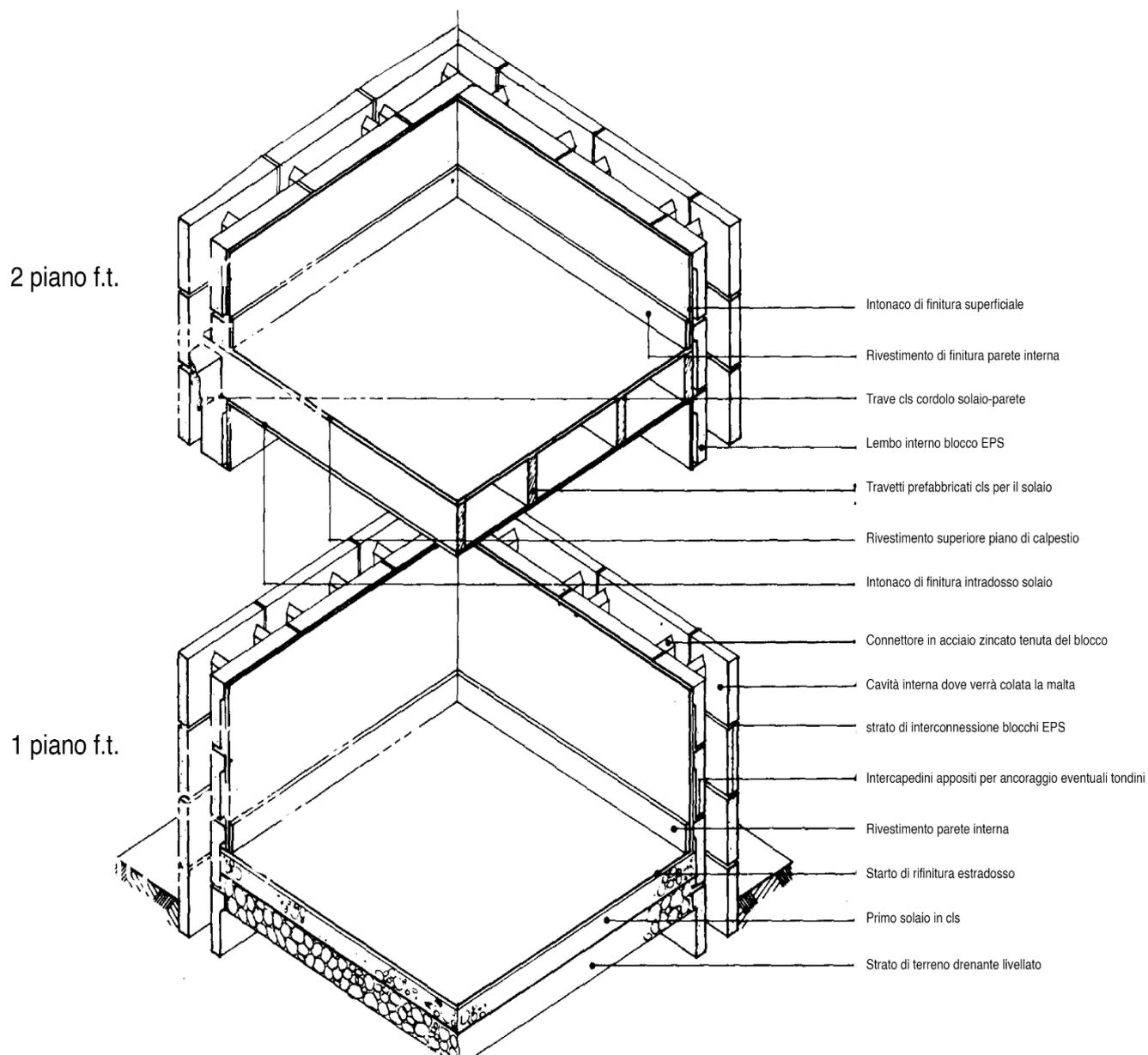


Foto 8: Esploso assonometrico stratigrafico tipologica di costruzione in ICF.  
Rielaborazione di "Catalogue of House Building", 1988

L'EPS oltre all'impiego come componente, contemporaneamente funge da isolamento termico, e dunque il cassero posato in opera dove verrà gettata la malta.

Il fine di avere dei dentelli per gli incastri, oltre che permettere maggior velocità di esecuzione, servono anche a dare maggior aderenza tra i blocchi, sia dal punto di vista statico, sia dal punto di vista termico per eliminare ogni insorgenza di ponti termici.

Il manufatto costituente il cassero in EPS può presentare elementi di rinforzo longitudinali che contribuiscono a ottenere l'auto-portanza del cassero.

Questi elementi di irrigidimento sono spesso inseriti nel materiale isolante in posizione tale da offrire anche supporto per la finitura superficiale inferiore del solaio, prevedendo sistemi appositi per la realizzazione della finitura.

Il solaio prevede l'utilizzo di armatura metallica e del getto di calcestruzzo per rispondere alle necessità del dimensionamento strutturale previsto dalla normativa vigente e di una finitura all'estradosso ed all'intradosso come completamento dell'opera.

I casseri in EPS non hanno alcuna funzione strutturale ma sono ottimi per la realizzazione di primi solai, solai intermedi e di copertura, garantendo un ottimo coefficiente di isolamento termico e acustico.

Il sistema solaio è composto pertanto di casseri in EPS, ferri di armatura, rete elettrosaldata superiore e getto di completamento all'estradosso- intradosso.

Ci sono un insieme di caratteristiche che accomunano i casseri isolanti per la realizzazione dei solai e sono:

- Elevate prestazione termiche al fine di eliminare eventuali ponti termici.
- Realizzazione di solai leggeri con alte prestazioni meccaniche.
- Incastri rigidi e indeformabili su ogni cassero (migliore tenuta).
- Superfici lavorate per una migliore aderenza e presa della malta.
- Corretta e funzionale geometria per l'alloggiamento di ogni singolo cassero.
- Modularità tra gli elementi.
- Ottima resistenza al fuoco.
- Capacità di assorbimento di acqua e muffe quasi nullo.
- Auto-portanza e capacità di garantire ottimi risultati per gli sforzi di taglio.

I casseri in EPS vengono posati direttamente sull'impalcato in maniera meticolosa e aderente, per garantire una massima tenuta, così da eliminare ogni possibile fessura o interstizio che si può venire a creare.

Alla base di quanto è stato precedentemente detto esistono in commercio tre tipologie di casseri per solaio:

- Cassero realizzato con due alette inferiori da due blocchi distinti ma adiacenti: costituito da elementi modulari in EPS con caratteristiche variabili in funzione delle richieste prestazionali e posizionati uno accanto all'altro ad interasse fisso (circa 60 cm) in entrambe le direzioni così da, posizionare l'armatura e completare il getto si formino travetti incrociati dimensionati in funzione della lunghezza della campata secondo i calcoli strutturali.

Solitamente è il blocco che viene preferito in quanto in grado di dare continuità perimetrale lungo tutto l'estradosso, ulteriore collaborazione tra il cassero e i profili a "z".

- Cassero con una o più alette già presenti nel singolo blocco: costituito da una serie di elementi monolitici in Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) e perfettamente incastrati tra loro, con elevato valore di trasmittanza termica.

Ogni singola unità, ha larghezza fissa, un battente sui bordi e una geometria atta a formare, con il getto in opera di calcestruzzo, i travetti e la soletta, comprensiva di armatura con rete elettrosaldata.

L'aggrappaggio dell'intonaco all'intradosso è facilitato dal trattamento della superficie inferiore, mentre all'estradosso micro-archi contigui migliorano l'aderenza del calcestruzzo sull'EPS.

- Cassero composto da cassero e fondello separati: ovvero veri e proprie lastre stampate aventi spessore variabile a seconda delle esigenze strutturali di calcolo e di trasmittanza.

Si compongono di una componente inferiore (fondello in EPS) che viene posata sulla cassetta di sostegno, e da una parte superiore (pignatta in EPS) che si incastra saldamente alla precedente.

L'ancoraggio garantisce una maggiore flessibilità e permette di realizzare solai monodirezionali oppure, ove necessario per esigenze statiche, solai a

piastra bidirezionali, che consentono la riduzione di circa il 40% degli spessori strutturali rispetto a un solaio di tipo tradizionale.

La coibentazione risulta continua, grazie alla presenza delle apposite lastre “sotto-trave” che possono essere impiegate anche per la realizzazione di solette piene o di parti aggettanti (balconi) in calcestruzzo armato.

Come precedentemente illustrato, l’insieme dei questi elementi opportunamente utilizzati, costituiscono un insieme di benefit per le varie figure operante nel cantiere edile, sia dal punto del trasporto che della posa.

L’insieme dei benefit previamente analizzati si traduce in un complessivo risparmio sia in fase di produzione degli elementi, sia in fase di costruzione sia in fase di gestione della vita del fabbricato.

I vantaggi presentati accomunano tutti i sistemi ad armatura diffusa, a blocchi o a pannelli parete, e pertanto coniugano con semplicità e rigorosità aspetti specifici come la sicurezza, l’estetica, il risparmio energetico e l’ambiente.

Ogni sistema per la realizzazione di strutture ad armatura diffusa si adatta molto bene e semplicemente alle esigenze esecutive del progettista.

I sistemi offrono elementi modulari con caratteristiche e caratteristiche tecniche complete e univoche in relazione alla tipologia degli elementi prescelti in materia di isolamento termico, acustico e di resistenza al fuoco, semplificando le operazioni di progetto e calcolo per il raggiungimento dei requisiti previsti per legge.<sup>17</sup>

All’interno della gamma di ciascuna tipologia è più semplice individuare il prodotto avente i requisiti necessari alla soddisfazione delle specifiche esigenze non solo geometriche ma anche di prestazionali.

L’offerta di una gamma completa di elementi agevola la progettazione, il calcolo e la realizzazione dell’intero organismo edilizio, dalle fondazioni alla copertura semplicemente attraverso l’impiego di componenti appositi e prodotti per essere assemblati tra loro in maniera consequenziale.

I sistemi ad armatura diffusa permettono di eliminare ogni tipo di vincolo progettuale grazie alla propria versatilità di ogni singolo blocco o cassero a sua volta modellabile in forma piano o curva, tramite semplici aggiustamenti di taglio in cantiere.

---

<sup>17</sup> F. Costanzo, 2016, “Scienza e tecnologia delle costruzioni”, edises editore, pag.81

Il sistema si presenta modulare e flessibile allo stesso tempo; si presta quindi ad offrire una griglia di progettazione libera da vincoli di soluzione tecnologica dei nodi strutturali che sono pressoché tutti risolvibili con realizzazioni ad hoc o con adattamenti in cantiere.

Con gli opportuni calcoli, si possono realizzare elementi atti alla realizzazione di pareti portanti e tramezze divisorie, adatti ad ogni soluzione tecnica e formale e che consentono di realizzare anche porzioni di fabbricato a sbalzo, facilitato anche dalla posa a secco degli elementi e delle conseguenti varianti facilmente operabili, prima che avvenga il getto.

Ogni pannello EPS grazie alla propria capacità di versatilità può essere rifinito in molteplici soluzioni: dal semplice intonaco base gesso lisciato fino alla rinzaffatura con intonaco grezzo, fino all'apposizione di rivestimenti.

Tale versatilità si riscontra sia per quanto riguarda la faccia esterna della parete che per quella interna; ciascun produttore personalizza gli elementi del proprio sistema, in modo tale da favorire la presa dei diversi tipi di intonaco o l'incollaggio dei rivestimenti.

Le lastre in EPS sono elementi molto leggeri (la massa volumica è compresa generalmente tra 10 e i 30 kg/mc) che rimane invariabile a causa delle cellule chiuse e impermeabili di cui è composto.

La struttura delle lastre quindi è rigida ma tenace, ovvero non ha la tendenza a sbriciolarsi.

Questa caratteristica, unita alla bassa conduttività termica, consente di ridurre al minimo lo spessore strutturale, sia che si tratti dell'intercapedine in cui vengono alloggiati i ferri di armatura prima del getto di completamento sia nella gabbia metallica tridimensionale che racchiude l'anima isolante.

Le strutture create con sistemi SAAD, permettono quindi di realizzare strutture monolitiche ove, l'armatura verticale si fonde con quella orizzontale creando una matrice di resistenza più alta e in grado pertanto di affrontare spinte e sollecitazione provenienti da diverse direzioni, come nel caso di sismi e di cicloni.

Anche dal punto di vista della computazione si riscontrano dei benefit interessanti in quanto, la parametrizzazione degli elementi semplifica la creazione di un abaco

degli elementi per verifica quantitativa e dimensionale degli elementi del progetto indispensabile per la valutazione dei costi.

La redazione del capitolato e del relativo computo metrico viene quindi molto semplificata, coniugandosi inoltre con la metodologia di preventivazione adottata dai produttori, sempre più consci e più verosimili nell'analisi dei costi operativi e di cantiere, in quanto si riduce notevolmente il margine di errore.

Infine, l'aspetto della certificazione, in quanto, ciascun produttore deve essere in possesso di certificazioni specifiche e ufficiose per le singole lastre o pannelli, attestanti le caratteristiche di isolamento termico-acustico in ottemperanti con le normative vigenti del legislatore, e la certificazione di qualità del materiale coibente (lastre in EPS) di classe E autoestinguenti.

Analizziamo ora di seguito gli aspetti intrinseci e specifici dei casseri da un punto di vista prestazione, e pertanto avremo:

- Resistenza al fuoco
- Isolamento acustico
- Assenza di ponti termici
- Resistenza meccanica al carico, al sisma, alle esplosioni e alle calamità.
- Traspirabilità e assenza interstiziale
- Isolamento termico

Per resistenza al fuoco si intende l'insieme di tutte le prove, svolte dai vari produttori, in laboratorio dimostrando un potere isolante superiore al REI 120.

Si è dimostrato che il polistirene usato per i casseri per propria conformazione chimica, sia autoestinguente, pertanto anche gli strati di calcestruzzo nell'anima impediscono la combustione dell'isolante, garantendo la protezione dell'armatura metallica all'interno.

Per quanto concerne la componente acustica, gli edifici realizzati con i sistemi costruttivi SAAD permettono di realizzare ambienti silenziosi che ne migliorano notevolmente il comfort abitativo, abbattendo le propagazioni del rumore.

Al fine di garantire il corretto comfort, risulta necessario pertanto assicurare un alto livello di isolamento anche dal punto di vista acustico al fine di ridurre o eliminare i rumori che raggiungono l'edificio dall'esterno e i rumori impattanti provenienti da unità immobiliari attigue.

Con l'impiego dei moduli ad armatura diffusa, si possono raggiungere agevolmente i valori di isolamento previsti nel DPCM 05.12.1997 sui requisiti acustici passivi degli edifici e ottenere un edificio caratterizzato da una qualità acustica più efficiente secondo la più recente norma UNI 10367.

L'eventuale applicazione al pannello d'inserti in materiali fonoassorbenti ottimizza l'isolamento delle pareti destinate al rispetto delle normative acustiche più restrittive e ostacola ulteriormente la propagazione del rumore.

Per quanto concerne l'assenza ai ponti termici, la precisione nella posa, la capacità di incastro per accostamento, garantiscono in fase di getto una omogeneità nella colatura e di struttura, e di conseguenza, ottima per eliminare ogni flusso termico interno-esterno e viceversa.

Gli elementi speciali realizzati ad hoc, consentono di risolvere specifiche problematiche di isolamento in prossimità dei nodi strutturali e per le superfici a sbalzo.

Nei sistemi in ICF l'assenza di ponti termici è garantita dalla solidarietà e coniugazione dei due principali elementi che costituiscono il sistema, il getto in CLS e l'EPS, e dal sistema di montaggio a secco degli elementi.

Numerose prove di laboratorio eseguite, hanno evidenziato l'elevata resistenza al carico meccanico degli elementi in EPS.<sup>18</sup>

Le verifiche di laboratorio realizzate su di una serie di prototipi in scala reale hanno dimostrato che le strutture resistono, senza subire danni, a sollecitazioni superiori a quelle stimate per un Sisma di I Categoria, che è la massima prevista dalla normativa sismica italiana vigente.

Il sistema di costruzione a pareti portanti è conforme alla nuova disciplina sismica introdotta dall'OPCM 3274 del 2003, che ha riclassificato interamente per la prima volta il territorio sismico italiano, seppur ancora oggi vi siano delle variazioni in merito.

La progettazione strutturale si riconduce al mero dimensionamento a setti portanti.

Il SAAD, coniugando l'armatura verticale, costituita da ferri posizionati a passo lineare e costante, con l'armatura orizzontale per gli orizzontamenti, permette di

---

<sup>18</sup> A partire dal 1999 per dimostrare l'elevato impiego dell'EPS in diversi settori, lo stesso AIPE ha finanziato e condotto molte prove in laboratorio, per confermare la convenienza e le capacità fisico meccaniche del materiale stesso, [ww.poliart.it](http://ww.poliart.it)

realizzare strutture in calcestruzzo armato monolitiche ideali nelle costruzioni antisismiche.

L'incatenamento perpetuo tra tutte le pareti portanti di tutto l'edificio, fa sì che la struttura abbia un comportamento scatolare e monolitico in grado di assorbire da qualsiasi direzione le spinte provenienti dal terreno, e pertanto di propagarle in maniera omogenea.

Sia i distanziatori dei casseri a perdere, che i tiranti o le griglie metalliche dei pannelli-parete permettono l'alloggiamento delle barre di armatura rispettando i copri ferri imposti dal NTC, e rendendo agevole il posizionamento delle armature ottenendo dei livelli di resistenza meccanica eccellenti senza incrementare i costi e i tempi di realizzazione.

Le costruzioni realizzate con sistemi ad armatura diffusa in zone ad alto rischio ciclonico come gli USA hanno dimostrato, nel corso degli anni, anche la loro capacità di resistere al passaggio delle più devastanti trombe d'aria, confermando l'elevata resistenza delle strutture alle complesse sollecitazioni e spinte delle forze sprigionate dalle intemperie.<sup>19</sup>

Le prove di resistenza alle esplosioni, realizzate utilizzando potenti esplosivi in commercio in camera di prova ottimizzata, producono onde d'urto uniforme sulla faccia delle pareti, e pertanto hanno dimostrato un'eccellente resistenza ai vari test.<sup>20</sup>

Nei periodi freddi, si viene a creare nell'ambiente interno una pressione del vapore acqueo maggiore di quella esterna, pertanto per moto naturale esso cercherà di attraversare le pareti e i tamponamenti per raggiungere l'ambiente esterno.

Una buona norma costruttiva è permettere il passaggio del vapore acqueo utilizzando materiali con bassa resistenza alla propagazione del vapore, per garantire un ambiente salubre e per eliminare la possibilità di un clima eccessivamente umido e malsano.

L'EPS è in grado di garantire un involucro isolato e di mantenere negli ambienti interni una temperatura superficiale maggiore di quella di rugiada, evitando

---

<sup>19</sup> Diversi articoli sono stati pubblicati sull'edilizia dal 2004 a seguito dei cicloni catastrofici che hanno colpito per sensibilizzare i costruttori, [www.icfmag.com](http://www.icfmag.com)

<sup>20</sup> Diverse prove sono state certificate sulla resistenza alle esplosioni, [www.carrollsbuidingmaterials.com](http://www.carrollsbuidingmaterials.com)

l'insorgenza dei fenomeni di condensa interna o interstiziale e la conseguente formazione di macchie e muffe sulle superfici interne.

Per quanto concerne i fenomeni di condensazione interstiziale, ovvero all'interno degli strati del tamponamento, bisogna valutare gli andamenti delle pressioni parziali del vapore alle diverse interfacce dei vari strati che la compongono e fondamentale è conoscere la permeabilità alla trasmissione dei differenti materiali.

Questa caratteristica viene indicata come  $\mu$  (adimensionale) fra lo spessore d'aria che offre la stessa resistenza al passaggio del vapore e lo spessore del materiale in questione ed è definita come la resistenza alla diffusione del vapore acqueo.

L'EPS è un materiale isolante, permeabile al vapore acqueo, pertanto traspirabile, caratterizzato da valori bassi di resistenza alla diffusione del vapore  $\mu$ .

La bassa traspirabilità nelle tipologie di EPS comunemente utilizzati in edilizia (da EPS 50 a EPS 200) rende il polimero plastico un materiale isolante compatibile con tutti quei materiali naturali o artificiali utilizzati come strato isolante nelle murature esterne.

La progettazione oculata di una parete SAAD in termini di spessori e caratteristiche termo-igrometriche permette la realizzazione di edifici isolati, traspirabili e privi di fenomeni critici di condensa o muffe.

Come quanto precedentemente esplicitato, si evince che l'EPS sia un materiale che garantisce un isolamento termico superiore rispetto ai sistemi tradizionali in laterocemento, con conseguente contenimento dei consumi energetici dovuto ad impianti sia estivi che invernali.

La connotazione peculiare del polimero all'interno del panorama edile, è la conduttività termica, dato che l'EPS è costituito dal 96-99% di aria, chiusa in capsule di dimensioni tali da impedirne i moti convettivi, cosicché la trasmissione del calore può avvenire soltanto per conduzione (che è molto bassa nell'aria) e per irraggiamento (che si riduce drasticamente al moltiplicarsi dallo schema costitutivo delle pareti delle celle).

L'aria trattenuta nell'EPS si trova in una condizione chimica di equilibrio nei confronti dell'aria esterna, e quindi la sua capacità di conduzione termica rimarrà invariata nel tempo, a differenza di altri polimeri schiumogeni espansivi.

Un esempio di riferimento per un pannello standard formato da due pareti da 5 cm di spessore più getto interno in CLS di spessore 15 cm: il valore di trasmittanza termica  $U$  è pari a  $0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ .<sup>21</sup>

Raddoppiando lo spessore del pannello esterno, mantenendo invariati gli altri parametri si raggiungono valori inferiori a  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Un ulteriore aspetto rilevante legato all'alto potere isolante dell'EPS sta nella facilità di raggiungimento di elevati livelli di isolamento termico, con spessori più ridotti rispetto alle costruzioni tradizionali, a benefit della superficie interna calpestabile guadagnata.

Una parete realizzata con casseri a rimanere in EPS di circa 25 cm offre le stesse caratteristiche di isolamento termico di un muro tradizionale di circa 30- 40 cm.<sup>22</sup>

Analizzati gli aspetti intrinseci e per il progettista vi sono ulteriori agevolazioni da tenere in considerazione in relazione dell'impresa operante in cantiere.

Tali vantaggi sono legati principalmente alla semplicità esecutiva, che consentono un significativo risparmio in termini temporali e personale operante, ma soprattutto all'eliminazione di una serie di opere e di materiali accessori ma indispensabili per la costruzione di strutture tradizionali e per garantire adeguata protezione e sicurezza agli operatori.

Gli elementi costitutivi del sistema (blocchi cassero, pannelli parete, elementi per solai, blocchi scala, ecc.) sono realizzati in EPS con elementi di giunzione o di sostegno in metallo o in polipropilene.

Un'importante caratteristica è la leggerezza che comporta la gestione di un cantiere sicuro, pulito e veloce, abbattendo il costo di sfridi e pulizie.

La tecnologia impiegata rientra nella tipologia "a secco": nella fase di montaggio i moduli vengono assemblati e affiancati con sistema a incastro o legature e le armature vengono posizionate in alloggiamenti adeguatamente predisposti.

Allo stesso modo le finiture interne ed esterne possono essere eseguite a secco, sui supporti predisposti in fabbrica, o optare per un rivestimento a scelta.

---

<sup>21</sup> Antony Ede, 2014, "Thermal Behaviour in Polystyrene wall panel", Departement of Civil Engineering of Lagos, pag. 112

<sup>22</sup> Eugenio Arbizzani, 2007, Tecnica e tecnologia dei sistemi costruttivi, Maggioli editore

Persino i tempi operativi per lo scarico, lo stoccaggio e la disposizione della merce vengono drasticamente diminuiti, pertanto anche l'utilizzo di legname per casseforme e strutture di sostegno temporanee vengono eliminate.

Innumerevoli esperienze, nelle condizioni più anguste, in diversi paesi del globo e con le maestranze più varie, hanno dimostrato una rilevante riduzione dei tempi di esecuzione delle costruzioni eseguite con il SAAD rispetto a quelle eseguite con i sistemi tradizionali, grazie all'utilizzo di un prodotto industriale che ottimizza le opere di montaggio e limita al minimo l'operatività del personale di cantiere.

La posa in opera avviene manualmente con estrema rapidità, senza necessità di manodopera specializzata e l'uso di attrezzature particolari.

Gli elementi vengono posati a partire da un angolo esterno, accostando i moduli elementi l'uno all'altro in successione.

Una volta realizzate le platee di fondazione gli elementi modulari in EPS vengono montati a secco, ad incastro, e fungono essi stessi da casseri a rimanere (o «casseri a perdere») per il getto di completamento.

Analogo discorso per le strutture realizzate con pannelli-parete che vengono completate con betoncino a spruzzo che sono autoportanti e non necessitano di ulteriori cassetture per il getto.

L'incidenza dei tempi di posa complessivi (cioè posa casseri ed armature, getti, disarmi, ecc.) per la realizzazione di strutture verticali in calcestruzzo viene estremamente ridotta ed è stimabile in circa 0,30 h/mq.<sup>23</sup>

Anche per la realizzazione dei solai l'impiego di elementi appartenenti ai sistemi SAAD consente la semplificazione delle operazioni di realizzazione dal momento che gli elementi risultano autoportanti e necessitano solo di alcuni puntelli rompitratta mentre gli appoggi alle strutture portanti verticali avvengono con metodologie di assemblaggio semplice.

Analizzati anche gli aspetti operativi non rimane per concludere definire alcuni benefit per quanto concerne il lavoro completato, quindi i fruitori.

Le strutture a cassero garantiscono una maggior possibilità di fruizione della superficie libera del 5%– 6% in più, dovuto all'impiego di spessori minori per l'involucro, rispetto alle strutture tradizionali.

---

<sup>23</sup> Eugenio Arbizzani, 2007, *Tecnica e tecnologia dei sistemi costruttivi*, Maggioli editore

Il notevole confort termico garantito dalle prestazioni fisiche del materiale permette di avere fino al 40% di risparmio sulle spese di gestione e sull'energia termica necessaria per garantire un ambiente salutare.

L'utilizzo dei sistemi ad armatura diffusa, sfruttando la bassa conducibilità termica del polistirene espanso, consentendo di creare pareti termicamente neutre limitando fastidiose sensazioni di caldo o di freddo all'interno degli ambienti.

L'alto potere di isolamento acustico dell'EPS impiegato nella realizzazione delle componenti verticali e orizzontali dell'edificio consente di abbattere significativamente i rumori provenienti dall'esterno, quelli di calpestio e, con un'opportuna progettazione, quelli derivanti dalle vibrazioni degli impianti.

## 2. Il sistema ICF Italia contemporaneo

Oggi il sistema a cassero a perdere come analizzato precedentemente si è sviluppato nel territorio nazionale, sebbene non con una forte connotazione, forse dovuta alla scarsa conoscenza della tecnologia stessa nel panorama costruttivo, e lo stesso settore edile, che come ampiamente precedentemente detto sempre più restio alle variazioni e ai cambiamenti, sia per ragioni culturali che politiche.

Questo non vuol dire che vi sia stato un riconoscimento da parte della legislazione, che ha ricevuto questa tipologia costruttiva ed inglobata nei vari manuali e NTC seguenti.

Alla fine degli '80 nasce il gruppo SAAD (strutture ad armatura diffusa), un'associazione riconosciuta all'interno dell'AIPE.

AIPE Associazione Italiana Polistirene Espanso è stata costituita nel 1984 per promuovere e tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e per svilupparne l'impiego.

Sono appartenenti all'interno del gruppo tutte le aziende produttrici della materia prima, fra le quali le più importanti industrie europee, che si occupano dalla produzione in lastre, manufatti per l'edilizia e l'imballaggio.

All'interno dell'associazione sopracitata troviamo anche la il gruppo SAAD, che si occupa prettamente della componente edile, nello specifico la promozione promuovere e diffondere la tecnologia costruttiva dei sistemi ad armatura diffusa (ICF SAAD) che impiegano “casseri a rimanere” in EPS per realizzare così edifici antisismici con una struttura a setti portanti in calcestruzzo armato isolati, caratterizzati da un elevato isolamento termico, adeguata inerzia termica, isolamento acustico, protezione al fuoco e resistenza meccanica e quindi in grado di assicurare comfort abitativo, risparmio energetico, nonché economia nei costi di costruzione e nei costi di gestione del cantiere.

Oltre alla redazione di pubblicazioni e documenti di carattere tecnico- divulgativo, l'attività del Gruppo, con il supporto dell'Associazione è indirizzata anche all'organizzazione e alla presenza in corsi e convegni rivolti ai molteplici attori di mercato interessati, istituzioni, progettisti, costruttori nonché utenti finali.

All'interno del gruppo sono presenti nove aziende partner leader specializzate nella produzione e costruzione in ICF, ognuna delle quali con le rispettive caratteristiche. Tra queste, ritroviamo Ecosism, un'azienda e un prodotto brevettato peculiare in quanto a differenza dei casi previsti non è i moduli in EPS, ma a nostro avviso un traguardo ulteriore, in quanto è la struttura che si fonda con il modulo, in quanto avvolto in una maglia strutturale tridimensionale che successivamente approfondiremo, che permette una vasta gamma di personalizzazione dei casseri a perdere come vedremo sempre più nello specifico nei capitoli seguenti.

### 3. Casi studio di realizzazioni in ICF

In questo capitolo si vuole approfondire l'approccio specifico di come questa tecnologia è stata utilizzata analizzando vari casi studio per approfondirne l'utilizzo e ricadute in termini di performance e qualità.

Diverse realtà, proponenti diverse soluzioni tecnologiche, e diversi casseri in ICF negli ultimi hanno proposto progetti di assoluto interesse, tra cui quelli analizzati

La volontà deriva nell'approfondimento di diversi scenari tutti differenti tra loro, per tipologia, geometria, tecnologia e tipologia costruttiva, uno sguardo attento per le performance e i benefici che si possono creare.

La possibilità di fare buona architettura deriva dalla scelta cosciente e consapevole dell'ambiente circostante con la volontà di essere il meno invasivi e più performanti allo stesso tempo.

Si denota nei casi analizzati una volontà da parte del costruttore e del progettista un'accurata analisi della tecnologia proposta, cercando di spaziare a 360 gradi per innovazione ed impiego.

Nei suddetti casi specifici proposti si è andato oltre dalla semplice applicazione ed utilizzo della tecnologia costruttiva, ma è stato sviluppato un focus sinergico con la componente impiantistica e costruttiva.

La componente impiantistica gioca un ruolo rilevante perché viene scelta e dimensionata a partire dagli output di trasmittanza e dispersione del singolo cassero, che grazie ad una scelta architettonica e costruttiva ragionata permette di contenere i costi e consumi.

Approfondendo i vari aspetti tecnologici, soprattutto quelli nevralgici, quindi i nodi strutturali, l'ancoraggio ai serramenti, l'attacco suolo fondazione, punti cardine e di maggior diffusione dei ponti termici, permettono di essere risolti in maniera semplice e permettendo un considerevole risparmio in termini di costi.

Il fine di queste analisi è poter aumentare la conoscenza dell'interlocutore una tecnologia presente nel mercato edile recente, e che sebbene porti con sé degli evidenti vantaggi, il mercato edile nazionale risulta molto refrattario alle innovazioni.

### 3.1 Villa Diamante – San Bonifacio (VR)

Villa CD ‘Diamante’ a San Bonifacio è un edificio a destinazione civile per uso monofamiliare ai margini di una zona agricola del Veronese, che ha colpito la nostra attenzione per essere stato sviluppato come casa passiva, e per avere dettagli tecnici costruttivi e un’innovazione architettonica di pregio.

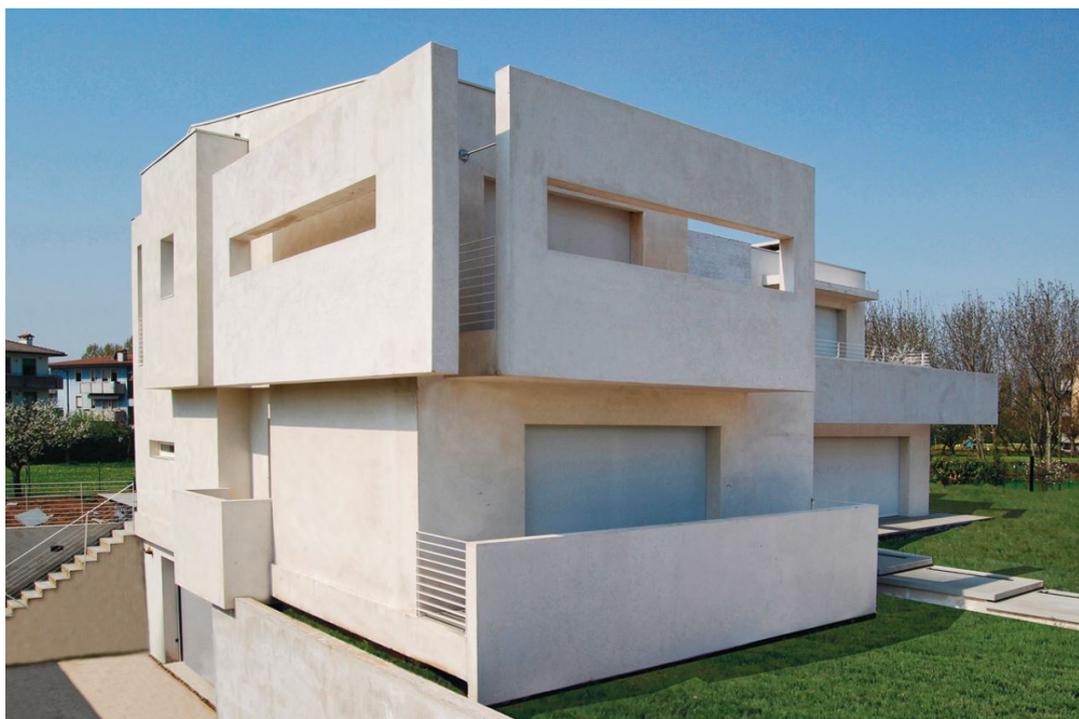


Foto 9: Rendering fotorealistico in vista di progetto. Fonte: Pontarolo Engineering

Una approfondita analisi del contesto ha permesso di realizzare un’architettura suggestiva in grado di coniugare un terreno agricolo tipico del paesaggio padano e l’area adiacente del tutto industriale e manifatturiera.

Un vero e proprio manuale degli elementi e dei caratteri tipologici per spiegarne la filosofia progettuale, da cui si apre un confronto dialettico tra le parti.

Si rivela così un problema concettuale molto profondo, ovvero la difficoltà di fare architettura in un contesto controverso cercando di coniugare vari aspetti senza tralasciare il contesto circostante.

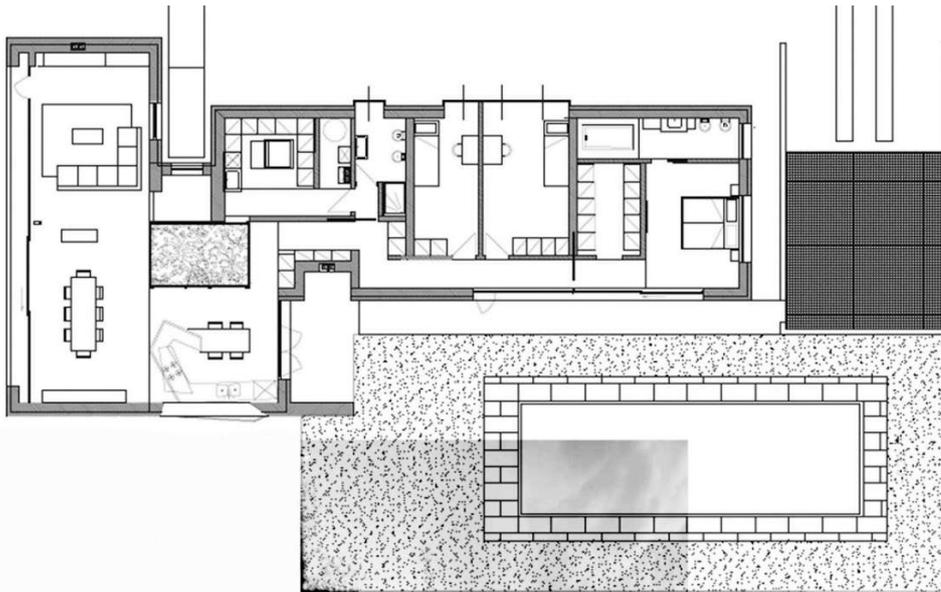


Foto 10: Pianta scala 1:100 del piano superiore dove è facilmente riconoscibile l'importante superficie trasparente a nord. Fonte: Architetti Verona

Uno studio approfondito dei caratteri tipologici e costruttivi permette una lettura contemporanea degli aspetti tipologici architettonici, così come la ricerca e gli approfondimenti in campo tecnologico devono essere avvalorato così da farli collaborare sinergicamente con il tratto architettonico.



Fig. 11: Fase di cantiere durante l'esecuzione dei lavori. Facilmente riconoscibile il sistema a ICF come soluzione costruttiva tecnologica. Fonte: Pontarolo Engineering

Considerando lo studio solare e di conseguenza l'aspetto tecnologico costruttivo e impiantistico che successivamente affronteremo, si può confermare che il risultare della resa energetica è inferiore a 15 Kwatt/anno

Arrivare a un risultato importante come la realizzazione di Villa CD è la manifestazione di quella difficoltà di procedere che nasce dalla non conoscenza e dalla mancata accettazione dell'architettura moderna.

La possibilità di creare architettura di interesse deriva da una forte volontà di stravolgere un sistema refrattario alle innovazioni, basti pensare alla soluzione del tetto piano, unica nel suo genere all'interno del suddetto contesto, creazione di volumi architettonici puri, con il ribaltamento della funzione distributiva, come anche l'affaccio della zona giorno che è orientata verso monte.

La volontà di distinguersi del progetto la si percepisce anche nella realizzazione al primo piano di una superficie trasparente ampia e continua, connotando un intenso studio delle soluzioni tecnologiche adottate.

Un'interazione di linee e sovrapposizioni volumetriche in cui si riflette l'articolazione speculare degli elementi bidimensionali.

Quanto ritroviamo a terra altro non è che l'immagine riflessa proiettata nella verticalità degli elementi rappresentati.

Variazioni cromatiche, pieni e vuoti, e geometrie pure all'interno di volumi semplici. Quell'analisi progettuale si pone come ambiziosa e di rilievo interessante.

Come si può analizzare dalle piante e dalle immagini proposte la villa si sviluppa su 3 volumi, ovvero 3 parallelepipedi sovrapposti intersecati l'un l'altro, volumi che intersecandosi creando una suddivisione degli ambienti, una netta separazione della zona giorno e della zona notte, creando ambienti lineari e ortogonali, sinonimo di una corretta coniugazione stilistica e architettonica riuscendo a fare buona architettura.

Un ulteriore approfondimento è stato fatto grazie allo studio dello sviluppo solare dove il parallelepipedo a sud quasi si nasconde all'interno del volume adiacente, creando un volume unico. Rimane anche vero che la parte sud ovest del volume rimane ipogea per  $\frac{3}{4}$  e pertanto frontalmente si è deciso di creare un patio privato, che dialoghi con il muro di cinta perimetrale che si estende sul giardino.

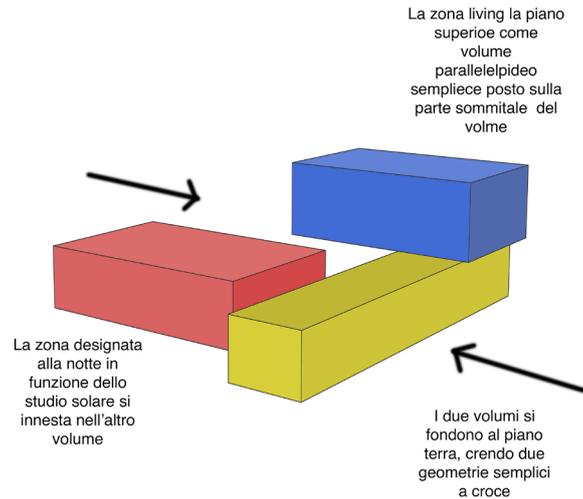


Fig. 12: Concept di progetto e distribuzione dei volumi

Per la realizzazione del progetto è stato fatto un uno studio approfondito dei vari sistemi costruttivi dove risultava necessario adottare una tipologia molto performante ma con costi contenuti e dimensione in sezione ridotte, viste le pareti lineari molto ampie e la scelta di avere al primo piano un'importante superficie trasparente.

La scelta è ricaduta sulla scelta delle pareti portanti perimetrali vista la libertà geometrica all'interno dell'edificio stesso.

La scelta nello specifico è ricaduta nella tecnologia ICF di casseri a perdere inglobati da uno strato di isolante, interconnessi da vari connettori stabilizzanti.

La possibilità di avere una parete lineare perimetrale nella suddetta tipologia permette di ridurre la possibilità di abbattere i ponti termici che si possono creare in prossimità di nodi e serramenti, e di avere dei valori di trasmittanza IN-Out e viceversa molto bassi.

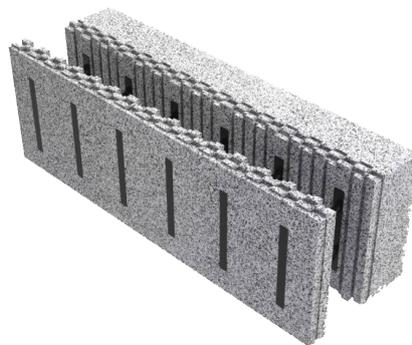


Fig. 13: Blocco ICF con doppio strato in EPS, dove all'interno sono alloggiati i connettori di distanziamento e tenuta delle membrature. Fonte: Pontarolo Engineering

L'azienda designata per la realizzazione del manufatto è la Pontarolo Engineering che per la realizzazione delle pareti ha optato per l'uso dei casseri Climablock sistema costruttivo ICF (Insulated Concrete Forms) per realizzare tamponature continue in cemento armato in grado di integrare grazie al cassero ICF le capacità di resistenza meccanica del calcestruzzo con le capacità di isolamento termico del polistirene.

L'utilizzo di questa tecnologia, caratterizzata dal doppio strato in EPS sulle superfici esterne ed interne del tramezzo permette in fase di costruzione di annullare totalmente le dispersioni termiche dell'involucro.

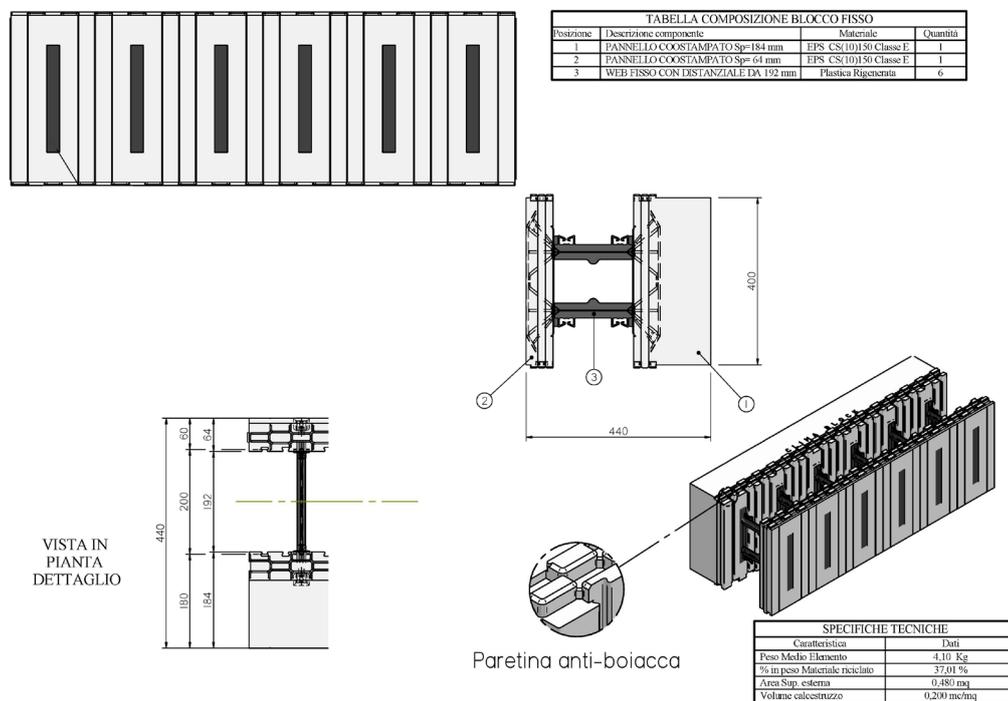


Fig. 14: Schema raffigurativo blocco Clima blok. Fonte Pontarolo Engineering

Il blocco ICF, che rimane a perdere, permette di abbattere le trasmittanze in durante il periodo estivo e di abbattere le dispersioni durante il periodo invernale con un importante riduzione dei consumi energetici ed un significativo risparmio in termini di costo nel tempo.

La peculiarità di avere più blocchi sovrapposti permetti di avere uno stato continuo ed omogeneo lungo tutta la parete.

Inoltre, membratura perimetrale che avvolge la parete con lo strato isolante permette di garantire importanti valori di isolamento nei confronti del surriscaldamento estivo grazie alle elevate prestazioni in termini di sfasamento, smorzamento e trasmittanza della parete in c.a.

Il sistema ICF è basato sull'interposizione di blocchi che accoglieranno nell'anima l'armatura e il successivo getto.

Le operazioni di montaggio del cassero ICF risultano semplici, pratiche, veloci e la modularità del progetto e la conseguente ortogonalità ha permesso la posa anche in prossimità dei nodi e negli angoli.

Composizione	Spessore	CLIMABLOCK mm spessore lastra int.+ mm spessore lastra est.				Massa Vol. [Kg/m <sup>3</sup> ]	Calore spec. [J/KgK]	Conductività	Conductività
		64+64	64+94	64+124	64+184			$\lambda$ $\lambda$	$\lambda$ $\lambda$ dichiarata
	mm								
Cartongesso	12,5				900	840	0,21		
EPS TWINPOR interno	64				25	1340	0,0348	0,0316	
Calcestruzzo	150				2400	880	1,91		
EPS TWINPOR esterno		64	94	124	25	1340	0,0348	0,0316	
Rasatura esterna	5				2000	670	1,4		
Spessore totale mm		395	425	455	515				
Massa Superficiale Kg/m <sup>2</sup>		624,5	625,2	626	627,5				
Trasmittanza U ( W/mK)		0,247	0,200	0,168	0,127				
Sfasamento (h)		10,23	10,46	10,78	11,61				
Smorzamento		0,019	0,016	0,015	0,013				
Trasmittanza Termica Periodica YIE [W/m <sup>2</sup> K]		0,005	0,003	0,003	0,002				

Fig. 15: Specifiche tecniche prestazionali blocco di progetto, Fonte Pontarolo Engineering

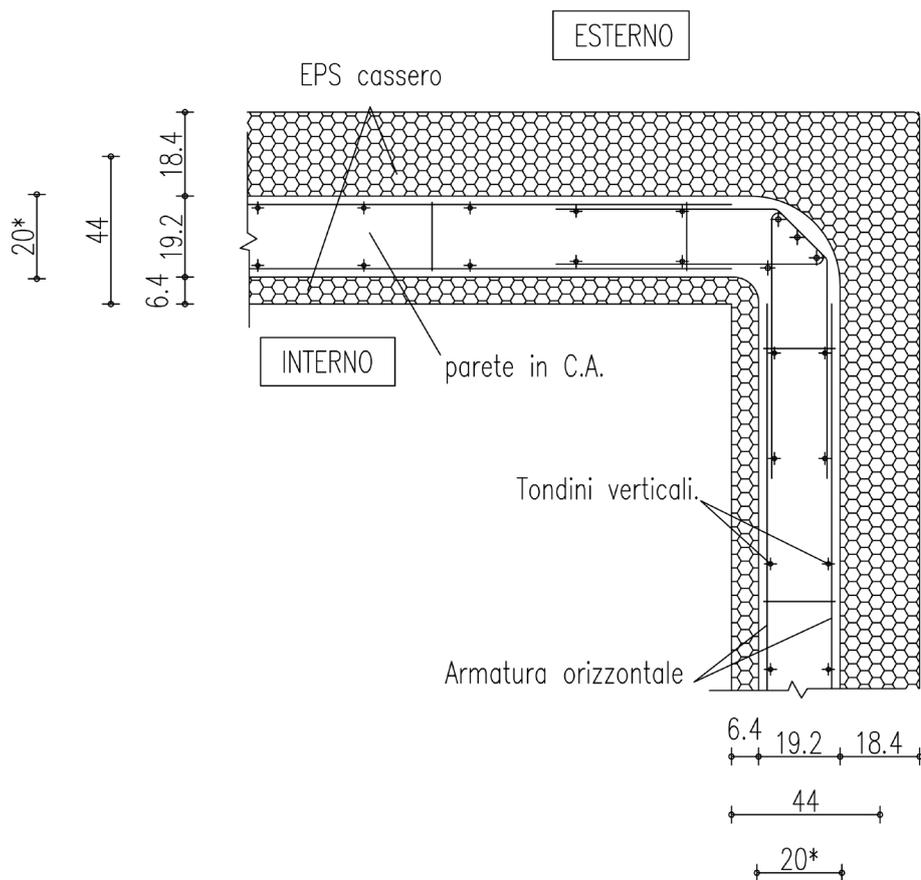


Fig. 16: Sezione scala 1:20 del sistema di ancoraggio blocchi ICF in prossimità dell'angolo

Per il sistema del primo solaio per il primo pavimento per garantire una soluzione performante si è optato per il vespaio aerato ad Igloo per garantire in primis il passaggio dell'aria, abbattimento delle radiazioni da terreno e le condense dovute alla risalita dell'acqua, affidandosi al sistema Cupolex della medesima azienda.

CUPOLEX è un sistema brevettato di casseri a perdere per la creazione del vespaio aerato che consente la realizzazione veloce ed economica del vuoto sanitario.

Un vespaio aerato (o vespaio ventilato) permettere la realizzazione di una camera d'aria in grado di separare gli strati del solaio e di smaltire di conseguenza l'umidità.

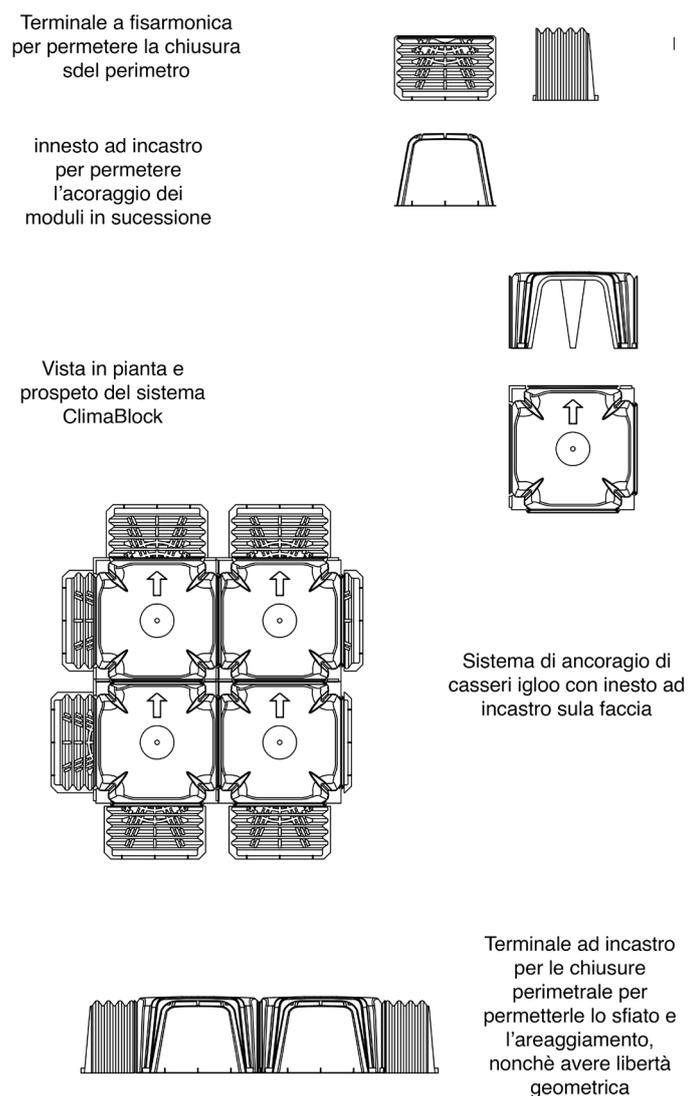


Fig. 17: Schema di ancoraggio in pianta e prospetti del sistema a solaio aerato.

Il sistema è composto da elementi in plastica riciclata a forma di igloo che fungono da cassero per il getto del calcestruzzo, come se fosse la creazione un pavimento rialzato.

In tal modo conferiscono in fase di getto alla soletta una geometria ad archi e colonne in prossimità delle gambe e degli incastrati degli igloo, risultando staticamente performante.

Il peso viene infatti sostenuto dalla soletta delle colonnine in calcestruzzo che vengono a formarsi ai vertici dell'elemento CUPOLEX.

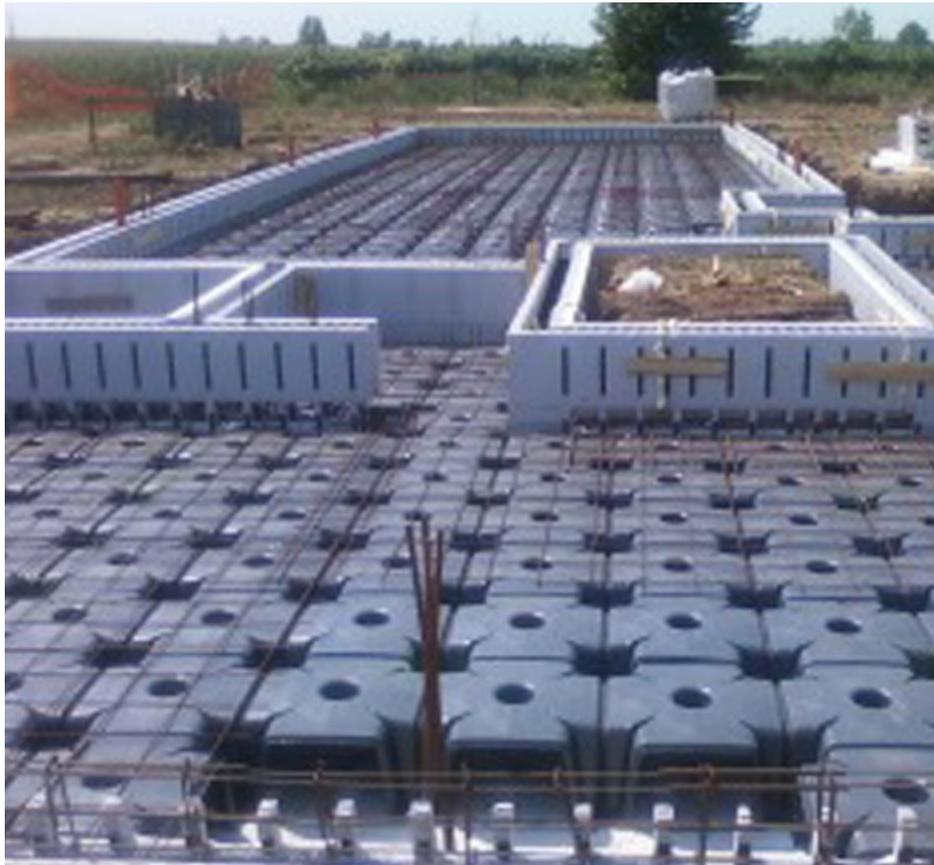


Fig. 18: Foto di cantiere durante la posa del solaio aerato. Fonte Pontarolo Engineering

Il vuoto sotto la soletta permette così di ottenere un vespaio aerato naturalmente o un vespaio ventilato meccanicamente per la rimozione di umidità e di gas nocivi che fuoriescono dal terreno come il gas radon, risparmiare costosi e voluminosi materiali di riempimento, agevolare il passaggio e la manutenzione di impianti di servizio, rialzare e alleggerire una struttura.

Il nostro vespaio aerato (o vespaio ventilato) è inoltre adatto ad usi alternativi per paesaggisti come la creazione di marciapiedi o pavimentazioni con alberi o come lo stoccaggio e la raccolta di acqua piovana.

In prossimità della terminazione e vista l'impossibilità di inserire un ulteriore blocco, esistono dei terminali (vedi figura) a membrana in grado di essere agganciati e andare perfettamente in aderenza con la parete perimetrale.

Per quanto concerne l'aspetto impiantistico si è indirizzata la scelta verso un accumulatore geotermico in superficie dove vista la geometria dell'edificio in parte ipogeo, e la possibilità di porre la serpentina ad una determinata profondità con uno

sfasamento termico che si aggira intorno 10°C- 14°C costituiscono un naturale accumulo che permette, quindi, di attenuare le variazioni di temperatura dell'aria in entrata e invertire l'andamento stagionale donando calore nel periodo invernale assorbito nella precedente estate e viceversa.



Fig. 19: Foto di cantiere durante l'avanzamento dei lavori, si intravede la posa dei vari impianti.

L'indice di performance dipende da quanto è posto è posto la profondità l'impianto e la relativa capacità (in questo caso la profondità è di circa 3 m) il posizionamento a sud che permette un'ulteriore possibilità di avere ombra e rimanere fresco nel terreno.

Per quanto concerne la fornitura di energia termica e acqua sanitaria calda è stata installata una caldaia a pellet di legno per sopperire gli inverni più rigidi, ed eventuale shock termici improvvisi a cui far fronte.

L'uso di una caldaia funzionante a biomassa ha un effetto considerato nullo di immissione di anidride carbonica in atmosfera, poiché tale materiale deriva dalla captazione attraverso la funzione clorofilliana di una eguale quantità di anidride carbonica dall'aria, pertanto viene considerato come impatto nullo.

## 3.2 Residence – ZAC Clichy Battignoles (FR)

L'opera analizzata prevede la realizzazione in all'interno del lotto ZAC Clichy Battignolles a Parigi, un quartiere moderno dalle costruzioni architettoniche di pregio ed altamente performanti, che mira a rientrare nel "factor 4" (diminuzione delle emissioni del gas serra del 75% entro il 2050, rispetto al 2004) psd. 155/2004.

Il progetto prevede la realizzazione di due unità indipendenti di 27 e 23 unità abitative, totalmente passive, con una superficie del lotto di 3350 mq, affidato a Sablier social.

Sono stati la scelta nella suddivisione delle 50 unità abitative in due edifici separati, in modo da premettere un miglior apporto luminoso e solare, su tutte le facce del volume e per una distribuzione più omogenea in pianta dei locali come vedremo successivamente.

Dal punto di vista compositivo all'interno di ogni singolo edificio, monolocali, bilocali e trilocali, al fine di massimizzare l'esposizione e l'apporto solare, e avere il meno possibile stanze cieche.

Per una disposizione ragionata e distinzione uniforme si è agito in funzione del favoreggiamento alla ventilazione naturale ed un orientamento a sud/ovest per beneficiare della luce.



Fig. 20 Esposizione a sud ovest in funzione degli edifici e le altezze relative adiacenti, per ottimizzare l'apporto solare anche durante gli equinozi.

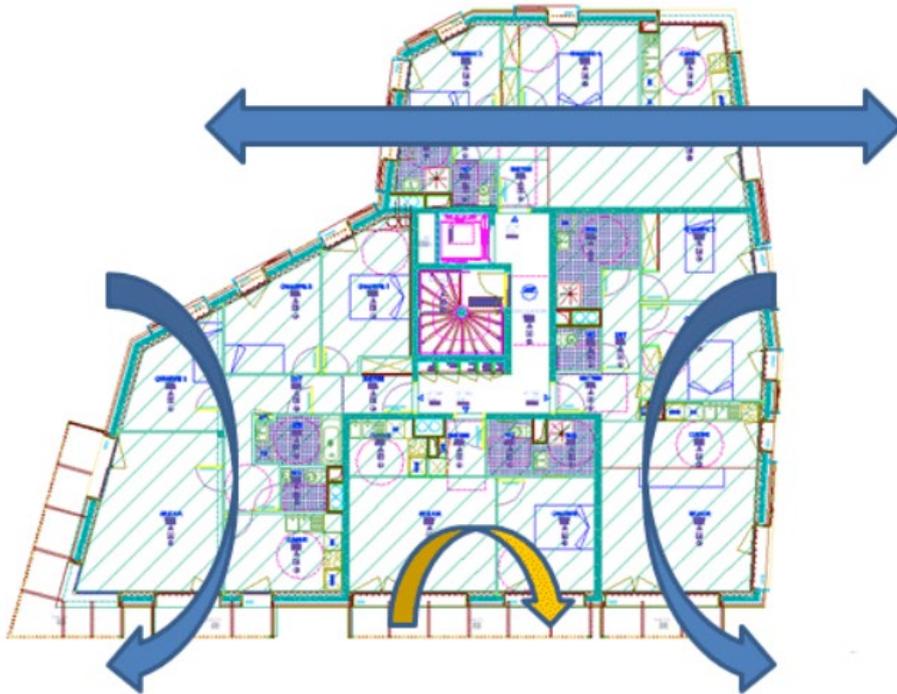


Fig. 21 Disposizione in una pianta tipo delle stanze dell'involucro con importante esposizione verso Sud/Ovest, per sfruttare più possibile l'affaccio e garantire a tutte le stanze una finestra Fonte: ICF Sablier locatment

La disposizione con il suddetto orientamento ha permesso di calcolare il fabbisogno di riscaldamento a  $9,9 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$ , un livello ancora migliore rispetto allo standard passivo (fabbisogno di  $15 \text{ kWh} / \text{m}^2$ ). Questo risultato si ottiene senza il triplo vetro, inizialmente imposto a questa operazione.

La suddivisione ha permesso di compensare le perdite legate all'eliminazione del triplo vetro con maggiori prestazioni su altri elementi (pareti, ponti termici, ecc.).

Le tecniche utilizzate rappresentano un costo inferiore al costo aggiuntivo generato dal triplo vetro: ciò comporta un'ottimizzazione tecnica ed economica dell'intervento.

La scelta di una soluzione tecnologica efficiente in grado di abbattere l'apporto di ponti termici e le trasmittanze che possono crearsi, pertanto si è scelto per una soluzione a moduli ICF, si casseri a perdere pre-dimensionati da un doppio strato in EPS, con armatura continua e localizzata all'interno.

Un ulteriore e particolare ragionamento è stato fatto dal punto di vista tecnologico per le fondazioni, dove oltre al dimensionamento si è andato a ragionare sulla possibilità di essere attaccato dall'acqua vista la chimica del terreno ricco d'acqua.

Come si può osservare nella figura sottostante al posto di utilizzare la consueta posa dei casseri sul primo solaio fuori terra, in questo caso si è optato per un rivestimento totale della struttura, comprese le fondazioni.

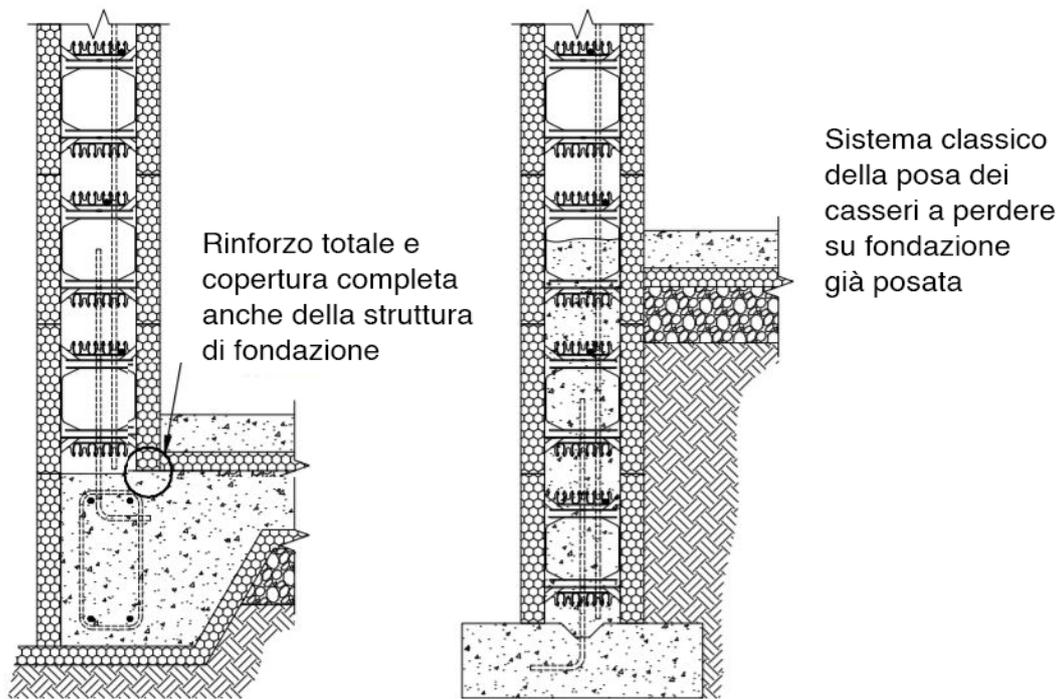


Fig. 22: Differenziazione del sistema a cappotto completo di progetto rispetto alla classica posa ICF.

La soluzione che si è optata è per una fondazione a travi continue e cordoli interamente rivestite da uno strato di EPS, e con la posa di un telo geotermico una prossimità del getto del magrone di allettamento.

Oltre un'acuta attenzione al contesto tecnologica si è indirizzato verso una scelta sostenibile anche dal punto di vista dell'efficienza ambientale cercando di utilizzare sistemi efficienti, dai consumi ridotti e con energie rinnovabile, merito di un'approfondita analisi della qualità ambientale complessiva dell'involucro.

In questo specifico progetto si è ragionato in primis sui benefit locali della singola unità abitata per arrivare alle migliori performance dell'involucro con trattazione sull'uso di energie rinnovabili, il risparmio idrico, il trattamento dei rifiuti e la qualità dell'aria.



Fig. 23 Render di progetto con vista fronte strada. Fonte: ICF Sablier locatment

Per quanto concerne il sistema costruttivo definiamo i dettagli delle singole specifiche tecniche per i pannelli utilizzati:

- Pareti: doppio isolamento interno 120 mm / esterno 140 mm per un  $U < 0,125 \text{ W / m}^2\text{K}$ .
- Tetto del terrazzo isolato con 200 mm di isolamento (e parzialmente vegetato):  $U < 0,13 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Pianale ribassato parcheggio: isolamento sul lato inferiore (150 mm compreso sui rientri delle travi) e sottopavimento (60 mm)  $U < 0,155 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Balconi: solaio composito (quindi meno pesante), fissaggio con ganci puntuali in modo da limitare i ponti termici

Per lo studio dei ponti termico, visto le grandi aperture e le superfici trasparenti nonché la posa puntuale del serramento sul solaio (portefinestre), si è agito sull'attacco tecnologico realizzando uno strato di schiuma precompressa sull'attacco del controtelaio e di una membrana non tessile al telaio ove si ancorerà il serramento.

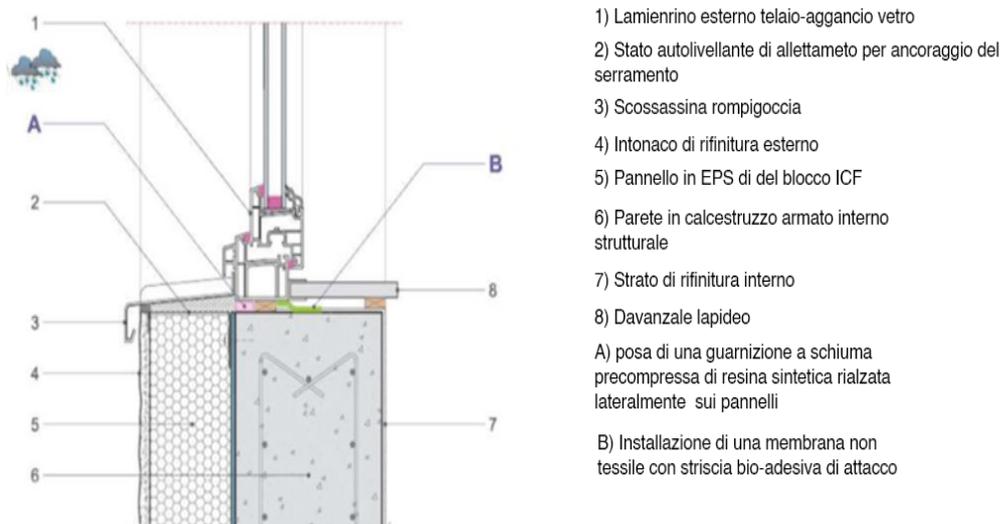


Fig. 24 Particolare nodo tecnologico dell'incastro serramento-parete.

Sulle superfici a sbalzo (balconi) si è agito sul calcolo dai ponti termici su ogni singolo nodo in funzione delle stratigrafie e da come si evince dai risultati la temperatura interna non viene minimamente intaccata da quella esterna garantendo una chiusura ermetica.

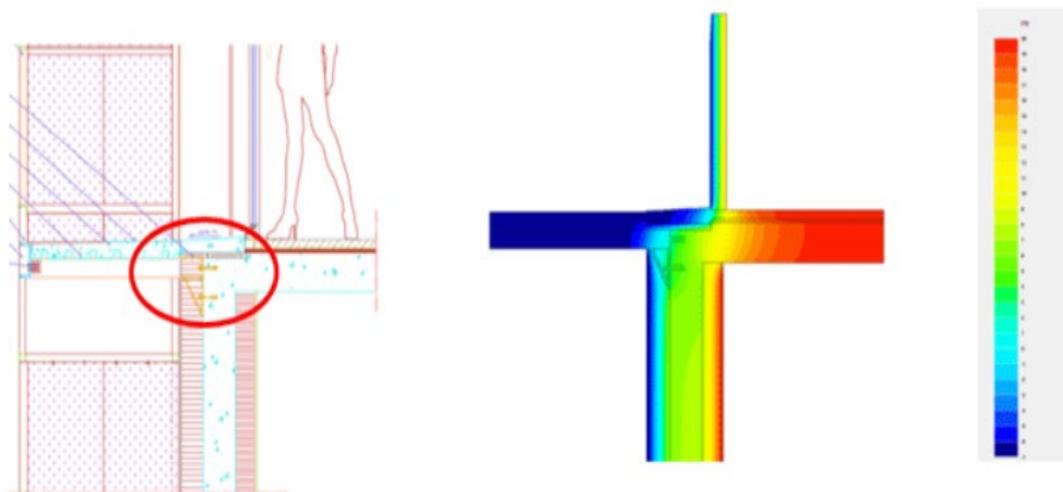


Fig. 25 Calcolo dell'incidenza dei ponti termici secondo il programma Trisco. Fonte: ICF Sablier locatment

Dal Punto di vista impiantistico si è focalizzato un intervento mirato ad ottimizzare e rendere efficiente ogni aspetto legato al consumo e al riciclo.

In primis un sistema di riciclo delle acque reflue composto principalmente da un serbatoio di scambio termico e da una pompa di calore acqua / acqua. Il refluo grigio viene raccolto ad una temperatura media di 29 ° C, e passa attraverso un serbatoio in cui sono immersi gli scambiatori di calore.

Sono questi scambiatori, in cui circola un fluido termovettore, che forniranno calorie alla pompa di calore dell'impianto, che produce acqua calda sanitaria a 45° C.

Le acque grigie trattate vengono quindi scaricate a una temperatura media di 9 ° C nella rete fognaria.

Il sistema è progettato per funzionare come base, ovvero permette di preriscaldare l'acqua fredda dalla sua temperatura iniziale circa 45°C.

Il complemento per raggiungere la temperatura di accumulo (intorno ai 55 ° C) è costituito da uno scambiatore di calore collegato alla rete di teleriscaldamento.

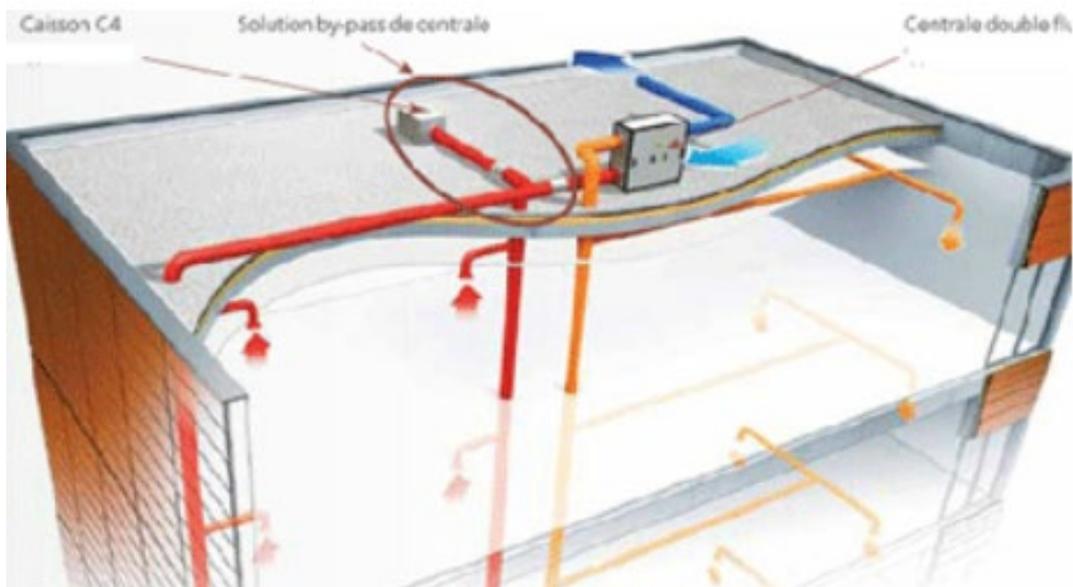


Fig. 26 Sistema di distribuzione e ventilazione aria. Fonte: ICF Sablier locatment

Per quanto concerne il sistema di ventilazione è stato previsto un sistema di ventilazione totale a doppio flusso che permettesse il recupero del Calore in mandata unica fino all' 80% e ventilatori a basso consumo energetico con un unico collettore del trattamento aria (UTA) posto sul tetto.

Per quanto concerne l'impianto elettrico, il doppio volume ha permesso di avere più superficie dove poter posare pannelli fotovoltaici su una superficie di 316 mq in grado di garantire una produzione annua di 4MWh, ovvero 29 KW/mq annuo in grado di sopperire la richiesta energetica per l'intero edificio, facendo particolare attenzione ai luoghi comuni dove l'illuminazione è garantita mediante l'uso di illuminazione LED ad alta fluorescenza con velocità 1m/s.



Fig. 27 Tetto fotovoltaico, con unità di trattamento aria a doppio flusso visibile sotto i pannelli fotovoltaici: ICF Sablier locatment

### 3.3 Edificio scolastico – Sarnano (MC)

In un piccolo Comune di Macerata, nello specifico a Sarnano, a seguito degli eventi sismici degli anni precedenti, si procede alla realizzazione di un edificio scolastico, con la tecnologia costruttiva dei casseri a perdere, affidata a Pontarolo.

Il tutto nasce dal documento dall'ordinanza del presidente n. 14 del 16 gennaio del 2017, dove vengono analizzate molte soluzioni tecnologiche dal latero-cemento alle soluzioni lignee, e a seguito di approfondite analisi e agli studi di fattibilità si è ritenuto la migliore soluzione sul mercato per garantire prestazioni antisismiche e termiche eccellenti, ma anche qualità e velocità di esecuzione, fondamentali in questo frangente per poter consegnare l'edificio, una scuola dell'infanzia, in tempo per l'inizio dell'anno scolastico.

Il progetto per la realizzazione di una scuola destinata a 82 alunni seguito dall'ingegner Zuliani, e supervisionato dalla Protezione Civile del Friuli, proprio grazie l'efficienza e la rapidità di esecuzione dell'opera, ha visto l'avvio del cantiere l'8 di maggio e la consegna delle chiavi in soli 120 giorni.



Fig. 28: Foto di cantiere con vista posa casseri per realizzazione pareti interpiano.

Fonte: Climablock



Fig. 29 Vista di cantiere posa dei primi casseri sul primo solaio. Fonte: Climablock

L'edificio è stato costruito completamente con un la Tecnologia Cupplex da parte di Pontarolo che ha predisposto per gli orizzontamenti e le opere in elevazione la soluzione in ICF

Lo stesso progetto, visto l'alta efficienza energetica e sismica, verrà considerato in classe IV, e pertanto potrà essere riutilizzato dalla popolazione in casi di calamità naturali ed emergenze.

“La Presidente della Regione Friuli Venezia Giulia Debora Serracchiani nella presentazione del progetto di ricostruzione della scuola di Sarnano” ricorda Pontarolo Valerio, Amministratore

Delegato di Pontarolo Engineering Spa “disse che la ricostruzione della scuola materna di Sarnano non solo sarebbe stato il modo migliore per celebrare il ricordo di quanto accaduto in Friuli quarant'anni prima, ma anche il segnale che serve in quei luoghi per comprendere che ce la si può fare, che si può ricostruire bene; ed è per noi un orgoglio ancor più grande” continua Pontarolo “essere i fornitori del sistema costruttivo per la ricostruzione del primo edificio pubblico-strategico nelle zone terremotate, perché oltre a confermare la bontà del nostro sistema, ci fa capire che, come azienda friulana, abbiamo saputo fare tesoro del tragico sisma che devastò nel 1976 la nostra Regione avendo con lungimiranza guardato alla sicurezza ed al risparmio energetico”.



Fig. 30 Vista aerea di cantiere lavori in elevazione. Fonte: Climablock

L'impresa vincitrice dell'appalto è stata scelta soprattutto l'efficienza dei blocchi proposti come vedremo in seguito, in termini di costi e performance.

L'utilizzo della tecnologia ICF soprattutto nell'edilizia pubblica rende gli stessi edifici efficienti e strategici, garantendo oltre elevate performance ambientali con costi contenuti, anche una componente sociopolitica rilevante permettendo di garantire strategici i casi di emergenza.

Il complesso di circa 1200 mq si svilupperà su due livelli e sarà capace di ospitare 4 sezioni complessive, di capienza fino ad un massimo di 29 bambini ciascuna; permettendo una capienza massima di 150 persone all'interno.

Oltre ai parametri di sicurezza antisismica ed antincendio che consentiranno a questo edificio l'attribuzione della classe d'uso IV (ovvero di costruzione "strategica"), la progettazione complessiva ha tenuto in primaria considerazione sia la qualità dell'involucro, che quella

impiantistica, al fine di conseguire un edificio dalle prestazioni energetiche di alto livello (NZEB, ovvero "nearly zero energy building") capaci di tradursi in un consumo estremamente contenuto di energia e, di conseguenza, in una gestione particolarmente economica riferita al riscaldamento, raffrescamento ed alla illuminazione, ma anche alle future manutenzioni, essendo il sistema non destinato a degradare nel tempo e quindi a garantire qualità e lunga durata.



Fig. 31 Posa del solaio aerato sui casseri a perdere. Fonte: Climabolck

La realizzazione prevede l'uso di una fondazione a platea con travi rovesce, con solaio aerato, mediante l'apposizione di casseri ad incastro (Cupollex), e la posa di uno strato EPS prima del getto continuo del solaio ; murature in calcestruzzo armato gettato in opera, nello specifico le strutture portanti verticali in fase di costruzione, sono realizzate con casseri a perdere Climablock, soluzione che oltre ad essere ottimale a fronte delle esigenze prestazionali termiche ed acustiche, risulta particolarmente indicata per consentire una struttura di elevate caratteristiche di resistenza, anche contro le sollecitazioni orizzontali tipiche del sisma. Il pacchetto di progetto prevede un setto in cemento armato di 25 centimetri posto tra due strati di isolamento.

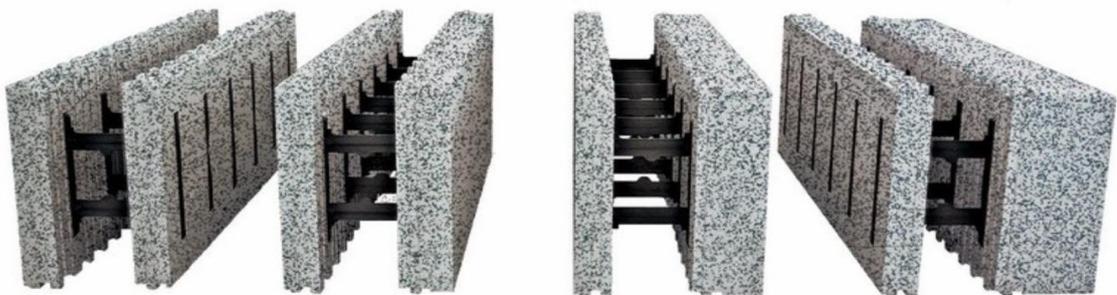


Fig. 32 Vista frontale dei vari moduli impiegati durante l'esecuzione dei lavori.

L'isolamento in EPS è costituito esternamente da una lastra di spessore 18,4 cm e, all'interno, di 6,4 cm.

Questo doppio strato coibente è in grado di assicurare dei valori di trasmittanza particolarmente elevati mentre la massa del setto in C.A. permetterà un ottimale sfasamento termico.

Le suddette performance permetteranno l'inserimento dell'edificio in classe NFBZ. Questi valori prestazionali eccellenti saranno raggiunti con spessori della parete contenuti, a parità di prestazione, rispetto ad altri sistemi; in tal senso, i casseri a perdere Climablock, permettono di usufruire di maggior superficie calpestabile interna.

Gli orizzontamenti verranno realizzati come possiamo vedere dalla figura sottostante con casseri inglobati ad un getto continuo, intelaiato da una struttura metallica per sopprimere e far fronte alle forze orizzontali e sismiche.

Per la coibentazione e ventilazione della copertura dell'edificio verranno impiegati i pannelli per tetti termo ventilati Ventus posati sopra cappa in c.a. al fine di conferire alla copertura la "massa" necessaria per corretto comfort estivo.

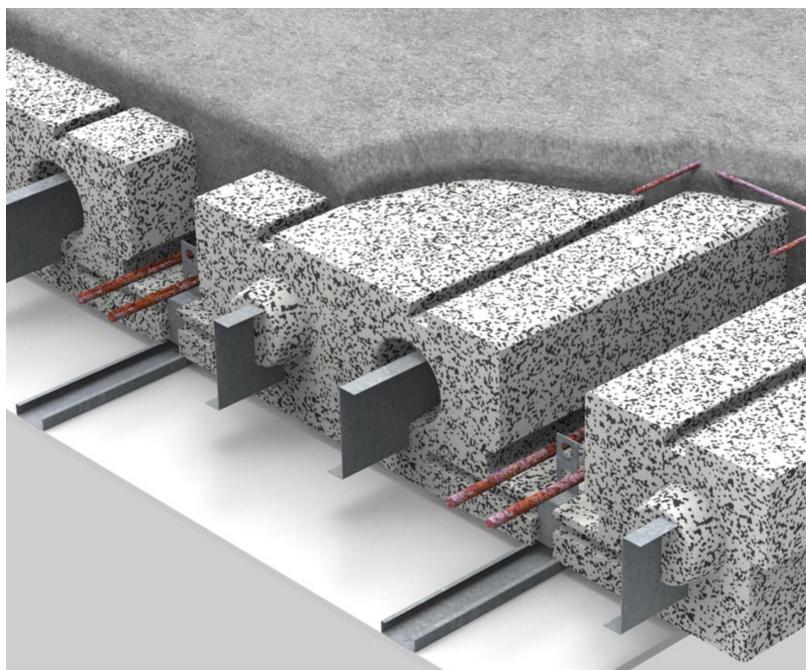


Fig. 33 Taglio in vista stratigrafia di progetto per la posa della copertura. Fonte :Ventus

### 3.4 Ampliamento rifugio di Pejo – Monte Cevedale di Pejo (TN)

La realizzazione prevede l'uso di una fondazione a platea con travi rovesce, con solaio aerato, mediante l'apposizione di casseri ad incastro (Cupolex), e la posa di uno strato EPS prima del getto continuo del solaio ; murature in calcestruzzo armato gettato in opera, nello specifico le strutture portanti verticali in fase di costruzione, sono realizzate con casseri a perdere Climablock, soluzione che oltre ad essere ottimale a fronte delle esigenze prestazionali termiche ed acustiche, risulta particolarmente indicata per consentire una struttura di elevate caratteristiche di resistenza, anche contro le sollecitazioni orizzontali tipiche del sisma. Il pacchetto di progetto prevede un setto in cemento armato di 25 centimetri posto tra due strati di isolamento.

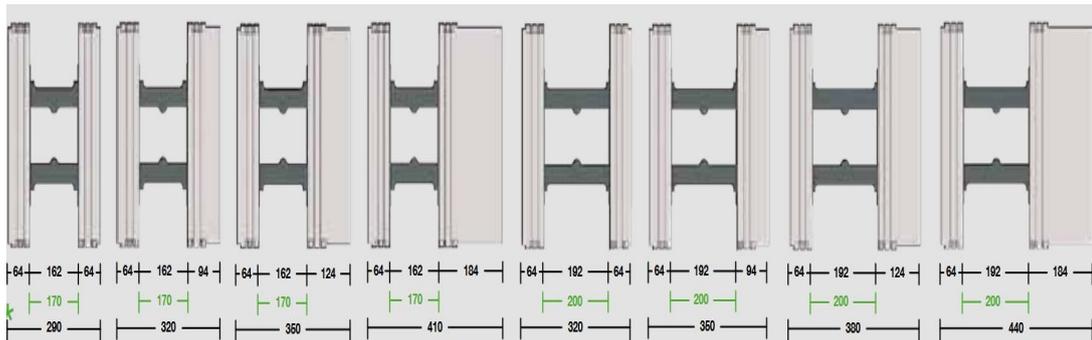


Fig. 34 Prospetto frontale dei vari moduli impiegati durante l'esecuzione dei lavori.

Il sistema Climablock permette anche una libertà costruttiva e di disegno architettonico paragonabili alle metodologie costruttive classiche. In questo caso studio preso in esame, sono state progettate, studiate e poi realizzate superfici curve, con delle curvature interessanti che rendono appetibile il suddetto progetto.

La possibilità di avere di posare superfici curve è sempre stato un limite, che in questo caso si risolve con la realizzazione di un cassero ad hoc, e della possibilità di avere più segmenti di armatura più corti per la cassetta strutturale della parete interna in cls.



Fig. 35 Vista di cantiere durante la posa dei casseri per la realizzazione delle pareti.

Eludendo questo limite parametrico si è riuscito a realizzare pareti con apertura a  $120^\circ$ , riuscendo a garantire delle geometrie più libere e armoniche, una libertà costruttiva non indifferente che incide in maniera fondamentale sulla libertà costruttiva del progettista.

Una possibilità che avvalora ulteriormente la suddetta tecnologia costruttiva che può permettere ulteriore libertà architettonica in fase progettuale, inoltre viste le condizioni molto rigide, la possibilità di utilizzare il cassero con valori di trasmittanza e dispersione estremamente bassi, con capacità di contenimento interstiziale per risalita capillare e assorbimento dell'acqua.

Questo grazie alla composizione polimerica, composta per il 98% di aria, e chimicamente inorganica, che permette un totale rivestimento del setto in cls armato che verrà a crearsi.

Di seguito riportiamo i valori della trasmittanza termica U riportati nella tabella si riferiscono ai soli pannelli in EPS del cassero Climablock e sono stati calcolati considerando la conduttività termica dichiarata ( $\lambda_D$ ) del materiale.

<b>BLOCCO CLIMABLOCK IN EPS TWINPOR</b>				
<b>Spessore EPS interno (S<sub>i</sub>) + esterno (S<sub>e</sub>)</b>	<b>6,4 + 6,4</b>	<b>6,4 + 9,4</b>	<b>6,4 + 12,4</b>	<b>6,4 + 18,4</b>
<b>Conduttività termica dichiarata (<math>\lambda_D</math>) [W/mK]</b>	0,0316 <small>(0,032)</small>	0,0316 <small>(0,032)</small>	0,0316 <small>(0,032)</small>	0,0316 <small>(0,032)</small>
<b>Trasmittanza U [W/m<sup>2</sup>K]</b>	0,247	0,200	0,168	0,127
<b>Spessore totale (S<sub>t</sub>) con setto 14,2</b>	270	300	330	390
<b>Spessore totale (S<sub>t</sub>) con setto 16,2</b>	290	320	350	410
<b>Spessore totale (S<sub>t</sub>) con setto 19,2</b>	320	350	380	440
<b>Spessore totale (S<sub>t</sub>) con setto 25,0</b>	378	408	438	498

Fig. 36 Valori di trasmittanza casseri Climablock. Fonte: Climablock

## 4. Ecosism

La storia di Ecosism® nasce quindici anni fa da un'idea di Renzo Manganello, il fondatore.

Si tratta di un cassero a perdere, realizzato in fabbrica (off-site) su misura, evoluzione industrializzata dell'ICF (Insulated concrete form).

Ripercorrendo gli step che si sono susseguiti nel tempo fino alla creazione del suddetto cassero abbiamo:

- 1974: nasce la prima normativa sulla sicurezza sismica
- 1976: nasce la prima normativa sull'isolamento termico. Lo stesso anno è segnato dal terremoto in Friuli: cinque forti scosse nell'arco di pochi mesi, che hanno devastato un vasto territorio e causato migliaia di morti.

Mentre gli anni scorrono scanditi da nuovi terremoti, l'Italia approva nuove normative: acustica nel 1997, sismica nel 2003 e 2008 e 2018 ed efficienza energetica nel 2005.

Con il susseguirsi dei decenni e in funzione degli eventi e calamità che hanno colpito la nazione, il nostro legislatore imporrà indicazioni e vincoli sempre più precise e specifiche nel tema delle costruzioni.

Nel 2005 nasce Ecosism secondo un brevetto depositato, di un cassero realizzato tramite specifici macchinari.

Con il brevetto nasce la concezione di progettare per costruire strutture in cemento armato con moduli simili ai casseri a perdere, altrimenti detti a rimanere, proprio perché restino inglobati alla struttura e ne diventano parte integrante, senza la necessità di smontarli, pulirli, movimentarli o conservarli in magazzino fino al loro utilizzo.

La tecnologia costruttiva arriva in cantiere pronta e predisposta per le lavorazioni successive, con gli esecutivi definiti, progettati e realizzati in fabbrica, per agevolare il lavoro di tutte le maestranze.

Oggi giorno, tutto si realizza in un complesso di 10000 mq, situato a Battaglia Terme (PV) a circa 20 km da Padova, che si sviluppa su 4 piani fuori terra: dove al primo piano fuori terra si svolge l'attività produttiva e realizzativa, dall'arrivo e approvvigionamento delle materie prime, la lavorazione del grezzo e i vari stampi secondo esecutivi del prodotto finito.

Una buona parte è destinata a magazzino dei pezzi finiti, pronti per essere spediti nei rispettivi cantieri.

I piani superiori sono designati esclusivamente ad uffici, dalla parte amministrativa, la parte burocratica e contabile, e infine l'ufficio tecnico.



Foto 37: Viste del reparto produttivo Ecosism, dove riusciamo a vedere la macchina di filatura per il blocco 2D e la successiva macchina che assembla i fogli rendendoli tridimensionali (3D machine), Battaglia Terme (PV)

Il sistema Ecosism® è un brevetto ufficialmente depositato nel 2005, n. 0001361095 depositato nell' Ufficio Veneto Brevetti, che nasce da un filo d'acciaio zincato a caldo dallo spessore di 2.2 mm, elettrosaldato in una maglia tridimensionale ed adattato a seconda delle esigenze per realizzare un cassero di dimensione variabile.

La maglia d'acciaio svolge tre funzioni principali: ricevere al suo interno materiali isolanti, ricevere nello spazio interno le armature supplementari, e da supporto ed ancoraggio per i materiali e la fase di rifinitura.

I moduli si possono personalizzare in base alle esigenze, per un'altezza massima di 12 metri ed uno spessore variabile dai 10 ai 50 cm.

I moduli Ecosism® sono in grado di assolvere diverse funzioni, tutte interconnesse tra loro.

Ogni modulo, collocato verticalmente, si comporta sia come tramezzo, sia come tamponamento, sia come struttura muraria portante che esegue funzione strutturale, di tamponamento, e di isolamento acustico e ambientale.

Collocato orizzontalmente, con il materiale sulla sola faccia inferiore della maglia d'acciaio, il modulo si comporta come un solaio alleggerito da gettare in opera, dovute alle singole pignatte composte in EPS che collabora con la struttura del solaio.

La produzione dei moduli Ecosism® avviene attraverso tre step principali: grazie ad uno speciale macchinario automatizzato chiamato "2D machine", dove, partendo da bobine di filo d'acciaio zincato, vengono realizzate le "scalette Ecosism" bidimensionali, che costituiscono la struttura di base dei moduli di Ecosism.

Le scalette sono vere e proprie griglie bidimensionali con un retino che viene formato con dei moduli standard: sulle ascisse abbiamo dei multipli di 15 cm fino ad un massimo di 1200 cm con l'ultimo passo che può essere regolato a 5 cm, e sulle ordinate degli intervalli da 10 cm, con un massimo di 120 cm con un passo regolabile al centimetro, sempre mantenendo un uno spessore compreso tra 10 cm e 5 cm ; Pertanto ogni singolo pezzo viene creato ad hoc in base alle specifiche tecniche di progetto.

Dopo questa prima fase di produzione piana, si passa al secondo macchinario chiamato 3D machine, che dalle maglie bidimensionali, realizza la maglia tridimensionale Ecosism®, secondo le caratteristiche specifiche del progetto.

Nella suddetta fase viene elaborato in termini di volume ogni singolo elemento necessario per il cantiere con le relative specifiche.

Ogni singolo foglio viene inserito nella macchina per essere saldato e roto- traslato a seconda del modulo che si vuole creare.

La terza fase di produzione vede il riempimento della maglia 3D con i materiali scelti dal progetto esecutivo in funzione delle proprie caratteristiche intrinseche.

Ecosism® lavora con undici tipologie isolanti differenti ed è in grado di combinarle e accoppiarle a piacere all'interno dello stesso modulo.

Tale fase viene realizzata da persone altamente qualificate e formate, in quanto si creano tutte le aperture per i vani di porte e finestre, le predisposizioni per impianti e scarichi, le spallette per l'ancoraggio del serramento le connessioni, gli angoli e le sponde per il getto dei cordoli.

Questo sistema particolare come abbiamo esplicito, permette nel vano del serramento, di creare delle vere spallette che funzioni da controtelaio, cosicché l'infisso per la fase montaggio debba essere semplicemente incernierato al montante e schiumato, prima del montaggio del coprifilo, al fine di annullare qualsiasi creazione di ponte termico.

Infine, essendo composto da una struttura metallica si può avere in base alle specifiche tecniche di progetto esecutivo e alla propria versatilità, differenti tipologie di finiture, con analoghe applicazioni, che possono essere dal semplice intonaco posato, fino all'apposizione della finta pietra.

La versatilità della scelta estetica incontra la funzionalità ancora una volta, in quanto lo stesso intonaco di rifinitura essendo apposto sulla maglia 3D metallica assolve la funzione di collaborante alla struttura e, a differenza dei classici intonaci da 1-2 cm apposti sui laterizi e non collaboranti, in questo caso abbiamo uno spessore di 3 -4 cm con un risultato di maggior assorbimento alle sollecitazioni orizzontali del 34%.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Uno dei focus specifici del sistema Ecosism che abbatte il concetto di stratigrafia indipendente, creando una soluzione più omogenea e garantendo una struttura più uniforme strutturale, migliorando la tenuta agli sforzi orizzontali del 30%, [www.Ecosim.it](http://www.Ecosim.it)

## 4.1 Caratteristiche tecniche e specifiche

La tecnologia di Ecosism® si basa sull'assemblaggio a secco in cantiere di casseforme termiche a rimanere prefinito (realizzate da appositi macchinari) aventi forma e dimensioni personalizzate in base alle specifiche di progetto.

I punti cardine sono così rappresentati: dalla realizzazione dei casseri che avviene tramite appositi macchinari automatizzati alla modalità di posa in opera dei manufatti, innovativa rispetto ai sistemi tradizionali, veloce sicura, efficiente ed economica.

Il sistema utilizza in modo innovativo materiali che risultano presenti da decenni nel mondo della costruzione e dell'edilizia tradizionale.

L'idea di base è che la funzione isolante, oltre la tamponatura dell'edificio, debbano essere integrate nella struttura portante e non realizzati o applicati successivamente.

Il materiale isolante non viene aggiunto ad un edificio realizzato con tecniche tradizionali, bensì costituisce esso stesso parte della tecnica costruttiva, così come la tamponatura.

Il sistema di isolamento a doppio cappotto (sia esterno che interno) garantisce la totale assenza di ponti termici e dei fenomeni di formazione di condensa che possono dare origine a muffe o macchie sulle murature.

Ciò si traduce in un grande risparmio energetico dell'edificio, superiore fino all'80% rispetto ai sistemi costruttivi tradizionali, in grado di raggiungere l'obiettivo di "Nearly Zero Energy Building", ovvero di "edificio ad energia quasi zero".

Ecosism® permette di progettare e realizzare in funzione della fascia climatica di riferimento, di scegliere la stratigrafia più corretta e performante per isolare sia dal caldo che dal freddo e proteggere dall'umidità.

Questa tipologia offre una gamma di isolanti in grado di soddisfare ogni esigenza progettuale in funzione delle richieste di progetto, annullando eventuali costi futuri di manutenzione.

Il sistema costruttivo proposto, realizzato con casseri a rimanere termo-isolati, ha una migliore performance in termini di Analisi del ciclo di vita (LCA – Life Cycle

Assessment) rispetto ad una analoga struttura tradizionale in latero-cemento e ad un edificio in legno.<sup>25</sup>

In questo confronto l'edificio Ecosism® esce vincente e meno impattante sull'ambiente per quanto concerne l'energia primaria (GWP) e le materie prime consumate (GWP), nonché per le emissioni in aria, i reflussi in acqua, l'impronta d'acqua dei materiali (water footprint).

Fondamentale è la durata delle prestazioni e la vita utile dell'edificio, che a differenza di altri sistemi, che producono enormi quantità di sfridi di lavorazione, il sistema modulare in oggetto è infatti sinonimo di zero rifiuti da inviare in discarica.

Il risultato è un cantiere non solo con più spazio e più sicuro, ma anche più efficiente in termini di impatto ambientale, garantendo una filiera corta di produzione e dotando di valore di mercato per i materiali di risulta.

Tra i materiali proposti in gamma da Ecosism®, oltre a quelli di sintesi, ve ne sono anche di origine minerale o naturale, come la lana di roccia, la calce-canapa, il sughero, il legno mineralizzato e la faesite.

In questo modo è possibile scegliere il materiale non solo in funzione della performance, ma anche in base all'ecosostenibilità ed al grado di biocompatibilità desiderato o richiesto dalle varie certificazioni.

I moduli inoltre, sono caratterizzati da un efficace sistema di isolamento acustico la cui qualità dipende dalla scelta muraria effettuata e dalla tipologia di materiale isolante/cassero impiegato.

Nel corso degli ultimi anni ha assunto sempre più importanza l'attenzione all'aspetto acustico in quanto un edificio ben isolato termicamente e acusticamente garantisce, oltre ad un indubbio risparmio energetico, un ambiente silenzioso, salubre e vivibile, migliorando notevolmente il comfort abitativo degli ambienti.

Lo studio della propagazione delle vibrazioni nelle costruzioni e la caratterizzazione dei materiali con cui vengono essi stessi realizzati si è migliorata sia per la maggiore sensibilità al problema dell'isolamento acustico, sia per la pubblicazione di una norma che esplicita la classificazione acustica delle unità immobiliari, e non ultimo per l'esistenza di una legislazione cogente.

---

<sup>25</sup> Sono state avallate molte tesi sullo studio LCA del cassero a confronto con altrettanti sistemi, e approfondendo, anche dalle dichiarazioni del massimo esponente italiano G. Angeli confermando un risparmio del 30%, sull'impiego dell'ICF, [www.icfmag.com](http://www.icfmag.com)

Mediante l'utilizzo dei sistemi Ecosism® si possono diminuire agevolmente i valori del rumore aereo e del calpestio, in osservanza con quanto riportato nella legge quadro 447 del 26.10.1995 sull'inquinamento acustico e con le successive variazioni relative al DPCM 05.12.1997 sui requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera (sono considerati componenti degli edifici le partizioni verticali, pareti, e le partizioni orizzontali, solai).

L'applicazione di inserti nei materiali fono-assorbenti garantisce un abbattimento maggiore del rumore, e pertanto risultano coerenti con le norme più restrittive.

Le prove acustiche di laboratorio sul sistema Ecosism® certificano un abbattimento acustico fino a 71 dB.<sup>26</sup>

Infine, la resistenza al fuoco delle strutture è sempre in funzione dello spessore di pareti in calcestruzzo armato che si andrà a conformare all'interno della cassaforma, del copriferro stabilito, della tipologia di materiale isolante/cassero utilizzata e del tipo di finitura scelta.

Da ormai qualche anno, è stato introdotto a livello europeo un nuovo sistema di classificazione al fine di armonizzare le metodologie di prove, sostituendo la classificazione e i metodi di prova nazionali.

La reazione al fuoco dei prodotti da costruzione è regolamentata dal decreto del Ministero dell'Interno del 10 marzo 2005 (Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso di incendio), successivamente modificato dal decreto del 25 ottobre 2007 e dal regolamento delegato (UE) 2016/364 della commissione dal 1° luglio 2015 relativo alla classificazione della prestazione dei prodotti da costruzione in relazione alla reazione al fuoco a norma del regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE).

Tali decreti recepiscono il sistema di classificazione europeo definendo 7 classi di reazione al fuoco (le cosiddette Euro-classi, A1, A2, B, C, D, E, F), basate sulla energia liberata durante la combustione, la propagazione della fiamma e il grado di infiammabilità, in accordo con la norma UNI EN 13501-1.

---

<sup>26</sup> Diverse prove sono state condotte in laboratorio che confermano l'impiego e la capacità di fono-assorbente dei materiali isolanti dei materiali impiegati, assecondando anche la normativa vigente. [www.huduser.gov/Publications](http://www.huduser.gov/Publications)

La metodologia europea supera quella italiana che classificava (classi 0,1,2,3,4,5) introducendo anche delle “sottoclassi” aggiuntive, inerenti a percentuali relative alla produzione di fumo (s1, s2, s3) e la possibilità di rilasciare frammenti incandescenti (d0, d1, d2).

L’impiego di un opportuno additivo ritardante di fiamma, realizzato già durante la lavorazione della materia prima, il polistirene espandibile, in ragione di qualche percentuale, permette di conferire al materiale la proprietà di auto estinguere alla propria combustione.

L’EPS autoestinguente così ottenuto presenta un migliorato comportamento al fuoco rispetto l’EPS tradizionale in quanto la propagazione riesce a cessare al venir meno della causa dell’innesco: a contatto con la fiamma si ottiene una riduzione del volume che contribuisce a sottrarre il materiale alla fonte di innesco.

La caratteristica del comportamento di questo tipo di EPS, chiamato anche “a ritardata propagazione di fiamma” (EPS RF), è che esso non brucia in assenza di fiamma d’innesco e inoltre non produce gocce incendiate.

In virtù di questo miglioramento comportamentale al fuoco, il cassero autoestinguente è quello che viene usato maggiormente nelle costruzioni e soprattutto per ogni modulo Ecosism®.

Secondo quanto prevede la normativa attuale secondo la progettazione in materie sono imposte alcune regolamentazioni:

- Requisiti non necessari per gli elementi di facciata che appartengono a compartimenti con C.I.  $\leq 200$  MJ/mq (con C.I. = carico d’incendio)
- Requisiti necessari per gli elementi di facciata che appartengono a compartimenti con C.I.  $> 200$  MJ/mq (con C.I. = carico d’incendio).

Requisiti non necessari se compartimenti con C.I.  $> 200$  MJ/mq e presenza di un sistema spegnimento automatico.

Introduzione del chiarimento secondo cui C.I.  $> 200$  MJ/mq si riferisce al netto del materiale isolante (quindi il contributo dell’EPS non viene conteggiato e non concorre nel determinare il limite imposto di 200 MJ/mq).

Per quanto concerne la scelta dei materiali Ecosism®, offre l’opportunità in base alle specifiche tecniche di progetto, e pertanto una vasta gamma di personalizzazione di progetto.

Alcune attività, normalmente svolte in cantiere, vengono anticipate alla fase di progettazione e realizzazione direttamente sui moduli che arrivano già finiti.

Durante la suddetta fase ogni lavorazione in loco (spallete, architravi, passaggio impianti ...) viene previamente anticipata così da dover procedere alla posa.

Ciò consente di facilitare l'organizzazione del cantiere riducendo i tempi e gli errori in fase di costruzione, nonché i costi per le operazioni successive previste per impianti, scarichi, posa serramenti e finiture.

La movimentazione e la posa in opera dei moduli sono agevolate dal peso contenuto dei moduli che varia a seconda del materiale isolante utilizzato, seppur rimane contenuto.

Questa caratteristica consente anche a un solo operatore di movimentare un modulo senza l'utilizzo di mezzi di sollevamento, con un'incidenza minore sugli infortuni nel luogo di lavoro.

Paragonato ai metodi tradizionali, il sistema consente un risparmio di oltre il 30% in termini di tempi di costruzione al grezzo, a parità di qualità realizzativa.<sup>27</sup>

Premettendo che l'utilizzo dei casseri è adatto per tutte le tipologie strutturali in calcestruzzo armato previste dal NTC 2018, quali pareti normalmente armate, pareti estese debolmente armate oppure il classico sistema a telaio, si evidenzia che il metodo di calcolo concettualmente da preferire, è quello di considerare una Struttura a pareti normalmente armate ad Armatura diffusa, non dissipativa, applicando un fattore di struttura  $q=1$ , con spessore getto  $>1/20h$  (min. 15cm), maglia di armatura sui 2 lati con percentuale  $A_s/A_c >0.2\%$ .

Utilizzando i casseri a rimanere, predisposti per l'armo-progetto esecutivo strutturale, si va a realizzare una struttura a pareti in calcestruzzo armato di spessore variabile (spessore minimo 15cm per le pareti portanti e 10cm per le pareti di tamponamento).

In molti casi l'organismo strutturale sismo-resistente principale è costituito dalle pareti perimetrali esterne con aperture, più o meno regolari, definite in fase di progettazione e considerate nella modellazione; internamente, si possono considerare pilastri o setti isolati (realizzati con casseri Ecosism o in tradizionale) in modo da lasciare piena libertà di distribuzione architettonica.

---

<sup>27</sup> Dimostrazione a seguito degli studi dell'Ing. G. Angeli, che mette a confronto diversi scenari, tra cui il latero-cemento e legno, [www.yumpu.com](http://www.yumpu.com)

Strutture di questo tipo, se ben collegate, considerando la maglia tridimensionale in acciaio riescono a sviluppare un comportamento scatolare che fornisce una grande rigidità all'intero edificio, garantendo livelli di prestazione sismica ben superiori ai requisiti prestazionali minimi prescritti dalle principali normative italiane ed internazionali.



Figura 38: Particolare spalletta parete Ecosism dove si vuole fare il focus sulla maglia 3D metallica che avvolge il cassero in EPS, dove nell'anima alloggerà il setto in cls, 2020, Foto realizzata da noi durante il sopralluogo in azienda.

La tempistica esecutiva è uno dei fattori determinanti nel sistema costruttivo qui proposto e ha, peraltro, una corrispondenza diretta con il tema dei costi di realizzazione di un'opera.

Il modulo per pannello strutturale con casseri a perdere Ecosism è un sistema che, paragonato ai metodi tradizionali, consente un risparmio di oltre il 30% in termini di tempi di costruzione al grezzo, a parità di qualità realizzativa.<sup>28</sup>

Non solo: alcune attività, che nelle costruzioni di tipo tradizionale vengono normalmente svolte in cantiere, vengono anticipate alla fase di progettazione e realizzazione dei moduli.

Durante queste fasi vengono sviluppati i particolari costruttivi e previste anticipatamente le fasi di realizzazione, ammortizzando sensibilmente l'incidenza dei costi.

Ciò consente di facilitare l'organizzazione del cantiere riducendo, appunto, i tempi (e gli errori) in fase di costruzione.

Inoltre, rispetto alle costruzioni tradizionali, metodo Ecosism consente:

- realizzare le partizioni divisorie interne e i cavedi per gli attraversamenti impiantistici completamente a secco, a esclusione di un unico pilastro strutturale in mezzeria, di dimensione ridotta rispetto al tradizionale.
- possibilità di realizzare in sito della composizione del pannello, tramite l'utilizzo della macchina di produzione "3D machine", al fine di generare lo spazio per gli isolanti all'interno della maglia metallica.

In sostanza, l'insieme di questi aspetti, insieme alle caratteristiche di facilità, leggerezza e rapidità di montaggio insite nel sistema costruttivo, permettono un sensibile abbattimento dei tempi di esecuzione.

In particolare, dal confronto tra un sistema costruttivo tradizionale (telaio strutturale) e il sistema costruttivo Ecosism, si può notare la riduzione delle macro-attività esecutive relative a struttura, tamponamenti e coibentazione (che comprendono, ad esempio, la cassetatura per travi e pilastri e il disarmo della stessa) in due macro-attività:

---

<sup>28</sup> Affermazioni appurate durante la visita allo stabilimento, e dalle brochure illustrative tenute nel rispettivo archivio, D.Pozzan, "Materiale propedeutico Ecosim" 2016, Archivio centrale Ecosism.

- assemblaggio pannelli;
- armatura e getto del calcestruzzo.

Inoltre, nelle costruzioni di tipo tradizionale si deve considerare anche il rallentamento esecutivo dovuto all'hardening completo del calcestruzzo, mentre con il sistema costruttivo proposto vi è un'ottimizzazione anche in questo senso (a condizione per i solai venga utilizzato il sistema di banchinaggio continuo e puntelli).

Così, come spiegato anche per la posa della copertura vengono predisposti pacchetti a timpano, che si verranno a collegare con le travi inclinate realizzando un unico getto di annegamento.

Infine, le piccole opere di demolizione per il passaggio di impianti vengono annullate, in quanto, Ecosism predispone il modulo comprensivo di tracce e scarichi, raccordi, ecc...

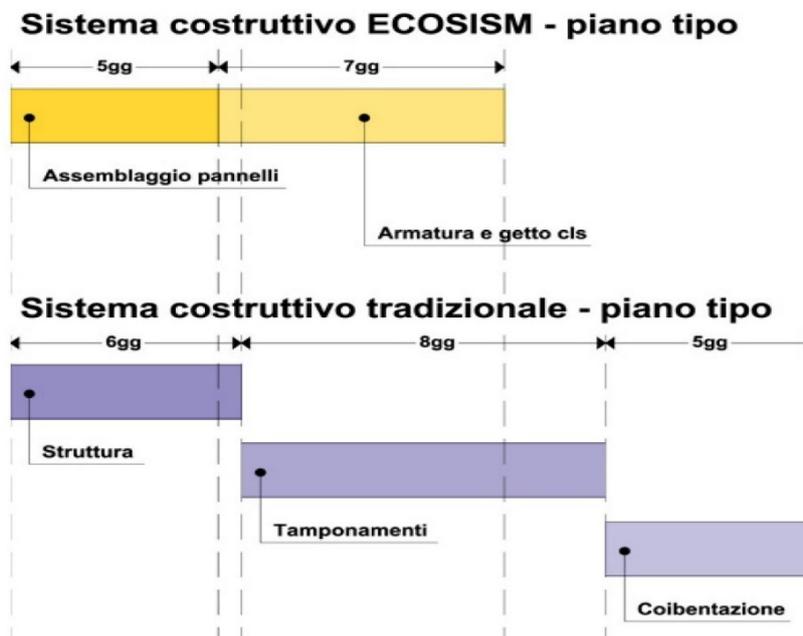


Figura 39: Cronoprogramma cantieristico di opere, confrontando Ecosism e le strutture in latero-cemento tradizionale 1 piano ft , caso Studio Centro direzionale (PV) da cronoprogramma, 2020 Ecosism



Immagini relative al pacchetto tecnologico Ecosism e durante la relativa posa.

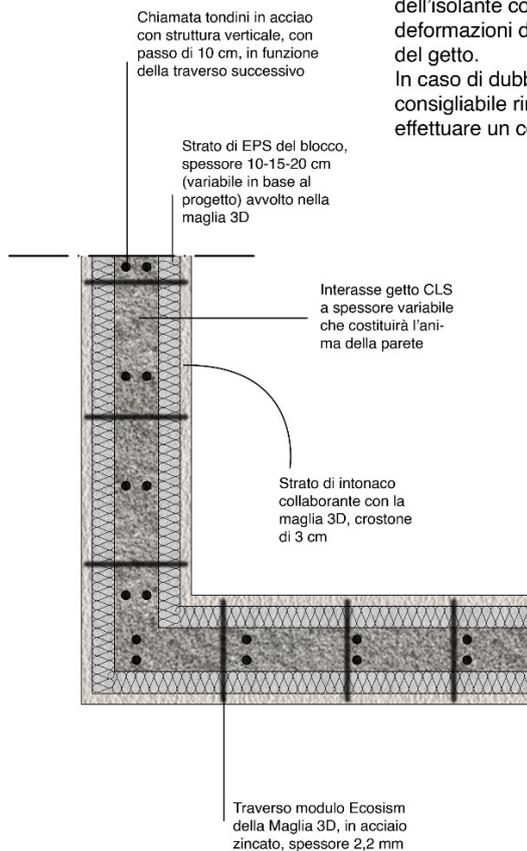
I moduli ECOSISM® vanno gettati a strati, un metro alla volta, utilizzando la superficie muraria da riempire come percorso per un getto continuo che deve avvenire in più tornate.

Una volta terminato il getto, è opportuno verificare la perfetta piombatura dei muri e la buona esecuzione del getto.

Nelle prime ore successive al getto, infatti, è possibile utilizzare la struttura di allineamento per verificare ed eventualmente perfezionare la verticalità della muratura.

La presenza di materiale nelle giunture dei pannelli, i segni di pressione dell'isolante contro la maglia metallica e l'evidenziarsi di piccole deformazioni dell'isolante sono segnali di buona esecuzione del getto.

In caso di dubbio sulla qualità del getto di materiale strutturale, è consigliabile rimuovere localmente una striscia di materiale isolante, per effettuare un controllo diretto.



La fondazione (o il solaio) di partenza, realizzata in calcestruzzo armato, deve prevedere le armature di chiamata in linea con il passo dei moduli ECOSISM®. La qualità della platea è fondamentale e deve risultare perfettamente a livello come prescritto dalle regole dell'arte. La prima operazione da fare in cantiere, a fondazione eseguita, è il tracciamento dei muri.

Una volta effettuato, si prosegue inchiodando, lungo il filo interno del tracciamento, una tavoletta in legno che serve a fare da battuta al modulo ECOSISM® e a permettere di inchiodare la gamba più interna della struttura di allineamento ECOSISM®.

SCHEMA PASSO CHIAMATE MODULI ECOSISM

Ora andremo ad analizzare ed approfondire le tipologie strutturali coinvolte, considerate da Ecosism, nella progettazione di un edificio, intese come sistema portante verticale, solai praticabili o di coperture e di pareti tamponanti.

Si viene a realizzare una struttura a parete in calcestruzzo normalmente armato, utilizzando casseri a rimanere Ecosism® predisposti per l'armatura ed il getto secondo quanto indicato nel progetto esecutivo strutturale.

In pratica è come se si utilizzasse una cassetta tradizionale, con il vantaggio che dopo il getto non si deve scassare; tamponamenti e coibentazione termica sono automaticamente realizzati.

La tipologia delle pareti Ecosism® è adatta per qualsiasi applicazione strutturale prevista dal NTC del 2018 e successive integrazioni e modificazioni:

- Pareti normalmente armate (struttura dissipativa o meno)
- Pareti estese debolmente armate
- Sistema a telaio (vengono realizzati pannelli a cassero per tamponamenti e pannelli cassero per pilastri e setti)

Il sistema sismo-resistente che dopo meglio approfondiremo è costituito dalle pareti portanti, perimetrali ed interne e viene dimensionato per contrastare da solo alle massime azioni orizzontali mantenendo un comportamento elastico-lineare anche per terremoti di notevole intensità.

Travi e pilastri sono considerati come elementi secondari e sono dimensionati per resistere ai carichi verticali statici, senza vincoli geometrici o di armatura legati al concetto della gerarchia delle resistenze.

Per quanto concerne i moduli per orizzontamenti, normalmente si usano quelli in c.a. alleggeriti e termicamente isolati (Modulo solaio, Ecosolaio) con getto di completamento in opera; la cappa di spessore minimo di 5 cm garantisce all'orizzontamento di poter essere considerato un piano infinitamente rigido per la trasmissione delle azioni sismiche ai vari livelli delle pareti sismo-resistenti.

Questo denota la difficoltà, vista la “pesantezza” della struttura, di non elevarsi per molti piani fuori terra, pertanto la stessa azienda, sconsiglia realizzazioni multipiano superiori ai 10 piani fuori terra, in quanto il comportamento “scotolare” della struttura, sarebbe iper-dimensionato alla base e le forze agenti orizzontalmente sarebbero sempre più intense nei piani superiori, compromettendo l'elasticità della

struttura stessa, pertanto bisogna tenere in considerazione l'impossibilità di elevarsi troppo in altezza, in quanto un limite fisico del modulo stesso come si evince dall'immagine sottostante.

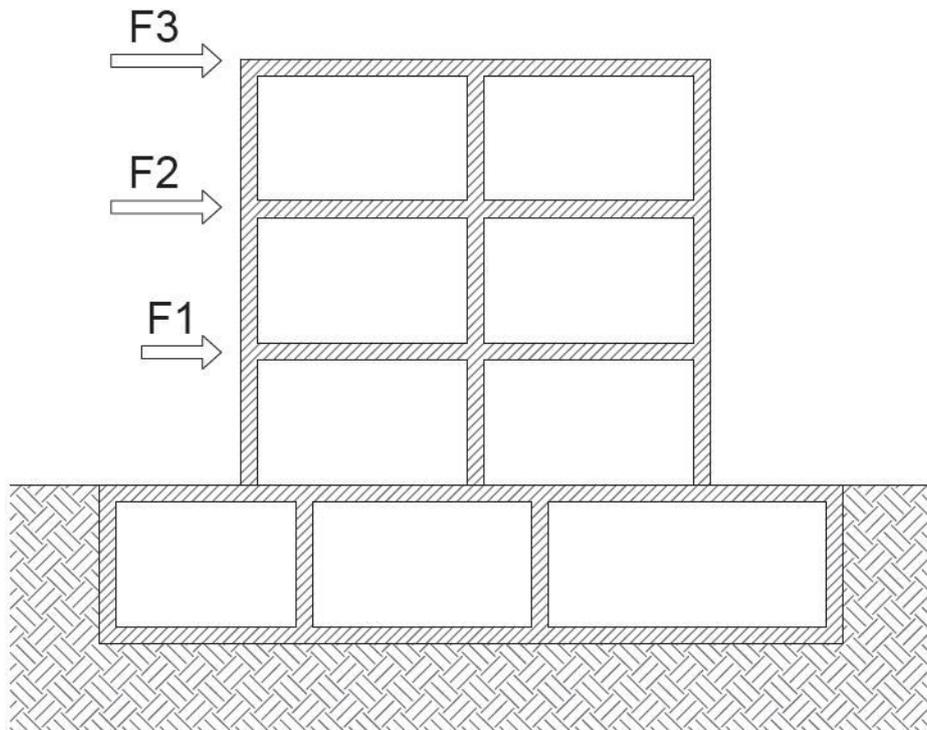


Figura 40: Rappresentazione schematica dei gradi di intensità delle forze orizzontali nei piani superiori, in situazioni multipiano si presuppone una struttura di fondazione di  $\frac{1}{4}$  rispetto alla luce fuori terra, che abbia funzione contro-terra per le sollecitazioni e rotazioni che si vengono a creare.

Laddove i sistemi non risultano strutturali per poter garantire una continuità architettonica di tamponamento, vengono realizzati con pannelli a cassero Ecosisim, alleggeriti mediante l'aumento dello spessore dell'isolante e la riduzione dello spessore del getto di calcestruzzo.

La maglia in acciaio del pannello consente di realizzare un intonaco collaborante armato interno ed esterno; opportuna armatura integrativa interna al getto e collegata, mediante chiamate, alle strutture di solaio stabilizzano la parete contro le spinte sismiche orizzontali generate dal peso proprio.

Nello specifico, i pannelli cassero Ecosism possono essere utilizzati per la realizzazione di pareti di tamponamento, andando a realizzare l'involucro opaco di edifici la cui struttura portante costituita da un sistema intelaiato a trave e pilastri, già esistente o da realizzare contemporaneamente ai tamponamenti.

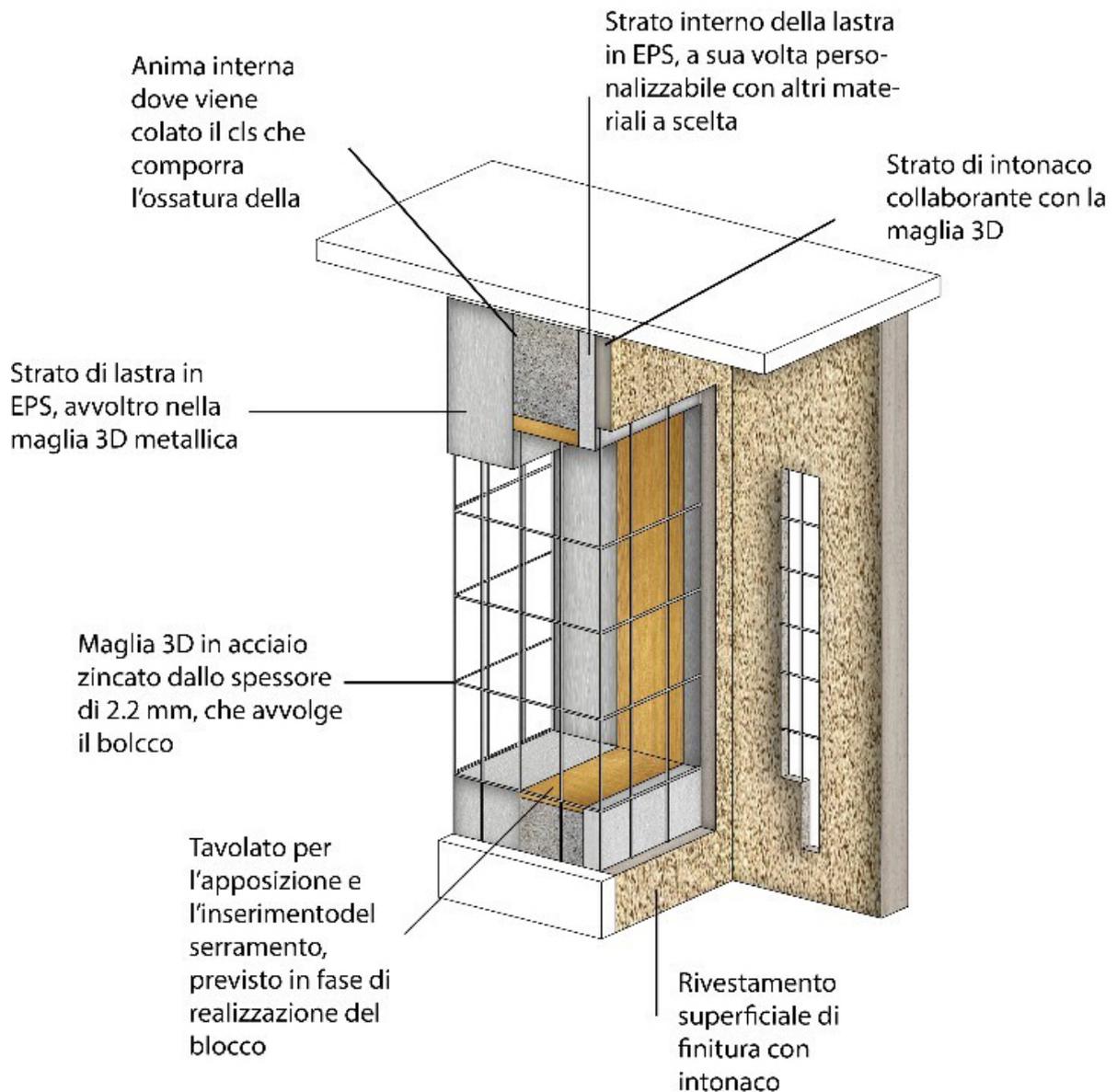


Figura 41: Esploso assometrico di una soluzione con ancoraggio al serramento.

Sono costituiti da due lastre/esterne in EPS o altro materiale isolante (LDR/LDV/LMC/SUG/XPS/NEO/FAE) di spessore variabile a seconda delle esigenze, inserite all'interno di una struttura tridimensionale realizzata con una griglia di acciaio zincato di diametro 2.2 mm, predisposte per il getto di calcestruzzo al loro interno.

Spessore del getto, caratteristiche del calcestruzzo e armatura integrativa sono stabiliti dal progettista in base alle richieste strutturali e alle esigenze progettuali

Le disposizioni legislative introdotte dal NTC del 2018 introducono l'obbligo secondo il quale, "con l'esclusione dei soli tamponamenti interni di spessore non superiore a 100 mm, gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati"<sup>29</sup>.

Il concetto di tamponamento prevede la realizzazione di una parete in grado di resistere alle azioni esterne quali vento e sisma, ma allo stesso tempo non devono influenzare il comportamento statico degli elementi strutturali, siano essi pilastri o travi di solaio.

Questo viene garantito interponendo un opportuno strato di materiale comprimibile, tra il getto della parete di tamponamento e il getto del pilastro, di spessore tale da permettere agli elementi strutturali di deformarsi secondo quanto richiesto dalla modellazione numerica, secondo i calcoli specifici.

---

<sup>29</sup> Normativa presente all'interno delle nuove prescrizioni legislative sulle NTC , capitolo 11 ,cfr 7.2.3



Figura 42: Stratigrafia Tipo del pacchetto Ecosism annegato nel setto, nell'immagine possiamo comprendere la corretta interposizione stratigrafica e strutturale per gli ancoraggi e i nodi strutturali. 2020. Foto realizzata durante il sopralluogo in azienda.

Al tamponamento viene solo richiesto di soddisfare alle verifiche locali come descritto nel precedente paragrafo, realizzando le connessioni minime che, a seconda delle situazioni specifiche, possono essere adottate differenti modalità di aggancio dei pannelli alle strutture portanti suddette.

La scelta della soluzione più adatta al caso specifico va concordata ed elaborata in funzione alle richieste progettuali e strutturali.

Un ulteriore particolare aspetto rilevante va alle finiture e alla personalizzazione del prodotto.

Come abbiamo esplicitato precedentemente, Ecosism garantisce una vasta gamma di prodotti, tutti realizzati ad hoc, per qualsiasi applicazione architettonica.

La peculiarità che sta alla base di questo principio è la personalizzazione del modulo con vari materiali proposti in base alle specifiche tecniche ed esigenze progettuali.

Si tiene presente che per la personalizzazione del cassero sempre in funzione delle richieste da rispettare, in caso si decidesse per materiali come le varie lame, data la loro leggerezza e poca auto-portanza, si interpone un foglio di faesite, che eviti anche lo spanciamento del cassero in fase di getto anche da altezze modeste.

## GAMMA PRODOTTI

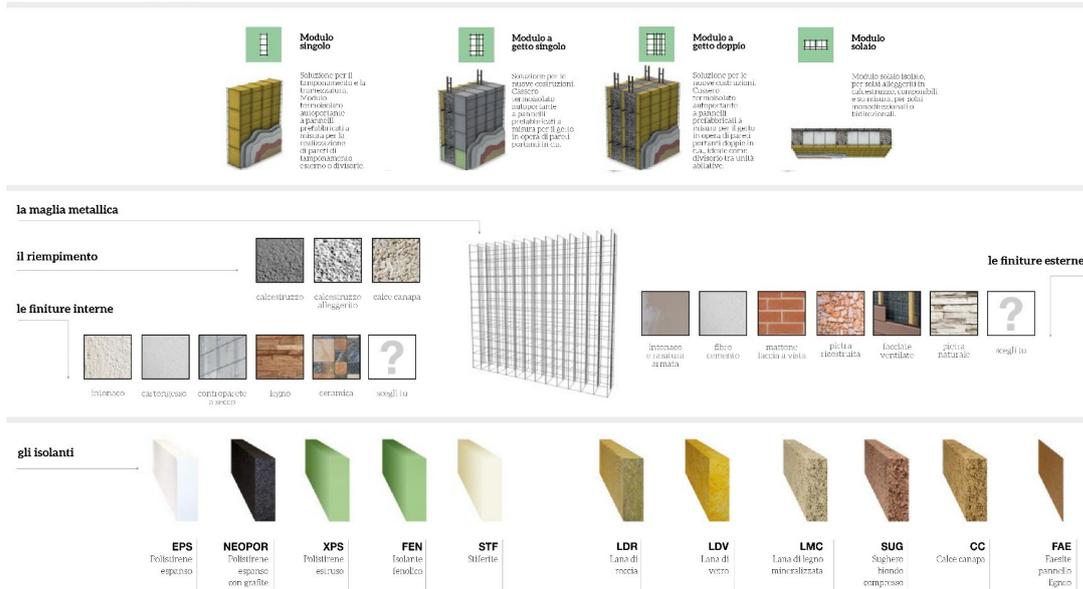


Figura 43: Rappresentazione schematica della filiera Ecosism e della sua personalizzazione. 2019

Fonte: Ecosism

- Modulo singolo: cod. 8TES10 per la realizzazione di separazioni non strutturali tra ambienti distinti (tramezzature / tamponamenti) o semplicemente come parete divisoria tra ambienti, composto da un'anima centrale di materiale isolante di polistirene espanso sinterizzato, densità 150 Kpa, marcato CE, reazione al fuoco Euroclasse E, di spessore 8 cm, contenuto in una maglia di rete elettrosaldata zincata a trama ristretta e spaziale composta da fili di acciaio zincato a caldo (classe C 85gr/mq) del diametro di 2.2 mm.

La distanza dei fili verticali è di 100mm, la distanza dei fili orizzontali è di 75mm.

La stessa maglia metallica esegue la funzione di ancoraggio per gli strati di materiale di finitura nelle due facce del modulo, spessore complessivo cm 12.

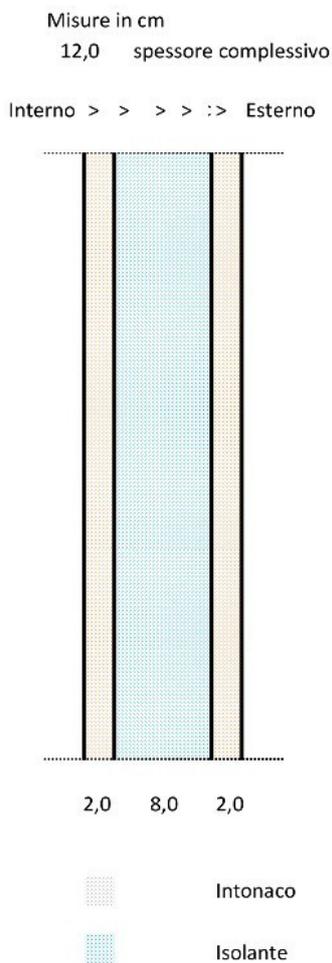


Figura 44: Rappresentazione della stratigrafia del modulo singolo. Materiale fornito da Ecosism. 2020

STRATI Int.>> Est.	Descrizione	Spessore m	Conduc W/m K	Cal. Sp. J/kg K	Densità kg/m <sup>3</sup>
S1	Intonaco interno	0,02	1,000	900,00	1800,00
S2	EPS	0,08	0,034	1450,00	25,00
S3	Intonaco esterno	0,02	1,000	900,00	1800,00
S4					
S5					
S6					
S7					

### REGIME STAZIONARIO

Spessore parete	Sp	0,12	m
Massa superficiale	Ms	74	kg/m <sup>2</sup>
Capacità term. Sup.	CTs	67,70	kJ/(m <sup>2</sup> K)

<b>Valori ideali calcolati senza il reticolo metallico al solo fine di confronto</b>	Resistenza termica	Rid	2,393	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	U <sub>id est</sub>	0,390	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	U <sub>id int</sub>	0,377	W/m <sup>2</sup> K

Conduktività termica equivalenta media degli strati isolanti	$\lambda$ eq	0,042308	W/m K
--	--------------	----------	-------

<b>Valori effettivi in presenza della rete metallica</b>	Resistenza termica	Reff	1,931	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	U <sub>eff est</sub>	0,476	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	U <sub>eff int</sub>	0,456	W/m <sup>2</sup> K

### REGIME DINAMICO

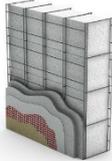
Trasmittanza ciclica	Uc	0,4513	W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	SF	1,88	h
Fattore di attenuazione	Fa	0,9481	
Ammettenza lato interno	Am int	2,2094	W/m <sup>2</sup> K
Ammettenza lato esterno	Am est	2,4115	W/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica int.	CT int	30,3821	kJ/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica est.	CT est	33,1607	kJ/m <sup>2</sup> K

### Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi

Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici

Qualità prestazionale	Prestazioni	Coefficiente di attenuazione, $f_A$	Ritardo temporale, $\phi$ (ore)
I	Ottime	$f_A < 0.15$	$\phi > 12$
II	Buone	$0.15 \leq f_A < 0.30$	$12 \geq \phi > 10$
III	Medie	$0.30 \leq f_A < 0.40$	$10 \geq \phi > 8$
IV	Sufficienti	$0.40 \leq f_A < 0.60$	$8 \geq \phi > 6$
V	Medioci	$f_A \geq 0.60$	$\phi \leq 6$

Fig. 45: schema rappresentazione caratteristiche specifiche prodotto. 2020 ECOSISM

<b>TES</b>	<b>MODULI SINGOLO</b> produzione "a misura"	
------------	--	---

<b>TIPOLOGIA DI MODULO</b>	<b>8TES10</b> (1+8EPS+1)
<b>FORNITURA MODULO ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <i>Prezzo base di listino con EPS 150 kPa</i>	<b>€ 27,10</b>
<b>SCONTO FORNITURA</b> .....% <i>Prezzo base scontato</i>	<i>non considerare alcune scontistica per questa tipologia di moduli</i>
<b>EXTRA (Scontato .....%)</b> <i>Sostituzione del materiale isolante</i>	<i>pannelli base in EPS 150 kPa - nessun supplemento</i>
<b>TRASPORTO MODULI €/m<sup>2</sup></b> <i>Da quotare</i>	<i>considerare in media 80 mc di carico netto su bilico</i>
<b>POSA IN OPERA DEI MODULI ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posa in opera moduli e aggraffatura moduli;</li> <li>• Taglio maglia ECOSISM sui fori</li> </ul> <i>N.B. La posa in opera comprende la sola manodopera in cantiere; ogni attrezzatura, il materiale per la posa, i ponteggi e i dispositivi di sicurezza si intendono da contabilizzare a parte</i>	<b>€ 10,00</b>
<b>ATTREZZATURA €/m<sup>2</sup></b> Materiale di consumo, attrezzatura varia	<b>€ 1,00</b>
<b>FORNITURA E POSA BETONCINO €/m<sup>2</sup></b> ambo il lati (da verificare)	<b>€ 70,00</b>
<b>FORNITURA E POSA ANCORAGGI RESINATI €/m<sup>2</sup></b> (da verificare)	<b>€ 5,00</b>
<b>TOTALE COSTI €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 113,10</b>
<i>SPESE GENERALI 15%</i>	€ 16,97
<i>UTILE DI IMPRESA 10%</i>	€ 13,01
<b>PREZZO APPLICATO €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 144,00</b>

- il betoncino e gli ancoraggi vanno sempre verificati dal calcolatore delle strutture

Fig. 46: rappresentazione dell'indice di costo scorporato. 2020 Fonte ecosism durante la visita alla sede

- Modulo a getto singolo: cod. 25+5NES52 (1+25eps+20CLS+5eps+1) per la formazione di pareti in conglomerato cementizio armato, prodotto ad altezza variabile e "su misura" in relazione al progetto esecutivo, costituito da due casseri a rimanere in polistirene espanso sinterizzato, densità 150 Kpa, marcato CE, reazione al fuoco Euroclasse E, di spessore 25+5 cm, contenuti in una maglia di rete elettrosaldata zincata a trama ristretta e spaziale composta da fili di acciaio zincato a caldo (classe C 85gr/mq) del diametro di 2.2 mm.

La distanza dei fili verticali è di 100mm, la distanza dei fili orizzontali è di 75mm.

Il prezzo di fornitura e posa del modulo si intende compreso il pompaggio del calcestruzzo, compresa la posa in opera del ferro di armatura strutturale secondo i calcoli strutturali, compresa la perfetta piombatura e verticalità del cassero, compreso il taglio delle reti di acciaio di sostegno e puntellatura delle forometrie.

Esclusa la fornitura del calcestruzzo (min. Rck= 300, S4, granulometria max 20mm) da eseguire in opera e la fornitura del ferro aggiuntivo di armatura supplementare secondo i calcoli strutturali).

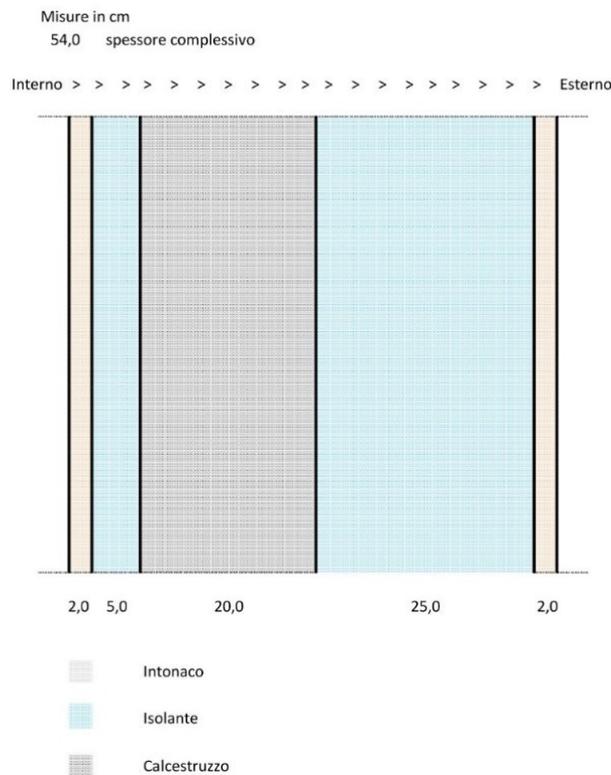


Figura 47: stratigrafia del modulo getto singolo. Materiale fornito da Ecosism. 2020

**PARETE SINGOLA: Modulo a getto singolo intonacato**
**25+5NES52**

STRATI Int.>> Est.	Descrizione	Spessore m	Conduc W/m K	Cal. Sp. J/kg K	Densità kg/m <sup>3</sup>
S1	Intonaco interno	0,02	1,000	900,00	1800,00
S2	EPS	0,05	0,034	1450,00	25,00
S3	Calcestruzzo	0,20	2,000	880,00	2200,00
S4	EPS	0,25	0,034	1452,00	25,00
S5	Intonaco esterno	0,02	1,000	900,00	1800,00
S6					
S7					

**REGIME STAZIONARIO**

Spessore parete	Sp	0,54	m
Massa superficiale	Ms	520	kg/m <sup>2</sup>
Capacità term. Sup.	CTs	462,89	kJ/(m <sup>2</sup> K)

<b>Valori ideali calcolati senza il reticolo metallico al solo fine di confronto</b>	Resistenza termica	Rid	8,964	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	Uid est	0,109	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	Uid int	0,108	W/m <sup>2</sup> K

Conduttività termica equivalenta media degli strati isolanti	$\lambda$ eq	0,043752	W/m K
--	--------------	----------	-------

<b>Valori effettivi in presenza della rete metallica</b>	Resistenza termica	Reff	6,997	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	Ueff est	0,140	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	Ueff int	0,138	W/m <sup>2</sup> K

**REGIME DINAMICO**

Trasmittanza ciclica	Uc	0,0039	W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	SF	11,68	h
Fattore di attenuazione	Fa	0,0276	
Ammettenza lato interno	Am int	2,2003	W/m <sup>2</sup> K
Ammettenza lato esterno	Am est	2,5207	W/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica int.	CT int	30,2567	kJ/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica est.	CT est	34,6627	kJ/m <sup>2</sup> K

**Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi**

Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici

Qualità prestazionale	Prestazioni	Coefficiente di attenuazione, $f_A$	Ritardo temporale, $\phi$ (ore)
I	Ottime	$f_A < 0.15$	$\phi > 12$
II	Buone	$0.15 \leq f_A < 0.30$	$12 \geq \phi > 10$
III	Medie	$0.30 \leq f_A < 0.40$	$10 \geq \phi > 8$
IV	Sufficienti	$0.40 \leq f_A < 0.60$	$8 \geq \phi > 6$
V	Mediocri	$f_A \geq 0.60$	$\phi \leq 6$

Fig 48: schema rappresentazione caratteristiche specifiche prodotto. 2020 ECOSISM

NES	MODULI GETTO SINGOLO Produzione "A misura"			
	TIPOLOGIA DI MODULO	25+5NES52 1+25EPS+20getto+5EPS+1	25+5NES42 1+25EPS+10getto+5EPS+1	
FORNITURA MODULO ECOSISM €/m <sup>2</sup> Prezzo base di listino con EPS 150 kPa		<b>€ 97,60</b>	<b>€ 95,20</b>	<b>€ 84,10</b>
SCONTO FORNITURA .....% Prezzo base scontato		<i>considerare una scontistica media all'impresa (per la sola fornitura) dal 25% per questa tipologia di moduli</i>		
EXTRA (Scontato .....%) Sostituzione del materiale isolante		<i>pannelli base in EPS 150 kPa - nessun supplemento</i>		
TRASPORTO MODULI €/m <sup>2</sup> Da quotare		<i>considerare in media 80 mc di carico netto su bilico</i>		
<b>POSA IN OPERA DEI MODULI ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posa in opera moduli e aggraffatura moduli;</li> <li>• Posa strutture di allineamento Ecosism;</li> <li>• Taglio maglia ECOSISM sui fori e smontaggio strutture allineamento</li> </ul> <i>N.B. La posa in opera comprende la sola manodopera in cantiere; ogni attrezzatura, il materiale per la posa, i ponteggi e i dispositivi di sicurezza si intendono da</i>		<b>€ 15,00</b>	<b>€ 15,00</b>	<b>€ 15,00</b>
<b>ATTREZZATURA €/m<sup>2</sup></b> Nolo strutture di allineamento, materiale di consumo, attrezzatura varia		<b>€ 3,00</b>	<b>€ 3,00</b>	<b>€ 3,00</b>
<b>FORNITURA CALCESTRUZZO €/m<sup>2</sup></b> <i>R<sub>ck</sub> 300 - S4 - D<sub>max</sub> inerte 20 mm - XC1/XC2</i> <i>Incluso piazzamento e pompaggi</i> <i>Stimati 80,00 €/mc</i>		<b>€ 16,00</b>	<b>€ 8,00</b>	<b>€ 12,00</b>
<b>MANODOPERA PER GETTO CALCESTRUZZO €/m<sup>2</sup></b> <i>Inclusa vibratura del getto</i> <i>Stimati 20,00 €/mc</i>		<b>€ 4,00</b>	<b>€ 2,00</b>	<b>€ 3,00</b>
<b>FORNITURA ACCIAIO B450C PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati 20 kg/mq (10 kg/mq non strutturale)</i> <i>Stimati 0,70 €/kg</i>		<b>€ 14,00</b>	<b>€ 7,00</b>	<b>€ 14,00</b>
<b>POSA ACCIAIO PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati 20 kg/mq</i> <i>Stimati 0,35 €/kg</i>		<b>€ 7,00</b>	<b>€ 3,50</b>	<b>€ 7,00</b>
<b>TOTALE COSTI €/m<sup>2</sup></b>		<b>€ 156,60</b>	<b>€ 133,70</b>	<b>€ 138,10</b>
SPESE GENERALI 15%		€ 23,49	€ 20,06	€ 20,72
UTILE DI IMPRESA 10%		€ 18,01	€ 15,38	€ 15,88
<b>IMPORTO IN VENDITA €/m<sup>2</sup></b>		<b>€ 199,00</b>	<b>€ 170,00</b>	<b>€ 175,00</b>

Fig. 49: rappresentazione dell'indice di costo scorporato. 2020 Fonte Ecosism durante la visita alla sede

- Modulo a Getto doppio: cod. 25+5NES52 (1+25eps+20CLS+5eps+1) per la formazione di pareti in conglomerato cementizio armato, prodotto ad altezza variabile e "su misura" in relazione al progetto esecutivo, generalmente non molto usato, se non per le murature di divisione tra immobili, o per contro-murature su pareti già esistenti, costituito da due casseri a rimanere in polistirene espanso sinterizzato, densità 150 Kpa, marcato CE, reazione al fuoco Euroclasse E, di spessore 25+5 cm, contenuti in una maglia di rete elettrosaldata zincata a trama ristretta e spaziale composta da fili di acciaio zincato a caldo (classe C 85gr/mq) del diametro di 2.2 mm.

La distanza dei fili verticali è di 100mm, la distanza dei fili orizzontali è di 75mm. Il prezzo di fornitura e posa del modulo si intende compreso il pompaggio del calcestruzzo, compresa la posa in opera del ferro di armatura strutturale secondo i calcoli strutturali, compresa la perfetta piombatura e verticalità del cassero, compreso il taglio delle reti di acciaio di sostegno e puntellatura delle forometrie.

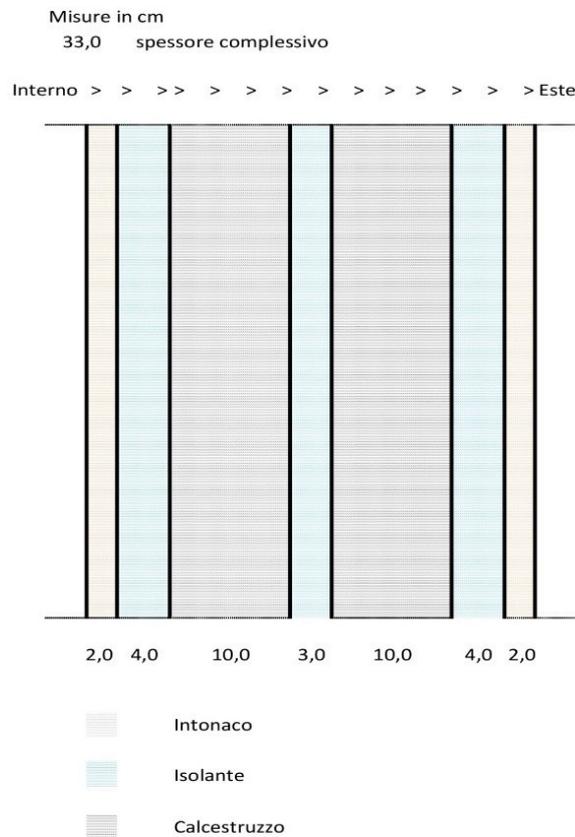


Fig 50: stratigrafia del modulo getto doppio. Materiale fornito da Ecosism. 2020

## PARETE DOPPIA

4+3+4GES33

STRATI Int.>> Est.	Descrizione	Spessore m	Conduc W/m K	Cal. Sp. J/kg K	Densità kg/m <sup>3</sup>
S1	Intonaco interno	0,02	1,000	900,00	1800,00
S2	EPS	0,04	0,034	1450,00	25,00
S3	Calcestruzzo	0,10	2,000	880,00	2200,00
S4	EPS	0,03	0,034	1450,00	25,00
S5	Calcestruzzo	0,10	2,000	880,00	2200,00
S6	EPS	0,04	0,03	1450,00	25,00
S7	Intonaco esterno	0,02	1,00	900,00	1800,00

### REGIME STAZIONARIO

Spessore parete	Sp	0,35	m
Massa superficiale	Ms	515	kg/m <sup>2</sup>
Capacità term. Sup.	CTs	455,99	kJ/(m <sup>2</sup> K)

<b>Valori ideali calcolati senza il reticolo metallico al solo fine di confronto</b>	Resistenza termica	Rid	3,375	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	U <sub>id est</sub>	0,282	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	U <sub>id int</sub>	0,275	W/m <sup>2</sup> K

Conducibilità termica equivalenta media degli strati isolanti	$\lambda$ eq	0,042505	W/m K
---	--------------	----------	-------

<b>Valori effettivi in presenza della rete metallica</b>	Resistenza termica	Reff	2,728	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza per uso esterno	U <sub>eff est</sub>	0,345	W/m <sup>2</sup> K
	Trasmittanza per uso interno	U <sub>eff int</sub>	0,335	W/m <sup>2</sup> K

### REGIME DINAMICO

Trasmittanza ciclica	Uc	0,0055	W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	SF	13,34	h
Fattore di attenuazione	Fa	0,0159	
Ammettenza lato interno	Am int	2,2348	W/m <sup>2</sup> K
Ammettenza lato esterno	Am est	2,5188	W/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica int.	CT int	30,7309	kJ/m <sup>2</sup> K
Capacità termica areica est.	CT est	34,6356	kJ/m <sup>2</sup> K

### Prestazione Energetica Estiva - Metodo dei parametri qualitativi

Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici

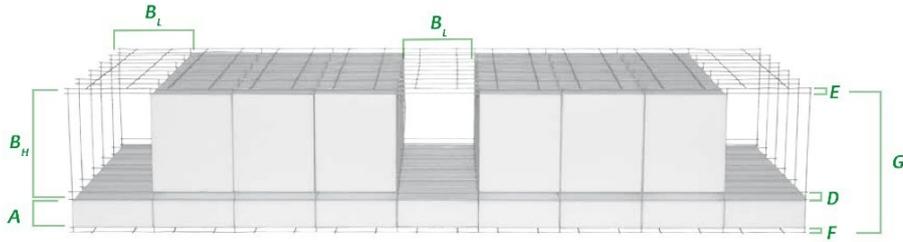
Qualità prestazionale	Prestazioni	Coefficiente di attenuazione, $f_A$	Ritardo temporale, $\phi$ (ore)
I	Ottime	$f_A < 0.15$	$\phi > 12$
II	Buone	$0.15 \leq f_A < 0.30$	$12 \geq \phi > 10$
III	Medie	$0.30 \leq f_A < 0.40$	$10 \geq \phi > 8$
IV	Sufficienti	$0.40 \leq f_A < 0.60$	$8 \geq \phi > 6$
V	Mediocri	$f_A \geq 0.60$	$\phi \leq 6$

Fig 51: schema rappresentazione caratteristiche specifiche prodotto. 2020 ECOSISM

GES	<b>MODULI GETTO DOPPIO</b> produzione "a misura"	
<b>TIPOLOGIA DI MODULO</b>	<b>4+3+4GES33</b> <small>1+4EPS+10getto+3EPS+10getto+4EPS+1</small>	
<b>FORNITURA MODULO ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <i>Prezzo base di listino con EPS 150 kPa</i>	<b>€ 52,30</b>	
<b>SCONTO FORNITURA</b> .....% <i>Prezzo base scontato</i>	<i>considerare una scontistica media all'impresa (per la sola fornitura) del 5% per questa tipologia di moduli</i>	
<b>EXTRA (Scontato .....%)</b> <i>Sostituzione del materiale isolante</i>	<i>pannelli base in EPS 150 kPa - nessun supplemento</i>	
<b>TRASPORTO MODULI €/m<sup>2</sup></b> <i>Da quotare</i>	<i>considerare in media 80 mc di carico netto su bilico</i>	
<b>POSA IN OPERA DEI MODULI ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posa in opera moduli e aggraffatura moduli;</li> <li>• Posa strutture di allineamento Ecosism;</li> <li>• Taglio maglia ECOSISM sui fori e smontaggio strutture allineamento</li> </ul> <i>N.B. La posa in opera comprende la sola manodopera in cantiere; ogni attrezzatura, il materiale per la posa, i ponteggi e i dispositivi di sicurezza si intendono da</i>	<b>€ 15,00</b>	
<b>ATTREZZATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Nolo strutture di allineamento, materiale di consumo, attrezzatura varia</i>	<b>€ 3,00</b>	
<b>FORNITURA CALCESTRUZZO €/m<sup>2</sup></b> <i>R<sub>ck</sub> 300 - S<sub>4</sub> - D<sub>max</sub> inerte 20 mm - XC1/XC2</i> <i>Incluso piazzamento e pompaggi</i> <i>Stimati 80,00 €/mc</i>	<b>€ 16,00</b>	
<b>MANODOPERA PER GETTO CALCESTRUZZO €/m<sup>2</sup></b> <i>Inclusa vibratura del getto</i> <i>Stimati 20,00 €/mc</i>	<b>€ 4,00</b>	
<b>FORNITURA ACCIAIO B450C PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati 10 kg/mq non strutturale</i> <i>Stimati 0,70 €/kg</i>	<b>€ 14,00</b>	
<b>POSA ACCIAIO PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati rispettivamente 5,00 kg/mq e 15,00 kg/mq</i> <i>Stimati 0,35 €/kg</i>	<b>€ 7,00</b>	
<b>TOTALE COSTI €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 111,30</b>	
SPESE GENERALI 15%	<b>€ 16,70</b>	
UTILE DI IMPRESA 10%	<b>€ 12,80</b>	
<b>PREZZO APPLICATO €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 141,00</b>	

Fig. 52: rappresentazione dell'indice di costo scorporato. 2020 Fonte Ecosism durante la visita alla sede

- Modulo Solaio ECOSISM: cod. 5SES15 (1+5eps+15cls) + 5 cappa, prodotto "su misura" in relazione al progetto esecutivo, costituito da pignatte di alleggerimento in polistirene espanso per la formazione del travetto in opera per la nervatura portante di 15 cm.; compreso lo strato di materiale coibente in polistirene espanso all'intradosso del solaio, dello spessore di 5 cm, compreso il getto di completamento e della cappa superiore di cm. 5, eseguiti in opera con l'impiego di cls Rck 300 N/mq, l'armatura metallica aggiuntiva, le puntelle provvisorie fino a ml. 3.50 del piano di appoggio, escluse travi e cordoli. Il solaio è completo di griglia porta intonaco nell'intradosso e il suo spessore è variabile in funzione della luce netta di progetto. Il solaio va banchinato pieno al fine di prevedere un piano di appoggio completo ed uniforme su cui posare i moduli.



M.S.	Rw
Kg(m <sup>2</sup> )	dB
235	44.92

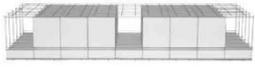
Dati Tecnici	mm
Spessore isolante	A=40
Spessore getto travetto	B <sub>L</sub> =150 B <sub>H</sub> =150
Spessore copriferro travetti	D=15
Spessore copriferro rete elettrosaldata	E=10
Spessore rete porta intonaco	F=10
Spessore effettivo	G=200 + 40/50 cappa

EPS	Conduktivität termica maggiorata secondo Norma UNI 10351 ( $\lambda_{is} = 0.039 \text{ W}/(\text{mK})$ )					
	$q_{tot}$ [W]	$q_s$ [W m <sup>-2</sup> ]	$U^*$ [W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$R^*$ [W <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> K]	$C_s$ [W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$R_s$ [W <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> K]
Ecosism® 20+5	0.169	1128	0.564	1.77	0.616	1.62
Conduktivität termica a secondo certificato ( $\lambda_{is} = 0.035 \text{ W}/(\text{mK})$ )						
Ecosism® 20+5	0.159	10.609	0.530	1.88	0.576	1.74

### Legenda

$q_{tot}$	<b>potenza termica</b> Calore scambiato nell'unità di tempo
$q_s$	<b>Potenza termica specifica</b> Calore scambiato nell'unità di tempo e superficie
$U^*$	<b>Trasmittanza</b> Potenza termica specifica che passa in regime stazionario da un fluido ad un altro fluido attraverso una struttura per differenza unitaria di temperatura tra i due fluidi
$R^*$	<b>Resistenza termica</b> Rappresenta la differenza di temperatura che in regime stazionario si deve applicare a due superfici per dar luogo ad una potenza termica unitaria
$C_s$	<b>Conduktivität termica specifica</b> Rappresenta la potenza termica specifica scambiata in regime stazionario per differenza di temperatura unitaria applicata alle superfici di un corpo
$R_s$	<b>Resistenza termica specifica</b> Rappresenta la differenza di temperatura che in regime stazionario si deve applicare a due superfici per dar luogo ad una potenza termica specifica unitaria

Fig 53: schema rappresentazione caratteristiche specifiche prodotto. 2020 ECOSISM

<b>SES</b>	<b>MODULI SOLAIO "ECOSISM"</b>	
------------	--------------------------------	---

TIPOLOGIA DI MODULO	<b>5SES15 + 5cls</b> <small>(1+5EPS+15pign.)+5cls</small>	<b>5SES25 + 5cls</b> <small>(1+5EPS+25pign.)+5cls</small>
<b>FORNITURA SOLAIO ECOSISM €/m<sup>2</sup></b> <i>Prezzo base di listino con EPS 150 kPa</i>	<b>€ 31,80</b>	<b>€ 41,80</b>
<b>SCONTO FORNITURA .....%</b> <i>Prezzo base scontato</i>	<i>considerare una scontistica media all'impresa (per la sola fornitura) del 10% <u>solo per la seconda tipologia di solaio</u></i>	
<b>EXTRA (Scontato .....%)</b> <i>Sostituzione del materiale isolante</i>	<i>pannelli base in EPS 150 kPa - nessun supplemento</i>	
<b>TRASPORTO MODULI €/m<sup>2</sup></b> <i>Da quotare</i>	<i>considerare in media 80 mc di carico netto su bilico (le pignatte e i fondelli vengono separati per ottimizzare i trasporti)</i>	
<b>POSA IN OPERA DELLE LASTRE SOLAIO €/m<sup>2</sup></b>  • Posa in opera lastre; • Armo e disramo di puntelli, travetti, morali e legname di banchinaggio; <u>N.B. La posa in opera comprende la sola manodopera in cantiere; ogni attrezzatura, il materiale per la posa, i ponteggi e i dispositivi di sicurezza si intendono da contabilizzare a parte.</u>	<b>€ 20,00</b>	<b>€ 20,00</b>
<b>NOLO ATTREZZATURA BANCHINAGGIO €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 12,00</b>	<b>€ 12,00</b>
<b>FORNITURA CALCESTRUZZO DI COMPLETAMENTO €/m<sup>2</sup></b> <i>R<sub>ck</sub> 300 - S<sub>4</sub> - D<sub>max</sub> inerte 20 mm - XC1/XC2</i> <i>Incluso piazzamento e pompaggi</i> <i>Esclusi cordoli e travi in spessore</i> <i>Stimati 80,00 €/mc</i>	<b>€ 7,70</b>	<b>€ 9,90</b>
<b>MANODOPERA PER GETTO CALCESTRUZZO €/m<sup>2</sup></b> <i>Inclusa vibratura del getto</i> <i>Stimati 30,00 €/mc</i>	<b>€ 2,89</b>	<b>€ 3,71</b>
<b>FORNITURA ACCIAIO B450C PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati 15,00 kg/mq</i> <i>Stimati 0,65 €/kg</i>	<b>€ 9,75</b>	<b>€ 9,75</b>
<b>POSA ACCIAIO PER ARMATURA €/m<sup>2</sup></b> <i>Stimati 15,00 kg/mq</i> <i>Stimati 0,35 €/kg</i>	<b>€ 5,25</b>	<b>€ 5,25</b>
<b>TOTALE COSTI €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 89,39</b>	<b>€ 102,41</b>
<i>SPESE GENERALI 15%</i>	€ 13,41	€ 15,36
<i>UTILE DI IMPRESA 10%</i>	€ 10,28	€ 11,78
<b>PREZZO APPLICATO €/m<sup>2</sup></b>	<b>€ 114,00</b>	<b>€ 130,00</b>

Fig. 54: rappresentazione dell'indice di costo scorporato. 2020 Fonte Ecosism durante la visita alla sede

## 4.2 Perché ECO-

Il sistema costruttivo Ecosism permette l'impiego di differenti tipologie di materiali isolanti all'interno della maglia di acciaio tridimensionale (3D).

All'interno dei vari casseri realizzati e proposti, la così detta cassaforma termica Ecosism, si utilizzano sostanzialmente tre tipologie di materiali isolanti: due materiali della famiglia dei Polistireni Espansi Sinterizzati (EPS) e uno della famiglia delle Lane di Roccia.

Per rispondere sempre più ai requisiti di sostenibilità ambientale richiesti sia dalle normative, protocolli, bandi e certificazioni, si è indirizzato l'utilizzo di Polistireni Espansi Sinterizzati che risultano oggettivamente sostenibili, in quanto prodotti con materia prima di riciclo totale (GREYCICLE), oppure certificati per mezzo di EPD<sup>30</sup> (Certificazione Ambientale di Prodotto).

La certificazione dei propri prodotti ISO14000<sup>31</sup> con riconoscimento EMAS è un valore aggiunto: in primo luogo, evitando sprechi nell'uso di materiali ed energia; in secondo luogo, realizzando una gamma di prodotti innovativi e performanti di elevata sostenibilità.

Assieme all'uso razionale delle risorse e all'efficienza energetica, il recupero dei materiali prodotti e non più utilizzabili (e il loro riciclaggio) è l'attività più importante da perseguire per realizzare la sostenibilità ambientale.

Recuperare e riciclare sono azioni necessarie in quanto costituiscono un valore aggiunto a ciò che rappresenta non solo un costo ambientale, ma anche sociale.

Per questo nasce Greycycle,<sup>32</sup> un isolante termico dalle elevate prestazioni prodotto con materiali riciclati costituiti da scarti di produzione o sfridi di lavorazione.

Il recupero da parte del produttore di tutti gli scarti di produzione ed il ritiro di quelli dei propri clienti permette di riciclarli in Greycycle, un prodotto con gli stessi

---

<sup>30</sup> Le etichettature volontarie contribuiscono a dare un valore aggiunto al prodotto soprattutto sulla natura dello stesso [www.guidaedilizia.it/public/Prodotti/Documenti/Flyer\\_greycycle\\_21X21\\_09.pdf](http://www.guidaedilizia.it/public/Prodotti/Documenti/Flyer_greycycle_21X21_09.pdf)

<sup>31</sup> Certificazioni sul sistema di gestione ambientale, al fine di fornire alle imprese utilizzatrici maggior sensibilità e consapevolezza, [www.arpa.veneto.it/servizi-ambientali/certificazioni-ambientali](http://www.arpa.veneto.it/servizi-ambientali/certificazioni-ambientali)

<sup>32</sup> Un isolante innovativo creato e trattato con i residui e sfridi di produzione, [www.ediliziainrete.it](http://www.ediliziainrete.it)

standard qualitativi di tutta la gamma Greypor, marcato CE in conformità alla norma UNI13163.<sup>33</sup>

Ecosism, permette un'ulteriore sensibilità ambientale, in quanto si vogliono creare prodotti, non solo tecnologicamente avanzati e performanti, ma anche con una connotazione di sensibilità ambientale, pertanto, il sistema costruttivo viene concepito con materie prime che permettono:

- cicli chiusi, riciclaggio globale e materie prime rinnovabili;
- assenza di sostanze riconosciute nocive per la salute dell'uomo e dell'ambiente;
- assenza di radioattività riconosciuta nociva per la salute dell'uomo;
- rispetto dei ritmi naturali delle risorse rigenerabili.

Ancora, si utilizzano prodotti che garantiscono:

- un ottimo isolamento termico con le migliori prestazioni di sostenibilità ambientale;
- permeabilità al vapore e adeguata traspirabilità;
- nessuna conduzione termica, ovvero tale da non alterare il campo elettrico naturale dell'aria e il campo magnetico terrestre;
- assenza di attaccabilità da parte di insetti e roditori;
- inalterate performance nel tempo;
- completa riciclabilità;
- valore aggiunto all'intervento immobiliare.

Ad esempio, il materiale isolante ECO-ESPANSO 100, utilizzato per la produzione di pannelli EPS risulta ecocompatibile in relazione ai seguenti indicatori:

- GROSS ENERGY REQUIREMENTS (GER): indicatore del consumo energetico totale nel ciclo di vita (MJ/Kg).<sup>34</sup>
- GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP): impatto ambientale per tutto il ciclo di vita del prodotto, espresso come CO<sub>2</sub> equivalente.

---

<sup>33</sup> La norma specifica i requisiti per i prodotti di polistirene espanso ottenuti in fabbrica, con o senza finiture superficiali flessibili o rigide o verniciature, utilizzati per l'isolamento termico degli edifici.

<sup>34</sup> Indicatori mirati per la creazione di un cassero con un basso impatto ambientale, Portale di Ecosism.

- **WATER FOOTPRINT:** quantità di acqua necessaria per ottenere il prodotto. Il risparmio energetico consente, quindi, non solo di salvaguardare l'ambiente ma di migliorare anche l'efficienza energetica, del resto, significa contribuire al raggiungimento di tutti gli obiettivi della politica energetica dell'UE e la transizione verso un sistema energetico sostenibile, sicuro e competitivo.

Così come è possibile agire in direzione di un'edilizia sempre meno impattante e più sostenibile, con cui si intendono gli interventi in edilizia pubblica o privata che hanno i seguenti requisiti: - utilizzo di EPS GREEN, un materiale ecologico e performante e pertanto:

- prevedono uno sviluppo equilibrato e sostenibile del territorio e dell'ambiente urbano;
- le tecnologie applicate risultano sostenibili sotto il profilo ambientale, economico, ed energetico;
- favoriscono l'impiego di materiali e manufatti per cui sia possibile il loro riutilizzo anche al termine del ciclo di vita dell'edificio e la cui produzione comporti un basso dispendio energetico.

I materiali isolanti utilizzati da Ecosism, come si può verificare dalle tabelle risultanti dallo studio LCA sotto riportate, sono privi di rifiuti pericolosi e con il più basso indicatore d'impatto della categoria.

MATERIALE ISOLANTE	GER MJ/mc	GWP Kg CO2/mc	Water Footprint L/mc
<b>ISOLCONFORT ECO - ESPANSO 100 ECO - POR G031</b> 	<b>1600 ***</b>	<b>65,19 ***</b>	<b>199 ***</b>
EPS media Italia	2156 **	87,4**	202,57 **
EPS media EU EUMEPS 2008	2318 **	104,5 **	N.D.
Estruso XPS	3026 *	105 *	204 *
Poliuretano PU	2944 *	125 *	2.368 *
Lana di roccia	2400 *	240 *	N.D.
Sughero	6840 *	120 *	120.000 *

\*\*\* da analisi LCA (dati certificati da ente esterno)  
 \*\* fonte Aiipe  
 \* dati di letteratura



INDICATORI DI IMPATTO AMBIENTALE ECO-ESPANSO	RISULTATI per R-1 m <sup>2</sup> /W				RISULTATI per 1 m <sup>2</sup>	RISULTATI per 1 kg
	produzione materie prime	trasporto materie prime	processo industriale	distribuzione prodotto	TOTALE	TOTALE
<b>IMPATTO AMBIENTALE</b>						
Effetto serra, kg CO2-eq.	2,00	0,02	0,27	0,06	2,35	65,19
Produzione dello strato di ozono, kg CFC 11-eq.	4,4E-08	2,7E-09	3,8E-08	8,3E-09	9,3E-08	2,6E-06
<b>PRODUZIONE RIFIUTI</b>						
Rifiuti pericolosi (kg)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Rifiuti non pericolosi (kg)	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-02	0,0E+00	1,0E-02	2,8E-01
Rifiuti radioattivi (kg)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00

Figura 55: Studio impattante dei singoli materiali impiegati nei pacchetti Ecosism.2020 Ecosism

Un elemento che contraddistingue la tecnologia di Ecosism è la cosiddetta filiera corta del cantiere.

La progettazione integrata del cassero e l'utilizzo della filosofia di edilizia off-site permettono di ridurre gli sprechi dovuti ad errori e gli sfridi generati in cantiere, in quanto ogni singolo blocco viene eseguito ad hoc per il progetto, a differenza di altri metodi ICF che prevedono tagli e aggiustamenti in loco.

A differenza di altri sistemi, che producono enormi quantità di sfridi di lavorazione, il sistema modulare Ecosism® è infatti sinonimo di zero rifiuti da inviare in discarica, in quanto i casseri necessari sono quelli prodotti esclusivi per la specifica realizzazione.

Il risultato è un cantiere non solo con più spazio e più sicuro, ma anche più efficiente in termini di impatto ambientale, nonché di facile viabilità interna.

L'incidenza dei costi di manutenzione e pulizia del cantiere vengono pertanto notevolmente abbattuti, e questo è uno dei focus principali analizzati.

I pochi scarti che si vengono a generare sono sottoprodotti e rifiuti dotati di un valore di mercato per altre filiere produttive, come l'acciaio e l'EPS ricavati dalle aperture dopo l'esecuzione del getto.

Il nostro legislatore, ormai sempre più attento sul tema energetico ha imposto dei vincoli e dei principi prescritti da perseguire.

A partire dalle certificazioni energetiche e studio sul dispendio dell'involucro edilizio, soprattutto nell'edilizia pubblica, dove è molto più presente l'osservanza della pubblica amministrazione, ritroviamo delle linee guida da osservare.

Il tutto parte dall'UE quando ormai sul tema ambientale ha voluto sensibilizzare ogni settore produttivo compreso quello delle costruzioni.

Le linee guida sono state emanate a monte e secondo la politica legislativa europea, i rispettivi stati membri devono assorbire e far proprie le direttive entro un lasso di tempo non superiore a cinque anni.

Le linee guida in questione vengono definite Criteri Ambientali Minimi.

Ma partendo dal principio, il CAM (criteri ambientali minimi), parte da una volontà della commissione europea di approccio di sviluppo sostenibile introducendo politiche green economy.

Nello specifico, il tutto ebbe inizio nel 1996, quando venne pubblicato il libro verde: “Gli appalti pubblici dell’UE”<sup>35</sup>, che ha come focus la salvaguarda degli impatti dei prodotti e servizi nell’ambiente, favorendo il principio di riciclo e di riutilizzo.

Con il passare degli anni, la centralità e le attenzioni per i temi ambientali divennero sempre più presenti, imponendo agli stati membri di inglobare il suddetto principio per le rispettive pubbliche amministrazioni.

Gli obiettivi del GPP si possono dividere in:<sup>36</sup>

- Riduzione degli impatti ambientali
- Tutela e miglioramento delle competitività delle imprese.
- Stimolazione all’innovazione
- Razionalizzazione della spesa pubblica
- Diffusione di modelli di consumo sostenibili
- Efficienza e risparmio delle risorse naturali
- Riduzione dei rifiuti prodotti
- Riduzione dell’utilizzo delle sostanze tossiche
- Integrazioni delle politiche ambientali
- Miglioramento dell’immagine della P.A
- Miglioramento delle conoscenze degli acquirenti pubblici

Seguendo le politiche proposte dalle linee guida, si evince di come la UE, stia investendo risorse e attenzioni su un tema centrale, come quello ambientale, cercando di sensibilizzare i medesimi cittadini attraverso scelte più razionali e attenzioni nella salvaguardia ambientale durante la vita sociale.

Le suddette linee guida nel 2006 divennero un obbligo di integrazione nelle legislazioni nazionali degli stati membri, pertanto in Italia con il D.M. del

---

<sup>35</sup> Si tratta di uno strumento di politica ambientale che intende favorire lo sviluppo di un mercato di prodotti e servizi a ridotto impatto ambientale attraverso la leva della domanda pubblica.

<sup>36</sup> Il GPP ha l'obiettivo di integrare considerazioni di carattere ambientale all'interno dei processi di acquisto delle Pubbliche Amministrazioni e di orientarne le scelte su bene <https://www.minambiente.it>

11/04/2008 si introduce il “Piano d’Azione per la sostenibilità dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione – PAN GPP”.<sup>37</sup>

Questo decreto ha l’obbligo di diffondere agli enti pubblici di rilievo nazionale tutti i principi del GPP già in vigore a livello europeo, per ottenere un miglioramento ambientale, economico ed industriale.

I Criteri Ambientali Minimi non sono altro che indicazioni tecniche, definite per aiutare la Pubblica Amministrazione ad effettuare acquisti, individuando prodotti, servizi e opere che producano il minor impatto ambientale.

Inoltre, sono definiti “minimi” nel senso che richiedono un livello che dovrebbe essere in grado di garantire allo stesso tempo un’adeguata risposta da parte del mercato e rispondere agli obiettivi ambientali che la Pubblica Amministrazione intende raggiungere tramite gli appalti pubblici.

Per un maggiore sensibilizzazione del prodotto o servizio, la commissione europea e di seguito anche i gli enti locali hanno adottato la politica delle certificazioni dei prodotti o servizi.

Un marchio ecologico (detto anche etichetta ecologica o etichetta ambientale o eco-etichetta, dall'inglese Eco label) è un sistema di etichettatura volontario per bene all’utilizzo, un imballaggio o un servizio che garantisce che il prodotto, sia realizzato per limitare al minimo il proprio impatto ambientale in tutto il suo ciclo di vita (dall'approvvigionamento delle materie prime allo smaltimento) o l'impatto ambientale su un aspetto specifico (ad esempio l'origine delle materie prime o la riciclabilità), in un'ottica di sensibilità e sostenibilità.

Il fine di un marchio ecologico è quello di rendere facilmente riconoscibile al consumatore un prodotto ecologico garantendo la scelta di una sensibile e mirata, tenendo conto del principio di sostenibilità ambientale.

Così facendo si incentiva la possibilità di creare prodotti o materiali sempre più performanti.

I vantaggi di adottare un marchio ecologico sono quindi sia per l'organizzazione (che ottiene attraverso il marchio ecologico un vantaggio competitivo rispetto ai concorrenti) sia per i consumatori (che sono informati sull'impatto ambientale e

---

<sup>37</sup> Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, Piano d’Azione per la sostenibilità dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione – PAN GPP, 2008.

possono quindi decidere i loro acquisti sulla base di criteri di sostenibilità ambientale).

Per l'elaborazione dei Criteri Ambientali Minimi sono stati istituiti dei gruppi di lavoro composti da figure specializzate nei diversi settori di applicazione, e dai rappresentanti dei produttori, con il compito di redigere un documento.

Tale documento viene poi sottoposto ad una valutazione da parte di esperti economici nel settore e, a seguito di una valutazione positiva, viene approvato dal Comitato di gestione del GPP.

Poi risulta infine compito dei Ministeri interessati la stesura del criterio.

Il ministero competente ha stilato undici categorie, per la suddivisione dei caratteri ambientali minimi e sono:

- arredi (mobili per ufficio, arredi scolastici, arredi per sale archiviazione e sale lettura)
- edilizia (costruzioni e ristrutturazioni di edifici con particolare attenzione ai materiali da costruzione, costruzione e manutenzione delle strade)
- gestione dei rifiuti urbani e assimilati
- servizi urbani e al territorio (gestione del verde pubblico, arredo urbano)
- servizi energetici (illuminazione, riscaldamento e raffrescamento degli edifici, illuminazione pubblica e segnaletica luminosa)
- elettronica (attrezzature elettriche ed elettroniche d'ufficio e relativi materiali di consumo, apparati di telecomunicazione)
- prodotti tessili e calzature
- cancelleria (carta e materiali di consumo)
- ristorazione (servizio mensa e forniture alimenti)
- servizi di gestione degli edifici (servizi di pulizia e materiali per l'igiene)
- trasporti (mezzi e servizi di trasporto, sistemi di mobilità sostenibile).<sup>38</sup>

Per ogni suddetta categoria il CAM fa riferimento a particolari attenzioni sotto il punto di vista ambientale ed ecologico al fine di garantire un principio di salvaguardia e un senso di consapevolezza via via sempre più diffuso.

---

<sup>38</sup> <https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi#3>

Il CAM edilizia ha lo scopo di sensibilizzare il progettista, in un'ottica di razionalizzazione della scelta dei materiali e del trattamento di essi, nell'intero ciclo vita fino allo smaltimento e il post-smaltimento.

Nasce con il D.M. 24/12/2015, e con le successive integrazioni, fino al D.M. 10/11/2017 dove si esplicano dettagliatamente gli iter ed i canoni da osservare per i servizi di progettazione, ristrutturazione, nuova costruzione e manutenzione delle costruzioni.

Vengono espressi tutti i parametri e gli standard a partire dalle performance energetiche elevate, interconnesse con uno sguardo ambientale del prodotto circostante.

Per essere performante, il prodotto non deve essere virtuoso energeticamente, ma rispettare anche dei canoni ambientali del sito di provenienza, di utilizzo e di fine vita.

Per soddisfare al meglio i CAM Edilizia, il progettista, prima di pensare alla realizzazione di un nuovo edificio, deve considerare il recupero del patrimonio edilizio esistente o il riutilizzo di aree dismesse che possono essere riqualificate.

Inoltre, è necessario prevedere: un sistema di risparmio delle acque, un sistema di illuminazione naturale e un sistema di utilizzo di fonti rinnovabili.

Trattando varie tematiche affrontate il focus specifico del CAM sull'edilizia riguardano prevalentemente:

- Scelta del materiale
- Disassemblabilità
- Trattamento del prodotto a fine vita

Ovviamente per gli aspetti sopra citati, la normativa prevede per ogni tipo di costruzione una percentuale, ove, tra strutture in C.A. in pietra, laterizio, ferro-acciai e legno, vi è un parametro specifico da rispettare nell'utilizzo del materiale, nella scelta di esso, nella fase di scomposizione e trattamento fine vita.

Partendo da una visione europea, il settore delle costruzioni è uno degli ambiti che incide maggiormente nell'ambiente in cui viviamo.

Non a caso, gli edifici sono responsabili, direttamente o indirettamente, di circa il 40% del consumo di energia primaria complessiva.<sup>39</sup>

L'edilizia è uno dei principali consumatori di risorse: a partire dalla fase del consumo di energia utilizzata per il reperimento delle materie prime, per passare all'energia utilizzata nella fase di costruzione e utilizzo e mantenimento delle stesse e infine all'energia utilizzata per la demolizione delle costruzioni arrivate alla fine del loro ciclo vita.

Inoltre, all'energia utilizzata in questi processi, vanno sommate anche le emissioni di gas serra ed i rifiuti da costruzione e demolizione che nella maggior parte dei casi risultano difficili da smaltire.<sup>40</sup>

Il principale obiettivo del processo è di indirizzare le scelte progettuali dei committenti, analizzando gli effetti impattanti durante il ciclo di vita e nella fase di fine vita.

Il tutto deve fondersi al più possibile con l'ecosistema presente cercando di evitare ogni forma di alterazione.

Il Focus specifico, di questi approfondimenti anche dal punto di vista legislativo ci permetteranno di fare un ragionamento ulteriore nei prossimi capitoli, così da trattare sinergicamente anche gli aspetti impattanti e la scelta dei medesimi in osservanza del CAM

---

<sup>39</sup> Fabrizio Adami, 2017, Analisi dei fabbisogni nel settore edile, distretto delle energie rinnovabili, ediz. 4

<sup>40</sup> La gestione dei rifiuti ha un enorme impatto sulla gestione delle scorie solide e il relativo smaltimento, <https://www.rinnovabili.it>

## 4.3 Perché -SISM

La “Sismologia” è la scienza che studia i movimenti sussultori rapidi e improvvisi sulla sfera terrestre, chiamati “terremoti”.

Il sisma si manifesta come moto vibratorio del terreno che ha origine in un punto a profondità variabile della crosta (ipocentro, punto del sottosuolo che, proiettato alla superficie, corrisponde all’epicentro) da cui si propagano onde sismiche, e pertanto definibile come scossa sismica.

La vibrazione della crosta terrestre è provocata dalle spinte delle placche tettoniche, in cui è suddiviso l’involucro solido esterno della Terra; quando lo sforzo a cui esse vengono sottoposte superando il limite di resistenza, queste si rompono lungo superfici chiamate faglie.

L’energia trattenuta, prima del collasso, si libera sotto forma di onde sismiche che si propagano, in tutte le direzioni.

Le principali onde sismiche sono dette di tipo P (onde prime) e S (onde seconde).

Le onde P sono le più veloci e sono definite “longitudinali”, in quanto fanno oscillare la superficie della roccia nella direzione di propagazione, determinando una successione di compressioni e dilatazioni; le onde S emettono, un moto vibratorio del materiale roccioso, in tutte le direzioni, che avviene trasversalmente rispetto alla direzione di propagazione creando deformazioni di volume al loro passaggio.

Le onde P si muovono ad una velocità che è circa 1,7 volte superiore a quella delle onde S, precedendole, come si evince dalle registrazioni sismografiche.<sup>41</sup>

La registrazione qualitativa del terremoto può essere registrata tramite appositi apparecchi, misurando la magnitudo, o con riferimento all’osservazione degli effetti che ha provocato, stimando l’intensità macrosismica.

La magnitudo è stata definita nel 1935 dal famoso sismologo C.F. Richter come parametro oggettivo della quantità di energia elastica rilasciata nel processo di

---

<sup>41</sup> Augenti e Parisi, 2019, “Teorie e tecniche delle strutture in muratura”, Hoepli editore.

scossa nella crosta; può essere calcolata analizzando l'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi, ed è espressa attraverso un numero puro.

L'intensità di un terremoto, invece, quantifica e classifica esclusivamente gli effetti in superficie, generati sull'ambiente, sulle cose e sull'uomo.

A differenza della magnitudo, per uno stesso terremoto essa può assumere valori diversi in luoghi diversi, base all'entità e del relativo danno. Solitamente, l'intensità diminuisce con l'aumentare della distanza dall'epicentro.

L'intensità di un terremoto viene espressa con la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg).

Magnitudo ed intensità macrosismica hanno significati diversi, tuttavia, è possibile stabilire una correlazione approssimativa.

Gli effetti che una scossa provoca non dipendono esclusivamente dall'intensità del terremoto, ma anche da ulteriori fattori, come la distanza tra epi-ipocentro, le classi di resistenza e duttilità degli edifici, i requisiti dei terreni su cui poggiano e sono realizzati, la topografia del territorio, ecc.

Durante la registrazione di un sisma si possono ottenere molteplici informazioni, come la differenza di tempo tra il punto P e il punto S permette di definire la reale profondità dell'ipocentro

I terremoti non avvengono ovunque, ma esclusivamente dove vi sono due croste differenti che seguono differenti moti.

La scienza, oggi, non è in grado di prevedere il tempo ed il luogo esatto in cui avverrà un eventuale terremoto: la sola previsione possibile è di tipo statistico, basata sulla conoscenza degli eventi sismici del passato, che permette di individuare le zone in cui la frequenza e l'entità siano state maggiori e quindi dove è più probabile che si verifichi un nuovo terremoto.

Questo excursus ci permetterà di comprendere l'importanza nella progettazione delle strutture sia per quanto concerne l'altezza, la geometria, e i nodi, in quanto in grado ad assolvere le forze orizzontali incidenti.

La progettazione di strutture a pareti portanti si sviluppa in modo del tutto analogo a quella con cui vengono progettate le strutture a telaio, sinteticamente riassunta nelle seguenti fondamentali fasi:

- Individuazione di una modellazione fisico/ matematica della struttura che si vuole realizzare.

In questa fase le normative non forniscono particolari indicazioni essendo questa operazione specifica competenza del progettista.

Una modellazione della struttura a comportamento elastico lineare (la più semplice e diffusa) conduce a risultati a favore di sicurezza.

Anche storicamente la modellazione più adottata è quella elastico lineare.

Per questo tipo di modellazioni, le normative consentono, al fine di tenere in debito conto dello stato fessurato delle membrature strutturali in condizioni sismiche, di abbattere il modulo elastico del calcestruzzo sino al 50%.

Tenendo conto delle caratteristiche meccaniche delle pareti portanti, si consiglia ai progettisti di adottare la massima riduzione del modulo elastico consentita NTC 2018.

-Individuazione dei carichi da adottare nella progettazione della struttura.

La normativa vigente fornisce indicazioni precise su quali carichi debbano essere adottati nella progettazione delle strutture (carichi statici quali pesi propri e permanenti portati, sovraccarichi variabili, azioni accidentali e sismiche).

Secondo le nuove norme tecniche, è permessa una arbitrarietà nelle “combinazioni” dei carichi più gravosi in relazione alle membrature ed al tipo di verifica di sicurezza che si vuole sviluppare.

Per le azioni sismiche ci si può appellare ai coefficienti di struttura forniti dalle NTC 2018 per le così dette “strutture a pareti” (Sez. 7.4.3.1).

-Risoluzione della struttura, individuazione della” domanda” strutturale. In questa fase, viene “risolto” il modello strutturale sviluppato nella fase precedente in modo da determinare le azioni che i carichi graveranno sulla struttura.

Tipicamente le normative forniscono scarse indicazioni in relazione a questa fase tranne alcune indicazioni (simili a quelle sulla modellazione) in relazione alla rappresentatività del modello e quindi del metodo di “risoluzione”, che rimane arbitrario in quanto con le nuove NTC vengono introdotti la funzione dissipativa e quella non dissipativa.

In genere una risoluzione di un modello a comportamento elastico lineare porta a risultati a favore di sicurezza, mentre nell'altro caso si eseguono le verifiche in campo plastico e quindi di tenuta delle sezioni.

#### **-Individuazione della “capacità” della struttura.**

In questa fase (e con riferimento allo stato di sollecitazione considerato) vengono valutate le così dette “capacità” delle membrature portanti (ovvero quanto ogni membratura è in grado di portare, con riferimento alla condizione di carico considerata).

La verifica della capacità portante (sforzo normale, flessione e taglio) delle pareti portanti in conglomerato cementizio armato, vengono sviluppate con riferimento ai metodi “classici” della scienza delle costruzioni per membrature in conglomerato cementizio armato così come indicato nei capitoli 4.1 (progettazione statica) e 7.4.4 del NTC 2018.

#### **-Verifiche di sicurezza.**

In questa fase viene sviluppato il confronto fra le “capacità” delle varie membrature e le relative “domande” imposte dall'impegno strutturale dato dai carichi conduce alle verifiche di sicurezza.

Le verifiche di sicurezza saranno condotte con successo se la capacità delle varie membrature risulta essere superiore alla richiesta imposta dai carichi, così come genericamente indicato dalla seguente disequazione riportata nel D.M 17 gennaio 2018(sez. 2.3: valutazione della sicurezza).

#### **$Rd \leq Ed$**

dove: con  $Rd$  si intende la capacità resistente di ciascuna membratura della struttura, così come esplicitato nel paragrafo precedente, e con  $Ed$  si intende la domanda (effetto) imposto sulla membratura della struttura in esame dagli specifici carichi considerati, così come individuati paragrafo precedente.

Le varie normative forniscono, in genere, precise indicazioni sulle modalità con cui valutare le capacità portanti delle varie membrature a partire dalle caratteristiche di resistenza dei materiali da costruzione.

Alcune normative nazionali, tra le quali il NTC 2018, consentono verifiche sia con riferimento alla così detta “metodologia degli stati limite” che al metodo delle

“tensioni ammissibili” (questi ultimi limitatamente a specifiche zone sismiche e classi d’uso delle costruzioni), riferito alle strutture non dissipative.

Il nuovo testo normativo non pone limiti di altezza alla muratura armata (mentre limita a due piani l’altezza degli edifici in muratura ordinaria in zona 1, nel caso in cui non sia tenuto in conto il comportamento “non lineare” del materiale).

L’altezza massima per i nuovi edifici in muratura armata è determinata unicamente dalle capacità resistenti e deformativi della struttura, valutabili mediante le specifiche analisi e le verifiche di sicurezza previste. Per gli edifici “geometricamente semplici” in muratura armata, invece, sono ammesse verifiche in via semplificata e l’opportunità di costruire fino a quattro piani anche in zona ad alta sismicità (zona 1, con accelerazione di picco massima del terreno  $a_g \geq 0,25 g$ ), tenendo conto della prevista sezione resistente.

La stessa normativa fissa in 24,0 cm lo spessore minimo per la muratura armata nelle zone di sismicità 1, 2 e 3; spessore che può però essere ridotto a 20,0 cm in zona 4.

Il rapporto di snellezza è determinato dalla normativa in funzione all’altezza e alle sezioni considerate.

Le costruzioni realizzate in muratura armata, tra cui Ecosism si caratterizzano per una concreta semplicità costruttiva, decisamente superiore rispetto alle strutture intelaiate in calcestruzzo armato, comportando interessanti economie.

Rimane dunque opportuno ricordare alcune prescrizioni presenti nel NTC, a cui Ecosism adempie, e più precisamente:

- La malta per l’allettamento dei blocchi e per il riempimento delle cavità di alloggiamento delle armature deve essere di classe M10, in alternativa, può essere impiegato conglomerato di classe C12/15.
- le strutture costituenti gli orizzontamenti, comprese le coperture di ogni tipo, non devono essere spingenti.

Eventuali spinte orizzontali, comprese quelle esercitate, ad esempio, da archi e volte, valutate tenendo conto dell’azione sismica, devono essere eliminate con tiranti o cerchiature, oppure riportate alle fondazioni mediante idonei accorgimenti strutturali;

- I cordoli, in corrispondenza dei solai di piano e di copertura, devono avere altezza minima pari all'altezza del solaio e larghezza almeno pari a quella del muro, con un arretramento massimo di 6 cm.
- L'armatura corrente non deve essere inferiore a  $8 \text{ cm}^2$ , quindi le staffe dovranno avere un diametro non inferiore a 5 mm e un interasse non superiore a 60 cm.
- I solai devono essere in grado, oltre alla funzione di resistenza dei carichi verticali, anche quella di ripartizione delle forze sismiche orizzontali agenti sui muri perimetrali, consentendo un comportamento a diaframma.
- Nei solai, le travi metalliche ed i travetti prefabbricati vanno prolungati nel cordolo per una lunghezza non inferiore a metà della larghezza del cordolo stesso, comunque non meno di 12 cm.
- La distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m.
- Gli architravi soprastanti le aperture possono essere realizzati in muratura armata.
- L'insieme strutturale risultante deve essere in grado di reagire alle azioni esterne orizzontali con un comportamento di tipo globale, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti del proprio interpiano.

Con il Nuovo testo infatti si differenziano due aspetti specifici di comportamento, il duttile, che presuppone un danneggiamento della struttura e il resistente, che presuppone le rigidità delle sezioni con deformazioni cicliche nel campo plastico.

I tondini delle armature, esclusivamente a aderenza migliorata e di diametro minimo 5 mm, devono essere ancorate in modo adeguato alle estremità mediante piegature attorno alle barre verticali.

In alternativa, possono essere utilizzate, per le armature orizzontali, armature a traliccio o conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio.

Le caratteristiche degli elementi resistenti e la disposizione dei tondini devono essere tali da permettere la realizzazione dello sfalsamento dei giunti verticali tra i blocchi, sia nel piano del muro che nel suo spessore.

Le norme, inoltre, forniscono precise indicazioni sull'area di armatura da impiegare. In particolare:

- La percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non può essere minore dello 0,03 %, nel caso debba contribuire al controllo della fessurazione o per garantire duttilità; non inferiore allo 0,04%, né

superiore allo 0,5%, qualora debba aumentare la resistenza nel piano (con interasse non superiore a 60 cm, e quindi ogni due/tre corsi di muratura).

- La percentuale di armatura verticale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,05%, né superiore all'1,0%.
- All'estremità delle pareti portanti, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura, e comunque a interasse non superiore a 4 m, dovranno essere collocate armature con una sezione non inferiore a 2 cm<sup>2</sup>.
- Le armature verticali devono essere continue lungo l'intero sviluppo (verticale) del fabbricato.

Esse devono, quindi, essere opportunamente giuntate (di solito per semplice sovrapposizione), oppure ancorate all'interno della fondazione e dei cordoli di piano.

- Le staffe orizzontali disposte nei giunti di malta devono essere chiuse e girare attorno alle armature verticali ai bordi dei pannelli, mentre nel caso di murature che convergono (angoli o incroci tra pareti), si consiglia di disporre le staffe orizzontali nei corsi dispari di una parete ed in quelli pari dell'altra, così da evitare sovrapposizioni di armatura nell'angolo o nell'intersezione.
- Le armature verticali sono deputate ad assorbire gli sforzi di trazione derivanti dall'inflessione dei setti murari dovuta al momento generato dalle azioni sismiche, mentre le armature orizzontali hanno lo scopo di conferire duttilità al sistema.

Le prime devono essere dimensionate e verificate con il calcolo, mentre le seconde sono predefinite nella misura indicata dalla normativa.

Per quanto concerne le armature verticali, è opportuno, infine, non utilizzare diametri eccessivamente elevati, soprattutto in presenza di vani di alloggiamento non troppo ampi.

In un manufatto edile e le relative componenti strutturali devono garantire sicurezza, durabilità e robustezza.

Per Ecosism® un edificio è antisismico se è sismo-resistente, cioè quando è in grado di resistere al terremoto, senza subire danni e senza impedire ai suoi abitanti di continuare a viverci.

In tal senso la dinamica strutturale assume un ruolo rilevante sia nella progettazione ex novo, sia negli interventi di rinforzo delle strutture affinché possano resistere ad

azioni dinamiche severe dovute ad esempio a terremoti, uragani, raffiche di vento ecc....

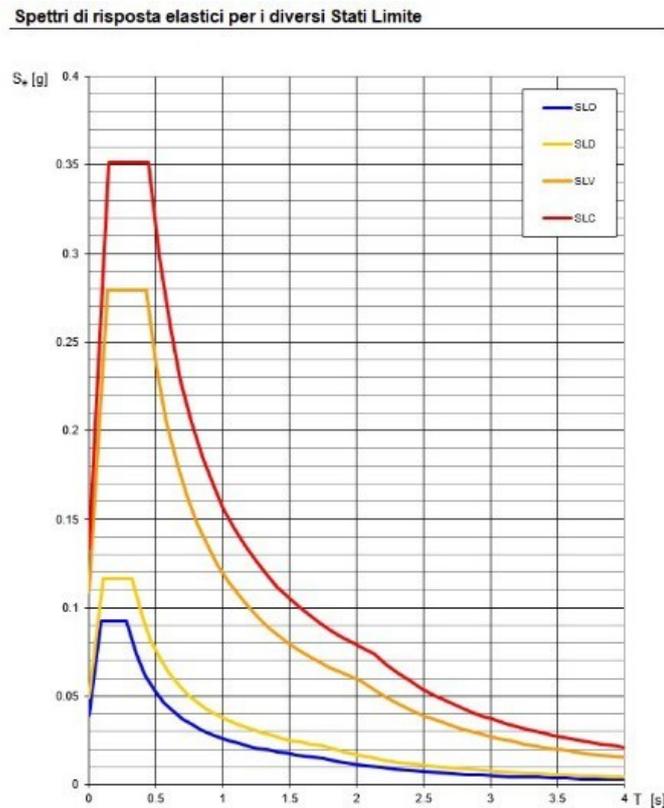


Figura 56: Spettro di risposta ai vari stati limite presi in esame

Il criterio fondamentale delle costruzioni antisismiche convenzionali è quello di realizzare opere che consentano di salvare sempre e comunque le vite umane pur sacrificando l'integrità strutturale.

La tecnica costruttiva di Ecosism® permette di progettare strutture non duttili e quindi non dissipative, che rimangono in campo sostanzialmente elastico lineare.

Per Ecosism tutti gli edifici sono strategici e devono essere dimensionati per soddisfare lo stato limite operativo (SLO) per qualsiasi tipo di costruzione.

Questo fatto permette alla struttura di evitare di spostarsi durante un evento sismico e quindi di evitare il danneggiamento tipico delle strutture duttili, come avviene nel campo dissipativo.

Eliminando il danneggiamento si va a preservare oltre alla struttura anche quanto in essa contenuto che rappresenta normalmente il maggior valore della struttura stessa.

Il contenuto viene rappresentato da impianti, finiture, rivestimenti e tutto ciò viene posto all'interno di un edificio.

Preservare dal danneggiamento il contenuto oltre al contenitore permette di non dover riparare i danni agli elementi non strutturali a seguito di un sisma frequente di intensità media, che rappresenta per l'Italia la maggior causa di danni agli edifici che poi devono costantemente essere riparati a spese dello Stato.

Per entrare nello specifico nel campo della progettazione Ecosism si riconduce alle norme tecniche delle costruzioni vigenti, pertanto si viene a realizzare una struttura a pareti in calcestruzzo normalmente armato di spessore definito da progetto, ad armatura diffusa (SAAD) mediante l'utilizzo dei pannelli "Ecosism", quali casseri a rimanere predisposti per l'armatura ed il getto della parete secondo quanto indicato nel progetto esecutivo strutturale.

La tipologia delle pareti "Ecosism" è adatta per qualsiasi applicazione strutturale prevista dal D.M. 17/01/2018: - pareti normalmente armate (struttura dissipativa o meno) - pareti estese debolmente armate - sistema a telaio (vengono realizzati pannelli cassero per tamponamenti e pannelli cassero per pilastri e setti).

Il metodo di calcolo ottimale è quello di considerare una struttura a pareti normalmente armate non dissipativa ad armatura diffusa (SAAD), applicando un fattore di struttura  $q=1$ , spessore getto e armatura sui due lati dimensionata in funzione dei carichi agenti.

Il sistema sismo-resistente è costituito dalle pareti portanti, specialmente quelle perimetrali con griglia metallica di connessione, ed è dimensionato per resistere da solo alle massime azioni orizzontali mantenendo un comportamento elastico-lineare in ogni combinazione di carico, anche per terremoti di massima intensità per la zona considerata.

Travi e pilastri sono modellati come elementi secondari e sono dimensionati per resistere ai carichi verticali statici, senza vincoli geometrici o di armatura legati al concetto della gerarchia delle resistenze.

Si viene così a realizzare un corpo strutturale costituito da pareti in calcestruzzo armato, con aperture per porte e finestre definite in fase di progettazione architettonica e considerate nella modellazione strutturale; il modello a parete portante, eliminando il concetto di pilastro puntuale, permette di adattarsi a qualsiasi forma di apertura, con libertà di gestione nel layout architettonico.

Il tutto viene eseguito nel rispetto del §. 7.3.1 del D.M. 17/01/2018, nell'analisi sismica con spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura  $q$  unitario, "la resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole presentate nei capitoli precedenti (capitolo 4 per le strutture in c.a.), non essendo necessario soddisfare i requisiti di duttilità fissati nei paragrafi successivi" (al 7.3.1), né in termini di limitazioni geometriche (§. 7.4.6.1) né in termini di limitazioni di armatura (§. 7.4.6.2) "zone critiche".

Il famoso fattore di struttura " $q$ " è un coefficiente che ci offre la normativa per semplificare la progettazione: in sostanza, la normativa ci permette di eseguire un'analisi elastica senza addentrarci in campo plastico, sebbene progettare una struttura che non abbia plasticizzazioni anche per un terremoto con periodo di ritorno di 475 anni (sisma allo SLV edifici II) sarebbe fortemente antieconomico.

Quello che andrebbe fatto, dunque, è un'analisi in campo plastico, limite (individuando un moltiplicatore di collasso mediante teorema statico e cinematico) o incrementale (anche chiamata "Pushover", ovvero che segua "al passo" il comportamento della struttura).

Ecco che intervengono le norme: volendo rimanere in campo elastico, ed evitare analisi limite o incrementali, si è costretti a progettare la struttura per delle forze ridotte, affidando alle capacità dissipative (stimate e non calcolate) la restante parte dell'azione.

Le capacità dissipative sono tutte racchiuse in quel fattore di struttura: quanto più si hanno capacità dissipative, quindi oltre il limite elastico, tanto più si possono ridurre le forze di progetto, pertanto il fattore " $q$ " interviene sulle azioni del sisma, che vengono valutate andando a definire degli spettri, ovvero, anziché fare riferimento a specifici accelerogrammi, la normativa suggerisce di riferirsi ad una forma spettrale

che sia indipendente dal grado di sismicità e che si ottiene impiegando uno Spettro di Risposta Elastico.

Il suddetto spettro mostra le massime accelerazioni (o spostamenti) al variare del periodo (e quindi al variare del tipo di struttura).

Quello a cui si fa riferimento, in pratica, è un inviluppo.

La particolarizzazione del diagramma di inviluppo al nostro specifico caso avviene mediante due coefficienti:  $ag$  (dipendente dalla zona sismica) e  $S$  (dipendente dal tipo di suolo).

Mediante il fattore di struttura ( $q=1$ ) le azioni sismiche ridotte permettono di dimensionare la struttura con analisi più semplici, facendo affidamento alle capacità dissipative per la restante aliquota dell'azione sismica (e di "fiducia" trattasi, dato che tali capacità dissipative sono solo stimate, individuate a monte sui dettami della normativa).

Infine, analizzando quanto sopra è stato esplicitato il fattore  $q=1$  viene usato per avere il pieno controllo della struttura, senza semplificazioni o approssimazioni.

In mancanza di espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- nei confronti di tutti gli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche relative al solo SLD.
- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel seguito e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV.

Fanno eccezione a quanto detto le costruzioni di classe d'uso III e IV, per gli elementi non strutturali e gli impianti delle quali è richiesto anche il rispetto delle verifiche di sicurezza relative allo SLO.

Con il testo sulle Norme Tecniche delle Costruzioni e i relativi D.M. vengono introdotte quattro tipologie di zone sismiche del territorio nazionale, in funzione della pericolosità del sito e l'incidenza delle vibrazioni sismiche del suolo.

Il documento definisce anche otto classi di rischio, con rischio crescente dalla lettera A+ fino alla lettera G.

La determinazione della classe di appartenenza di un edificio può essere condotta secondo due metodologie differenti, ma alternative tra loro, una convenzionale ed

una semplificata, sebbene quest'ultima abbia ancora delle limitazioni (eseguibile solamente per strutture in muratura).

Il metodo Semplificato si basa su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione immediata della classe di rischio dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato per una valutazione preliminare, sia per valutare marginalmente gli edifici in muratura, la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi locali.

Il metodo convenzionale è applicabile a qualsiasi tipologia costruttiva ed è basato sui metodi di analisi previsti dalle attuali Norme Tecniche delle Costruzioni e consente la valutazione della Classe di Rischio sia nello stato di fatto che nel post-intervento.

In ottemperanza al suddetto decreto, con la legge di bilancio del 2018 e fino al 2021 viene introdotto il "Sisma-bonus", ovvero la detrazione per gli interventi relativi all'adozione di misure antisismiche<sup>42</sup> per le spese sostenute per lavori antisismici realizzati sulle parti strutturali degli edifici o complessi di edifici collegati strutturalmente.

A seconda dell'intervento, e delle successive classi di rischio le detrazioni sono del 50-70-80% per le civili costruzioni unifamiliari; del 50-75-85% per i condomini, per una spesa complessiva non superiore a 96.000 euro per unità immobiliare e per ogni anno.

Per gli interventi anche sull'esistente Ecosim è in grado di produrre, nuovi pacchetti ad hoc per migliorare la classe sismo-energetica dell'edificio.

Il sistema in oggetto consiste nella realizzazione di un rivestimento della superficie esterna dell'edificio con funzione sia strutturale che di isolamento termico, composto da un cassero a rimanere costituito da due strati di materiale isolante, distanziati per formare un'intercapedine in cui viene realizzato in opera lo strato strutturale in calcestruzzo armato.

Geniale Cappotto Sismico è una soluzione tecnologica che, mediante un intervento combinato di costi/benefici, garantisce l'efficientamento sismico ed energetico degli edifici esistenti.

---

<sup>42</sup> Con le ultime leggi di bilancio l'efficientamento strutturale sismico per un valore complessivo di 96000 euro è detraibile fino al 2021.

Il collegamento strutturale con la struttura portante esistente avviene mediante connettori installati nel cordolo o nella trave di piano. In corrispondenza del collegamento, lo strato di materiale isolante interno a contatto con la parete viene interrotto, realizzando una nervatura orizzontale di spessore maggiorato.

La tecnologia in esame permette inoltre di realizzare delle nervature verticali al fine di incrementare la resistenza alla flessione nel piano.

Lo spessore della lastra e la quantità di armatura vengono determinate in funzione delle azioni orizzontali previste e della capacità della struttura esistente di resistere ad esse.

Per la conformazione del sistema, in fase di dimensionamento e verifica, si assume che le azioni verticali statiche rimangano affidate alla struttura esistente, mentre le azioni orizzontali vengono ripartite in funzione della rigidità tra la nuova struttura e l'esistente.

La presenza di nervature orizzontali e verticali delimita dei campi costituiti da lastre di spessore ridotto in calcestruzzo armato.



Figura 57: Stratigrafia 3D dei componenti “geniale cappotto sismico”. Materiale fornito da “Ecosism”.2020

Applicato all'esterno del fabbricato per realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente, è costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante preinseriti nella maglia tridimensionale in acciaio zincato.

Il getto e l'armatura di rinforzo, opportunamente dimensionati in fase di progetto, vengono resi solidali alla struttura esistente mediante l'inserimento di opportuni ancoraggi disposti a livello delle fondazioni e dei cordoli di piano.

Inoltre, per migliorare il comportamento a flessione della lastra ed inibire il rischio di instabilità fuori piano è possibile prevedere la realizzazione di ulteriori allargamenti di getto orizzontali e verticali, definiti nervature.

Infine, la maglia tridimensionale in acciaio zincato, caratteristica unica di Ecosism®, consente di semplificare le operazioni di posa in opera delle armature strutturali, di minimizzare gli sfridi di cantiere e di realizzare uno strato di finitura ad intonaco particolarmente solida che garantisce la massima protezione del materiale isolante da urti accidentali ed agenti atmosferici, preservandolo nel tempo.

Il prodotto è estendibile a tutti gli edifici con struttura in calcestruzzo armato, e edifici in murature portanti, ma affinché sia possibile la sua realizzazione è necessario esaudire i seguenti requisiti:

Solaio rigido e continuità dei sistemi verticali strutturali, sebbene in fase cantieristica l'ideale sarebbe un edificio indipendente che presenta cordoli in c.a.

Nella normativa vigente gli interventi sugli edifici esistenti vengono classificati in funzione del livello di sicurezza raggiunto nei confronti delle azioni sismiche:

- Interventi di adeguamento atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle norme attuali.
- Interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle attuali norme:
  - Classi d'uso III (ad uso residenziale) e IV Miglioramento  $\geq 60\%$
  - Classi d'uso II e III (ad uso non residenziale) Miglioramento  $\geq 10\%$ .

Con l'applicazione del Cappotto Sismico è possibile fare interventi sia di miglioramento che di adeguamento sismico in funzione delle caratteristiche e delle dimensioni dell'edificio su cui si va ad agire e della zona sismica in cui è ubicato.

Per le spese relative agli interventi su parti comuni di edifici condominiali ricadenti nelle zone sismiche 1, 2 e 3 con la finalità congiunta di riqualificazione energetica e riduzione del rischio sismico, sono previste specifiche agevolazioni.

La Legge di Stabilità 2018, con introduzione del comma 2-quater.1 nell'articolo 14 del DL 63/2013 riguardante le detrazioni fiscali per interventi di efficienza energetica, ha infatti innalzato il tetto dell'ammontare complessivo delle spese fino a 136.000 euro (invece di 96.000) per ciascuna unità immobiliare, ed ha rimodulato le percentuali delle detrazioni stesse, che risultano pari al:

- 80% se si riduce di una classe di rischio;
- 85% se si riduce di due classi di rischio.

In relazione alla regolarità dell'edificio, è possibile adottare un'analisi statica equivalente oppure un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Basandosi su un'ipotesi semplificativa è possibile modellare il solo Cappotto Sismico, affidando a quest'ultimo l'intera azione sismica ed evitando quindi di modellare la struttura esistente.

Ovviamente nella realtà anche quest'ultima sopporta parte dell'azione sismica, pertanto è necessario verificare e garantire che la struttura sia in grado di sopportare i carichi verticali in caso di sisma.

A tal fine è possibile eseguire una rapida verifica determinando lo spostamento interpiano del Cappotto Sismico allo SLV (utilizzando  $q=1$ ) e verificando che questo sia inferiore ai limiti di spostamento imposti dalla normativa.

A titolo esemplificativo, per costruzioni in muratura ordinaria, le NTC 2018 ai paragrafi §7.8.2.2.1 e §7.8.2.2.2 indicano uno spostamento ultimo allo SLC pari rispettivamente all'1.0% e allo 0.5% dell'altezza dei maschi murari per rottura a pressoflessione nel piano e per rottura a taglio.

La posa del pannello è del tutto non invasiva in quanto, la posa dei casseri e la staffatura viene totalmente eseguita dall'esterno senza necessità di alcuna ispezione e persino la traspirabilità dell'involucro viene garantita in quanto vengono realizzati delle micro-fessure per lo scambio e passaggio di umidità interstiziale presente nelle pareti perimetrali.

Infine, come tutti i pacchetti Ecosism, anche il suddetto prodotto lascia un'ampia gamma di scelta dell'isolante e di conseguenza anche della finitura esterna, dove possiamo avere dall'intonaco a vista fino alla finta pietra.

## PARTICOLARI COSTRUTTIVI E NODI TECNOLOGICI

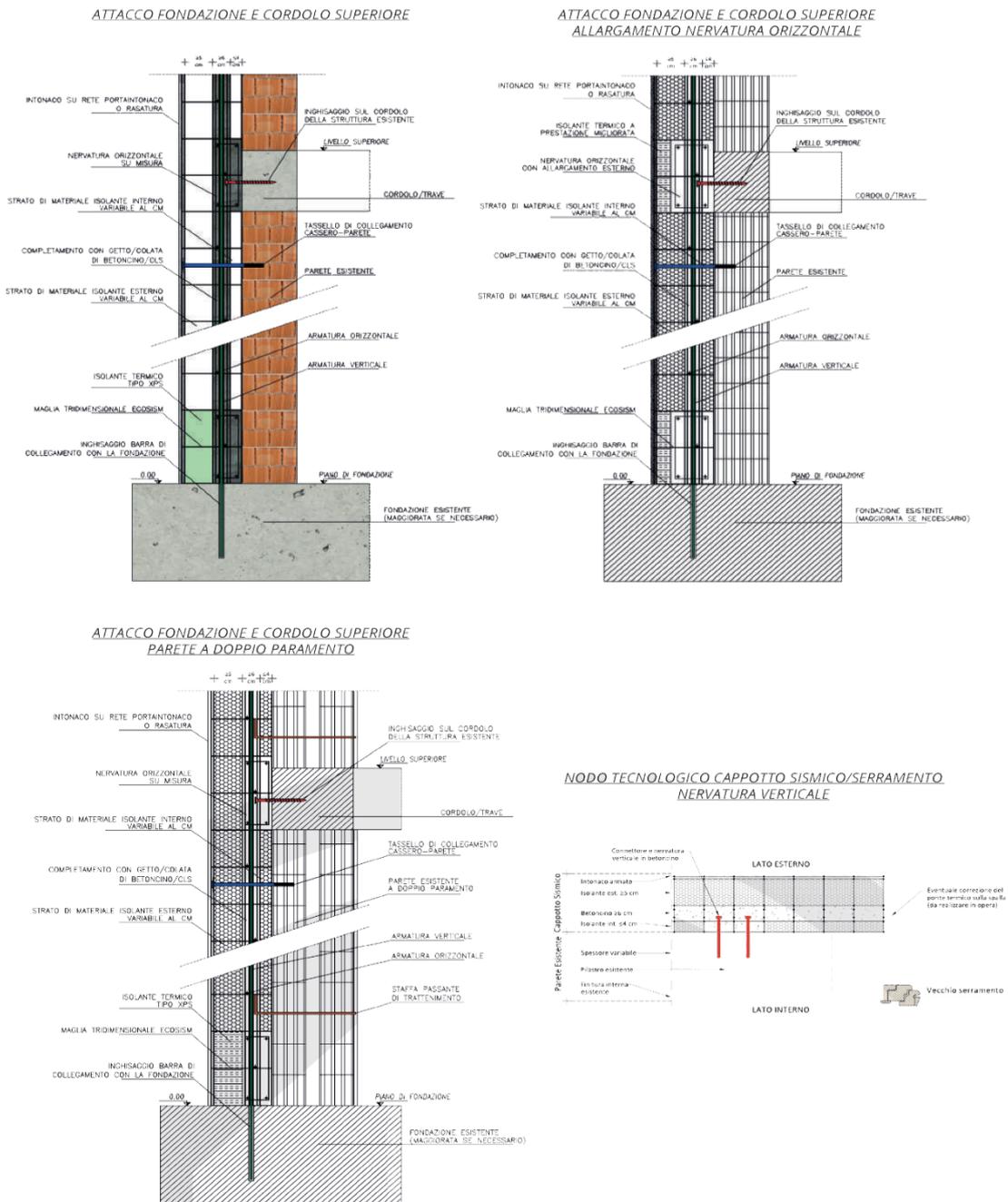


Figura 58: Particolari costruttivi in sezione del sistema a Cappotto Sismico Ecosism, materiale fornito da "ecosism".2020

## 5. Caso studio: SIX VILLAS COMPLEX

In questo capitolo si vuole analizzare al meglio il focus di progetto analizzando un caso studio pertinente e attuale, confrontando la tipologia costruttiva, focus della tesi, rapportata con altrettanti sistemi altrettanto performanti sia dal punto energetico che strutturale.

Partendo dal caso studio dove alla componente tecnologica si è cercato di disegnare un'architettura, in un contesto urbano sensibile difficile come il territorio Veneto. Nella fattispecie, si è partito da un ragionamento a monte, da uno studio dei bisogni coniugandolo in maniera coerente e sinergica al contesto circostante.

Una volta pianificato e definito il progetto si è scelta la tecnologia costruttiva da assolvere mettendo in relazione diversi aspetti correlati tra loro, oltre che la semplice convenienza del progetto.

Si vuole approfondire con sguardo critico quattro diverse ipotesi progettuali analizzandole sia sotto l'aspetto quantitativo sia sotto l'aspetto qualitativo.

Oltre all'incidenza di costo oggettiva derivante dalle singole tecnologie, scorporate e analizzate, si vuole analizzando secondo gli stessi principi del CAM, (criteri ambientali minimi).

Il progetto, appratente allo studio di architettura "Officina23" parte dal comune di Sant'Elena d'Este (PD) nella splendida cornice del Parco Naturale dei Colli Euganei.

Il complesso residenziale composto da sei ville unifamiliari è stato progettato perseguendo un unico obiettivo ovvero offrire un'ottima qualità costruttiva, efficienza energetica ed elevato comfort abitativo.

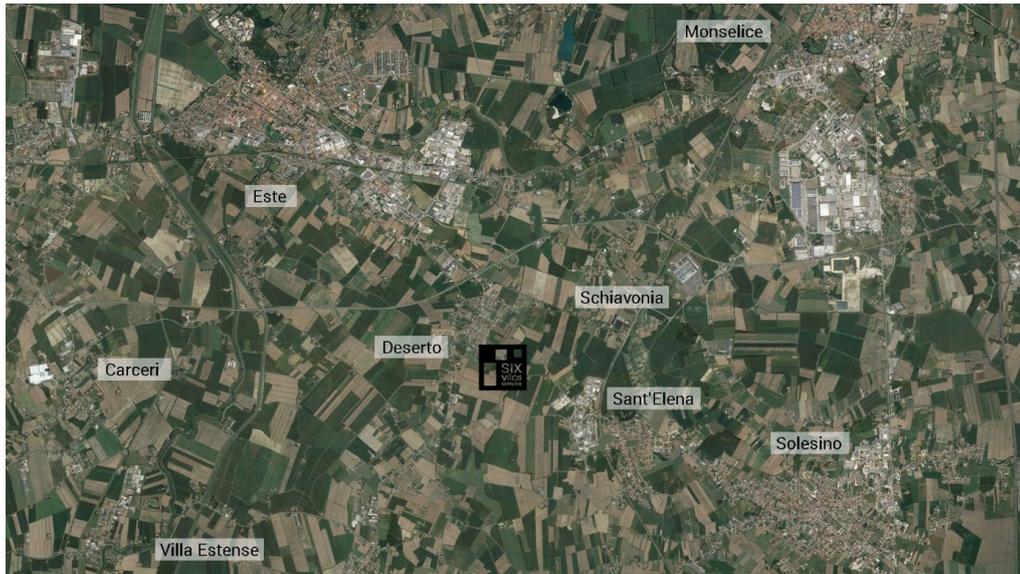


Figura 59: Estratto di mappa satellitare rappresentante la zona di interesse, elaborati forniti da “Officina 23”.

Il complesso residenziale è composto da sei unità abitative unifamiliari che sorgono in un panorama interposto tra la vista del parco dei Colli Euganei e la vasta campagna che contraddistingue il tipico paesaggio veneto.

La composizione dei semplici volumi edilizi prende riferimento dagli archetipi della “casa” intesa come forma semplice dell’abitare ed attraverso un linguaggio contemporaneo, diventa manifesto di integrazione tra la nuova costruzione e il contesto esistente.

Le coppie di abitazione, costruite in aderenza, nascono come un unico edificio, ma lo sfasamento sull’asse mediano permette quello sfasamento necessario per garantire la privacy negli accessi, e per demarcare le superfici.

I volumi delle abitazioni evocano dei blocchi di materia con dei vuoti scavati al suo interno che corrispondono poi nella realtà alle aperture finestrate ed all’ingresso, che con il suo rientro rispetto alla sagoma dell’edificio assume una doppia funzione; la prima quella di demarcare il punto di accesso all’abitazione attraverso la sua evidente manifestazione, mentre la seconda rappresenta un aspetto più pratico nei confronti dei fruitori finali in quanto, tale demarcazione funge da riparo in caso di condizioni climatiche avverse.

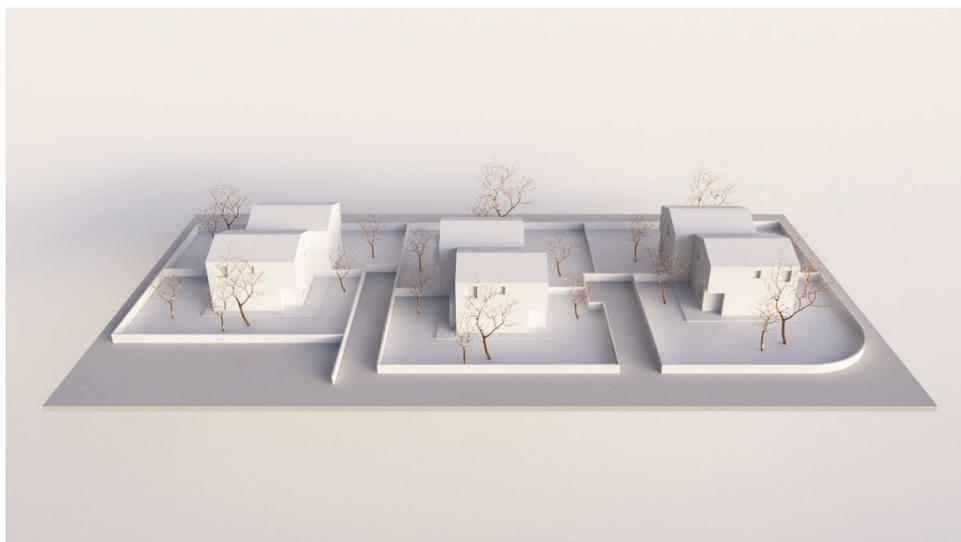


Figura 60: Modello 3D del complesso residenziale, elaborato fornito da “Officina23”.

Tutte le unità, da 145mq (per entrambi i moduli) di superficie commerciale costruite su lotti che vanno dai 340 ai 400 mq, totalmente indipendenti, dotate di una demarcazione netta della zona giorno e della zona notte, grazie allo studio solare e all’esposizione dei locali, infine la possibilità di avere un giardino pertinente dinanzi all’edificio.

La scelta del giardino privato è una volontà del progetto stesso garantire la distanza necessaria grazie alla traslazione dei volumi che ne ha demarcato lo sfasamento.

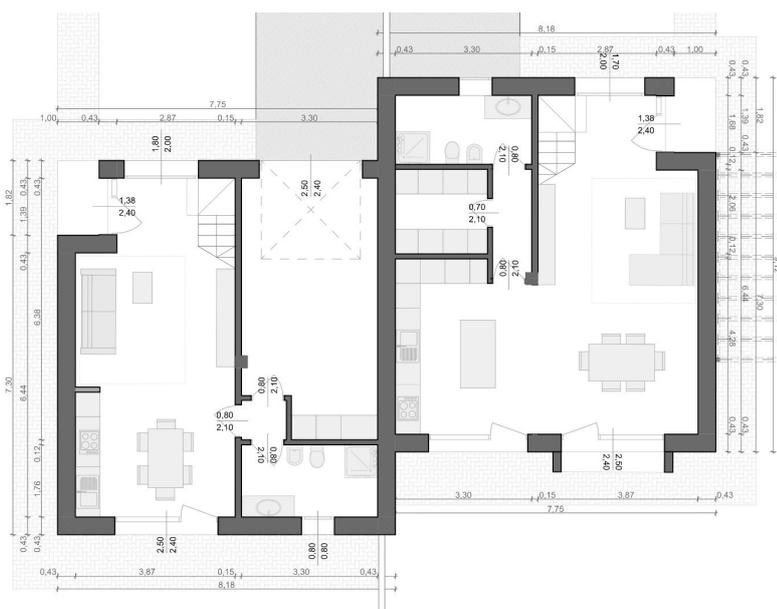


Figura 61: Pianta piano terra, rappresentante la disposizione degli spazi, elaborato fornito da “Officina23”.

All'interno due servizi igienici, il garage, un piccolo ripostiglio, la centrale termica/lavanderia e le tre camere, lavorando su diversi livelli e cercando di lasciare ampiezza negli spazi interni.

Una particolare attenzione è stata posta per l'esposizione del fabbricato con la possibilità di avere grandi superfici trasparenti, considerazione di un disegno presente e in grado di garantire qualità architettonica.



Figura 62: Vista assonometrica della soluzione proposta elaborato fornito da "Officina23".

Oggi giorno, il progetto si trova in fase di realizzazione, a seguito, come accennato previamente, di una lunga ricerca e approfondimento sulla tipologia e sullo studio dei materiali.

Come vedremo nel capitolo seguente sono state contattate diverse aziende, offerenti diverse soluzioni tecnologiche in grado di coniugare in maniera eccellente costi/benefici.

Si è partito in primis cercando di fare architettura in maniera razionale e consapevole analizzando il contesto e cercando di coniugare le performance ambientali secondo le normative vigenti.

Particolare attenzione è stata posta per la distribuzione dei volumi cercando di garantire spazi ampi e meglio accessibili

L'ottima qualità costruttiva dell'involucro edilizio consente di adottare un'impiantistica di ultima generazione composta da un sistema di climatizzazione e ventilazione che riduce in maniera sensibile gli spazi tecnici concentrando l'ingombro impiantistico necessario a 90x60 cm.

Non a caso il sistema di climatizzazione adottato si traduce in una singola macchina (aggregato compatto) in grado di soddisfare:

- fabbisogni di riscaldamento
- fabbisogni di raffrescamento
- controllo e regolazione umidità
- produzione di acqua calda sanitaria
- ventilazione con filtrazione d'aria (vmc)

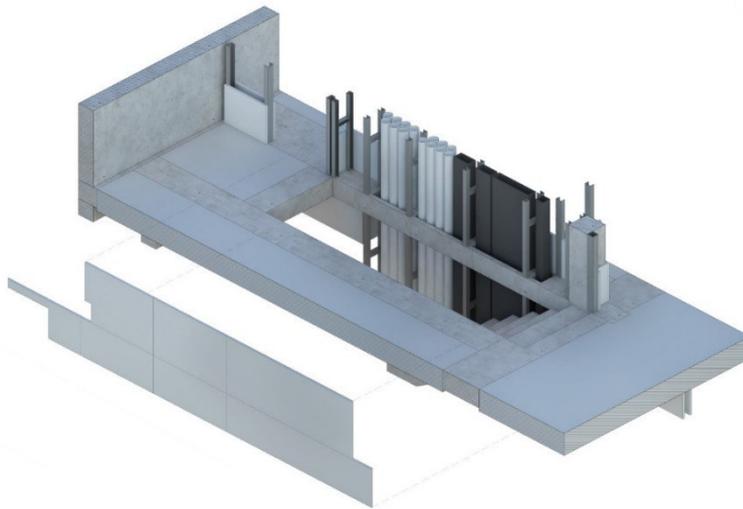


Figura 63: Esplosione assonometrica tecnologica dell'aggregato compatto impiantistico, fornito da "Officina23".

Il vantaggio più evidente di questo tipo di sistema impiantistico sta nel fatto di sfruttare lo stesso impianto di ventilazione meccanica controllata (che garantisce la costante salubrità degli ambienti interni prevedendo il ricambio dell'aria viziata ed eliminando la possibile presenza di sostanze nocive come polveri, allergeni, fumi provenienti dall'esterno) per soddisfare i fabbisogni energetici sia invernali che estivi garantendo silenziosità e velocità di risposta.

La scelta del caso studio è dovuta principalmente dalla peculiarità e dalla capacità compositiva e architettonica di pregio con delle linee e accorgimenti temporanei.

Prende in risalto la linea compositiva di pieni e vuoti e il gioco dei volumi, creando un unico volume con parte in comune, sebbene vi sia uno sfasamento planimetrico.

Le volontà di mantenere una forma compatta si evince anche dalla struttura di copertura, totalmente annessa all'impronta dell'edificio, inglobato all'interno della struttura, creando un timpano semplice e senza sporti.

La suddetta soluzione consente di far defluire le acque bianche all'interno del volume, creando un canale di scolo all'interno della parete comune, marcando una volontà tecnologica importante, con soluzioni di rilievo annesso ad un elevato studio dei materiali e della soluzione tecnologiche.



Figura 64: Sezione trasversale progettuale, elaborato fornito da "Officina23".

L'elevata efficienza dell'involucro edilizio, che denota assenza di ponti termici, permette di avere una temperatura e un controllo dell'umidità costante in ogni punto della casa, anche in prossimità dei serramenti.

L'attenzione ai materiali utilizzati e le alte prestazioni energetiche permettono di ridurre e risparmiare oltre il 90% dell'energia (rispetto una costruzione tradizionale) e di abbattere quasi a zero le emissioni di CO<sub>2</sub>.

L'utilizzo delle energie alternative per soddisfare l'intero fabbisogno energetico delle unità immobiliari demarca l'ormai obsoleto utilizzo di energie derivanti da combustibili fossili,

Tale fattore rappresenta un sistema per la tutela dell'ambiente dato che solo in Italia i consumi per tipologia vedono al primo posto (oltre il 40% del totale)<sup>43</sup>, quelli riguardanti il riscaldamento ed il raffrescamento nel settore residenziale.

Inoltre, l'eventuale predisposizione del dispositivo di trattamento dell'aria mediante ionizzazione al plasma permette l'eliminazione dei componenti odorosi ed inquinanti come: voc (composti organici volatili), formaldeide, batteri, muffe e virus.

Oltre l'aspetto della qualità dell'aria, il progetto prevede una soluzione a fondazione compatta, posizionando un telo geostatico prima della posa del magrone di allettamento al fine di abbattere le radiazioni radon: gas inodore ed incolore, nocivo alla salute dell'uomo.

Per poter raggiungere prestazioni così elevate ogni singolo dettaglio è stato studiato in fase di progettazione esecutiva tramite disegni ed analisi di tutti i nodi che compongono gli edifici.

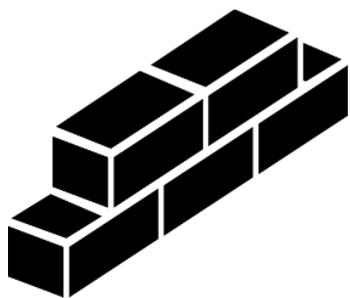
Ma ciò che conferma una vera qualità costruttiva è lo svolgimento, a fine costruzione, in base alla scelta costruttiva che successivamente vedremo, è il test di tenuta all'aria ovvero una prova non invasiva che tramite una pressione d'aria applicata all'involucro, scova tutte le possibili perdite di aria dell'edificio.

Tutti i test e accertamenti vengono svolti sia durante la fase di cantiere, ma anche successivamente alla consegna delle chiavi al fine di garantire la certificazione CasaClima come vedremo qui di seguito.

---

<sup>43</sup> L'utilizzo dei combustibili fossili per gli impianti di riscaldamento risulta ancora prevalente, per edifici residenziali principalmente, [www.energoclub.org/](http://www.energoclub.org/)

## FOCUS DI PROGETTO



Pareti perimetrali piene ed omogenee, utilizzo di una soluzione unica e strutturale per permettere ampi spazi interni.

Omogeneità dei materiali sia per le strutture verticali sia per gli orizzontamenti



Spessori strutturali ridotti e sismo-resistenti, vista la morfologia del territorio nazionale

Soluzioni tecnologiche qualitative e dall'alta efficienza a energetica



## 5.1 Certificazione CasaClima

Un aspetto peculiare che rende appetibile il caso studio proposto è la certificazione CasaClima in fase di attestazione per il progetto proposto (la certificazione avviene solo dopo lo svolgimento degli ultimi test, alla consegna delle chiavi).

L'Agenzia CasaClima, in qualità di ente terzo, non coinvolto nella progettazione e/o realizzazione dell'immobile, tutela gli interessi di chi prende in affitto o acquista un'abitazione.

Il marchio CasaClima ha goduto fin dall'inizio di ampio favore nella pratica edilizia ed è diventato, subito a livello nazionale, un vero e proprio punto di riferimento per le costruzioni energeticamente efficienti e sostenibili, diventando ad oggi uno dei marchi energetici leader in Europa.

Per valorizzare l'immobile, a conclusione di un iter di certificazione basato su controlli in ufficio del progetto, verifiche in cantiere e verifica della documentazione finale, viene consegnata, oltre al certificato CasaClima, anche la targhetta CasaClima quale simbolo di qualità costruttiva. In questo modo il committente ha la sicurezza che, al termine dei lavori, sia stata eseguita una verifica finale che attesta la qualità energetica e di

Comfort realizzata.

La targhetta è il segno visibile e comunicabile verso l'esterno che l'edificio è stato progettato e costruito secondo i criteri di qualità dell'Agenzia.

Le classi CasaClima permettono di identificare il grado di consumo energetico di un edificio, in particolare:

-- CasaClima Oro: Il consumo di energia più basso è garantito da una CasaClima Oro, che richiede dieci Kilo/Wattora per metro quadro l'anno, il che si può attestare, in pratica, anche in assenza di un sistema di riscaldamento attivo.

Inoltre, è anche denominata "casa da un litro", perché per ogni metro quadro necessita di un litro di gasolio o di un m<sup>3</sup> di gas l'anno

-- CasaClima A: Le case con un consumo di calore inferiore ai 30 Kilo/Wattora per metro quadro l'anno sono invece classificate come CasaClima A, la cosiddetta "casa da 3 litri", perché richiede 3 litri di gasolio o 3 m<sup>3</sup> di gas per metro quadro l'anno.

-- CasaClima B: CasaClima B è invece l'edificio che richiede meno di 50 Kilo/Wattora per metro quadro l'anno. In questo caso si parla di "casa da 5 litri", in quanto il consumo energetico comporta l'uso di 5 litri di gasolio o 5 m<sup>3</sup> di gas per metro quadro l'anno.

Infine, edifici esistenti poco performanti che vengono classificati in classi da D a G.

Il caso studio peso in esame, dato che è attualmente in fase di costruzione, si trova in fase di valutazione per la targhetta Oro.

## 5.2 Scelte progettuali e confronto

Per il suddetto caso studio si sono analizzate diverse tipologie, ed approcci architettonici al fine di avere e garantire il miglior risultato in termini di performance e qualità.

Alla base vi è stato prima uno studio della tipologia progettuale e architettonica per poi fonderla con la tipologia costruttiva più vantaggiosa in termini di performance e costi.

Sono state contattate diverse aziende, offerenti tipologie e caratteristiche differenti del cls cellulare, del legno e dei casseri a perdere.

Tali aziende sono state in grado di assolvere al meglio la geometria e le forme del progetto, offrendo soluzioni interessanti e nel rispetto delle Norme Tecniche del 2018 e delle rispettive prescrizioni in materia.

Le aziende in questione sono:

- Ytong
- Bahaus
- Aster
- Ecosism

Sono stati valutati i differenti materiali utilizzati (calcestruzzo, EPS e legno) quindi esplicitando le loro caratteristiche ambientali e la componente di materiale riciclato da cui sono composti, l'impatto ambientale e di fine vita.

Poi sono state valutate le opere secondo l'aspetto del fine vita, e di conseguenza sono stati definiti i relativi vantaggi e svantaggi che ciascuna tecnologia costruttiva presenta.

Infine, è stata fatta un'analisi prezzo, attraverso l'utilizzo dei prezzi forniti dalle rispettive aziende, per vedere effettivamente quali delle quattro strutture, attualmente, ha un costo di realizzazione inferiore. La scelta costruttiva non tiene conto esclusivamente della componente di costo ma vuole essere una comparazione olistica, analizzandone i costi in funzione dei benefit e dei criteri ambientali minimi.

## 5.2.1 La soluzione Ytong

Per la suddetta scelta costruttiva si parla di casseri in calcestruzzo cellulare, e da computo si parte da uno scavo dove viene posata una platea di fondazione di  $h=40$  cm, armata totalmente dove si sviluppa una struttura puntuale di 13 pilastri in cls armato con sezione di 0.09 mq.

- Platea = 39.09 mc cls
- Pilastri = 6.75 mc cls.

Per gli orizzontamenti è prevista una struttura tradizionale in latero cemento con H0.25 m con banchinaggio e posa di travi, travetti e pignatte.

- Solaio = 22.98 mc in laterizio + 16,7 mc di cordoli in cls a sez.  
- 0.25m x 0.32m.

Il progetto vede la realizzazione di due piani fuori terra, e per la copertura è prevista la posa di cordoli il cls, con realizzazione del tetto standard ventilato.

- Cubatura cordoli + travi copertura = 96.32 mc cls.

Per quanto concerne la tamponatura perimetrale è prevista la posa di Blocchi Ytong lungo tutta la perimetrale e la posa si un doppio strato lungo la parete condivisa come da progetto con spessori dei blocchi di L 0.43 e L 0.25m.

Cubatura tot. Blocchi Ytong = 134.63 mc

Bisogna infine considerare, per garantire i requisiti prestazionali previsti energetici e di dispendio energetico, secondo la relazione progettuale “ex Legge 10”, la tamponatura perimetrale in blocchi Multipor, 0.6 x 0.2 x 0.25m.

- Cappotto = 418.53 mq

Infine, bisogna considerare, anche la posa dell’intonaco finale di finitura. Verranno utilizzati gli intonaci LP120, per l’intera struttura.

- Intonaco interno + esterno = 561.77 mq

Per le opere di finitura e copertura degli orizzontamenti sono state quantificate anche le superfici di cartongesso di rivestimento parete e controsoffitti.

- Cartongesso pareti + controsoffitto = 774.23 mq

Tutte le superfici devono essere a loro volta tinteggiate pertanto vengono quantificate anche le opere di pittura.

- Tinteggiatura interno + esterno = 765.8 mq.

## 5.2.2 Considerazioni sui requisiti "CAM" del prodotto

La suddetta scelta tipologica costruttiva sebbene, usi una tecnologia di tamponatura con un materiale performante sotto l'aspetto del dispendio energetico e dei coefficienti di trasmittanza, secondo la ED -Xella 001 ai sensi delle norme ISO 14025 ed EN 15804 presenta una percentuale di materiale riutilizzato del 16 %.<sup>44</sup>

Si fa riferimento al Decreto Ministeriale 11/10/2017 quindi deve essere previsto che almeno il 50% dell'opera sia disassemblabile e che almeno il 15% dei materiali utilizzati nella costruzione siano riciclabili arrivati alla fine del loro ciclo vita.<sup>45</sup>

Nell'ottica della sostenibilità ambientale, scegliere componenti in grado di conservare a lungo le proprie caratteristiche prestazionali è fondamentale per limitare gli impatti dovuti agli interventi di sostituzione.

Al contempo, la possibilità di sostituire facilmente solo i componenti ammalorati o di procedere ad interventi di riparazione puntuale consente di mantenere in uso le parti dotate di qualità residue e di prolungare la durata complessiva dell'edificio.

Al contrario, la demolizione dell'edificio comporterebbe la perdita dell'energia incorporata e la necessità di compiere un investimento energetico per la nuova costruzione. In questo senso, i materiali inerti sono caratterizzati da un'eccellente stabilità delle caratteristiche chimico- fisiche e prestazionali nel tempo.

Nello specifico si segnala una riduzione del 31% dei consumi di energia per il ciclo produttivo rispetto i semplici in cls sebbene si rispettino i principi CAM; il

---

<sup>44</sup> Tutta le caratteristiche riguardanti i prodotti Ytong sono reperibili direttamente dal portale del fornitore, dove lo stesso Politecnico di Milano ha fatto un approfondimento in merito, [www.ytong.it](http://www.ytong.it)

<sup>45</sup> Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, [hwww.bosettiegatti.eu](http://www.bosettiegatti.eu)

potenziale di acidificazione dei suoli e delle acque è diminuito dell'11% e quello di eutrofizzazione delle acque del 16%.

L'indicatore che rivela i più significativi miglioramenti è il potenziale di distruzione dello strato di ozono stratosferico, con una riduzione del 94%, mentre il potenziale di formazione di ozono troposferico è l'unico indicatore che rileva una crescita degli impatti, nell'ordine del 7%.<sup>46</sup>

Oltre le caratteristiche specifiche del singolo blocco bisogna considerare il fatto che la provenienza del materiale e della dislocazione del sito di provenienza, sito in Germania.

Approfondendo il caso studio si evincono criticità che ne denotano la convenienza, a partire dalle diverse tipologie costruttive utilizzate.

L'utilizzo di metodologie costruttive differenti, denotano anche una stratigrafia differente in termini di tempi e costi.

Pertanto, per far sì che durante la fase di disassemblabilità, affinché si possa riciclare e riutilizzare il materiale sarà necessario una demolizione attenta e selettiva con un aumento del 21% in termini di costi e tempo, dovuto alle molteplici soluzioni adottate ed alle malte e i leganti impiegati.

Rimane anche vero che per il riutilizzo di elementi in calcestruzzo negli edifici costruiti in maniera tradizionale è un processo complicato e costoso, e avvengono semplicemente in due metodi, sebbene il cls sia conforme a tutte le direttive CAM:

- Utilizzo dei sottofondi stradali
- Separazione dall'acciaio per il riutilizzo del materiale come inerte d'impasto.

Come previamente illustrato in fase di demolizione affinché il cls possa essere riutilizzato, (premettendo che per la componente di soli blocchi Ytong è riciclabile al 53%, a sua volta frantumata), bisogna considerare la componente di separazione dai tondini d'acciaio e le componenti metalliche a loro volta facilmente riutilizzabile; questo processo incide ulteriormente del 15% in termini di tempo e costi.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> Studio sulla componente sostenibile del prodotto Ytong, [www.ytong.it/it/docs/YTONG](http://www.ytong.it/it/docs/YTONG)

<sup>47</sup> La separazione meccanica del cls comprende maggior tempo per la frammentazione della malta e separare l'armatura metallica, a sua volta da controllare per verificare lo stato di ossidazione, [www.farinaezio.it/calcestruzzo-riciclato-cam/](http://www.farinaezio.it/calcestruzzo-riciclato-cam/)

Detto questo, risulta difficile sviluppare l'idea di disassemblaggio dell'opera, oggetto del caso studio, in quanto è stata realizzata completamente in calcestruzzo armato gettato in opera e blocchi Ytong, per non parlare della componente dei cartongessi.

Questo inficia notevolmente sui costi dell'operazione e inoltre vi è un maggior impatto ambientale; quindi un aumento del consumo di energia rispetto alla scelta della demolizione.

In conclusione, si evince una totale sconvenienza della scelta tipologica costruttiva, dovuta all'utilizzo più tipologie costruttive che incideranno notevolmente in termini di tempo e costi che verranno analizzati successivamente.

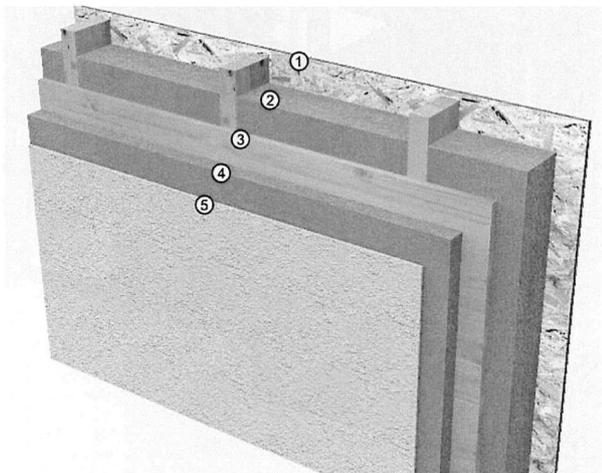
### 5.2.3 La soluzione Aster

Per la presente soluzione lignea e si è partito da un preventivo di tempi e costi forniti dall'azienda e delle successive telefonate al fine di conoscere e comprendere meglio il prodotto.

La soluzione proposta si articola con opere di sbancamento e la realizzazione di una platea di fondazione di 40 cm, sulla quale, verranno apposti bicchieri e binari per il posizionamento della struttura lignea, con uno scarto piezometrico di 3/4 mm.

Si presenta una struttura a pareti piene, autoportanti della seguente stratigrafia:

- Parete esterna coibentata a telaio in legno con seguente composizione:
- 1) 18mm Pannello OSB senza formaldeide, nastrato ermeticamente
  - 2) 6x16cm Telaio in legno di abete lamellare
  - 3) 160mm Coibentazione con pannelli in fibra di legno, permeabili al vapore, ca.55 kg/m<sup>3</sup>
  - 4) 24mm Tavolato grezzo in legno di abete, fissato in diagonale
  - 5) 40mm Porta intonaco con pannelli in fibra di legno
  - 5) 8mm Intonaco ai silicati, gran. 1,5-2,0mm, colore bianco
- Montaggio a regola d'arte su supporto già predisposto. Le pareti sono già predisposte con le aperture per le porte e per la formazione di raccordi. Impermeabilizzazione con colla bicomponente in corrispondenza dello zoccolo.



- Totale parete per entrambi piani: 154 mq

Per le pareti e le tramezzature interne con previste pareti a telaio in legno di abete sez. 0.06 x 0.12 m, interessate da pannelli in gesso fibra, per un totale di 0.15m (sezione).

- Totale pareti interne: 193 mq

Per la posa del solaio, è previsto l'utilizzo di un pannello a 5 strati in lamelle di legno massiccio d'abete incollate tra loro in maniera ortogonale, con spessore 0.20m

- Totale mq solaio: 65 mq.

Al quale si deve aggiungere lo strato di finiture in lastre porta-intonaco sia nell'estradosso sia nell'intradosso con strato sottofondo e passa impianti.

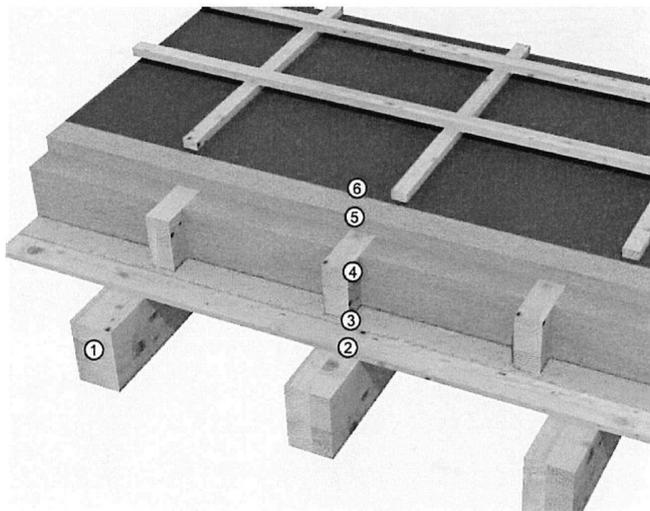
- Totale rivestimento: 130 mq.

Infine, la voce inerente a tutta la componente metallica, (viti, chiodi, scarpe, squadrette ...):

- Totale componente metallica: 1724 kg.

Tetto coibentato, ca. 0,19 W/(m<sup>2</sup>K) con seguente stratigrafia:

- 1) 22cm travetti strutturali - rif. pos. specifica
  - 2) 20mm perlinato in vista in legno d'abete, m/f
  - 3) freno a vapore, valore SD ca. 10m
  - 4) 180mm coibentazione con pannello in fibra di legno, ca.110 kg/m<sup>3</sup> tra listoni in legno di abete
  - 5) 60mm coibentazione con pannello in fibra di legno, ca.270 kg/m<sup>3</sup> su tutta la superficie
  - 6) telo sottotegola traspirante
- 2x 4x5cm listelli e controlistelli in legno di abete con nastro sigillante punto chiodo  
Sono comprese le mantovane e le tavole di chiusura.



Per garantire la tenuta ermetica e acustica e visti gli standard elevati da voler rispettare è prevista una tamponatura a cappotto per l'intero edificio in pannelli di gesso fibra e rothoblass:

- Totale cappotto: 195 mq

Per la struttura del tetto è prevista una soluzione a colmi e travetti:

- Totale travi + travetti: 4.85 mc di legno lamellare.

La tamponatura del tetto è la seguente:

- Totale tetto: 71 mq

Alla quale, bisogna aggiungere un doppio strato di verniciatura, e il sigillamento del travetto sottostante, oltre alla realizzazione dello sfiato e camino:

- Totale: 142 mq

Il preventivo prevede la realizzazione del corpo scala, e del noleggio di tutte le attrezzature temporanee necessarie.

Infine, sulla posa del serramento bisogna aggiungere un'ulteriore lavorazione dovuta all'eliminazione dei ponti termici, e la sigillatura del serramento.

## **5.2.4 Considerazioni sui requisiti "CAM" del prodotto**

Per quanto concerne il legno, secondo i principi e i criteri ambientali secondo normativa devono essere osservanti dei criteri delle specifiche tecniche dei componenti edilizi.

“Per materiali e i prodotti costituiti da legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale deve provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due”.<sup>48</sup>

Tutto il legname proposto dall'azienda è classificato il GL24<sup>49</sup> ed è certificato secondo l'etichettatura PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification

---

<sup>48</sup> Normativa di riferimento D.M.11/10/2017.

<sup>49</sup> Classificazione della tipologia di legname in base alle caratteristiche fisico meccaniche impiegato per l'edilizia, [www.federlegnoarredo.it](http://www.federlegnoarredo.it)

Schemes), che assicura una gestione forestale responsabile e sostenibile nel rispetto di rigorosi standard ambientali, sociali ed economici;

Inoltre, il legno preso in questione è anche certificato CoC (Chain of Custody), un'ulteriore garanzia che Garantisce la rintracciabilità della materia prima legnosa durante tutta la catena di produzione e permette l'utilizzo del logo che assicura la provenienza da foreste gestite in modo sostenibile, dato che il 70% del legno proposto proviene da Austria e Slovenia.<sup>50</sup>

La tipologia costruttiva ai fini cantieristici risulta vantaggiosa in quanto i tempi per la posa dei pannelli e travi risulta molto ridotta in quanto vi è una prefabbricazione a monte, dove i vari componenti vengono tagliati e sagomati su misura, per evitare lavorazioni di segheria in cantiere con un interessante guadagno dal punto di vista degli sfridi e della pulizia del cantiere.<sup>51</sup>

Rimane vero che la componente di carpenteria, rimane l'aspetto più ingombrante e l'incidenza della componente metallica per la tenuta e le connessioni grava in maniera considerevole in termini qualitativi e quantitativi.

Dal punto di vista della disassemblabilità il legno per sue caratteristiche intrinseche, gode di molteplici scenari per il riutilizzo del medesimo, sebbene affinché venga riutilizzato anche nel suddetto caso è necessaria una demolizione selettiva per la rimozione di tutte le componenti metalliche presenti.

La soluzione proposta contempla anche tamponamenti in gesso fibra e realizzazioni di pareti multistrato, che sebbene vengano incollate con particolari resine tutti i materiali vengono smaltati (no formaldeide) e pertanto risulta difficile la separazione dei singoli componenti, sebbene contengano caratteristiche intrinseche differente.

Per il processo di fine vita sebbene il prodotto sia biologico quindi con una buona componente energia intrinseca e di carbonio può essere trattato come biomassa per diversi utilizzi.

L'unica nota negativa può essere l'assemblabilità dei "pacchetti" murari che allungano notevolmente la fase di disassemblamento.

---

<sup>50</sup> Fonte dichiarate dall'azienda stessa al durante il colloquio telefonico.

<sup>51</sup> Il cronoprogramma del cantiere per le lavorazioni del legno, [www.federlegnoarredo.it](http://www.federlegnoarredo.it)

Considerando la biogenicità del materiale e il riutilizzo, nel suo ciclo vita può restituire legno fino al 30% di energia all'ambiente grazie alla propria componente di carbonio.<sup>52</sup>

## 5.2.5 La soluzione Bahaus

La soluzione proposta è stata elaborata a seguito di vari preventivi pervenuti, e contattando telefonicamente l'azienda e prevede anch'essa una soluzione lignea.

Per la seguente opzione l'azienda fornisce soddisfa i requisiti di etichettatura PEFC, dichiarando che il 60% del legno proposto è di sola provenienza austriaca.

Anche per la suddetta tecnologia costruttiva si propone un sistema a pannelli a telaio, con sez. 0.14 m in pannelli di lana di roccia, inteliate da un doppio strato di OSB.

Si parte sempre da una struttura di fondazione di base, (non computata) dove si eleva la struttura lignea, mentre per l'analisi quantitativa, le superfici sono le medesime della soluzione precedente.

Bisogna considerare, che per il seguente caso è anche previsto un ulteriore strato che faccia da cappotto esterno in lana di roccia e una doppia parete in cartongesso per le pareti interne, per raggiungere i valori di trasmittanza decritti e desiderati.

Infine, tutte le pareti verranno intonacate con malta ai silicati con spessore 0.03m su tutte le facce e per l'intradosso del solaio, la posa del cartongesso per pareti divisorie.

In questo caso vengono anche quantificati, la realizzazione e la posa del corpo scala come quella degli impianti e serramenti.

---

<sup>52</sup> Energia intrinseca contenuta del materiale stesso, [www.federlegnoarredo.it](http://www.federlegnoarredo.it)

## 5.2.6 Considerazioni sui requisiti "CAM" del prodotto

Sicuramente per la questione del disassemblaggio risulta più performante visto la componente minerale dell'isolante.

È stato calcolato che le emissioni di CO<sup>2</sup> evitate durante la vita utile dell'edificio sono 200 volte maggiori di quelle emesse durante la produzione degli isolanti.

Ciò significa che in soli tre mesi gli isolanti compensano le emissioni prodotte durante la propria produzione e per il resto della propria vita utile contribuiscono positivamente all'ambito ambientale.<sup>53</sup>

Dal punto di vista della disassemblabilità sicuramente risulta più semplice la separazione meccanica dei componenti, premettendo che sarà comunque necessaria una demolizione selettiva e attenta.

In termini di benefici ambientali, i prodotti in lana minerale:

- contribuiscono significativamente all'efficienza delle risorse grazie a un elevato contenuto di riciclato (la cui percentuale, può arrivare oltre il 60%) e grazie al fatto che le materie prime vergini utilizzate (roccia vulcanica, sabbia, ecc.) sono le più abbondanti della Terra;
- consentono di risparmiare un'importante quantità di energia (altrimenti necessaria per il riscaldamento e il raffrescamento) durante la vita utile dell'edificio;
- riducono le emissioni inquinanti (sia climalteranti, sia locali).

Per quanto molto performante e sostenibile dal punto di vista ambientale lo smaltimento e il ciclo di vita non è così immediato.

I pennelli tenuti tra loro tramite resine, con il passare degli anni possono trasformarsi, e pertanto la in fase di demolizione vanno considerati come rifiuti speciali e spediti nelle discariche o ai siti appositi, dopo aver controllato chimicamente l'integrità del prodotto stesso.<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> Energia di ritorno prodotta e riemessa, [www.ingenio-web.it/](http://www.ingenio-web.it/)

<sup>54</sup> Vista la realizzazione con cere e smalti e trattamenti, durante il processo di fine vita, è necessario controllare lo stato di integrità del prodotto stesso, [www.valli-ambiente.it/](http://www.valli-ambiente.it/)

## 5.2.7 La soluzione Ecosism

Per la soluzione in esame si parte dallo scavo e realizzazione di uno strato di magrone di 0.1 m dove verrà posta la platea di fondazione in cls. armato con incidenza acciaio 80kg/mc.

- Magrone = 16 mc
- Platea = 56.5 mc

Successivamente si provvede con la fornitura e posa della parte in cls armato in conformità dei pannelli Ecosism, con maglia tridimensionale di mm in rete elettrosaldata zincata.

- Parete esterna = 160.5 mq
- Parete interna = 192 mq

Per l'orizzontamento e la copertura è prevista la posa dei pannelli prefabbricati Ecosolaio TOP con sez. 0.25m

- Solaio interpiano = 65 mq
- Solaio di copertura inclinato 73 mq

Intonacatura e rasatura pareti perimetrali e delle mezzerie interne con betofix a due mani, spessore 0.02 cm.

- Intonaco + rasatura = 321 mq.

## 6. Analisi qualitativa e quantitativa

In questo ultimo prospetto vengono analizzati i vari costi di produzione e cercando di porre a confronto in termini di costi-benefici.

Ogni soluzione gode di particolari intrinseche interessanti che a loro volta devono essere distribuite sul progetto stesso.

Il calcestruzzo armato gode di notevoli vantaggi, in quanto ha un'ottima adattabilità alle diverse forme, le spese dei materiali sono fortemente ridotte, gode della possibilità di utilizzo di manodopera non specializzata, ha un'elevata resistenza al fuoco e un buon comportamento strutturale.

Però vi sono anche degli svantaggi che non possono essere trascurati, come l'elevato peso del materiale, i lunghi tempi di esecuzione delle opere, l'alto coefficiente di trasmissione termica e la scarsa possibilità di recupero dei materiali arrivati alla fine del loro ciclo vita.

Il legno a differenza del cls gode di ottimi vantaggi vista la naturalezza dello stesso, e la poca densità che lo rende ottimo per le sollecitazioni orizzontali ma non performante in funzione dei carichi statici, sebbene non si possano creare svariate forme può arrivare a fine e avere ancora molteplici utilizzi.

Rimane vero che il legname in questione si intende al grezzo che può essere riutilizzato per la creazione di biomassa, o frantumato e lavorato per creare surrogati (pallets, pannelli osb ...).

Affinché tutto ciò avvenga è necessario che tutta la componente metallica venga eliminata, in quanto potrebbe danneggiare i macchinari utilizzati per il riciclo del medesimo.

Questo aumenterà considerevolmente il tempo di demolizione e costi che però restano sempre inferiori del cls.<sup>55</sup>

Infine, i casseri a perdere che sono realizzati in blocchi di polimeri in una maglia metallica, che grazie alla separazione della stessa e pertanto una demolizione

---

<sup>55</sup>Approfondimento sui costi diretti per lo smaltimento di un'opera di pari volume, usando tecnologie differenti, [www.regione.lombardia.it](http://www.regione.lombardia.it)

selettiva è in grado di riutilizzare il 75% del materiale isolante che viene trattato per dare vita a nuovi prodotti.

Un altro aspetto da non sottovalutare è la componente di trasmittanza e dispersione in quanto la soluzione Ecosism a differenza delle altre non necessita di un ulteriore cappotto, dato il blocco autoportante, risulta comprensivo di isolamento.

Dal punto di vista strutturale il cls necessita di molte attenzioni in quanto la sua massa e la sua densità lo rendono facilmente aggredibile dalle vibrazioni del terreno.

Mentre invece sia Ecosism che le strutture in legno risultano molto performanti sotto questo aspetto, dato che il legno godendo di una massa e densità inferiore lo rende più resistente alle sollecitazioni verticali e orizzontali, in quanto si comporta in modo scatolare, dove l'unico punto debole risulta l'ancoraggio alla struttura di fondazione.

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, Ecosism si comporta da monolite, risultando molto performante alle onde sismiche e carichi orizzontali.

Un aspetto interessante contemplato nel CAM è il punto 2.6.5. – Distanza di approvvigionamento dei prodotti da costruzioni.

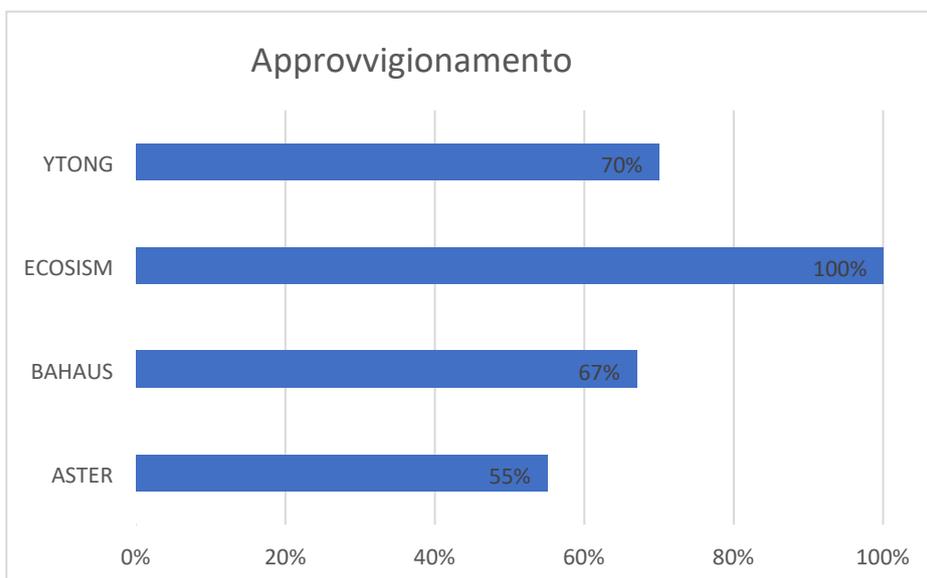


Figura 65: Analisi sulla distanza di approvvigionamento, ove la percentuale più alta indica la filiera più corta tra materia prima e prodotto finito, Aster oltre la lunga distanza riceve il legname da due paesi differenti, per poi essere lavorato in Italia e inviato al cantiere.

Pertanto, analizzando le 4 proposte avremo:

Per quanto riguarda Ytong i blocchi vengono prodotti in Germania in loco e verrebbero spediti in Veneto, al cantiere.

Aster, viene approvvigionata da legname austriaco e sloveno che a sua volta verrebbe spedito in Trentino, (dove è sita l'azienda), per poi essere lavorato e spedito al cantiere.

Bahaus si fornisce solo di legno austriaco e italiano, ma l'azienda è sita in Trentino, che deve creare i moduli per poi spedire in Veneto.

Ecosism si avvale di fornitori locali e realizza i propri prodotti in azienda sita in Veneto, non molto lontano dal cantiere.

Un altro aspetto fondamentale per la nostra analisi è l'analisi temporale dei tempi di cantiere.

Per la soluzione Ytong i tempi sono più lunghi a causa della struttura ibrida in cls e alle molte tipologie costruttive impiegate.

Le soluzioni lignee sono coloro che godono le tempistiche migliori, in quanto l'assemblaggio è più immediato.

Bisogna considerare i tempi della realizzazione in cls, e delle finiture con malte, che allungherebbero i tempi.

La soluzione Ecosism anch'essa necessita di tempi di asciugatura, dovuta all'utilizzo del cls, ma i blocchi autoportanti e già coibentati permettono un risparmio sulle tempistiche del 60%.

Infine, valuteremo l'aspetto economico dove sono stati messi a confronto tutti e quattro i preventivi per valutarne la convenienza.

Ogni preventivo prevede delle o delle lavorazioni differenti, come la realizzazione della fondazione o meno, dalla progettazione, ai noli delle attrezzature.

In questo ultimo step si è cercato di uniformare tutte le voci per avere una visione complessiva più consapevole.

Ogni voce di costo è stata scorporata, escludendo l'IVA al fine di avere voci di costo al netto.

<b>YTONG</b>	<b>IVA INCLUSA</b>	<b>IVA ESCLUSA</b>
<b>STRUTTURA</b> pareti perimetrali interne ed estern comprensivi di intonaci e mze	51.906,12	40.486,77
<b>SOLAIO</b>	18.243,20	14.229,70
<b>SERRAMENTI</b>	19.263,26	15.025,34
<b>DAVANZALI E SOTTOFONDI</b>	2.413,91	1.882,85
<b>LATTONERIE</b>	6.097,50	4.756,05
<b>PACCHETTO COPERTURA</b>	19.878,90	15.505,54
<b>TOTALE</b>	<b>117.802,89</b>	<b>91.886,25</b>

Figura 66: Schema analisi e confronto dei costi Ytong con e senza IVA.

<b>ASTER</b>	<b>IVA INCLUSA</b>	<b>IVA ESCLUSA</b>
<b>ORGANIZZAZIONE CANTIERE</b>	6.237,50	4.865,25
<b>STRUTTURA Pareti esterne ed interne</b>	51.906,12	40.486,77
<b>SOLAI</b>	18.243,20	14.229,70
<b>LATTONERIE</b>	6.097,25	4.755,86
<b>SERRAMENTI</b>	19.263,26	15.025,34
<b>DAVANZALI</b>	2.413,91	1.882,85
<b>STRUTTURA PACCHETO TETTO</b>	20.152,26	15.718,76
<b>TOTALE</b>	<b>124.313,50</b>	<b>96.964,53</b>

Figura 67: Schema analisi e confronto dei costi Aster con e senza IVA.

<b>BAHAUS</b>	<b>IVA INCLUSA</b>	<b>IVA ESCLUSA</b>
<b>STRUTTURA</b> pareti esterne travetti solai e copertura	82.240,29	64.147,43
<b>CAPPOTTO</b> Pareti interne e rivestimenti	20.448,09	15.949,51
<b>SERRAMENTI e ORMBREGGIAMENTI</b>	33.097,19	25.815,81
<b>DAVANZALI E SOTTOFONDI</b>	2.413,91	1.882,85
<b>LATTONERIE</b>	2.949,20	2.300,38
<b>PROGETTAZIONE</b>	7.158,89	5.583,93
<b>TOTALE</b>	<b>148.307,57</b>	<b>115.679,90</b>

Figura 68: Schema analisi e confronto dei costi Bahaus con e senza IVA.

<b>ECOSISM</b>	<b>IVA INCLUSA</b>	<b>IVA ESCLUSA</b>
<b>OPERE DI FONDAZIONE</b>	6.995,25	5.456,30
<b>STRUTTURA Pareti esterne ed interne</b>	37.075,33	28.918,76
<b>SOLAI</b>	14.334,05	11.180,56
<b>INTONACI E DAVANZALI</b>	4.614,37	3.599,21
<b>PROGETTAZIONE</b>	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>63.019,00</b>	<b>49.154,82</b>

Figura 69: Schema analisi e confronto dei costi Ecosism con e senza IVA.

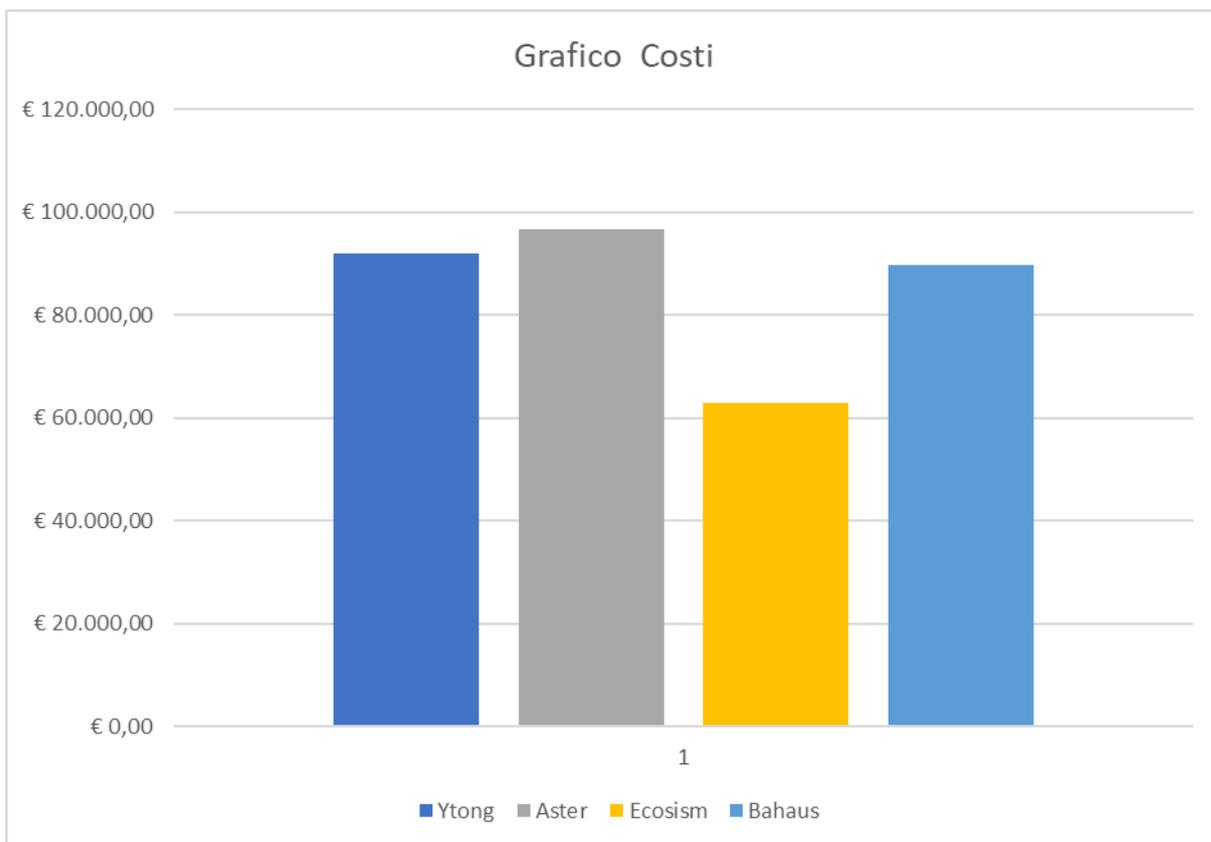


Fig 70: Analisi sul confronto dei costi relativi ai vari preventivi.

Come si evince dalla tabella soprastante si denota una forte demarcazione di convenienza nella soluzione Ecosism.

Le più performanti, sono state Bahaus ed Ecosim, sebbene per il prima non sono previste le opere realizzazione della fondazione il cls.

Mentre per quanto concerne Ecosism non è computata la realizzazione del corpo scala, prevista in Bahaus ma sono compresi tutti i noli.

In Bahaus sarà necessario apporre un cappotto esterno, già inglobato nella soluzione Ecosism.

Bahaus offre delle tempistiche di cantiere leggermente migliori rispetto Ecosism, trattandosi si una soluzione a secco.

In Ecosism la struttura del tetto è la medesima del solaio e non necessita di un altro tipo di lavorazione o struttura.

Alla fine, visto analizzando tutte le voci di costo si è preferito costruire con il sistema ECOSISM.

Il cantiere ha preso inizio alla fine del 2019, e oggi giorno sono stati posati i tramezzi perimetrali, il solaio interpiano e copertura.

Avendo preso in considerazione nella trattazione precedente le analisi di costo delle varie soluzioni, ora si vuole spostare l'attenzione sull'analisi delle figure prese in considerazione durante la realizzazione del progetto e dei lavori.

Abbiamo riscontrato come le figure nevralgiche della realizzazione e progettazione del caso studio preso in esame sono tre:

- Utente finale
- Costruttore / Impresa
- Progettista

Prendendo in considerazione queste tre figure che durante le lavorazioni entrano in contatto fra di loro, abbiamo evinto come ognuna delle suddette ha delle necessità e dei requisiti di partenza da rispettare al fine di ottemperare al risultato desiderato, ma allo stesso tempo riescono ad avere punti in comune che portano alla buona riuscita del progetto.

Nella nostra trattazione abbiamo assegnato all'utente finale una percentuale del 45%, il quale ha l'esigenza più importante dato che andrà poi a sfruttare a pieno e nell'arco temporale maggiore l'edificio.

Le sue esigenze vanno a toccare nodi nevralgici della progettazione ma anche quelli sul piano economico, esso avrà la necessità di trovare nell'edificio una situazione di confort, il quale comprende il confort abitativo ma anche la necessità di avere un involucro edilizio in grado di adempiere a tutti i requisiti di casa passiva, cercherà un disegno architettonico che possa catturare la sua attenzione, quindi essere un edificio architettonicamente bello e che l'interno dell'edificio abbia una disposizione in grado di essere maggiormente sfruttabile, senza avere vani, angoli o superfici non utilizzabili al cento per cento.

Al costruttore abbiamo assegnato una percentuale del 35%, dato che all'inizio delle lavorazioni è la figura che ha più carichi a livello finanziario e decisionale più alti. Esso ha l'esigenza di contenere i costi sia dei materiali e della mano d'opera mantenendo però performance qualitative e energetiche ad alti livelli.

Per arrivare al suo obiettivo nell'immediato cerca di trovare soluzioni per velocizzare la fase di cantiere e per far ciò cerca soluzioni costruttive in grado di adempiere a questo compito, come ad esempio cercare soluzioni costruttive con metodi progettuali semplici.

Il progettista con il 20% risulta avere il compito di minor percentuale ma non di importanza, egli infatti si posiziona in una parte importante perché sarà tra l'impresa e l'utente finale. Egli progetta semplificando le soluzioni, cerca di non predisporre vincoli architettonici, semplifica tutta la parte di calcoli e computazioni. Grazie al progetto riesce ad aiutare l'impresario, ma anche l'utente finale.

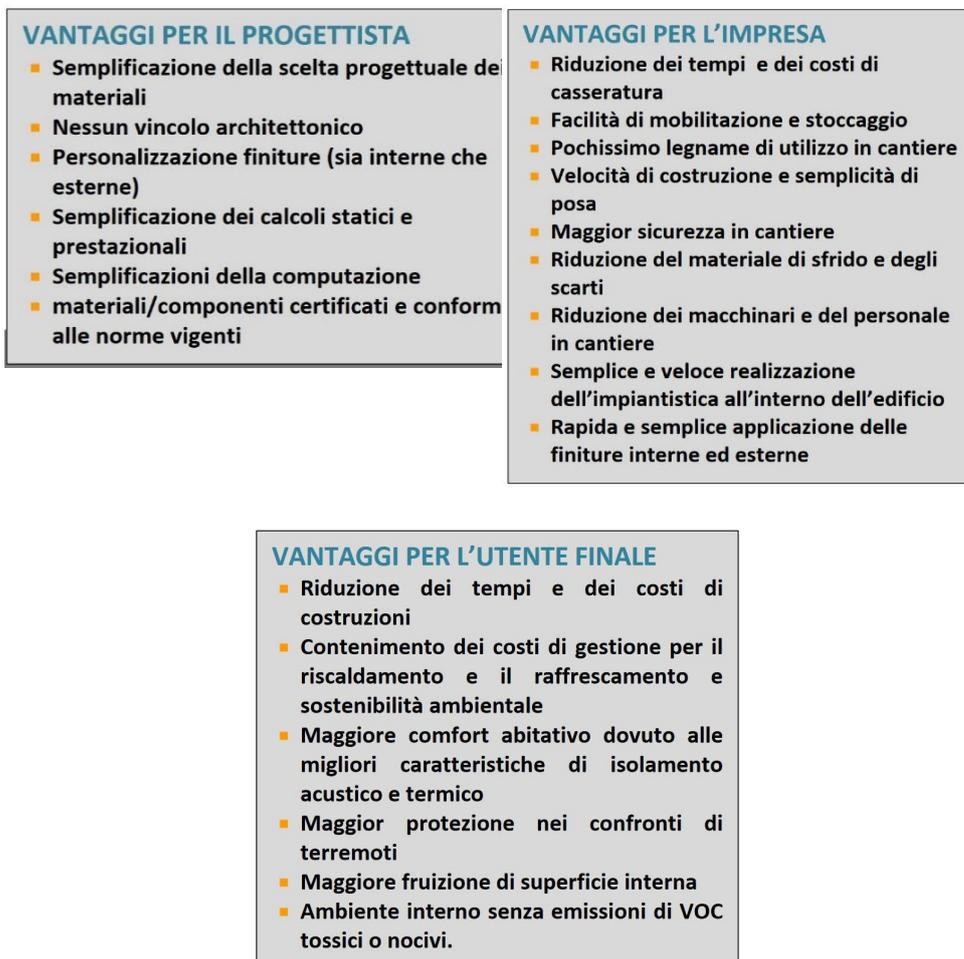


Figura 71: Focus cruciali sui singoli interlocutori in funzione dell'indagine multidisciplinare

## 7. Valutazioni conclusive

Quando si parla di un sistema costruttivo non si possono esplicitare solo i vantaggi dati dall'utilizzo di un metodo di lavoro molto specifico, ma è normale nella pratica dell'architettura, che ci siano dei "compromessi", più che "svantaggi", dati da una condizione di scelte di natura molto diversa tra loro, come per esempio, la tipologia costruttiva, la destinazione d'uso, le condizioni sociali, le condizioni economiche per poi passare a quelle specifiche del materiale e delle sue tecniche.

Per questo motivo non c'è il materiale o il sistema costruttivo perfetto, al contrario deve essere presente un attento studio strutturale dell'edificio in maniera tale da poter esprimere al meglio l'anima del progetto.

La struttura ideale per ogni forma architettonica deve essere in completa relazione con la morfologia del progetto tanto da essere essa stessa il progetto.

Solo così si potrà ottenere un'architettura vera, sincera e soprattutto semplice.

Parlando di sistema a cassero a perdere possiamo quindi approfondire i vari vantaggi ottenuti attraverso questo sistema costruttivo:

### **PREFABBRICAZIONE**

Negli anni passati questo termine dava la sensazione di una costruzione di scarsa qualità, inoltre rappresentava un ostacolo per il lavoro dell'uomo.

Tutt'altro però è stato dimostrato, partendo dai grandi maestri dell'architettura che hanno visto nella prefabbricazione un'opportunità di svolta ed innovazione.

Al contrario di ciò che si pensava questo metodo di costruzione presenta notevoli vantaggi ed inoltre non sottrae lavoro alle maestranze, ma anzi, necessita una preparazione maggiore tanto da richiedere in cantiere veri e propri carpentieri.

In questo caso la progettazione di questo sistema in fase esecutiva dà la possibilità al progettista di prevedere in anticipo la risoluzione di tutti i dettagli tecnologici. Conoscendo bene i limiti e le caratteristiche del sistema si può facilmente creare un modello tridimensionale che simula in maniera fedele la vera costruzione.

Come in ogni progetto con sistema costruttivo prefabbricato è importante prevedere a monte le varie scelte progettuali e tecnologiche in maniera tale da escludere ogni tipo di imprevisto.

Tutta l'organizzazione di cantiere può essere strutturata con largo anticipo rispetto ad un sistema tradizionale dove la precisione di esecuzione può variare a seconda della capacità delle maestranze.

Una volta scelto il tipo di serramento ed i suoi relativi ingombri è già prevedibile il foro grezzo che accoglierà la sua installazione.

In questo caso non è necessario aspettare la fine di una lavorazione per iniziarne una nuova, ma diventa essenziale prevedere tutte le lavorazioni come ad un susseguirsi armonioso di varie fasi già previste durante la progettazione.

### **SISMO-RESISTENZA**

La differenza tra antisismico e sismo-resistente rappresenta un approccio di risposta al sisma completamente diversa l'una dall'altra.

Il concetto di antisismico si fonda sulla progettazione di un edificio capace di resistere al sisma tanto da salvare vite umane che usufruiscono dei relativi spazi e degli altrettanti servizi, ma ammettendo danni gravi o molto gravi alle parti strutturali e di tamponamento che a volte comportano lavori di ripristino molto costosi o anche il collasso totale della struttura.

Il concetto di sismo-resistente invece si fonda sulla progettazione di un edificio capace di resistere al sisma e salvaguardare non solo le vite umane, ma anche le parti strutturali e di tamponamento, riportando al minimo i danni.

Questa caratteristica è sicuramente data dall'omogeneità del materiale su tutto il perimetro dell'involucro creando uno scheletro uniforme e non caratterizzato dal sistema travi e pilastri che siamo abituati a vedere nella gran parte delle costruzioni. Le giunzioni e i punti di snodo sono sicuramente gli elementi più sollecitati in caso di sisma, ed è proprio per questo che un sistema a cassero a perdere caratterizza un sistema sicuro e soprattutto semplice da realizzare.

La rimozione della parte di tamponamento diventa occasione di eliminazione di innesto tra diversi materiali che avendo caratteristiche meccaniche differenti assumono comportamenti molto eterogenei in caso di sisma.

Il sistema scatolare e l'uniformità di risposta rappresenta dunque un approccio vincente contro gli effetti del sisma e rendono questo sistema uno dei migliori metodi costruttivi per molte tipologie architettoniche.

### **UNIFORMITA'**

La ricerca della semplicità anche nel sistema costruttivo rappresenta la chiave di volta di un periodo storico in cui la stratificazione del pacchetto tecnologico è sempre più composto da materiali diversi con diverse caratteristiche fisico/meccaniche.

Consapevoli della direzione giusta per un'architettura più sostenibile ed evoluta bisogna sempre adottare una strategia di semplicità. Less is more! Non solo da un punto di vista architettonico/compositivo diretto principalmente alla sobrietà dell'ornamento di cui parlava Mies Van der Rohe, ma interpretando con un punto di vista olistico questa frase, si può applicare ad un qualsiasi approccio progettuale.

In questo caso la struttura composta da pannelli prefabbricati una volta posti in opera vedono il loro completamento con un semplice getto di calcestruzzo omogeneo creando una struttura unica e coesa.

Uniforme sinonimo di continuità, continuità strutturale, continuità del materiale e continuità del comportamento energetico del sistema sono solo alcuni dei vantaggi in un sistema strutturale uniforme, non solo per un'evidente migliore risposta strutturale, ma anche nella semplicità di gestione dei nodi costruttivi che interessano l'intero involucro.

Continuità sinonimo di semplicità di messa in opera.

Quando si parla di sistemi costruttivi è molto importante anche il lavoro delle maestranze in cantiere, dove diminuendo l'incidenza di errore se ne facilita l'esecuzione dei lavori.

Se la semplicità concettuale del sistema costruttivo si manifesta in una semplice gestione del cantiere si può facilmente identificare un'ottimizzazione dei tempi e dei costi di cantiere.

Un esempio è la posa dei pannelli stessi, prefabbricati e prodotti in stabilimento, la posa dei ferri non concepiti come nelle costruzioni tradizionali dove ogni singolo elemento viene modellato in opera e legato ad altri, ma anche in questo caso possono essere pre-assemblati e alloggiati correttamente nell'intercapedine.

## **EFFICIENZA ENERGETICA**

L'aspetto energetico rappresenta sicuramente uno dei temi indispensabili per il periodo storico che stiamo vivendo. In un'ottica di concezione di un'architettura sostenibile la strada giusta da percorrere è rappresentata da una scelta sempre più consapevole delle varie caratteristiche fisico-tecniche che compongono gli elementi di una costruzione.

L'evoluzione del concetto tradizionale di "cappotto" inteso come elemento isolante della parte strutturale può essere reinterpretata, in questo caso, attraverso una nuova chiave di lettura dove la struttura è posta in opera in un secondo momento.

È chiaro che il fattore dell'efficienza energetica rappresenta un tema piuttosto scontato, ma lo studio e la ricerca per certificare un pacchetto predefinito affronta in linea generale un ampio spettro di tematiche come la risoluzione dei ponti termici, le problematiche acustiche, la resistenza al fuoco e la resistenza al sisma.

Tutto questo cercando di rendere il sistema più flessibile possibile, andando ad indagare sulla funzionalità e l'effettiva praticità dell'utilizzo di questo sistema. Alcuni esempi si riferiscono alla semplicità di movimentazione dei pannelli, la flessibilità estetica e strutturale e l'integrazione con i sistemi tradizionali.

## **TENUTA ALL'ARIA**

Se si parla di efficienza energetica non si può tralasciare un tema molto importante come la tenuta all'aria.

Non a caso, involucri molto performanti devono rispettare i valori minimi per garantire la migliore efficienza energetica possibile.

Il vantaggio di questo sistema sta proprio nella sua struttura che essendo molto omogenea non richiede la chiusura nei punti di snodo attraverso nastri acrilici come per esempio nelle strutture in legno.

L'unico punto sensibile riguardo a questo aspetto è rappresentato dal nodo primario tra struttura e serramento che può essere risolto in maniera molto diversa grazie alla flessibilità del sistema costruttivo.

## **SOSTENIBILITA' DEL MATERIALE, CICLO DI VITA E TEMPO**

Rimanendo in un'ottica di sviluppo e miglioramento del concetto stesso di cantiere, attraverso metodi costruttivi innovativi come il sistema prefabbricato a cassero a

perdere, bisogna però essere consapevoli di vari compromessi che questa tecnologia si porta con sé.

Generalmente questi sistemi impiegano materiali isolanti per produrre la parte di casseri che poi andranno a contenere il getto di calcestruzzo.

Nello specifico, spesse volte il materiale coibente è rappresentato dall' EPS (polistirene espanso) materiale poco sostenibile a causa del suo elevato fabbisogno di energia per la sua produzione che provoca un elevato inquinamento ambientale. Nello specifico, ogni materiale per essere prodotto riporta alle sue spalle un ciclo di lavorazioni che richiedono molta energia per essere trasformati nel loro aspetto finale.



Figura 72: Correzione tenuta tramite rinforzo. Materiale fornito da “Officina23”.

Di conseguenza l'inquinamento di aria, acqua e le emissioni di CO<sup>2</sup> causate da questa produzione possono essere più o meno influenti rispetto ad altri materiali. Nel caso di un sistema a cassero a perdere uno dei materiali utilizzati di più in assoluto è rappresentato dal calcestruzzo armato.

Questo materiale è semplicemente indispensabile per l'edilizia in questo tipo di sistema costruttivo e rappresenta un quantitativo sensibilmente alto rispetto ad un sistema tradizionale, portando con sé i vari aspetti negativi.

Tra i vari dati rilevanti per quanto riguarda il consumo di energia e di inquinamento il calcestruzzo si pone all'ultimo posto rispetto a sistemi costruttivi come legno ed acciaio dove i valori di consumo di energia, emissioni di CO<sup>2</sup> e inquinamento dell'aria sono di gran lunga superiori.

Solo per quanto riguarda l'inquinamento dell'acqua il calcestruzzo, pur avendo valori molto alti, è superato dall'acciaio per pochi punti percentuali.

In sostanza il calcestruzzo, materiale prezioso per l'edilizia, non rappresenta esattamente sinonimo di sostenibilità ambientale anche, e soprattutto, per il suo aspetto di recupero e riutilizzo (tema ancora largamente da approfondire).

Infatti, il calcestruzzo non essendo un sistema a secco risulta un materiale che richiede più energia per essere demolito e riutilizzato.

In un'ottica dove gli edifici riportano una vita utile sempre più breve, considerati anche come "banca di materiali" da riutilizzare dopo il loro smantellamento, il fattore di demolizione, riutilizzo e l'intero processo del ciclo di vita diventa tema sempre più sensibile per gli aspetti di sostenibilità ambientale nelle costruzioni. Nell'architettura moderna il calcestruzzo rappresentava il materiale perfetto per edificare, in quanto oltre ad essere facilmente modellabile, garantiva un'idea di resistenza al tempo, tema che da sempre tormenta la figura dell'architetto.

Al giorno d'oggi però, con la situazione drammatica che stiamo vivendo per quello che riguarda la salvaguardia dell'ambiente la propensione ad un'immutabilità dell'architettura rappresenta l'opposto di un concetto di flessibilità, riciclo e riutilizzo di spazi e materiali da costruzione che quest'epoca ci sta richiedendo.

La progettazione odierna affonda le radici negli insegnamenti dei nostri maestri dell'architettura, ma deve percorrere una strada nuova dettata dalle esigenze di un mondo sempre più in evoluzione.

Le considerazioni finali, grazie allo Studio23 e all'architetto Zago, arrivano dalla comparazione del preventivo, ovvero prima dell'avvio dei lavori, e dal secondo, che sono i dati alla mano delle fatture e delle spese sostenute dallo studio.

Dalle fatture alla mano, si può evincere come i costi dei materiali sono esattamente quelli previsti dal preventivo, questo perché, non vi è margine di errore del metodo di calcolo della costruzione in prefabbricato, e pertanto nel metodo Ecosism

<b>ECOSISM da preventivo</b>			
<b>1</b>	<b>Opere di fondazione</b>		€ 6.995,25
<b>2</b>	<b>Struttura</b>		€ 37.075,33
	modulo ecosism getto singolo per parete perimetrale		
	modulo ecosism getto singolo per parete interna		
<b>3</b>	<b>Solai</b>		€ 14.334,05
	Ecosolaio / Ecosolaio top		
<b>4</b>	<b>Intonaci esterni</b>		€ 4.614,37
	davanzali marmo		
<b>5</b>	<b>Progettazione</b>		€ 0,00
	<b>Totale listino</b>		<b>€ 63.019,00</b>

Questo è uno dei lati positivi di questa tecnologia costruttiva, che pertanto non genera sfridi e sprechi in fase di cantiere.

La differenziazione di prezzi si possono notare nella manovalanza, nelle opere indiretta alla tecnologia Ecosism e nel cercare di arginare le criticità (ad esempio i difetti nelle soglie)

<b>ECOSISM da fatture</b>			
1	<b>Montaggio strutture</b>		€ 18.615,77
2	<b>Materiale Ecosism</b>		€ 51.216,65
	modulo ecosism getto singolo per parete perimetrale		
	modulo ecosism getto singolo per parete interna		
	Ecosolaio / Ecosolaio top		
3	<b>Armature</b>		€ 8.433,52
4	<b>Trave Rep</b>		€ 1.759,60
5	<b>CLS</b>		€ 8.609,25
	<b>Totale Diretti</b>		<b>€ 85.294,79</b>

Dal precedente confronto si possono notare in maniera evidente un allineamento nei costi sostenuti, senza dover applicare percentuali dovute a fattori di rischio che possono incombere.

## **Bibliografia e sitografia**

### **NORMATIVA:**

Norme tecniche delle costruzioni del 2018, Decreto ministeriale 17/01/2018

D.P.C.M. 5-12-1997,

Direttiva (UE) 2018/84,

Decreto Legislativo 10 GIUGNO 2020 n.48,

D. G. R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010,

D.M. 9 marzo 2007,

Regolamento Europeo n. 305/2011/CE,

D.P.R. 380/2001,

### **TESTI:**

Graf, Franz ,2012, Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde = Understanding and conserving : industrialised and prefabricated architecture, Yvan Delemontey. - Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Aitchison, Mathew, 2017, Prefab houses and the future of building: product to process, Mathew Aitchison.

Christian Angeli, 2016, "Progettare e costruire edifici antisismici in icf", Unione professionisti e- learning

Agrizap,"Official Gazette of united states patent office", ibis editor

Josh Downswil, 1951 “Building post-war”, Boston Mass Editory,

Augenti e Parisi, 2019, “Teorie e tecniche delle strutture in muratura”, Hoepli editore.

Eugenio Arbizzani, 2007, Tecnica e tecnologia dei sistemi costruttivi, Maggioli editore

F. Costanzo, 2016, “Scienza e tecnologia delle costruzioni”, edises editore

Cristian Angeli, 2017, Sistemi costruttivi a pareti portanti in cemento armato, Legislazione Tecnica editor

Michele Vinci, 2015, Calcolo della muratura armata antisismica per nuovi costruzioni, Flaccovio editore.

**WEB:**

**ICF:**

[https://it.wikipedia.org/wiki/Insulated\\_concrete\\_form](https://it.wikipedia.org/wiki/Insulated_concrete_form)

<https://www.tesionline.it/tesi/preview/Utilizzo-dei-pannelli-prefabbricati-portanti-nell%27edilizia-residenziale/45671/4>

<http://www.icssgroup.com>

<https://www.bautexsystems.com>

<https://buildersontario.com/insulated-concrete-forms-cost->

<https://buildersontario.com/icf-foundation-cost-2>

<https://www.huduser.gov/>

<https://trove.nla.gov.au/newspaper/article/18372885>

### **SOSTENIBILITA' DEI MATERIALI:**

<https://www.foxblocks.com>

<https://www.buildwithrise.com>

<https://www.journalofgreenbuilding.com>

### **CASI STUDIO:**

<https://issuu.com/anepoliuretano>

<https://www.architecturetoday.co.uk/icf-in-practice/>

<https://www.nudura.com/fr/>

<https://trove.nla.gov.au/newspaper/article/52267605>

<https://sibwestinc.blogspot.com/2016/07/icf-and-21st-century-construction.html>

<https://trove.nla.gov.au/newspaper/article/27938356>

### **ECOSISM:**

[www. Ecosism.it](http://www.Ecosism.it)

### **YTONG:**

[www.ytong.it](http://www.ytong.it)

**ASTER:**

<https://www.aster.bz/it/costruzioni-in-legno.html>

**BAHAUS:**

<https://www.bahaus.it/>

**CAM:**

<https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi>

# Ringraziamenti

Eccomi, alla fine di un percorso universitario che si conclude, dove mi reputo molto maturato e migliorato sia dal punto di vista delle conoscenze che delle competenze, senza tralasciare l'aspetto umano e di tutte le persone che ho incontrato, e con cui ho legato durante tutto il percorso.

Mi ritrovo qui all'epilogo, sebbene rammenti con quanta fatica e impegno è stato necessario per raggiungere questo ennesimo traguardo, ricco di vicissitudini fisiche e personali all'inizio, come altrettanti momenti felici durante il resto dell'iter.

Ringrazio infine il prof. Callegari e i co-relatori prof.sa Rebaudengo e prof. Fantilli per la possibilità di presentare questa Tesi, per gli insegnamenti e la disponibilità dimostrata durante tutto il percorso

Un ulteriore ringraziamento va a tutti gli interlocutori e professionisti con cui ci siamo interfacciati durante l'iter, più di tutti il Dott. Pozzan di "Ecosism" e il Dott. Zago di "Officina 23", per la pazienza e la disponibilità lungo tutto il percorso di ricerca e di redazione dell'elaborato.

Un ringraziamento va alla mia famiglia, al mio motore pulsante, per la fiducia e per i valori trasmessi, insegnamenti fondamentali che mi hanno permesso di raggiungere tanti traguardi nella mia vita e che mi hanno permesso di essere la persona che sono oggi giorno.

Un ringraziamento va a tutti i miei amici, a partire da quelli d'infanzia che mi hanno sempre accompagnato nel mio percorso di crescita, e tutti gli altri incontrati nel corso degli anni con cui si è creato un legame indissolubile, soprattutto a Kamal e Alessio per avermi aiutato e stato vicino, per averci creduto con me in questo percorso fino alla fine, spronandomi quando era più facile mollare che andare avanti.

Un ringraziamento va a Giada per mille motivi che non sto neanche ad elencare, per le esperienze di crescita, e per essermi sempre stata vicino in ogni momento della mia vita, permettendomi di diventare la persona che sono oggi giorno.

Ringrazio anche Martina per il percorso iniziato insieme, per averci creduto, rendendomi una persona sempre più concreta e solida, e per avermi insegnato tanto in periodo difficile della mia vita.

Infine, un ringraziamento va a Marco, ormai fedele amico conosciuto il primo giorno di Università e con cui ho condiviso tutto il mio percorso accademico, sia triennale che magistrale fino alla redazione congiunta di questa Tesi, per la pazienza e per le conoscenze ed esperienze di vita che ci hanno accompagnato e professionali trasmesse vicendevolmente.

Dedico le ultime righe per augurarmi il meglio, per tutte le sfide che la vita mi presenterà e che dovrò affrontare, che non faranno altro che arricchire il mio bagaglio personale e culturale.

*Ad maiora semper*