



Ricerca di Sistema elettrico

La costruzione stratificata a secco: analisi dello stato dell'arte, raccolta e catalogazione di relativi sistemi e tecnologie

G. Salvalai, M. M. Sesana, D. Brutti, M. Imperadori



POLITECNICO
MILANO 1863

POLO TERRITORIALE DI
LECCO

LA COSTRUZIONE STRATIFICATA A SECCO: ANALISI DELLO STATO DELL'ARTE, RACCOLTA E CATALOGAZIONE DI RELATIVI SISTEMI E TECNOLOGIE

G. Salvalai, M. M. Sesana, D. Brutti, M. Imperadori
(POLIMI)

Aprile 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: N.1 *Tecnologie*

Progetto: 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali"

Work package: WP2 - Miglioramento dell'efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell'ambiente costruito

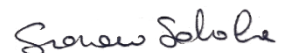
Linea di attività: LA2.12 - "La costruzione stratificata a secco: analisi dello stato dell'arte, raccolta e catalogazione di relativi sistemi e tecnologie"

Responsabile del Progetto: Miriam Benedetti, ENEA

Responsabile del Work package: Maria-Anna Segreto, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Sistemi a secco innovativi per edifici sostenibili e antisismici*"

Responsabile scientifico ENEA: Mattia Ricci



Responsabile scientifico POLIMI: Prof. Ing. Graziano Salvalai

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	8
2.1 METODO DI LAVORO	10
2.2 STATO DELL'ARTE SUI MATERIALI PER IL SISTEMA S/R (LA2.12.1)	11
2.2.1 <i>Lastre</i>	14
2.2.2 <i>Pannelli e doghe</i>	16
2.2.3 <i>Pannelli sandwich</i>	18
2.2.4 <i>Isolamento</i>	20
2.2.5 <i>Schermi e membrane traspiranti</i>	22
2.2.6 <i>Membrane impermeabilizzanti</i>	24
2.2.7 <i>Malte e stucchi</i>	26
2.2.8 <i>Sottofondi</i>	28
2.2.9 <i>Profili e accessori</i>	30
2.3 RICERCA E SELEZIONE DI PROGETTI DI EDIFICI REALIZZATI CON SISTEMI S/R (LA2.12.2)	32
2.3.1 <i>Italia</i>	33
2.3.2 <i>Europa</i>	34
2.4 ATLANTE DEI MATERIALI E DEI CASI STUDIO PER IL SISTEMA S/R (LA2.12.3).....	35
2.4.1 <i>Atlante dei materiali per il sistema S/R</i>	36
2.4.2 <i>Atlante delle relative aziende produttrici</i>	46
2.4.3 <i>Atlante dei casi studio realizzati con tecnologia S/R</i>	49
3 CONCLUSIONI	60
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	61
5 SITOGRAFIA	62
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	66
7 APPENDICE	67
8 ALLEGATI	68
8.1 CONTRIBUTI E CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO.....	68
<i>Graziano Salvalai</i>	68
<i>Marta Maria Sesana</i>	69
<i>Diletta Brutti</i>	70
<i>Marco Imperadori</i>	70
8.2 ELENCO FILE CONSEGNATI DIGITALMENTE	71

Sommario

Il report finale del primo anno di lavoro presenta nel dettaglio i risultati e le attività svolte nell'ambito della ricerca svolta da Politecnico di Milano nel contesto del Work Package WP2 "Miglioramento dell'efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell'ambiente costruito", Linea di Attività LA2.12 "La costruzione stratificata a secco: analisi dello stato dell'arte, raccolta e catalogazione di relativi sistemi e tecnologie".

In particolare, per una completa trasparenza e ripercorribilità della ricerca effettuata, il documento descrive passo a passo l'attività svolta, a partire dalla definizione delle condizioni al contorno, proseguendo con la presentazione del metodo di lavoro seguito per ciascuna delle tre sub-attività LA2.12.1 "Analisi dello stato dell'arte di materiali/tecnologie", LA2.12.2 "Raccolta di casi studio esemplari" e LA2.12.3 "Impostazione catalogo soluzioni tecniche e casi di studio", fino ad arrivare all'analisi e discussione dei risultati finali.

La Linea di Attività LA2.12, che si conclude con la stesura del presente report finale (LA2.12.4), ha portato alla realizzazione di uno stato dell'arte esaustivo sulla costruzione stratificata a secco e, in generale, sulla progettazione di architetture mediante l'impiego della tecnologia stratificata a secco Struttura/Rivestimento (S/R), consentendo in questo modo la sistematizzazione di metodologie costruttive, processi edilizi, prodotti e progetti vicini agli attuali bisogni sia ambientali che dell'utente finale.

1 Introduzione

Nel presente report viene descritto il lavoro svolto all'interno dell'Accordo di Collaborazione siglato tra ENEA e POLITECNICO DI MILANO per il primo anno di ricerca relativo alla Linea di Attività LA2.12 intitolata "La costruzione stratificata a secco: analisi dello stato dell'arte, raccolta e catalogazione di relativi sistemi e tecnologie".



Figura 1. Abstract grafico relativo all'intera attività di ricerca prevista dall'accordo di collaborazione ENEA - POLIMI

Il sistema costruttivo a secco è attualmente largamente impiegato nel mondo dell'edilizia, e sta riscuotendo notevole successo anche in Italia, poiché una delle sue principali peculiarità è la forte resistenza ai sismi, grazie soprattutto alla leggerezza ed elasticità strutturale rispetto a soluzioni tradizionali. La tecnologia si presta, inoltre, a una completa progettualità in funzione dello specifico contesto climatico e in funzione dell'uso dell'edificio: la parte più esterna e quella più interna dell'involucro, denominate anche "pelli" o "gusci", realizzabili con l'alternanza di materiali capacitivi e resistivi, sono frutto di analisi prestazionali specifiche in grado di garantire elevati livelli di performance energetico-ambientale.

La tettonica dei sistemi S/R segue, infatti, un processo meccanico: gli elementi costruttivi per la quasi totalità sono prodotti in officina e in cantiere devono essere connessi gli uni agli altri, seguendo il progetto architettonico-tecnologico. Questo sistema costruttivo consente, infatti, di variare le risposte tecnologiche grazie alle possibili combinazioni tra i componenti e la scelta dei componenti stessi da impiegare. Il mercato e le sue veloci dinamiche hanno recentemente mostrato il forte avanzamento di sistemi costruttivi industrializzati, a base metallo, legno, anche materiali cementizi, oppure laterizi ma per facciate ventilate, componenti materassini isolanti, serramentistica avanzata, etc. connessi mediante un processo diverso: a secco e meccanico.

A questo processo tecnologico, di fabbricazione in cantiere per connessione piuttosto che per creazione di un manufatto, segue poi un altro fattore di sicuro stimolo all'innovazione sostenibile, oggi più che mai necessaria considerata l'influenza dei cambiamenti climatici anche nell'ambito delle costruzioni. Progettare edifici a elevata efficienza energetica ("nZEB", come definiti dalla normativa europea) e antisismici, significa progettare oggi edifici che nel futuro saranno prassi ordinaria.

In questo contesto, i sette paradigmi su cui si basa la costruzione stratificata a secco sono i seguenti:

1. complessificazione delle prestazioni;
2. specializzazione dei materiali;
3. finalizzazione dei dispositivi;
4. articolazione strutturale;
5. progettabilità;
6. assemblabilità;
7. gestibilità.

A questi punti gli autori hanno integrato anche i tre seguenti: 8. comfort; 9. energia; 10. ambiente, andando a completare l'elenco dei 10 KPI su cui si baseranno le analisi delle soluzioni tecnologiche che verranno condotte nel secondo anno di ricerca dalla linea di attività LA 2.13.

La linea di attività del primo anno di ricerca è stata strutturata nelle seguenti rispettive sub-attività:

- **LA2.12.1 - "Analisi dello stato dell'arte di materiali/tecnologie"**

Approfondita analisi dello stato dell'arte dei materiali e delle tecnologie costruttive attualmente disponibili sul mercato, con un attento confronto tra le varie soluzioni in base ai primi 7 paradigmi sopra descritti, che sono stati di conseguenza esemplificati nelle rispettive schede dell'atlante output della LA2.12. In particolare, questa sub-attività ha permesso di individuare dei prodotti sul mercato per la costruzione a secco più adatti alla realizzazione di edifici sostenibili e antisismici, e di clusterizzarli per famiglie (Sezione 2.2 del presente report).

- **LA2.12.2 - "Raccolta di casi studio esemplari"**

Ricerca e selezione di progetti di edifici realizzati con sistemi S/R, per lo studio dei casi più significativi e la realizzazione delle relative schede atlante, al fine di analizzarli individualmente come casi studio in base ai 10 paradigmi sopra descritti, approfondendo per ciascuno le soluzioni tecnologiche specifiche impiegate (Sezione 2.3 del report).

- **LA2.12.3 - "Impostazione catalogo soluzioni tecniche e casi di studio"**

Definizione e impostazione di un catalogo esemplificativo (atlante) delle soluzioni tecniche e dei casi studio selezionati, come messa a sistema dei risultati delle due precedenti sub-attività, LA2.12.1 e LA2.12.2. L'atlante predisposto alla fine di questo primo anno di attività comprende tutti i risultati delle analisi condotte sullo stato dell'arte tramite ricerca in letteratura e sul mercato (Sezione 2.4 del report). L'integrazione delle schede avverrà a valle delle analisi più approfondite che verranno condotte nella LA2.13 durante il secondo anno di ricerca, con il supporto di sperimentazioni in laboratorio e simulazioni di dettaglio con software specifici.

- **LA2.12.4 - "Report annuale"**

Redazione del presente report finale, come messa a sistema dell'intera linea di attività LA2.12.

LA2.12

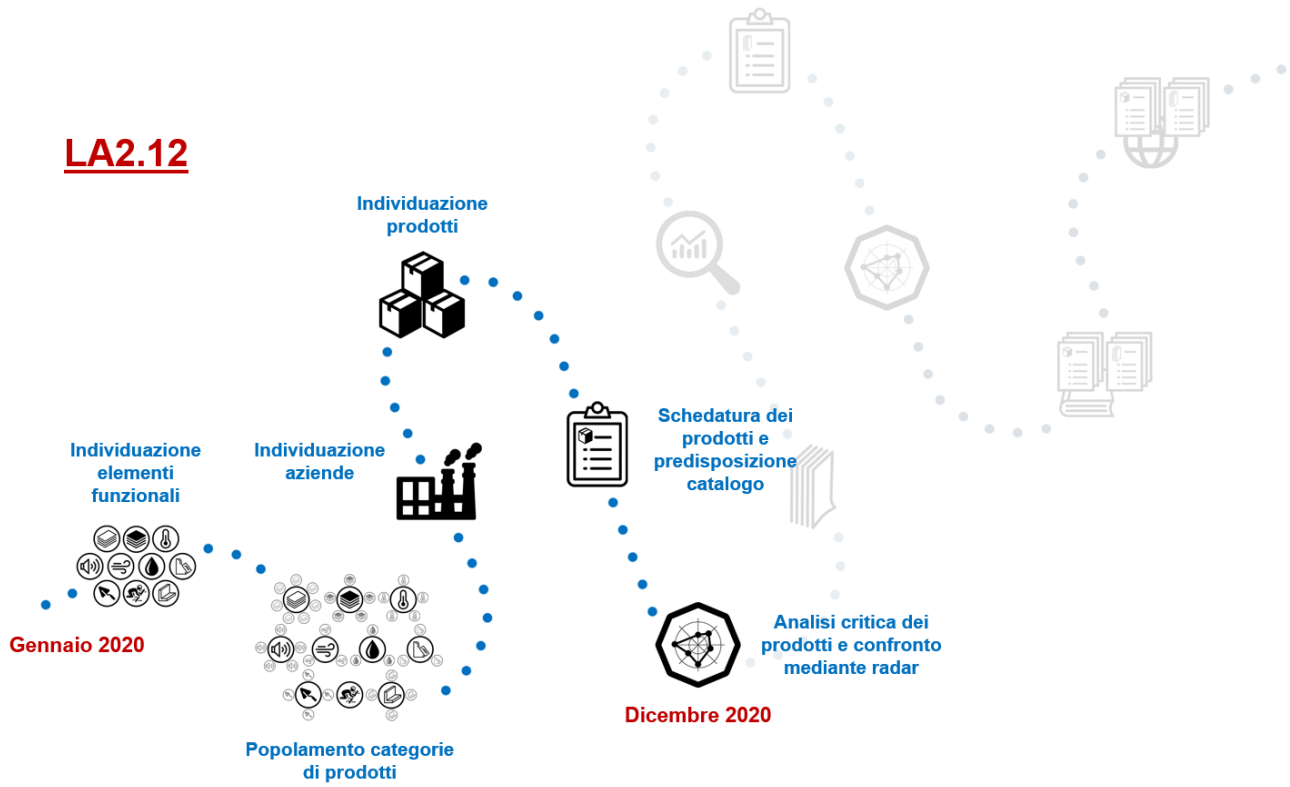


Figura 2. Abstract grafico, dettaglio anno 2020

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

Nelle seguenti sezioni vengono descritte nel dettaglio le attività svolte relativamente alla linea di attività LA2.12, presentandole in successione temporale con riferimento al GANTT di progetto riportato in Figura 3.

Come già accennato nel capitolo introduttivo, si ricorda che l'attività LA2.12 è costituita dalle seguenti sub-attività:

- **LA2.12.1** - "Analisi dello stato dell'arte di materiali/tecnologie"
- **LA2.12.2** - "Raccolta di casi studio esemplari"
- **LA2.12.3** - "Impostazione catalogo soluzioni tecniche e casi di studio"
- **LA2.12.4** - "Report annuale"

2020

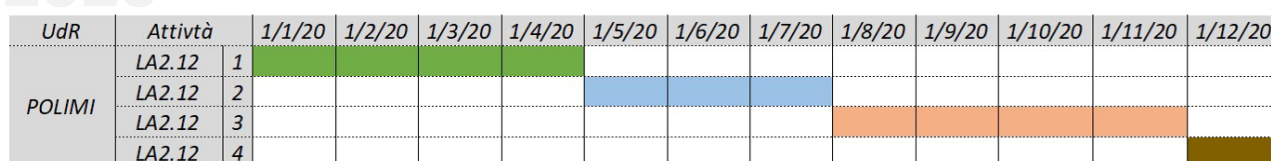


Figura 3. GANTT di progetto, dettaglio anno 2020

In Tabella 1 sono stati invece ricostruiti gli step evolutivi delle attività svolte e i vari risultati ottenuti da un costante scambio e confronto con i partner interessati e coinvolti.

Tabella 1. Sintesi riunioni, step e risultati ottenuti, dettaglio anno 2020

DATA	TIPOLOGIA RIUNIONE	PARTNER PARTECIPANTI	ATTIVITA' CONCORDATE E RISULTATI OTTENUTI
13 Gennaio 2020	Kick off Meeting in presenza, Roma - sede ENEA	TUTTI I PARTNERS DI PROGETTO	Conoscenza tra i partner, presentazione del progetto con focus sul WP2 e condivisione delle varie linee di attività.
12 Marzo 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	Miglioramento dell'efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell'ambiente costruito
01 Aprile 2020	Conference call	POLIMI - ENEA - UNIME	Allineamento tra POLIMI, UNIME ed ENEA, per verifica fattibilità di digitalizzazione dell'atlante prodotti-casi studio sulla tecnologia S/R output della LA2.12 di POLIMI con supporto UNIME.
20 Aprile 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	Condivisione stato di avanzamento in vista della fine della sub-attività LA2.12.1 relativa all'analisi dello stato dell'arte, raccolta e catalogazione prodotti S/R
30 Aprile 2020	Consegna stato di avanzamento (box condiviso ENEA - POLIMI)	POLIMI - ENEA	Consegna lavoro svolto per chiusura della sub-attività LA2.12.1 con condivisione del Database dell'atlante come risultato dello stato dell'arte su elementi S/R
27 Maggio 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	Condivisione stato di avanzamento intermedio della sub-attività LA2.12.2 relativa alla raccolta e catalogazione casi studio realizzati con tecnologia S/R.

23 Luglio 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	<i>Condivisione stato di avanzamento in vista della fine della sub-attività LA2.12.2 relativa alla raccolta e catalogazione casi studio realizzati con tecnologia S/R.</i>
29 Luglio 2020	Consegna stato di avanzamento (box condiviso ENEA - POLIMI)	POLIMI - ENEA	<i>Consegna lavoro svolto per chiusura della sub-attività LA2.12.2 con condivisione dell'elenco dei casi studio individuati a livello nazionale ed europeo.</i>
06 Ottobre 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	<i>Condivisione stato di avanzamento in vista della fine della sub-attività LA2.12.3 relativa alla catalogazione di aziende, prodotti e casi studio realizzati con tecnologia S/R.</i>
30 Novembre 2020	Consegna stato di avanzamento (box condiviso ENEA - POLIMI)	POLIMI - ENEA	<i>Consegna lavoro svolto per chiusura della sub-attività LA2.12.3 con condivisione dell'atlante come risultato dello stato dell'arte su elementi S/R e dell'individuazione di casi studio realizzati con tecnologia a secco.</i>
15 Dicembre 2020	Conference call	POLIMI - ENEA	<i>Condivisione stato di avanzamento in vista della fine della sub-attività LA2.12.4, relativa alla stesura del report finale, nonché dell'intera linea di attività LA2.12.</i>
18 Dicembre 2020	Consegna finale (box condiviso ENEA - POLIMI)	POLIMI - ENEA	<i>Consegna lavoro svolto per chiusura della sub-attività LA2.12.4 e dell'intera linea di attività LA2.12, con condivisione del report finale e di tutti i risultati prodotti nell'annualità 2020.</i>

2.1 Metodo di lavoro

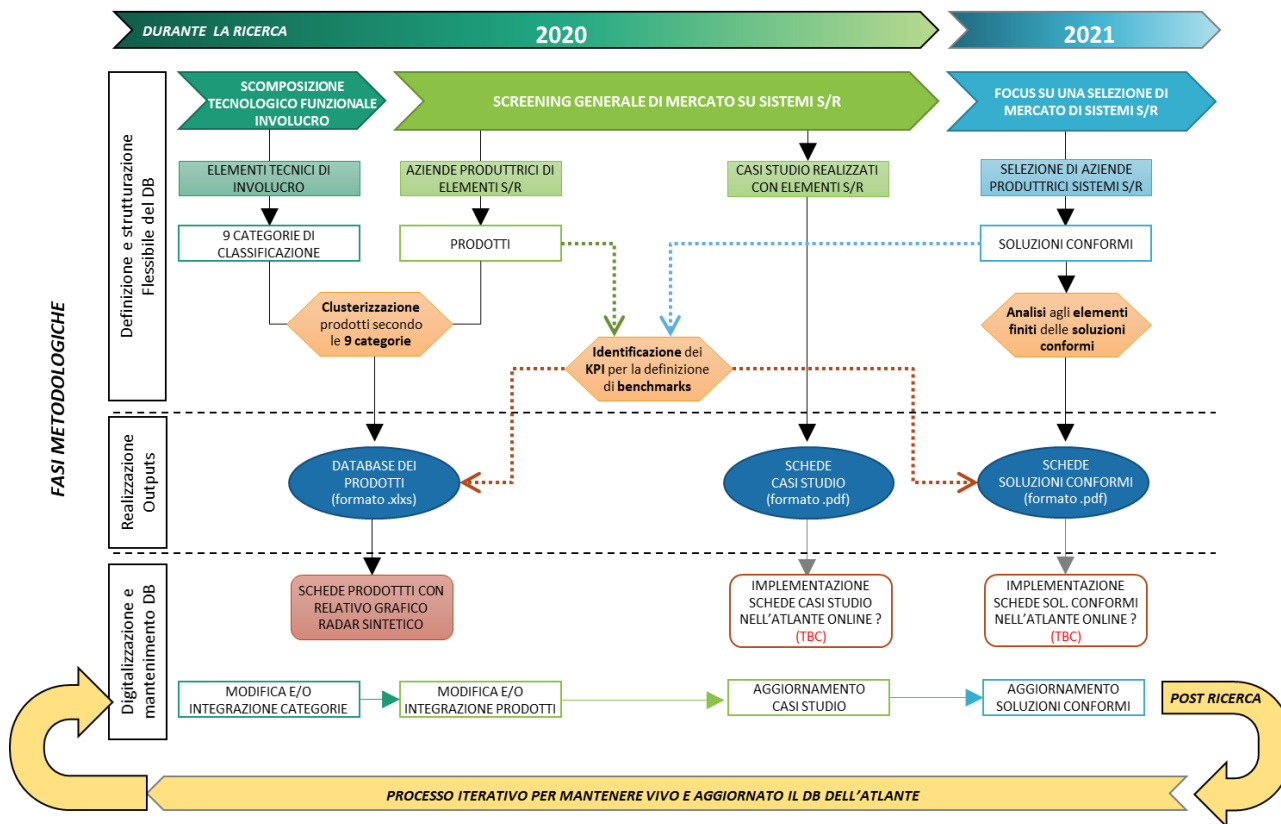


Figura 4. Schema metodologico per fasi successive

Le fasi metodologiche principali in cui è stato organizzato il lavoro di ricerca prevedevano come risultato finale per l’anno 2020 la realizzazione di un atlante implementabile di prodotti S/R presenti sul mercato nazionale e di edifici sul territorio nazionale ed europeo realizzati con tecnologia a secco.

Sin dall’inizio dell’attività di ricerca, dall’analisi dei primi dati si è evidenziata fin da subito una problematica in termini di archiviazione e catalogazione delle informazioni, dal punto di vista sia quantitativo che qualitativo; pertanto, il team di ricerca ha definito, sia per quanto riguarda lo stato dell’arte dei prodotti S/R sul mercato che per l’individuazione dei casi studio realizzati con tecnologia a secco, delle condizioni al contorno di riferimento per lo svolgimento dell’analisi e raccolta dati, che verranno presentate nel dettaglio nelle sezioni seguenti.

2.2 Stato dell'arte sui materiali per il sistema S/R (LA2.12.1)

Al fine di individuare i prodotti sul mercato più adatti alla realizzazione di edifici con sistema costruttivo stratificato a secco, all'interno della sub-attività LA2.12.1 è stata effettuata un'approfondita analisi dello stato dell'arte. Tale ricerca è stata realizzata partendo da una scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro, per permettere una clusterizzazione dei prodotti che fosse chiara e facilmente riconducibile.

Come anticipato all'ultimo paragrafo della sezione precedente, vista la quantità e qualità delle informazioni da raccogliere per l'analisi dello stato dell'arte, per lo svolgimento della ricerca sono state definite delle condizioni al contorno di riferimento. In particolare, per effettuare un'analisi dello stato dell'arte più chiara e mirata, a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro si è scelto di non prendere in considerazione gli elementi di finitura, che raramente incidono sulla prestazione generale del pacchetto, e le strutture portanti. Per maggiore chiarezza, le condizioni al contorno appena definite sono state schematizzate in Figura 5, prendendo in considerazione esempi generici di stratigrafie di involucro (rispettivamente, parete verticale, copertura, solaio esterno e solaio interno).

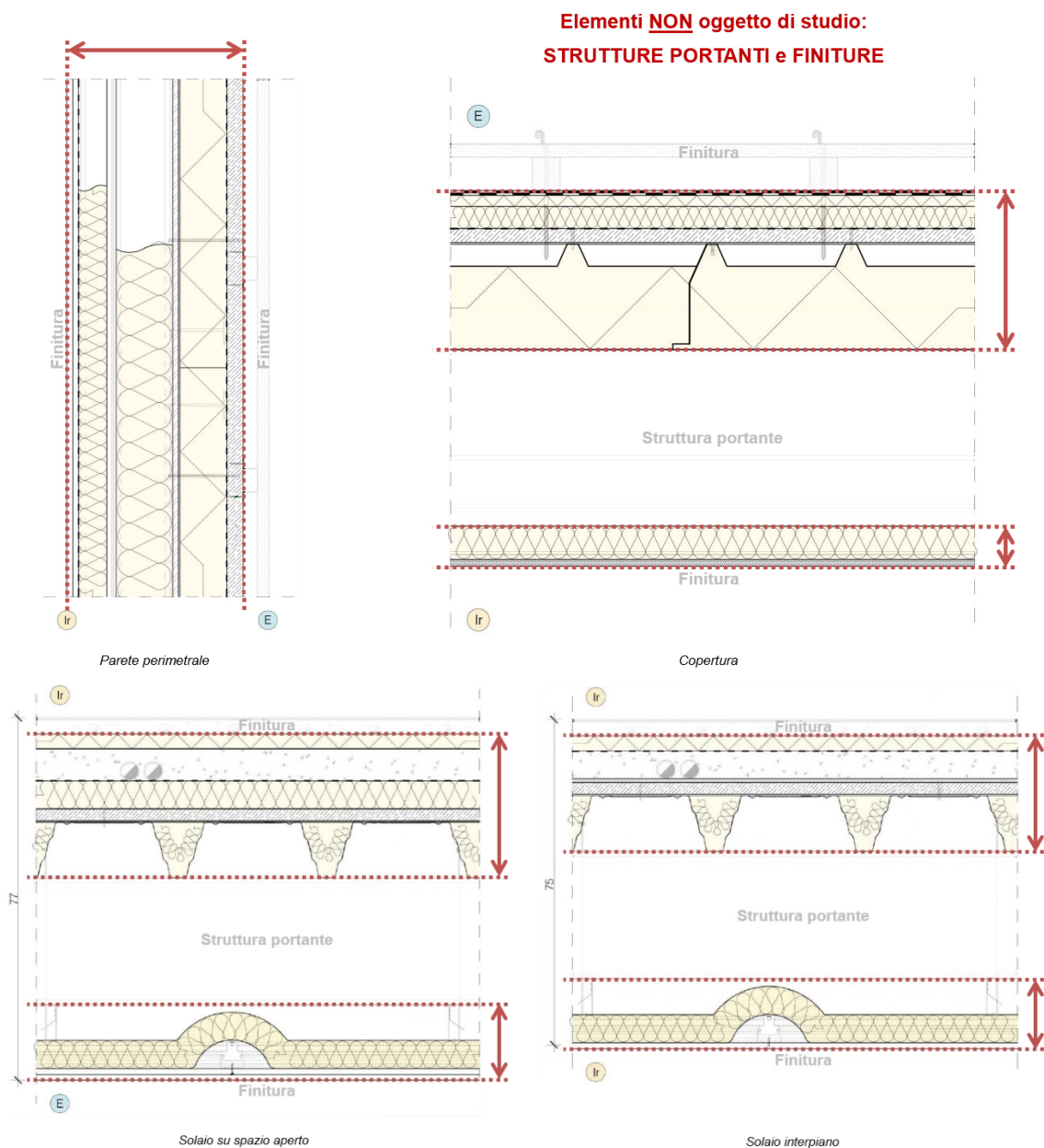


Figura 5. Identificazione delle condizioni al contorno per l'esclusione di struttura portante e finitura dalle analisi sullo stato dell'arte dei prodotti S/R

Una volta definite e stabilite le condizioni al contorno, l'attività è stata svolta individuando, direttamente sui siti web dei produttori, i materiali e prodotti che il mercato delle costruzioni italiano attualmente offre, catalogandoli in base all'elemento funzionale di riferimento, come schematizzato in *Figura 1*. Sono state individuate nove categorie principali entro cui categorizzare i prodotti per costruzioni S/R: lastre, pannelli e doghe, pannelli sandwich, isolamento, schermi e membrane traspiranti, membrane impermeabilizzanti, malte e stucchi, sottofondi, e profili e accessori.



Figura 6. Elementi funzionali, clusterizzazione secondo nove categorie principali

Considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, al fine di agevolare la successiva consultazione delle informazioni raccolte nonché la loro riconversione per un futuro utilizzo digitale, i nove elementi funzionali sono stati ulteriormente suddivisi in categorie di prodotti, come mostrato in *Figura 7*.



Figura 7. Ulteriore suddivisione degli elementi funzionali in categorie di prodotti

Per ciascuna delle categorie di prodotti sopra indicate, sono stati quindi individuati ed elencati i principali competitors, in termini di aziende produttrici su larga scala a livello nazionale, e i relativi prodotti per costruzioni S/R commercializzati sul mercato italiano. La sub-attività LA2.12.1 ha portato in questo modo alla realizzazione di un database Excel implementabile, che raccoglie attualmente un totale di 5883 prodotti che fanno riferimento a 84 aziende.

Le sezioni seguenti analizzano e approfondiscono, per ciascun elemento funzionale, gli indicatori che sono stati presi in considerazione e i risultati ottenuti, in termini quantitativi e qualitativi. Considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, si rimanda al file Excel del database dei prodotti S/R (*LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx*, aggiornato alla data 30 Aprile 2020) per una consultazione completa dei dati raccolti per ciascuna categoria funzionale.

2.2.1 Lastre

La prima categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda le lastre. Come schematizzato in Figura 8, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in sette sottocategorie di prodotti: standard, idrorepellenti, protezione dal fuoco, alta resistenza, acustiche, per sottofondi, e per esterni.



Figura 8. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale “01 Lastre”

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 26 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 2.

Tabella 2. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale “01 Lastre”

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Campo di applicazione	-	4	Composizione	-
5	Spessore	mm	6	Larghezza	mm
7	Lunghezza	mm	8	Bordo longitudinale	-
9	Bordo di testa	-	10	Percentuale di foratura	%
11	Peso	kg/m ²	12	Densità	kg/m ³
13	Classe di reazione al fuoco	-	14	Carico di rottura a flessione longitudinale	N
15	Carico di rottura a flessione trasversale	N	16	Resistenza a flessione longitudinale	N/mm ²
17	Resistenza a flessione trasversale	N/mm ²	18	Modulo elasticità E	N/mm ²
19	Durezza superficiale	mm	20	Durezza Brinell	N/mm ²
21	Conducibilità termica λ	W/mK	22	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ in campo secco	-
23	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ in campo umido	-	24	Assorbimento d'acqua superficiale	g/m ²
25	Assorbimento d'acqua totale	%	26	Riduzione formaldeide	%

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale “01 Lastre”, sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 350 prodotti, corrispondenti a 12 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 9. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio “01_Lastre” nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 9. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di lastre per soluzioni S/R catalogate

2.2.2 Pannelli e doghe

La seconda categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda i pannelli e le doghe. Come schematizzato in Figura 10, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in cinque sottocategorie di prodotti: standard, idrorepellenti, protezione dal fuoco, acustici, e irrigidimento.



PANNELLI E DOGHE

- 02.A** Standard
- 02.B** Idrorepellenti
- 02.C** Protezione dal fuoco
- 02.D** Acustici
- 02.E** Irrigidimento

Figura 10. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale "02 Pannelli e doghe"

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 27 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 3.

Tabella 3. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale "02 Pannelli e doghe"

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Campo di applicazione	-	4	Composizione	-
5	Spessore	mm	6	Larghezza	mm
7	Lunghezza	mm	8	Bordo longitudinale	-
9	Bordo di testa	-	10	Foratura	-
11	Percentuale di foratura	%	12	Assorbimento acustico	-
13	Peso	kg/m ²	14	Densità	kg/m ³
15	Classe di reazione al fuoco	-	16	Conducibilità termica λ	W/mK
17	Resistenza a flessione longitudinale	N/mm ²	18	Resistenza a flessione trasversale	N/mm ²
19	Modulo elastico longitudinale	N/mm ²	20	Modulo elastico trasversale	N/mm ²
21	Resistenza trazione trasversale	N/mm ²	22	Rigonfiamento spessore 24h	%
23	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ in campo secco	-	24	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ in campo umido	-
25	Riflessione della luce	%	26	Resistenza all'umidità	-
27	Riduzione formaldeide	%			

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale "02 Pannelli e doghe", sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 388 prodotti, corrispondenti a 11 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 11. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio "02_Pannelli" nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 11. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di pannelli e doghe per soluzioni S/R catalogati

2.2.3 Pannelli sandwich

La terza categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda i pannelli sandwich. Come schematizzato in Figura 12, la famiglia in oggetto non è stata scomposta in ulteriori sottocategorie di prodotti.



Figura 12. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale “03 Pannelli sandwich”

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 28 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 4.

Tabella 4. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale “03 Pannelli sandwich”

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Campo di applicazione	-	4	Composizione strato isolante	-
5	Rivestimento esterno	-	6	Rivestimento interno	-
7	Finitura rivestimento esterno	-	8	Finitura rivestimento interno	-
9	Raggio di curvatura interno Ri	mm	10	Pendenza	%
11	Passo greche	mm	12	Numero greche	-
13	Giunti	-	14	Spessore strato isolante	mm
15	Spessore lamiera esterna/interna	mm	16	Larghezza totale	mm
17	Larghezza utile	mm	18	Lunghezza minima	mm
19	Lunghezza massima	mm	20	Altezza profilo	mm
21	Peso	kg/m ²	22	Classe di resistenza al fuoco	-
23	Classe di reazione al fuoco	-	24	Classe di reazione al fuoco dall'esterno	-
25	Assorbimento acustico	-	26	Isolamento acustico	dB
27	Trasmittanza	W/m ² K	28	Conducibilità termica λ	W/mK

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale “03 Pannelli sandwich”, sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 2435 prodotti, corrispondenti a 18 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 13. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio “03_Sandwich” nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 13. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di pannelli sandwich per soluzioni S/R catalogati

2.2.4 Isolamento

La quarta categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda gli isolanti. Come schematizzato in Figura 14, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in sei sottocategorie di prodotti: di origine vegetale, di origine minerale, di origine animale, di origine sintetica, di origine composita, e isolamento al calpestio.



ISOLAMENTO

- 04.A** Di origine vegetale
- 04.B** Di origine minerale
- 04.C** Di origine animale
- 04.D** Di origine sintetica
- 04.E** Di origine composita
- 04.F** Isolamento al calpestio

Figura 14. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale "04 Isolamento"

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 29 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 5.

Tabella 5. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale "04 Isolamento"

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Formato	-	4	Campo di applicazione	-
5	Composizione	-	6	Spessore	mm
7	Larghezza	mm	8	Lunghezza	mm
9	Densità	kg/m ³	10	Classe di reazione al fuoco	-
11	Resistenza a rottura trasversale	MPa	12	Resistenza a rottura longitudinale	MPa
13	Resistenza a trazione trasversale	kPa	14	Resistenza a taglio	kPa
15	Resistenza a flessione	kPa	16	Resistenza a compressione	kPa
17	Rigidità dinamica	MN/m ³	18	Conducibilità termica λ	W/mK
19	Calore specifico	J/kgK	20	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore	-
21	Permeabilità al vapore	m	22	Permeabilità al vapore	mg/mhPa
23	Assorbimento d'acqua BT/LT	kg/m ²	24	Permeabilità all'aria	kPas/m ²
25	Resistenza all'acqua	-	26	Emissività EST/INT	-
27	Isolamento al calpestio	dB	28	Fonoisolamento acustico	dB
29	Assorbimento acustico	-			

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale "04 Isolamento", sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 1284 prodotti, corrispondenti a 44 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 15. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio "04_Isolamento" nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 15. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di isolanti per soluzioni S/R catalogati

2.2.5 Schermi e membrane traspiranti

La quinta categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda gli schermi e le membrane traspiranti. Come schematizzato in Figura 16, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in tre sottocategorie di prodotti: barriera al vapore, freno al vapore, e membrane traspiranti.



Figura 16. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale “05 Schermi e membrane traspiranti”

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 20 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 6.

Tabella 6. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale “05 Schermi e membrane traspiranti”

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Campo di applicazione	-	4	Composizione	-
5	Spessore	mm	6	Larghezza	m
7	Lunghezza	m	8	Peso	kg/m ²
9	Classe di reazione al fuoco	-	10	Resistenza termica	°C
11	Resistenza a trazione max log/trasv	N/5 cm	12	Allungamento a trazione max long/trasv	%
13	Resistenza a strappo chiodo long/trasv	N	14	Conducibilità termica λ	W/mK
15	Calore specifico	J/kgK	16	Emissività	-
17	Permeabilità al vapore	m	18	Resistenza al passaggio di vapore μ	-
19	Permeabilità all'aria	m ³ /m ² h 50 Pa	20	Resistenza all'acqua	-

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale “05 Schermi e membrane traspiranti”, sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 284 prodotti, corrispondenti a 22 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 17. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio “05_Traspiranti” nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 17. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di schermi e membrane traspiranti per soluzioni S/R catalogati

2.2.6 Membrane impermeabilizzanti

La sesta categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda le membrane impermeabilizzanti. Come schematizzato in Figura 18, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in quattro sottocategorie di prodotti: membrane bituminose, membrane polimeriche, membrane autoprotette e ardesiate, e membrane vegetali.



Figura 18. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale "06 Membrane impermeabilizzanti"

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 18 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 7.

Tabella 7. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale "06 Membrane impermeabilizzanti"

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Campo di applicazione	-	4	Composizione	-
5	Spessore	mm	6	Larghezza	m
7	Lunghezza	m	8	Peso	kg/m ²
9	Classe di reazione al fuoco	-	10	Resistenza termica	°C
11	Resistenza a trazione max long/trasv	N/5 cm	12	Allungamento a trazione max long/trasv	%
13	Resistenza a strappo chiodo long/trasv	N	14	Conducibilità termica λ	W/mK
15	Calore specifico	J/kgK	16	Permeabilità al vapore	m
17	Resistenza al passaggio di vapore μ	-	18	Resistenza all'acqua	-

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale "06 Membrane impermeabilizzanti", sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 361 prodotti, corrispondenti a 12 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 19. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio "06_Impermeabilizzanti" nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 19. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di membrane impermeabilizzanti per soluzioni S/R catalogate

2.2.7 Malte e stucchi

La settima categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda le malte e gli stucchi. Come schematizzato in Figura 20, la famiglia in oggetto non è stata scomposta in ulteriori sottocategorie di prodotti.



MALTE E STUCCHI

07.A Rasanti, collanti e stucchi

Figura 20. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale "07 Malte e stucchi"

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 24 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 8.

Tabella 8. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale "07 Malte e stucchi"

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Tipologia prodotto	-	4	Campo di applicazione	-
5	Composizione	-	6	Formato	-
7	Quantità	kg	8	Granulometria	mm
9	Densità	kg/m ³	10	Densità	kg/l
11	Acqua di impasto	%	12	Tempo di lavorabilità	min
13	Tempo di presa	h	14	Resa collante	kg/m ²
15	Resa rasante	kg/m ² mm	16	Resa stucco	kg/m ²
17	Adesione	N/mm ²	18	Classe di reazione al fuoco	-
19	Resistenza a compressione a 28 gg	N/mm ²	20	Resistenza a flessione a 28 gg	N/mm ²
21	Modulo di elasticità a 28 gg	N/mm ²	22	Conducibilità termica λ	W/mK
23	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ	-	24	Resistenza all'acqua	-

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale "07 Malte e stucchi", sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 186 prodotti, corrispondenti a 26 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 21. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio "07_Malte" nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 21. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di malte e stucchi per soluzioni S/R catalogati

2.2.8 Sottofondi

L’ottava categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell’involucro riguarda i sottofondi. Come schematizzato in Figura 22, la famiglia in oggetto non è stata scomposta in ulteriori sottocategorie di prodotti.



SOTTOFONDI

08.A Sottofondi alleggeriti

Figura 22. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale “08 Sottofondi”

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 13 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 9.

Tabella 9. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l’elemento funzionale “08 Sottofondi”

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Composizione	-	4	Formato	-
5	Granulometria	mm	6	Spessore massimo	mm
7	Densità	kg/m ³	8	Classe di reazione al fuoco	-
9	Conducibilità termica λ	W/mK	10	Calore specifico	J/kgK
11	Resistenza a compressione	N/mm ²	12	Fattore di resistenza alla diffusione di vapore μ	-
13	Fonoisolamento acustico	dB			

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale “08 Sottofondi”, sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 38 prodotti, corrispondenti a 12 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 23. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l’elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio “08_Sottofondi” nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 23. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di sottofondi per soluzioni S/R catalogati

2.2.9 Profili e accessori

La nona e ultima categoria che è stata individuata a valle della scomposizione tecnologico-funzionale dell'involucro riguarda i profili e accessori. Come schematizzato in Figura 24, la famiglia in oggetto è stata ulteriormente suddivisa in tre sottocategorie di prodotti: orditure, accessori per controsoffitto, e profili angolari e paraspigoli.



Figura 24. Dettaglio delle sottocategorie relative alla categoria funzionale "09 Profili e accessori"

Per tale famiglia di prodotti, sono stati selezionati 20 indicatori caratterizzanti, come elencato e approfondito in Tabella 10.

Tabella 10. Lista dei principali indicatori selezionati, caratterizzanti l'elemento funzionale "09 Profili e accessori"

#	INDICATORE	U.M.	#	INDICATORE	U.M.
1	Azienda	-	2	Modello	-
3	Impiego	-	4	Campo di applicazione	-
5	Composizione	-	6	Spessore	mm
7	Larghezza	mm	8	Lunghezza	mm
9	Sezione	mm	10	Peso	kg/m
11	Area sezione	mm ²	12	Inerzia maggiore	mm ⁴
13	Inerzia minore	mm ⁴	14	Classe di reazione al fuoco	-
15	Carico di snervamento - flessione	N/mm ²	16	Resistenza in nebbia salina	h
17	Capacità portante	N	18	Portata massima	kg
19	Carico ammissibile con vite	N	20	Classe di protezione contro la corrosione	-

Per quanto riguarda dunque la categoria funzionale "09 Profili e accessori", sono stati complessivamente catalogati secondo le modalità sopra descritte 557 prodotti, corrispondenti a 11 differenti aziende produttrici, individuate in Figura 25. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di soluzioni disponibili sul mercato, per una consultazione completa dei dati raccolti si può fare riferimento al foglio "09_Profil" nel file Excel del database dei prodotti S/R (LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx, aggiornato alla data 30 Aprile 2020).



Figura 25. Mappatura delle aziende sul mercato italiano produttrici di profili e accessori per soluzioni S/R catalogati

2.3 Ricerca e selezione di progetti di edifici realizzati con sistemi S/R (LA2.12.2)

Al fine di individuare i casi studio più significativi di edifici realizzati con sistema costruttivo stratificato a secco, all'interno della sub-attività LA2.12.2 è stata effettuata un'approfondita analisi a livello nazionale ed europeo.

Come fatto anche nella sub-attività precedente (Sezione 2.2 del presente report), vista la quantità e qualità delle informazioni da raccogliere, per lo svolgimento della ricerca sono state definite delle condizioni al contorno di riferimento. In particolare, per effettuare un'analisi più chiara e mirata si è scelto di prendere in considerazione solamente nuove costruzioni, sia residenziali che non residenziali, a condizione che presentassero un involucro realizzato con tecnologia S/R sia a parete esterna che in copertura. Per maggiore chiarezza, le condizioni al contorno appena definite sono state schematizzate in Figura 26.



Figura 26. Identificazione delle condizioni al contorno per la selezione di edifici realizzati con tecnologia S/R

Una volta definite e stabilite le condizioni al contorno, l'attività è stata svolta individuando, tramite conoscenza diretta o mediante ricerca sui siti web dei progettisti, gli edifici più significativi realizzati con tecnologia stratificata a secco. Come verrà ulteriormente approfondito nelle sezioni seguenti, la ricerca non si è limitata al solo territorio nazionale, ma è stata estesa al resto del continente europeo. La sub-attività LA2.12.2 ha portato in questo modo alla stesura di un elenco implementabile, che raccoglie attualmente un totale di 50 casi studio, di cui 36 sono edifici residenziali e 14 non residenziali.

2.3.1 Italia

Sul territorio nazionale sono stati complessivamente individuati secondo le condizioni e modalità sopra descritte 32 casi studio realizzati con tecnologia stratificata a secco, come mostrato in Tabella 11 e Figura 27.

Tabella 11. Lista dei casi studio individuati a livello nazionale

#	CASO STUDIO	LOCALIZZAZIONE	#	CASO STUDIO	LOCALIZZAZIONE
1	APE TAU	L'Aquila (AQ)	2	BIRD	Brescia (BS)
3	C-ASA	Lecco (LC)	4	Casa del Sole	Brembate di Sopra (BG)
5	Casa Ravazzolo	Monticello (VI)	6	Casa sul Parco	Fidenza (PR)
7	CasAselvino	Selvino (BG)	8	Centro Le Vele	S. Giuliano (PI)
9	Chiesa di S. Agostino	Trenta (CS)	10	Corte del Futuro	Torre Boldone (BG)
11	E ³	Bergamo (BG)	12	Eco Hotel Bonapace	Nago-Torbole (TN)
13	Fiorita Passive House	Cesena (FC)	14	G.R. Informatica	Lecco (LC)
15	Grand Hotel Imperiale	Moltrasio (CO)	16	Kasanova	Arcore (MB)
17	La Maison Verte	Borgo Palazzo (BG)	18	Maga House	Castana (PV)
19	Passivhaus Marlegno	Bolgare (BG)	20	Residenza Livigno	Livigno (SO)
21	Residenza Tresenda	Teglio (SO)	22	Residenza Verdiana	Clusone (BG)
23	Via di Villa Belardi	Roma (RM)	24	Sasso Nero	Valle Aurina (BZ)
25	Slash House	Godiasco (PV)	26	Smart-Eco Housing	Stezzano (BG)
27	VELUXlab	Milano (MI)	28	Via Comune Antico 36	Milano (MI)
29	Via Orti 4	Milano (MI)	30	Villa Miriam	Monopoli (BA)
31	Villa unifamiliare	Livorno (LI)	32	Villaggio del Futuro	Bergamo (BG)



Figura 27. Mappatura dei casi studio selezionati sul territorio nazionale

2.3.2 Europa

Nel resto d'Europa, invece, sono stati complessivamente individuati secondo le condizioni e modalità sopra descritte 18 casi studio realizzati con tecnologia stratificata a secco, come mostrato in Tabella 12 e in Figura 28.

Tabella 12. Lista dei casi studio individuati a livello europeo

#	CASO STUDIO	LOCALIZZAZIONE	#	CASO STUDIO	LOCALIZZAZIONE
1	By the Way House	Polonia Centrale - PL	2	Campus Quicksilver	St. Jean de Luz - FR
3	CarbonLight Homes	Kettering - UK	4	Green Lighthouse	Copenhagen - DK
5	Home for Life	Lystrup - DK	6	House on the Moor	Krumbach - A
7	ISOBO Aktiv	Sandnes - N	8	Kilkillen House	Cork - IRL
9	Lighthouse	Londra - UK	10	Maison Air et Lumière	Verrières-Buisson - FR
11	Monte Rosa Hutte	Zermatt - CH	12	Nursery	Lugano - CH
13	Optima House	Kiev - UA	14	Raa Day Care Center	Raa - S
15	Skewed Stolp	Middenbeemster - NL	16	Stackyard House	Suffolk - UK
17	Sunlighthouse	Pressbaum - A	18	ZEB Pilot House	Larvik - N



Figura 28. Mappatura dei casi studio selezionati nel resto dell'Europa

2.4 Atlante dei materiali e dei casi studio per il sistema S/R (LA2.12.3)

A valle dei risultati delle sub-attività LA2.12.1 (database prodotti S/R, Sezione 2.2) e LA2.12.2 (elenco casi studio S/R, Sezione 2.3), la sub-attività LA2.12.3 ha portato alla vera e propria catalogazione delle soluzioni individuate, andando a costituire un atlante della tecnologia stratificata a secco implementabile in formato Word e PDF, che raccoglie tre tipologie di scheda differenti: schede dei prodotti S/R, schede delle relative aziende produttrici, e schede dei casi studio più significativi di edifici realizzati con involucro stratificato a secco.

Le sezioni seguenti analizzano e approfondiscono, per ciascuna tipologia di scheda, la struttura e i contenuti principali. Considerato l'elevato numero di schede prodotte come risultato della sub-attività in oggetto, si rimanda ai rispettivi file PDF per una consultazione completa.

2.4.1 Atlante dei materiali per il sistema S/R

Per quanto riguarda la schedatura dei materiali e prodotti per il sistema S/R, sono stati complessivamente catalogati 5883 prodotti, corrispondenti alle 9 differenti categorie funzionali individuate in Sezione 2.2.

Le schede relative ai prodotti S/R sono state tutte strutturate secondo un format appositamente predisposto, che prevede innanzitutto un'intestazione iniziale in cui sono riportati l'indicazione dell'elemento funzionale (mediante icona corrispondente), la relativa categoria di prodotti, e il nome del prodotto oggetto di catalogazione. Successivamente, la scheda riporta, da documenti ufficiali reperiti sul sito web del produttore, un elenco completo di tutti i principali valori relativi al prodotto in oggetto, corrispondenti ai parametri precedentemente definiti per ciascuna categoria funzionale nelle relative sezioni del presente report (Sezioni da 2.2.1 a 2.2.9). Infine, per ciascun prodotto viene proposta una rappresentazione grafica, mediante grafico "radar", delle prestazioni ottenute dal prodotto stesso negli indicatori che sono stati selezionati come più rappresentativi della rispettiva categoria funzionale; ciò che accomuna tutti i grafici è la scala di valutazione, con punteggio sempre variabile da 1 a 4, mentre per quanto riguarda gli indicatori selezionati per ciascuna categoria e il rispettivo sistema di valutazione si rimanda agli approfondimenti nei paragrafi seguenti. In Figura 42 si riportano, invece, due esempi di schede prodotto.

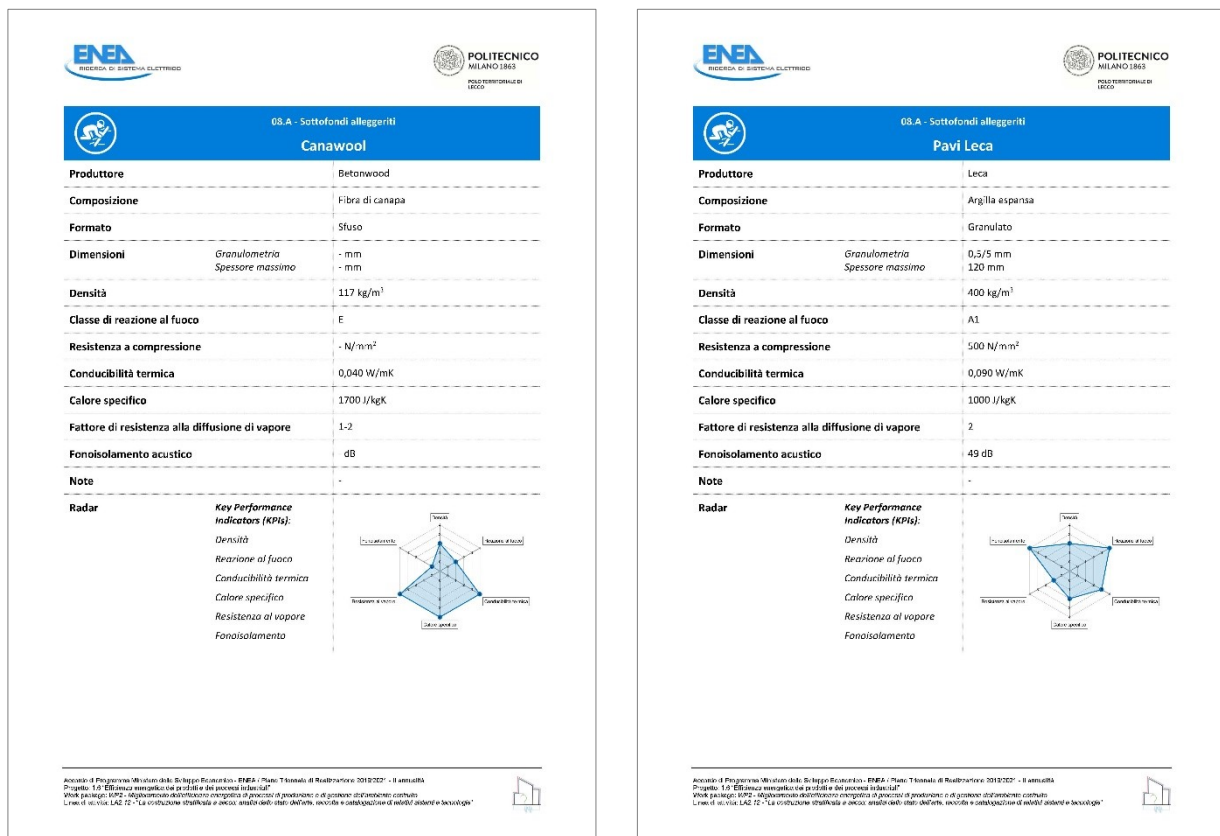


Figura 29. Esempi di schede atlante in riferimento ai prodotti S/R

Tabella 13. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica ("radar") della categoria funzionale "01 Lastre"

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Resistenza a flessione	D	Conducibilità termica
E	Assorbimento acqua		

Per la rappresentazione grafica mediante “radar” delle prestazioni relative alla categoria funzionale “01 Lastre”, tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 2 sono stati selezionati cinque indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 13. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 30.

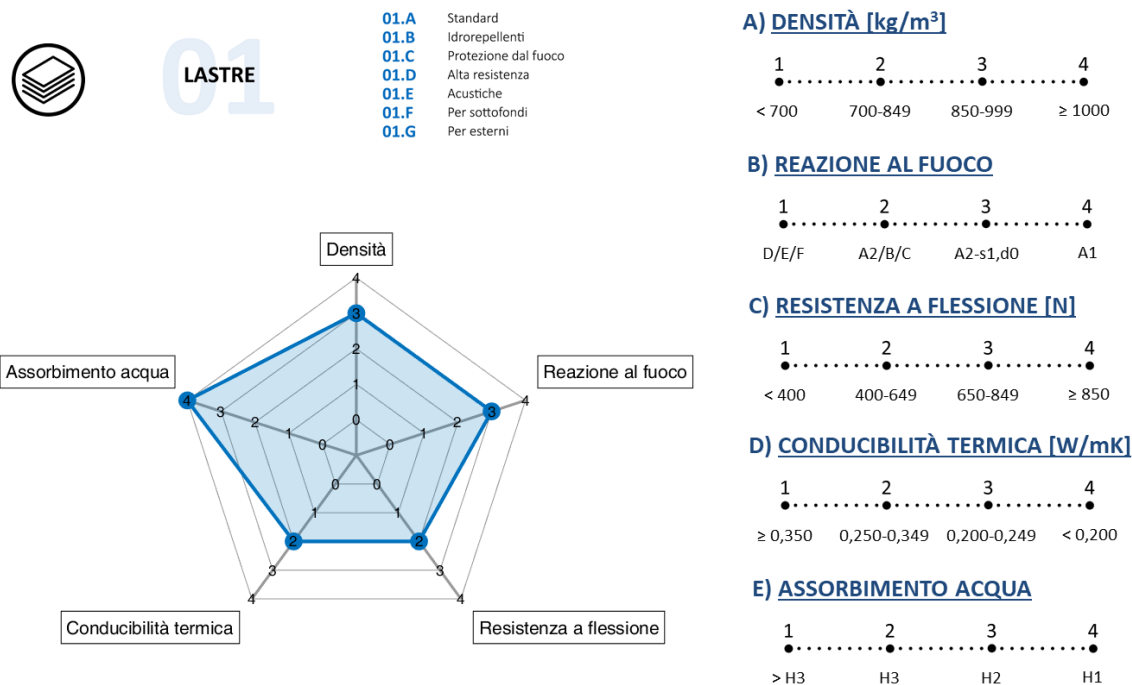


Figura 30. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “01 Lastre”

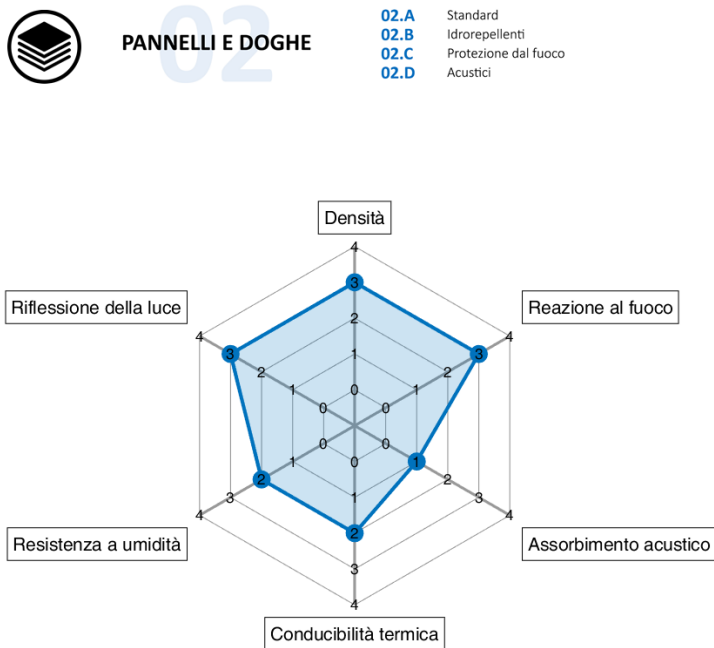
La rappresentazione grafica mediante “radar” della categoria funzionale “02 Pannelli e doghe”, date le differenti caratteristiche prestazionali della sua sub-categoria “02.E Irrigidimento” rispetto alle precedenti, è stata suddivisa in due: una relativa alle categorie di prodotto 02.A-D, e una che fa riferimento alla sola categoria 02.E. Tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 3 sono stati selezionati, rispettivamente, sei e cinque indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 14 e Tabella 15. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 31 e Figura 32.

Tabella 14. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “02 Pannelli e doghe”, sub-categorie 02.A-D

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Assorbimento acustico	D	Conducibilità termica
E	Resistenza a umidità	F	Riflessione della luce

Tabella 15. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “02 Pannelli e doghe”, sub-categoria 02.E

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Assorbimento acustico	D	Conducibilità termica
E	Modulo elastico		



A) DENSITÀ [kg/m³]

1	2	3	4
•	•	•	•
< 700	700-849	850-999	≥ 1000

B) REAZIONE AL FUOCO

1	2	3	4
•	•	•	•
D/E/F	A2/B/C	A2-s1,d0	A1

C) ASSORBIMENTO ACUSTICO

1	2	3	4
•	•	•	•
< 0,40	0,40-0,64	0,65-0,89	≥ 0,90

D) CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/mK]

1	2	3	4
•	•	•	•
≥ 0,350	0,250-0,349	0,200-0,249	< 0,200

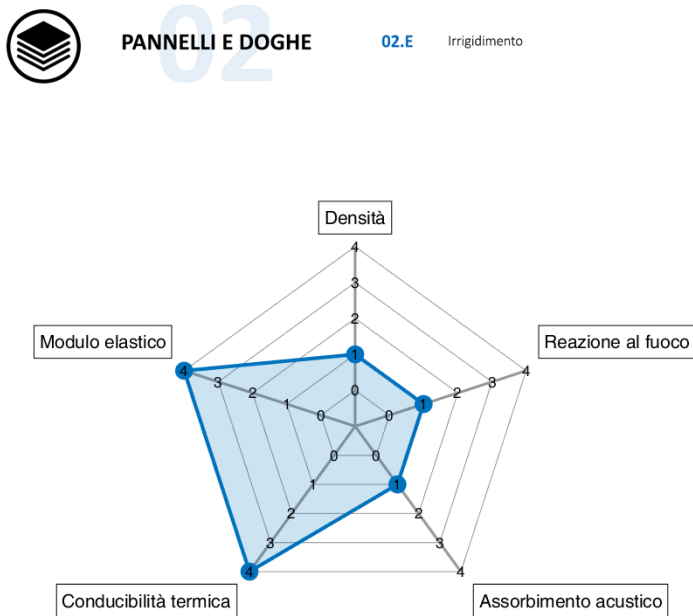
E) RESISTENZA A UMIDITÀ

1	2	3	4
•	•	•	•
≤ RH70	RH71-90	RH91-95	> RH95

F) RIFLESSIONE DELLA LUCE [%]

1	2	3	4
•	•	•	•
< 70	70-79	80-89	≥ 90

Figura 31. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “02 Pannelli e doghe”, sub-categorie 02.A-D



A) DENSITÀ [kg/m³]

1	2	3	4
•	•	•	•
< 700	700-849	850-999	≥ 1000

B) REAZIONE AL FUOCO

1	2	3	4
•	•	•	•
D/E/F	A2/B/C	A2-s1,d0	A1

C) ASSORBIMENTO ACUSTICO

1	2	3	4
•	•	•	•
< 0,40	0,40-0,64	0,65-0,89	≥ 0,90

D) CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/mK]

1	2	3	4
•	•	•	•
≥ 0,350	0,250-0,349	0,200-0,249	< 0,200

E) MODULO ELASTICO [N/mm²]

1	2	3	4
•	•	•	•
< 4000	4000-4499	4500-4999	≥ 5000

Figura 32. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “02 Pannelli e doghe”, sub-categoria 02.E

Per la rappresentazione grafica mediante “radar” delle prestazioni relative alla categoria funzionale “03 Pannelli sandwich”, tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 4 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 16. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 33.

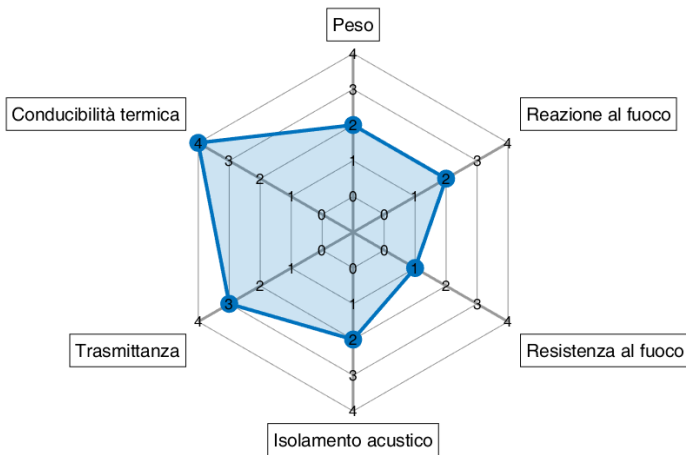
Tabella 16. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “03 Pannelli sandwich”

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Peso	B	Reazione al fuoco
C	Resistenza al fuoco	D	Isolamento acustico
E	Trasmittanza	F	Conducibilità termica

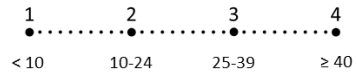


PANNELLI SANDWICH

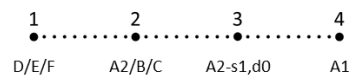
03.A Pannelli sandwich



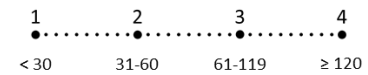
A) PESO [kg/m²]



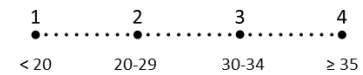
B) REAZIONE AL FUOCO



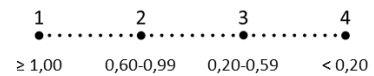
C) RESISTENZA AL FUOCO [EI/REI]



D) ISOLAMENTO ACUSTICO [dB]



E) TRASMITTANZA [W/m²K]



F) CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/mK]

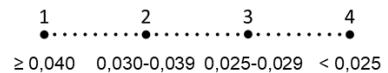


Figura 33. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “03 Pannelli sandwich”

Per la rappresentazione grafica mediante “radar” delle prestazioni relative alla categoria funzionale “04 Isolamento”, tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 5 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 17. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 34.

Tabella 17. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “04 Isolamento”

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Conducibilità termica	D	Calore specifico
E	Resistenza al vapore	F	Isolamento al calpestio

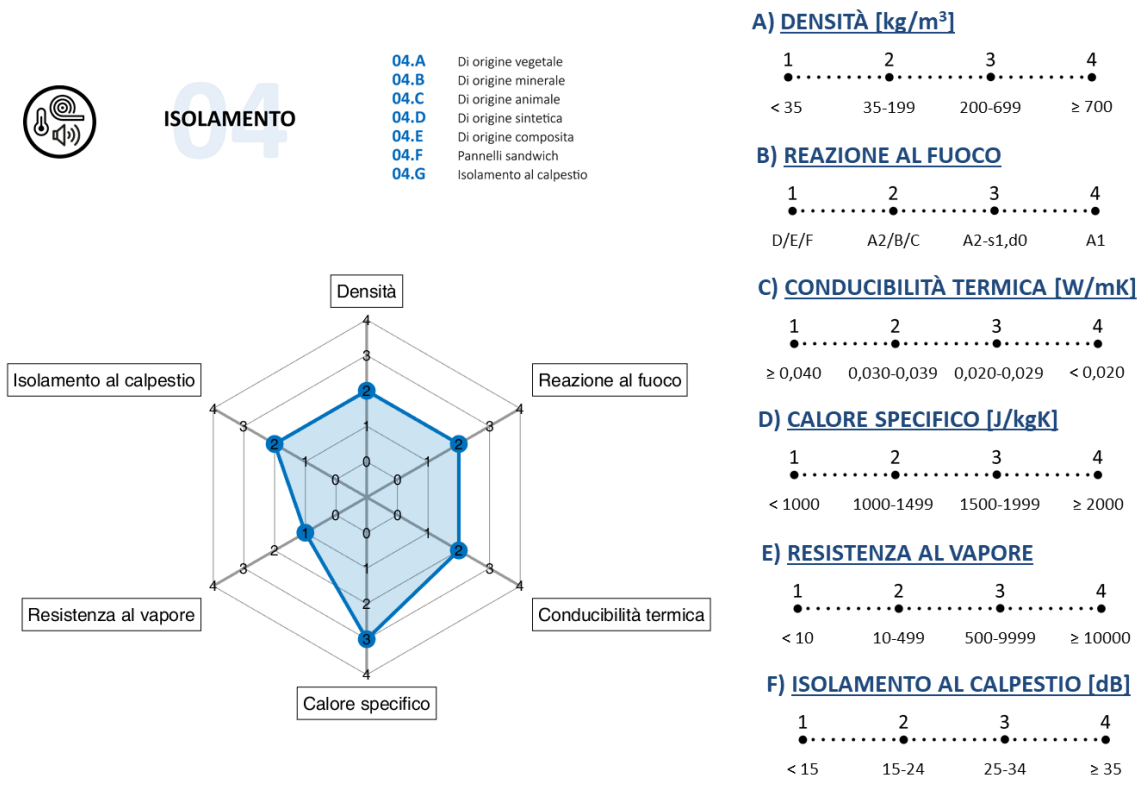


Figura 34. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “04 Isolamento”

Per la rappresentazione grafica mediante “radar” delle prestazioni relative alla categoria funzionale “05 Schermi e membrane traspiranti”, tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 6 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 18. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 35.

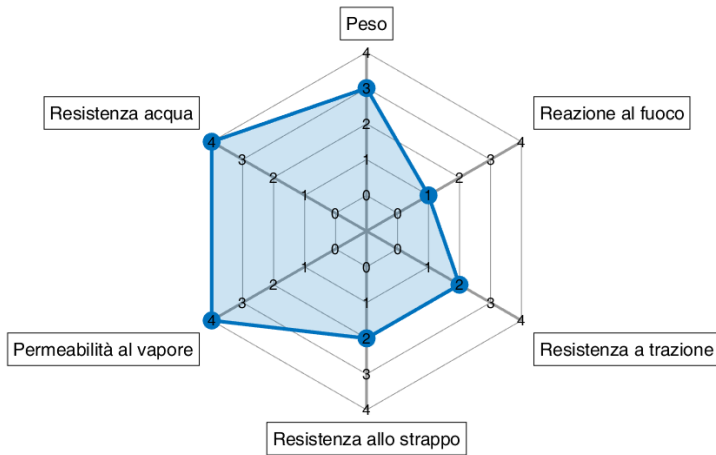
Tabella 18. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “05 Schermi e membrane traspiranti”

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Peso	B	Reazione al fuoco
C	Resistenza a trazione	D	Resistenza allo strappo
E	Permeabilità al vapore	F	Resistenza all’acqua

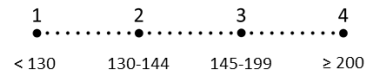


SCHERMI E MEMBRANE TRASPIRANTI

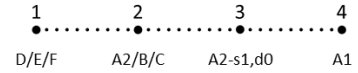
- 05.A Barriera al vapore
- 05.B Freno al vapore
- 05.C Membrane traspiranti



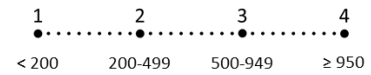
A) PESO [kg/m²]



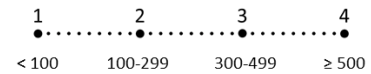
B) REAZIONE AL FUOCO



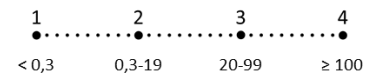
C) RESISTENZA A TRAZIONE [N/5cm]



D) RESISTENZA ALLO STRAPPO [N]



E) PERMEABILITÀ AL VAPORE [m]



F) RESISTENZA ALL'ACQUA

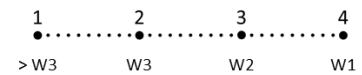


Figura 35. Valori limite per l'assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale "05 Schermi e membrane traspiranti"

Per la rappresentazione grafica mediante "radar" delle prestazioni relative alla categoria funzionale "06 Membrane impermeabilizzanti", tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 7 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 19. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 36.

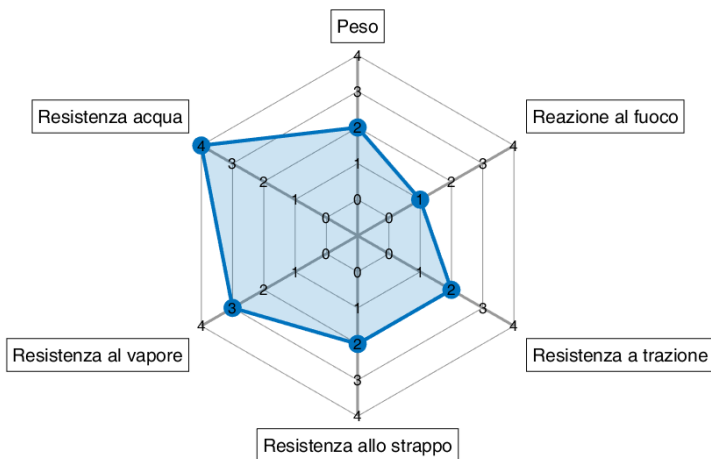
Tabella 19. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica ("radar") della categoria funzionale "06 Membrane impermeabilizzanti"

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Peso	B	Reazione al fuoco
C	Resistenza a trazione	D	Resistenza allo strappo
E	Resistenza al vapore	F	Resistenza all'acqua

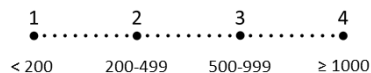


MEMBRANE IMPERMEABILIZZANTI

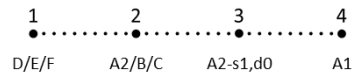
- 06.A** Membrane bituminose
- 06.B** Membrane polimeriche
- 06.C** Membrane autoprotette e ardesiate
- 06.D** Membrane vegetali



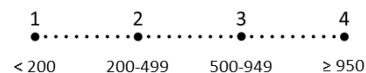
A) PESO [kg/m²]



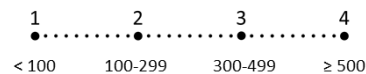
B) REAZIONE AL FUOCO



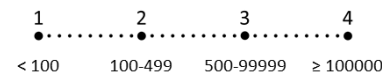
C) RESISTENZA A TRAZIONE [N/5cm]



D) RESISTENZA ALLO STRAPPO [N]



E) RESISTENZA AL VAPORE



F) RESISTENZA ALL'ACQUA

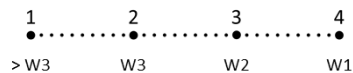


Figura 36. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “06 Membrane impermeabilizzanti”

Per la rappresentazione grafica mediante “radar” delle prestazioni relative alla categoria funzionale “07 Malte e stucchi”, tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 8 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 20. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 37.

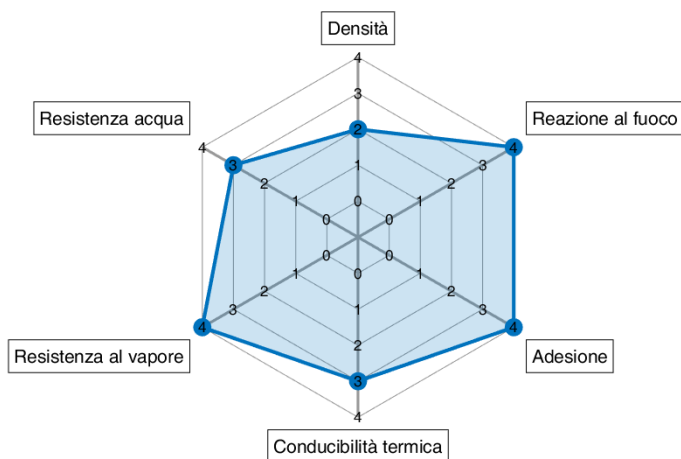
Tabella 20. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica (“radar”) della categoria funzionale “07 Malte e stucchi”

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Adesione	D	Conducibilità termica
E	Resistenza al vapore	F	Resistenza all’acqua

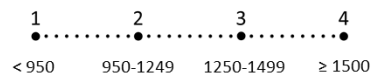


MALTE E STUCCHI

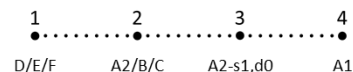
07.A Rasanti, collanti e stucchi



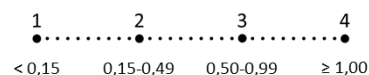
A) DENSITÀ [kg/m³]



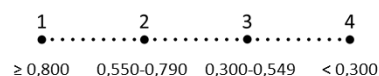
B) REAZIONE AL FUOCO



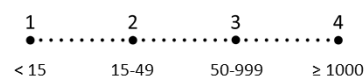
C) ADESIONE [N/mm²]



D) CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/mK]



E) RESISTENZA AL VAPORE



F) RESISTENZA ALL'ACQUA

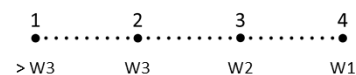


Figura 37. Valori limite per l'assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale "07 Malte e stucchi"

Per la rappresentazione grafica mediante "radar" delle prestazioni relative alla categoria funzionale "08 Sottofondi", tra i parametri caratteristici definiti in Tabella 9 sono stati selezionati sei indicatori più rappresentativi, elencati in Tabella 21. I valori limite che definiscono il punteggio assegnato a ciascun indicatore sul rispettivo asse del grafico sono invece riportati in Figura 38.

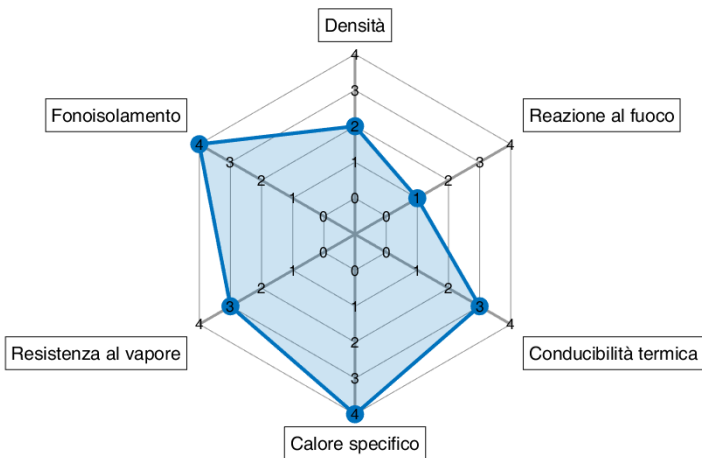
Tabella 21. Lista degli indicatori più significativi selezionati per la rappresentazione grafica ("radar") della categoria funzionale "08 Sottofondi"

#	INDICATORE	#	INDICATORE
A	Densità	B	Reazione al fuoco
C	Conducibilità termica	D	Calore specifico
E	Resistenza al vapore	F	Fonoisolamento



SOTTOFONDI

08.A Sottofondi alleggeriti



A) DENSITÀ [kg/m³]

1	2	3	4
●	●	●	●
< 100	100-449	450-999	≥ 1000

B) REAZIONE AL FUOCO

1	2	3	4
●	●	●	●
D/E/F	A2/B/C	A2-s1,d0	A1

C) CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/mK]

1	2	3	4
●	●	●	●
≥ 0,200	0,100-0,199	0,045-0,099	< 0,045

D) CALORE SPECIFICO [J/kgK]

1	2	3	4
●	●	●	●
< 1000	1000-1399	1400-1699	≥ 1700

E) RESISTENZA AL VAPORE

1	2	3	4
●	●	●	●
< 3	3-5,9	6-9,9	≥ 10

F) FONOISOLAMENTO [dB]

1	2	3	4
●	●	●	●
< 25	25-34	35-44	≥ 45

Figura 38. Valori limite per l’assegnazione del punteggio agli indicatori relativi alla categoria funzionale “08 Sottofondi”

A titolo esemplificativo, nella pagina seguente si riporta un esempio completo di scheda atlante relativa alla categoria “08 Sottofondi”. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l’elevato numero di schede prodotte, per una consultazione completa si può fare riferimento ai file PDF dell’atlante prodotto (20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_XXX.pdf, aggiornati alla data 30 Novembre 2020).



08.A - Sottofondi alleggeriti

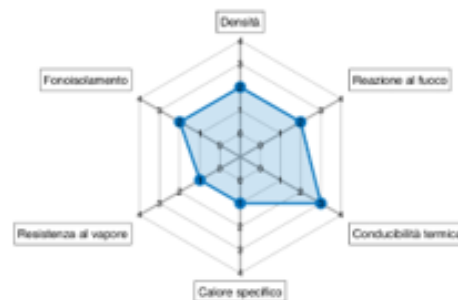
Aquapanel Levelling Fill

Produttore		Knauf
Composizione		Perlite
Formato		Granulato
Dimensioni	<i>Granulometria</i>	0/6 mm
	<i>Spessore massimo</i>	- mm
Densità		165 kg/m ³
Classe di reazione al fuoco		B
Resistenza a compressione		- N/mm ²
Conducibilità termica		0,060 W/mK
Calore specifico		840 J/kgK
Fattore di resistenza alla diffusione di vapore		2
Fonoisolamento acustico		31 dB
Note		-

Radar

Key Performance Indicators (KPIs):

- Densità*
- Reazione al fuoco*
- Conducibilità termica*
- Calore specifico*
- Resistenza al vapore*
- Fonoisolamento*



2.4.2 Atlante delle relative aziende produttrici

Per quanto riguarda la schedatura delle aziende produttrici di materiali e prodotti per il sistema S/R, sono state complessivamente catalogate 84 aziende, individuate in Figura 39.



Figura 39. Mappatura delle aziende sul mercato italiano relative alle soluzioni S/R catalogate

Le schede relative alle aziende produttrici sono state tutte strutturate secondo un format appositamente predisposto, che prevede innanzitutto l'indicazione dell'azienda oggetto di catalogazione, della sua sede amministrativa, del sito produttivo (o dei siti produttivi, se più di uno), e di riferimenti quali sito web, indirizzo e-mail e contatto telefonico. Successivamente viene fornita anche una breve descrizione dell'azienda, in modo da inquadrarne la tipologia, e vengono identificati i prodotti S/R commercializzati, secondo le categorie funzionali individuate nella sub-attività LA2.12.1; a tal fine, in particolare, si è scelto di utilizzare un'indicazione grafica, colorando in azzurro l'icona relativa alla categoria di prodotti commercializzati dall'azienda, e lasciando invece in grigio quelle non previste da catalogo.

La lista sintetica dei principali indicatori selezionati per la catalogazione delle aziende è presentata in Tabella 22, mentre in Figura 40 vengono riportati due esempi di schede.

Tabella 22. Lista dei principali indicatori selezionati per la schedatura delle aziende



#	INDICATORE	#	INDICATORE
1	Nome azienda	2	Sede
3	Sito produttivo	4	Riferimenti
5	Tipologia di azienda	6	Prodotti commercializzati




3THERM

Sede	Via del Bersaglio, 7 39040 Montagna (BZ)
Sito produttivo	Montagna (BZ)
Riferimenti	www.3therm.it info@3therm.it +39 0471 801900
Tipologia di azienda	3Therm nasce nel 2004 con l'obiettivo di proporre soluzioni innovative nel mercato dell'edilizia sostenibile, fornendo una gamma completa di materiali isolanti naturali per l'edilizia e diventando fin da subito l'azienda di riferimento in particolare nel settore degli isolanti in fibra di legno.
Prodotti commercializzati	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Lastre</div> <div style="text-align: center;"> Pannelli e doghe</div> <div style="text-align: center;"> Pannelli sandwich</div> <div style="text-align: center;"> Isolamento</div> <div style="text-align: center;"> Schermi e membrane trasparenti</div> </div> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> Membrane impermeabilizzanti</div> <div style="text-align: center;"> Malte e stucchi</div> <div style="text-align: center;"> Sottofondi</div> <div style="text-align: center;"> Profili e accessori</div> </div>

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA / Piano Triennale di Realizzazione 2019/2021 - II annualità
Progetto: "1.6 Efficienza energetica dei processi e dei processi industriali"
Work package: WP2 - Miglioramento dell'efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell'ambiente costruito
Linea di attività: LA2.12 - "La costruzione smartificata e smart: analisi dello stato dell'arte, ricerca e catalogazione di nuovi sistemi e tecnologie"

FASSA BORTOLO

Sede	Via Lazzaris, 3 31027 Spresiano (TV)
Sito produttivo	Spresiano - San Pietro di Feletto (TV) Artena (RM) Bagnasco (CN) Bitonto (BA) Cailiano - Moncalvo (AT) Mazzano - Montichiari (BS) Molazzana (LU) Popoli (PE) Ravenna (RA) Sala al Barro (LC) Cerano di Dolcè (VR) Schio - Villaga (VI)
Riferimenti	www.fassabortolo.it +39 0422 7222
Tipologia di azienda	Fassa Bortolo è un marchio storico nel mondo dell'edilizia, leader in Italia e tra i più affermati a livello internazionale. La vasta gamma di prodotti si presenta come un sistema integrato in grado di soddisfare tutte le esigenze del settore e rispondere a ogni tipologia di opera, dal piccolo intervento al grande cantiere. L'offerta spazia dalle malte agli intonaci premiscelati, dalle pitture ai prodotti per la posa, fino alle soluzioni per il risanamento, il ripristino e l'isolamento termico. A questi si aggiungono i prodotti per la bio-architettura, il cartongesso e la linea di decorativi.
Prodotti commercializzati	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Lastre</div> <div style="text-align: center;"> Pannelli e doghe</div> <div style="text-align: center;"> Pannelli sandwich</div> <div style="text-align: center;"> Isolamento</div> <div style="text-align: center;"> Schermi e membrane trasparenti</div> </div> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> Membrane impermeabilizzanti</div> <div style="text-align: center;"> Malte e stucchi</div> <div style="text-align: center;"> Sottofondi</div> <div style="text-align: center;"> Profili e accessori</div> </div>

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA / Piano Triennale di Realizzazione 2019/2021 - II annualità
Progetto: "1.6 Efficienza energetica dei processi e dei processi industriali"
Work package: WP2 - Miglioramento dell'efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell'ambiente costruito
Linea di attività: LA2.12 - "La costruzione smartificata e smart: analisi dello stato dell'arte, ricerca e catalogazione di nuovi sistemi e tecnologie"

Figura 40. Esempi di schede atlante in riferimento alle aziende produttrici

A titolo esemplificativo, nella pagina seguente si riporta un esempio completo di scheda atlante. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di schede prodotte, per una consultazione completa si può fare riferimento al file PDF dell'atlante prodotto (20201130_LA2.12.3_Schede_Aziende.pdf, aggiornato alla data 30 Novembre 2020).

KNAUF

Sede Via Livornese, 20
56040 Castellina Marittima (PI)

Sito produttivo Castellina Marittima (PI)

Riferimenti www.knauf.it
knauf@knauf.it
+39 050 69211

Tipologia di azienda Knauf Italia, punto di riferimento nel settore delle costruzioni a secco, è stata fondata nel 1977 come sede logistica della multinazionale tedesca. Polo produttivo per l'approvvigionamento diretto del settore edile italiano, conta due stabilimenti in Toscana, per la produzione dei sistemi a secco e degli intonaci a base gesso, e due centri di formazione, a Milano e Pisa.

Prodotti commercializzati



Lastre



Pannelli e doghe



Pannelli sandwich



Isolamento



Schermi e membrane traspiranti



Membrane impermeabilizzanti



Malte e stucchi



Sottofondi



Profili e accessori

2.4.3 Atlante dei casi studio realizzati con tecnologia S/R

Per quanto riguarda la schedatura dei casi studio realizzati con tecnologia stratificata a secco, sono stati complessivamente catalogati 40 edifici, individuati in Figura 41, di cui 27 sul territorio nazionale e 13 nel resto d'Europa.

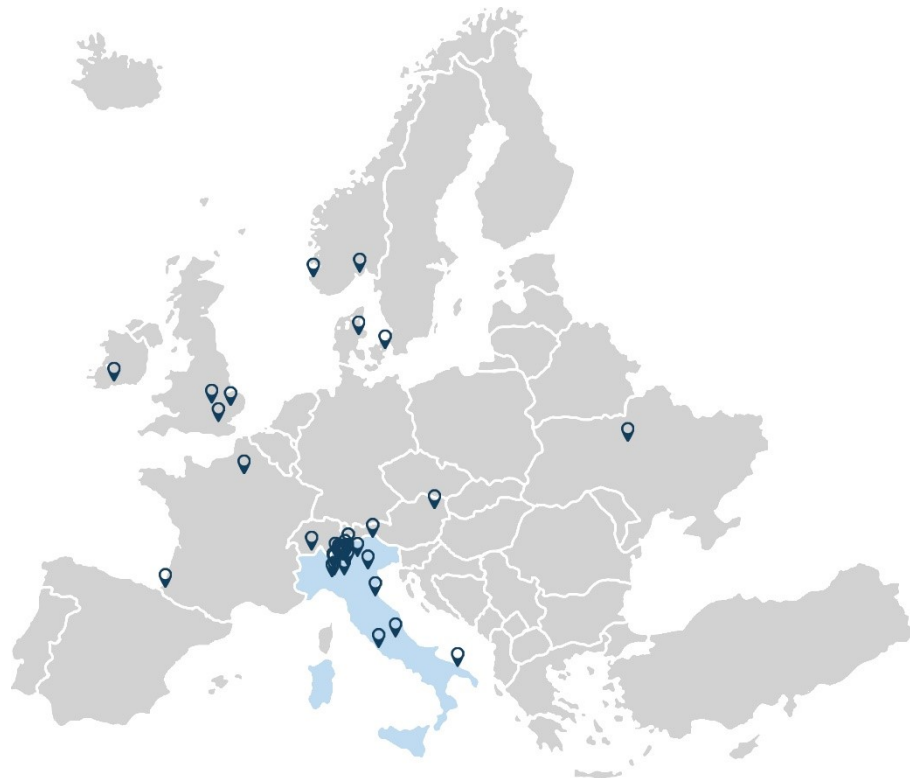


Figura 41. Mappatura dei casi studio catalogati

Le schede relative ai casi studio sono state tutte strutturate secondo un format appositamente predisposto, che prevede innanzitutto una prima pagina di sintesi con indicazione dell'edificio oggetto di catalogazione, tre immagini rappresentative dello stesso, e una serie di 10 indicatori e parametri riassuntivi del caso studio e delle sue prestazioni, che verranno approfonditi nel seguito della presente sezione. Le pagine successive, invece, oltre a fornire una descrizione generale dell'edificio, approfondiscono l'analisi dello stesso secondo tre differenti macro-tematiche che sono state selezionate: tecnologia di involucro, strategie impiantistiche e sostenibilità, ed efficienza energetica. La lista sintetica dei principali indicatori selezionati per la catalogazione dei casi studio è presentata in Tabella 23, mentre in Figura 42 viene riportato un esempio di scheda.

Tabella 23. Lista dei principali indicatori selezionati per la schedatura dei casi studio

#	INDICATORE	#	INDICATORE
1	Nome edificio	2	Localizzazione
3	Destinazione d'uso	4	Gradi Giorno
5	Superficie netta	6	Anno di costruzione
7	Trasmittanza media parete [W/m ² K]	8	Trasmittanza media copertura [W/m ² K]
9	Trasmittanza media serramenti [W/m ² K]	10	Energia Primaria EP _H o EP _{gl,nren} [kWh/m ² anno]
11	Energie rinnovabili on-site [kWh/m ² anno]	12	Committente
13	Progettazione	14	Descrizione generale
15	Tecnologia di involucro	16	Strategie impiantistiche e sostenibilità
17	Efficienza energetica	18	Note




VELUXlab






M-lab (MI)



4,2 - Uffic



2404 GJ



62 m²



2011



0,121



0,127



1,0



2,93




7,76



Attorno al Programma MISE (Accordo di Programma tra ENEA, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Ministero dell'Università e della Ricerca) - Progetto VELUXlab
 Progetto VELUXlab - Esempio di edificio ad altissima efficienza energetica e all'involucro innovativo, frutto di apporti solari gratuiti, l'illuminazione e la ventilazione naturale, per garantire il comfort all'interno degli ambienti senza alcun apporto energetico. L'edificio rappresenta il primo esempio di NZEB (Nearly Zero Energy Building) inserito in un contesto universitario (Politecnico di Milano, Campus di Milano Bovisio) in Italia.




Committente	VELUX
Progettazione	ACT/DOO - Atelier2
Descrizione generale	Concetto come modulo sperimentale, VELUXlab è un edificio ad altissima efficienza energetica che, grazie alla sua stessa forma, all'orientamento, alla progettazione bioclimatica e all'involucro innovativo, sfrutta gli apporti solari gratuiti, l'illuminazione e la ventilazione naturale, per garantire il comfort all'interno degli ambienti senza alcun apporto energetico. L'edificio rappresenta il primo esempio di NZEB (Nearly Zero Energy Building) inserito in un contesto universitario (Politecnico di Milano, Campus di Milano Bovisio) in Italia.
Tecnologia di involucro	L'involucro è costruito con tecnologia stratificata a secco, per consentire una facile smontabilità e riciclabilità dell'edificio nelle sue componenti, e al contempo il raggiungimento di ragguardevoli prestazioni energetiche e acustiche. Si raggiungono infatti valori di trasmittanza termica medi pari a 0,121 W/m²K per le pareti, 0,127 W/m²K per le coperture, e 1,0 W/m²K per le pareti vetrate. Tra i principali strati, materiali isolanti di diversa densità e differenti caratteristiche termiche per assicurare elevati valori di staccamento termico e bassa trasmittanza, controstrati fonoassorbenti realizzati con lastre di gesso rivestito additivato con verdetto, pannelli di rivestimento esterno in fibra di vetro riciclata, copertura in pannelli sandwich, e riempimento delle intercapedini con polistirene sbriciolato derivante da sfidi triturati delle lavorazioni.



Attorno al Programma MISE (Accordo di Programma tra ENEA, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Ministero dell'Università e della Ricerca) - Progetto VELUXlab
 Progetto VELUXlab - Esempio di edificio ad altissima efficienza energetica e all'involucro innovativo, frutto di apporti solari gratuiti, l'illuminazione e la ventilazione naturale, per garantire il comfort all'interno degli ambienti senza alcun apporto energetico. L'edificio rappresenta il primo esempio di NZEB (Nearly Zero Energy Building) inserito in un contesto universitario (Politecnico di Milano, Campus di Milano Bovisio) in Italia.

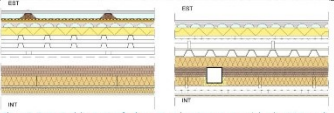


Figura 2. Dettaglio dell'estrado grafico di copertura (portone non a vetrate), sul lato sinistro, e di chiusura verticale esposta, sulla destra.

Copertura:

- Doppio strato di guaina impermeabilizzante trasparente e termoisolante
- Pannello in legno OSB (15 mm)
- Pannello ISOTEC microventilato in poliuretano espanso (60 mm)
- Lamiere grecate in acciaio zincato (30 mm, 8/10 mm)
- Profilo in acciaio pressopiegato a riccio della lamiera grecata (25 mm)
- Lamiera grecata in acciaio zincato (30 mm) e profili in acciaio pressopiegato esistenti (25-160 mm)
- Isolante in lana di legno e leganti inorganici tipo Celenn N 75 (75 mm)
- Struttura Knaflex serie E per controsoffitto ai copertanti
- Pannelli semirigidhi in lana di roccia (80 mm, 40 kg/m³)
- Lastre in gesso rivestito con barriera al vapore in foglio d'alluminio (12,5 mm)
- Struttura Knaflex serie E per controsoffitto ai copertanti
- Feltro fonoassorbente in lana minerale (40 mm)
- Lastre in gesso rivestito microforato tipo Knaflex Cleanco



Chiusura verticale:

- Pannelli di fibra di vetro riciclata tipo StoVentec (12 mm)
- Pannello ISOTEC PARETE in poliuretano (60 mm)
- Intercapedine riempita in sbriciolato di polistirene (40 mm min.)
- Pannello esterno esistente (8 mm)
- Lamiera grecata in acciaio zincato esistente (30 mm)
- Isolante in lana di roccia a media densità (80 mm, 40 kg/m³)
- Isolante in lana di legno tipo Celenn N40 (40 mm)
- Isolante in lana minerale tipo Celenn N30 (30 mm)
- Feltro in lana minerale (40 mm, 15 kg/m³)
- Doppia lastra di gesso rivestito con intercapedine barriera al vapore in lamina (2x12,5 mm)

Strategie impiantistiche e sostenibilità

La sua complessità volumetrica è caratterizzata da diverse fasce sfaccettate che massimizzano la captazione dei sistemi ad energia solare installati così come la ventilazione e l'illuminazione naturale degli ambienti interni. La disposizione planimetrica, a corte, aiuta a ottimizzare inoltre il suo comportamento sia in fase invernale che estiva, consentendo la penetrazione della radiazione solare nei periodi più freddi e schermamento viceversa in quelli più caldi. Il funzionamento dell'edificio è quasi totalmente garantito quindi dall'attenta progettazione bioclimatica e dallo sfruttamento di apporti solari gratuiti, illuminazione e ventilazione naturale, al fine di garantire il comfort interno senza alcun apporto energetico. Solo nelle stagioni estreme e nella giornate con picchi di temperatura o umidità, l'impianto meccanico di ventilazione e il sistema radiante a pavimento intervengono per ristabilire le condizioni climatiche interne desiderate. Grazie ai numerosi lucernari, gli spazi

Attorno al Programma MISE (Accordo di Programma tra ENEA, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Ministero dell'Università e della Ricerca) - Progetto VELUXlab
 Progetto VELUXlab - Esempio di edificio ad altissima efficienza energetica e all'involucro innovativo, frutto di apporti solari gratuiti, l'illuminazione e la ventilazione naturale, per garantire il comfort all'interno degli ambienti senza alcun apporto energetico. L'edificio rappresenta il primo esempio di NZEB (Nearly Zero Energy Building) inserito in un contesto universitario (Politecnico di Milano, Campus di Milano Bovisio) in Italia.

Interni raggiungono livelli elevati sia di luce naturale (FDI fino al 6%) che di aria fresca. Nelle stagioni estive, la chiusura automatizzata delle finestre permette di definire un ambiente termicamente adattativo: sensori di CO₂ attivano il sistema di ventilazione e un sistema di illuminazione auto-dimmiabile a LED integra l'apporto di luce sul piano di lavoro, se necessario.

L'impianto di climatizzazione installato consta di un pavimento radiante che, collegato a un generatore termico con pompa di calore reversibile, consente un funzionamento sia estivo che invernale. A esso si aggiunge un sistema di ventilazione meccanica che consente il recupero di calore (90%) dall'aria di estrazione, il tutto controllato mediante l'ausilio di una sonda climatica esterna e una serie di termostati distribuiti nei vari ambienti. Il fabbisogno di acqua calda sanitaria è garantito da un impianto solare termico con 3 pannelli solari e una caldaia da 350 litri.

Sono stati scelti elementi riciclati e riutilizzati materiali, in modo da contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale dell'edificio nel suo intero ciclo di vita: rivestimento esterno in fibra di vetro riciclata, riempimento delle intercapedini con polistirene sbriciolato derivante da sfidi di lavorazioni, e pavimentazione esterna in legno di iroko riutilizzato.

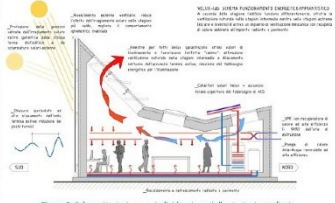


Figura 3. Schemi di design con l'individuazione delle strategie applicate.

Efficienza energetica

L'edificio, grazie alle ottime performance energetiche raggiunte (consumo di energia primaria per il riscaldamento inferiore ai 4 kWh/m²/anno), è certificato sia secondo il protocollo Active House che come CENED CLASSE A+. Il calcolo del Radar Active House ha infine permesso di attribuire alla costruzione il Label AH+, come primo Active House italiano certificata "passive". I pannelli fotovoltaici da 2 kWp successivamente installati garantiscono inoltre un apporto di energia pari a 7,76 kWh/m²/anno.

Note

(*) FINE dell'intervento in vigore del D.M. 26/06/2015. l'energia primaria e gli indici di prestazione energetica di edifici con riscaldamento scaturito da fonti di energia rinnovabile (kWh/m²/anno) anziché di fonte di superficie utile, come indicato all'Allegato A del D.M. 26/06/2015.

Attorno al Programma MISE (Accordo di Programma tra ENEA, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Ministero dell'Università e della Ricerca) - Progetto VELUXlab
 Progetto VELUXlab - Esempio di edificio ad altissima efficienza energetica e all'involucro innovativo, frutto di apporti solari gratuiti, l'illuminazione e la ventilazione naturale, per garantire il comfort all'interno degli ambienti senza alcun apporto energetico. L'edificio rappresenta il primo esempio di NZEB (Nearly Zero Energy Building) inserito in un contesto universitario (Politecnico di Milano, Campus di Milano Bovisio) in Italia.

Figura 42. Esempio di scheda atlante in riferimento ai casi studio

In Figura 43 viene mostrato un ingrandimento dei dieci indicatori riassuntivi presenti nella prima pagina di ogni scheda edificio, citati al paragrafo precedente.

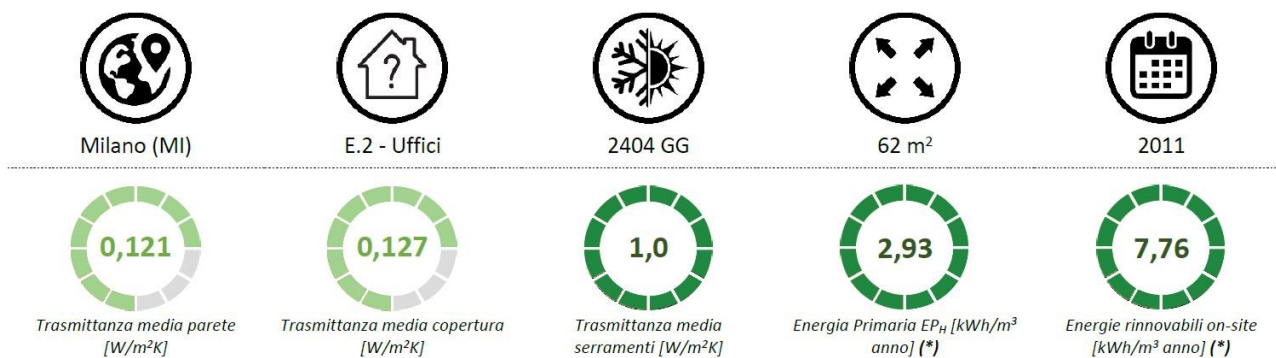


Figura 43. Ingrandimento dei 10 indicatori presenti nella prima pagina delle schede edificio

In particolare, i primi cinque, corrispondenti alla prima riga in figura, fanno riferimento, rispettivamente da sinistra a destra, a: localizzazione, destinazione d'uso (come definito all'Articolo 3 del DPR 412/93 [1]), gradi giorno (come definito all'Allegato A del DPR 412/93), superficie netta, e anno di costruzione.

La seconda riga di indicatori in figura, invece, raccoglie cinque valori che sono stati selezionati come rappresentativi delle prestazioni dell'edificio: da sinistra a destra, rispettivamente, trasmittanza media della parete, trasmittanza media della copertura, trasmittanza media dei serramenti, energia primaria consumata annualmente, ed energie rinnovabili prodotte on-site annualmente. A questi parametri, in particolare, si è scelto di aggiungere anche un'indicazione grafica, assegnando i cinque differenti livelli di prestazione mostrati in Figura 44: grigio (dato non disponibile), rosso (livello minimo), arancione, verde chiaro e verde scuro (livello massimo).



Figura 44. Scala dei livelli di prestazione introdotti

Nel dettaglio, per quanto riguarda la valutazione del livello di prestazione delle trasmittanze medie (parete, copertura e serramenti), si è fatto riferimento a quanto prescritto dal DM 26/06/15 [2] a partire dal 1 Gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal 1 Gennaio 2021 per tutti gli altri. In particolare, la valutazione del livello di prestazione in questi primi tre indicatori si basa sul rapporto tra il valore medio di trasmittanza dell'elemento (sia che si tratti di parete, che di copertura o serramento), e il corrispondente valore prescritto dal Decreto Ministeriale sopra citato, in funzione della zona climatica. I valori limite per l'assegnazione del livello di prestazione sono presentati in Figura 45 per quanto riguarda trasmittanza media di parete e copertura, e in Figura 46 relativamente alla trasmittanza media dei serramenti.

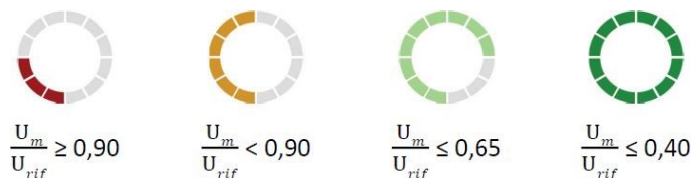


Figura 45. Criterio di assegnazione del livello di prestazione per trasmittanza media di parete e copertura

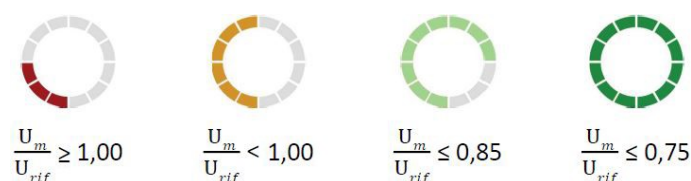


Figura 46. Criterio di assegnazione del livello di prestazione per trasmittanza media dei serramenti

Il livello di prestazione in termini di energia primaria consumata annualmente dall’edificio si basa sulla sua classificazione energetica da Attestato di Prestazione Energetica (APE, in Italia, o corrispondente certificato EPC nazionale per casi studio al di fuori del territorio italiano). In mancanza di dati relativi alla certificazione energetica nazionale, si è fatto riferimento alla classificazione energetica proveniente da protocolli e sistemi di certificazione volontari, quali ad esempio CasaClima e Passive House. I valori limite per l’assegnazione del livello di prestazione di energia primaria sono presentati in Figura 47.



Figura 47. Criterio di assegnazione del livello di prestazione per energia primaria

La valutazione grafica in riferimento alle energie rinnovabili si basa, invece, ancora una volta su un rapporto. In particolare, il livello di prestazione di questo indicatore è calcolato come rapporto tra l’energia rinnovabile prodotta annualmente on-site (E_{FER}) e l’energia primaria complessiva consumata annualmente per tutti i servizi presenti nell’edificio (EP). Il risultato è una sorta di valutazione dell’autosufficienza energetica dell’edificio, che premia in questo modo gli edifici nZEB o NZEB, penalizzando invece quelli con elevato utilizzo di fonti di energia non rinnovabile. I valori limite per l’assegnazione del livello di prestazione di energia rinnovabile sono presentati in Figura 48.

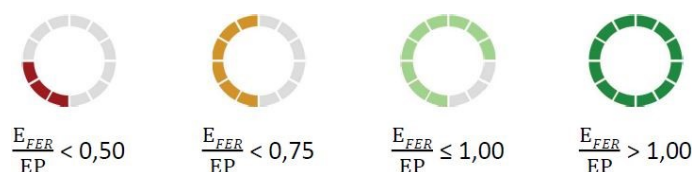


Figura 48. Criterio di assegnazione del livello di prestazione per energie rinnovabili

A scopo comparativo, in Tabella 24 e Tabella 25 viene presentata una sintesi di tutti gli indicatori prestazionali che sono stati valutati nei 40 casi studio catalogati nell’atlante.

Tabella 24. Sintesi degli indicatori prestazionali valutati nei casi studio catalogati a livello nazionale





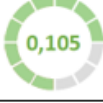


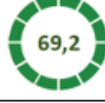
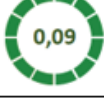
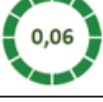






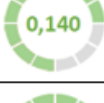
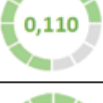

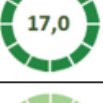





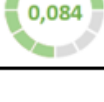



EDIFICIO	Trasmittanza media parete [W/m²K]	Trasmittanza media copertura [W/m²K]	Trasmittanza media serramenti [W/m²K]	Energia Primaria [kWh/m² anno kWh/m³ anno]	Energie rinnovabili [kWh/m² anno kWh/m³ anno]
APE TAU	0,09	0,08	1,9	16,58	5,65
BIRD	0,15	0,17	1,8	12,7	19,2
C-ASA	0,43	0,22	0,6	17,6	5,87
Casa del Sole	0,16	N.D.	N.D.	40	N.D.
Casa Ravazzolo	0,240	0,148	0,8	16,9	36,7

Casa sul Parco	0,126	0,193	0,78	7,9	45,7
CasAselvino	0,125	0,120	1,37	27,15	82,73
Corte del Futuro	0,131	0,106	1,13	10,42	21,43
E ³	0,13	0,08	0,94	6,48	N.D.
Eco Hotel Bonapace	N.D.	N.D.	N.D.	13	N.D.
Fiorita Passive House	0,123	0,099	1,00	2,77	27,83
G.R. Informatica	0,161	0,187	1,2	2,95	3,44
La Maison Verte	0,11	0,09	1,1	11,5	8,63
Maga House	0,147	0,239	1,4	55,93	18,48
Passivhaus Marlegno	0,091	0,105	1,0	57,36	52,55
Residenza Livigno	0,081	0,080	0,9	0,58	25,07
Residenza Tresenda	0,095	0,086	0,8	11,27	34,07
Residenza Verdiana	0,183	0,081	0,9	6,43	15,40
Via di Villa Belardi	0,127	0,25	1,3	39,4	114,5
Sasso Nero	N.D.	N.D.	0,83	13	N.D.

Slash House					
Smart-Eco Housing					
<u>VELUXlab</u>					
Via Comune Antico 36					
Via Orti 4					
Villa Miriam					
Villaggio del Futuro					

Tabella 25. Sintesi degli indicatori prestazionali valutati nei casi studio catalogati nel resto d'Europa

EDIFICIO	Trasmittanza media parete [W/m²K]	Trasmittanza media copertura [W/m²K]	Trasmittanza media serramenti [W/m²K]	Energia Primaria [kWh/m² anno kWh/m³ anno]	Energie rinnovabili [kWh/m² anno kWh/m³ anno]
Campus Quicksilver					
<u>CarbonLight Homes</u>					
Green Lighthouse					
Home for Life					
ISOBO <u>Aktiv</u>					
<u>Kilkilleen House</u>					

Lighthouse					
Maison Air et Lumière					
Monte Rosa <u>Hutte</u>					
Optima House					
Stackyard House					
<u>Sunlighthouse</u>					
ZEB <u>Pilot House</u>					

A titolo esemplificativo, nelle pagine seguenti si riporta un esempio completo di scheda atlante. Si ricorda che, come anticipato nella sezione introduttiva 2.2, considerato l'elevato numero di schede prodotte, per una consultazione completa si può fare riferimento ai file PDF dell'atlante prodotto (20201130_LA2.12.3_Schede_Edificio_XXX.pdf, aggiornati alla data 30 Novembre 2020).

Residenze Via di Villa Belardi



Roma (RM)



E.1(1) - Residenze



1415 GG



2500 m²



2017



Trasmittanza media parete
[W/m²K]



Trasmittanza media copertura
[W/m²K]



Trasmittanza media serramenti
[W/m²K]



Energia Primaria EP_{g,rim}
[kWh/m² anno]



Energie rinnovabili on-site
[kWh/m² anno]

Committente	Avana Spa
Progettazione	Giacomo Corsi Architetture
Descrizione generale	<p>Gli obiettivi dei progettisti delle Residenze di Via di Villa Belardi erano molteplici ma sintetizzabili in una semplice, unica frase: costruire abitazioni di qualità, capaci di influire positivamente sulla qualità della vita di chi le avrebbe abitate. Per questo era necessario dotarle di solidità strutturale, sicurezza sismica, isolamento termico e acustico, bassi consumi energetici ed ecosostenibilità. I progettisti volevano creare un habitat che salvaguardasse parimenti la salute della persona e l'ambiente. Il frutto di questa visione è stata una nuova costruzione sorta sull'area lasciata libera dalla demolizione di un vecchio cinema dismesso. Le Residenze di Via di Villa Belardi si strutturano su cinque piani, così distribuiti: al piano terra tre unità residenziali e un locale commerciale, al piano primo dieci unità residenziali, nove unità al secondo, sette unità al terzo e altre dieci che si sviluppano anche su due livelli al quarto e quinto piano. A completamento, sulla copertura piana si trovano dei roof top e una vasta area tecnica con i pannelli fotovoltaici per la produzione di energia rinnovabile. Completano la struttura due piani interrati con cantine, box, posti auto e posti moto.</p>

Tecnologia di involucro	<p>L'edificio è stato classificato come a rischio sismico medio/alto, il che ha comportato importanti attenzioni alle modalità costruttive, fino all'ottenimento del certificato di collaudo strutturale in cui viene garantita la conformità alle leggi vigenti.</p>
--------------------------------	---



Figura 49. Fasi cantiere

Escluse le opere strutturali, l'edificio è stato realizzato interamente a secco con i sistemi Knauf. Per l'esterno sono state utilizzate le lastre Aquapanel Outdoor. Più articolato è stato il ragionamento adottato per risolvere i problemi di acustica interna. Com'è noto, nei sistemi Knauf - realizzati con tecnologia a strati costituiti da lastre di cartongesso montate su struttura metallica - l'isolamento acustico non si basa sull'inerzia (massa del divisorio) bensì su un meccanismo dinamico derivato dai principi della risonanza (massa-molla-massa): in questo modo si ottengono, con pesi di poche decine di chili per metro quadrato, valori di isolamento acustico che richiederebbero, utilizzando divisori pesanti, la posa di centinaia di chili per metro quadrato. L'aria contenuta nell'intercapedine infatti si comporta come uno smorzatore ("molla") che dissipa l'energia acustica che si propaga attraverso la parete. I lavori sono stati seguiti da un tecnico specializzato Knauf presente in cantiere durante le fasi di montaggio. La soluzione adottata per il sistema divisorio esterno ha previsto la sostituzione dello strato a vista con lastre Diamant, di maggiore densità e resistenza meccanica, e l'inserimento di una lastra GKB nell'intercapedine tra le orditure. Anche nel sistema divisorio interno la soluzione adottata è stata di tipo migliorativo nella stratigrafia rispetto a una parete standard, sostituendo lo strato a vista con lastre Diamant, di maggiore densità e resistenza meccanica. Tutte le pareti che separano la zona notte dalla zona giorno all'interno

dello stesso appartamento sono state trattate come pareti divisorie tra appartamenti diversi, quindi con un elevato grado di isolamento acustico.

Gli infissi impiegati per questa realizzazione sono tutti estremamente performanti sia a livello termico che acustico, e fanno parte delle FINESTRE KlimaA+ di COCIF: stipite in legno lamellare di sezione nominale 92x80 mm, guarnizione di tenuta in gomma termoplastica su tutto il perimetro, e ante in legno lamellare di sezione nominale 92x90 mm. Gli infissi esposti alle intemperie, ossia quelli non riparati dalle terrazze, sono realizzati con soluzione KlimaA+ L|A, ovvero con lato esterno in alluminio.

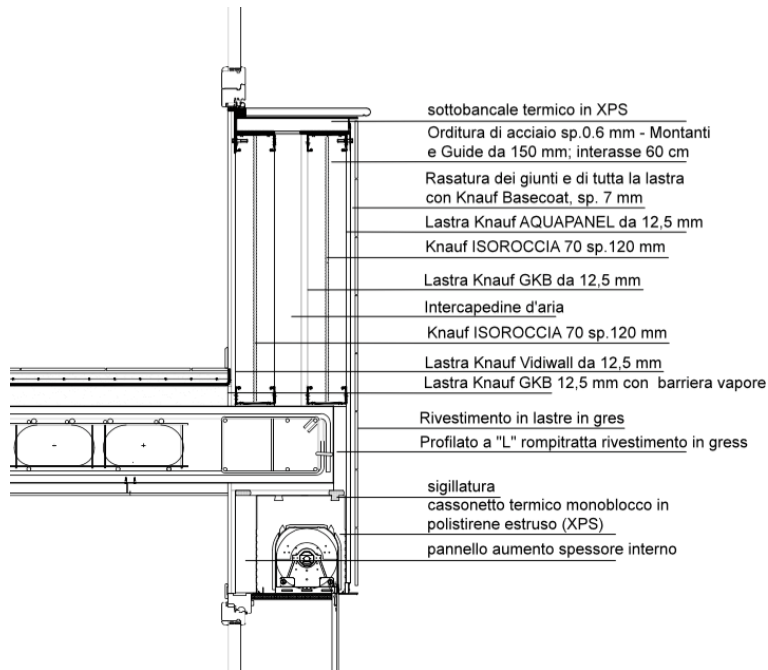


Figura 50. Dettaglio della stratigrafia di chiusura verticale, con relativo serramento

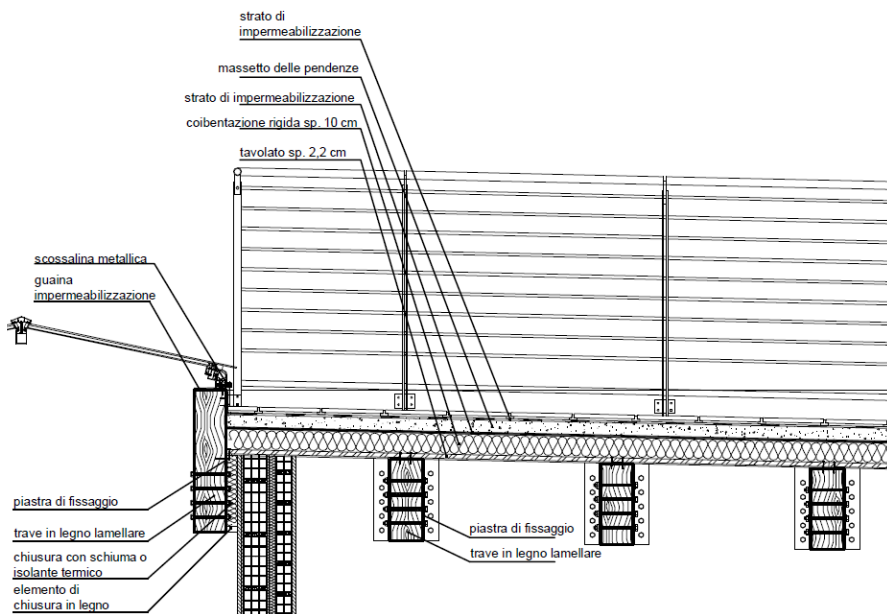


Figura 51. Dettaglio della stratigrafia di copertura

<p>Strategie impiantistiche e sostenibilità</p>	<p>Grazie alle strutture particolarmente coibentate realizzate, è stata ottenuta una notevole diminuzione delle dispersioni termiche verso l'esterno e, di conseguenza, serve pochissima energia per riscaldare o raffrescare gli ambienti. Oltre all'involucro edilizio, però, è stata posta grande attenzione alla progettazione e realizzazione di impianti efficienti, alimentati per quanto possibile da fonti energetiche rinnovabili.</p> <p>L'edificio è dotato di un impianto di climatizzazione invernale ed estiva di tipo centralizzato, con contabilizzazione dell'energia termica utilizzata e possibilità per l'utente di gestire il proprio ambiente in condizioni microclimatiche di benessere. Nel dettaglio, l'impianto è costituito dalle seguenti parti: centrale per la produzione di acqua calda per la climatizzazione invernale e di quella refrigerata per la climatizzazione estiva; circuito per la distribuzione dell'acqua calda e refrigerata dalla centrale termofrigorifera agli appartamenti; circuiti interni agli appartamenti per il collegamento degli utilizzatori terminali; sistema di ventilazione forzata; sistema di regolazione. L'edificio è dotato di due gruppi frigoriferi polivalenti a pompa di calore azionati da motore elettrico, condensati ad acqua nella modalità a recupero di calore. I due gruppi frigoriferi sono utilizzati anche per la produzione di acqua calda sanitaria. Oltre che alle utenze, il fluido termovettore è inviato a tre serbatoi di accumulo. In particolare, sul circuito dell'acqua calda sono installati due serbatoi da 2000 litri, provvisti di resistenza elettrica di emergenza da 15 kW; su quello dell'acqua refrigerata un serbatoio da 2000 litri. L'impianto di riscaldamento utilizzato è a pannelli radianti a pavimento; l'impianto di condizionamento è previsto con fancoil da incasso a soffitto, dove gli stessi fancoil possono anche fungere da corpi scaldanti. La ventilazione delle cucine avviene attraverso una cappa, collegata a un condotto di esalazione che raggiungerà la copertura dell'edificio, captando ed evacuando all'esterno i vapori della cottura. I servizi igienici privi di finestra sono ventilati meccanicamente da un impianto di estrazione forzata dell'aria composta da ventilatori ubicati in corrispondenza dei servizi igienici e collegati alle colonne di estrazione.</p>
<p>Efficienza energetica</p>	<p>L'edificio è certificato in classe A2, anticipando le direttive europee che prevedono, entro il 2020, la costruzione di abitazioni ad "energia quasi zero". Grazie all'installazione di 4 pannelli fotovoltaici per ogni unità abitativa, per una superficie di circa 7 m², si riesce a produrre 1 kW di potenza elettrica, sufficiente a coprire il 40% dei consumi di una famiglia media.</p>
<p>Note</p>	

3 Conclusioni

A conclusione di questo primo anno di lavoro, le principali osservazioni e punti di ulteriore sviluppo da tener in considerazione per il proseguo del lavoro e l'avvio delle LA 2.13 riguardano principalmente le tematiche di seguito contestualizzate.

- L'analisi dello stato dell'arte sui sistemi e sulla costruzione stratificata a secco ha evidenziato limiti differenti a seconda che si trattasse di prodotti, aziende o casi studio.
 - Per quanto riguarda i prodotti ad esempio, l'abbondanza di soluzioni disponibili sul mercato per l'isolamento termico e acustico dell'involucro (categorie funzionali 03 e 04 individuate all'interno della sub-attività LA2.12.1), garantisce grande variabilità e possibilità di scelta sia in termini prestazionali che in termini di aziende produttrici. La carenza di prodotti per la realizzazione di sottofondi a secco (categoria funzionale 08 della sub-attività LA2.12.1), evidenzia invece una mancata corrispondenza tra un buon numero di aziende produttrici e una limitata varietà di soluzioni in termini di singoli prodotti commercializzati.
 - Per quanto riguarda l'individuazione di casi studio realizzati con tecnologia stratificata a secco sul territorio nazionale (LA2.12.2), come mostrato anche dalla mappatura degli stessi presentata in Figura 27, si nota una concentrazione di edifici nettamente maggiore nella regione Lombardia e in generale nell'area settentrionale italiana. Una delle ipotesi elaborate dagli autori è che tale tecnologia sia in queste aree maggiormente utilizzata anche in relazione al contesto climatico che le caratterizza, ma anche alla maggiore reperibilità delle informazioni dovute alle connessioni preesistenti del team di lavoro.
- I risultati, relativi alla LA2.12.3 "Impostazione catalogo soluzioni tecniche e casi di studio", evidenziano:
 - difficoltà nel reperimento di dati omogenei e con una granularità affine per poterne permettere la comparabilità, dovuta sia alla variabile disponibilità degli studi e/o professionisti responsabili del progetto a fornire le informazioni richieste, che alla mancanza di un iter di certificazione omogeneo nel territorio italiano che valuti i temi della sostenibilità e della scelta dei materiali utilizzati;
 - assenza di edifici con classe energetica inferiore alla classe B: questa prestazione potrebbe quindi essere considerata pertanto come una soglia minima standard per gli edifici realizzati con soluzioni stratificate a secco, ma tale affermazione, per poter essere validata, richiederebbe una analisi più dettagliata su un panorama di casi studio più ampio.

Sulla base dei risultati raccolti al termine dell'intera LA 2.12, la Linea di Attività LA2.13 prevista per il 2021 verterà sulla progettazione di soluzioni tecnologiche conformi per gli elementi tecnici caratterizzanti l'involucro: chiusura verticale, orizzontale, inclinata e di interpiano. In particolare, le soluzioni d'involucro individuate saranno progettate in funzione della normativa di legge e per tutti i contesti climatici italiani.

Si ritiene che l'obiettivo finale della LA2.12, come previsto dall'Accordo di Collaborazione con ENEA, di realizzare un catalogo esaustivo, organizzato per macro-aree con open data, per la comprensione e diffusione della conoscenza dei sistemi a secco innovativi è stato raggiunto. Tutto il materiale prodotto è stato condiviso e consegnato ad ENEA e con il supporto di UNIME verrà reso fruibile tramite Atlante digitale ospitato su spazio web di ENEA e implementabile nel tempo.

4 Riferimenti bibliografici

1. Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10. Consultabile al seguente link: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1993/10/14/093G0451/sg>
2. Decreto interministeriale 26 giugno 2015, n. 412. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. Consultabile al seguente link: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05198/sg>

5 Sitografia

3THERM, www.3therm.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
AART architects, art.dk (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ACTIS, www.actis-isolamento.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
Active House, www.activehouse.info (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ALUBEL, www.alubel.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
AMPACK, www.ampack.biz (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ARCELORMITTAL, italia.arcelormittal.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
area, www.area-arch.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ARKETIPO, www.arketipomagazine.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ARMALAB srl, www.armalab.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
ATelier2, www.atelier2.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
azero, www.azeroweb.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
AZICHEM, www.azichem.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BAUMIT, baumit.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
Bearth & Deplazes Architekten AG, bearth-deplazes.ch (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BERNARDELLI GROUP, www.bernardelligroup.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BETONWOOD, www.betonwood.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BIEMME, biemmebiagiotti.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BIN SISTEMI, binsistemi.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BIOISOTHERM, www.bioisotherm.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
BRIANZA PLASTICA, www.brianzaplastica.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
CasaClima, www.agenziacasaclima.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
CELENIT, www.celenit.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
CENED, www.cened.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
Christensen & Co Architects, ccoarch.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
COVERD, www.coverd.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
CVR, cvr-italy.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
DAKOTA, www.dakota.eu (Ultima consultazione: 10/12/2020)
DELTA, www.doerken.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
DERBIGUM, derbigum.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
dna dYNAMIC nETWORK aRCHITECTS, www.dnaitalyarchitetti.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
DOMUS MIA, www.domusmiaagenzia.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
DUPONT, www.dupont.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
EDILTEC, www.ediltec.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
EDIZERO, www.edizero.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
EGGER, www.egger.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ELCOM SYSTEM, www.elcomsystem.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ELLE ESSE, www.elleesse.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

EUROPANELS, www.europanel.pl (Ultima consultazione: 10/12/2020)

EXPAN, www.expan.bz (Ultima consultazione: 10/12/2020)

FANTONI, www.fantoni.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

FASSA BORTOLO, www.fassabortolo.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

FERMACELL, www.fermacell.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

FIBRAN, fibran.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

FOAMGLAS, www.foamglas.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

GESSI ROCCASTRADA, www.gessiroccastrada.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Giacomo Corsi Architetture, www.giacomocorsiarchitetto.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

HEIN Architekten, www.hein-arch.at (Ultima consultazione: 10/12/2020)

HTA Architects, www.hta.co.uk (Ultima consultazione: 10/12/2020)

INDEX, www.indexspa.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Ing srl, www.ingsrl.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

I-PAN, www.i-panspa.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOLCONFORT, www.isolconfort.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOLMANT, www.isolmant.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOLMAR, www.isolmar.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOLPACK, www.isolpack.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOLTEMA, www.isoltemagroup.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOMETAL, www.isometal.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOPAN, www.isopan.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ISOTECNICA, www.isotecnica.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ITALPANNELLI, italpannelli.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

KERAKOLL, www.kerakoll.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

KINGSPAN, www.kingspan.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

KLOBER, www.kloeber.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

KNAUF, www.knauf.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

LATTONEDIL, www.lattonedil.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

LECA, www.leca.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

MANIFATTURA MAIANO, www.maiano.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

MAPEI, www.mapei.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

MARCEGAGLIA BUILDTECH, www.marcegagliabuildtech.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Marlegno, www.marlegno.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

MARMOPLAST, www.marmoplast.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

METECNO, www.metecnoitalia.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Mole Architects, www.molearchitects.co.uk (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Montanari Costruzioni, www.montanaricostruzioni.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

NATURALIA-BAU, naturalia-bau.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

NEOPOR GRUPPO PORON, gruppoporon.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Nico Papalia Architetto, www.nicopapalia.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

NOMADE Architectes, www.nomade.info (Ultima consultazione: 10/12/2020)

NORDTEX, www.nordtex.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

NOVOBOX, www.novobox.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

PAROC, www.paroc.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Passive House Institute, passivehouse.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Patrick Arotcharen Architecte, arotcharen-architecte.fr (Ultima consultazione: 10/12/2020)

PERLITE ITALIANA, www.perlite.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

PIRACCINI + POTENTE ARCHITETTURA, piraccinipotentearchitettura.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

POLIESPANSO, www.poliespanso.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

PRIMATE, www.primateitalia.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

REVESTTECH, revesttech.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

RIWEGA, www.riwega.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ROCKFON, www.rockfon.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ROCKWOOL, www.rockwool.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

ROTHOBLAAS, www.rothoblaas.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

RUUKKI, www.ruukki.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SAINT-GOBAIN ECOPHON, www.ecophon.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SAINT-GOBAIN GYPROC, www.gyproc.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SAINT-GOBAIN ISOVER, www.isover.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SAINT-GOBAIN WEBER, www.it.weber (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Sheppard Robson Architects, www.sheppardrobson.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SIAPE, siape.enea.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SINIAT, www.siniat.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

SJO FASTING ARKITEKTER, sjofasting.no (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Snøhetta, snohetta.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

STIFERITE, www.stiferite.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Stifter+Bachmann, www.stifter-bachmann.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

STO, www.stoitalia.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

Studio Del Boca + Partners, delbocapartners.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)

TECNOSUGHERI, www.tecnosugheri.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

TERMOLAN LAPE, termolan.lape.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

TERRAGENA, www.terrarena.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

TON GRUPPE, ton-gruppe.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
TRIMO, www.trimo-group.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
URSA, www.ursa.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
Vanoncini, www.vanoncini.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
VELUX, www.velux.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)
Wain Morehead Architects, wma.ie (Ultima consultazione: 10/12/2020)
WINKLER, www.winklerchimica.com (Ultima consultazione: 10/12/2020)
YTONG, www.ytong.it (Ultima consultazione: 10/12/2020)

6 Abbreviazioni ed acronimi

APE - Attestato di Prestazione Energetica

DM - Decreto Ministeriale

DPR - Decreto del Presidente della Repubblica

EPC - Energy Performance Certificate

KPI - Key Performance Indicator

LA - Linea di Attività

nZEB - nearly Zero Energy Building

NZEB - Net Zero Energy Building

S/R - Struttura/Rivestimento

WP - Work Package

7 Appendice

Si riporta nella seguente sezione un elenco di riferimenti bibliografici consultati nell'ambito dell'attività di ricerca, ritenuti particolarmente degni di nota nonostante non siano stati specificatamente citati nel presente report.

- M. Berizzi, "Sistemi costruttivi a secco", *azero*, 19 (2016), pp. 78-87.
- M. Brasca, "E³ Residenza bifamigliare", *Arketipo*, Supplemento 9 al n.47 (2010), pp. 54-57.
- L. Feifer, M. Imperadori, G. Salvalai, A. Brambilla, F. Brunone, "Active House: Smart Nearly Zero Energy Buildings", 2018, Springer.
- G. Salvalai, "2020 Edifici ad energia quasi zero (nZEB). La simulazione energetica dinamica come strumento di controllo e ottimizzazione del comfort termico e del fabbisogno di energia", 2015, Maggioli Editore.
- F. Garde, M. Donn, "Towards Net Zero Energy Solar Buildings. Solution Sets and Net Zero Energy Buildings. A review of 30 Net ZEBs case studies worldwide", International Energy Agency, 2014.
- M. Imperadori, A. Brambilla, F. Brunone, L. Feifer, G. Salvalai, A. Vanossi, "ACTIVE HOUSE. Progettazione e innovazione con tecnologie di costruzione stratificata a secco", 2019, Maggioli Editore.
- M. Imperadori, "La meccanica dell'architettura. La progettazione con tecnologia stratificata a secco", 2010, Il Sole 24 Ore.
- M. Imperadori, "Le procedure Struttura/Rivestimento per l'edilizia sostenibile. Tecnologie dell'innovazione", 1999, Maggioli Editore.
- M. Imperadori, "Lighthouse a Londra", *Arketipo*, Supplemento 5 al n.37 (2009), pp. 54-57.
- G. Lampugnani, M. Brolis, I. Mozzi, V. Belli, C. Carmignani, F. Colombo, G. Di Nora, G. Dall'Ò, A. Galante, G. Garattoni, "Lombardia+: l'edilizia a consumo quasi zero in Lombardia", 2012, Edizioni Ambiente - Cestec Spa.
- G. Salvalai, "Green Lighthouse", *Arketipo*, Supplemento 9 al n.47 (2010), pp. 50-53.
- G. Salvalai, "Rifugio alpino Monte Rosa", *Arketipo*, Supplemento 9 al n.47 (2010), pp. 58-61.
- M.M. Sesana, "Campus Quicksilver", *Arketipo*, Supplemento 9 al n.47 (2010), pp. 38-41.

8 Allegati

8.1 Contributi e Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Graziano Salvalai



Laureato in Ingegneria Edile e Architettura presso il Politecnico di Milano, nel 2006. Ottiene il dottorato nel 2010 con una tesi sulle strategie di raffreddamento passivo per l'edilizia non residenziale nel clima mediterraneo. È stato visiting scientist presso il Fraunhofer Institute for Solar Energy System di Friburgo (Germania) presso il Solar Building Department nel 2009 e visiting scientist presso il Power System Design and Studies Group del National Renewable Energy Laboratory (NREL) Colorado, USA nel 2017. È stato visiting professor alla Colorado University a Boulder - Colorado, USA nel 2019. È professore associato al Politecnico di Milano - Dipartimento di Architettura, ambiente costruito e ingegneria delle costruzioni dal 2019, e insegna Edifici a risparmio energetico e Tecnologia di componenti e Sistemi edilizi e impiantistici.

È coordinatore locale di diverse ricerche nazionali come BE S2ecure (Rendere l'ambiente costruito più sicuro in condizioni di rallentamento e di emergenza attraverso soluzioni comportamentali valutate/progettate resilienti - MIUR) e Ricerca di Sistema - Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali (MISE/ENEA 2019-2021), ed è responsabile scientifico dei seguenti progetti europei H2020 in corso: ALDREN (Alliance for Deep Renovation in buildings - 2017/2020), EEnvest (Risk reduction for Building Energy Efficiency investments - 2018/2022), EPC RECAST (Energy performance certificate recast - 2020/2023), e MEZeroE (Measuring Envelope products and systems contributing to next generation of healthy nearly Zero Energy Buildings - 2021/2026).

Le sue attività di ricerca e didattica si concentrano sull'innovazione delle tecniche costruttive concentrandosi sull'integrazione del sistema-edificio e il suo controllo attraverso programmi di simulazione energetica. L'esito delle ricerche è spesso testato su edifici reali e sperimentali. È autore di diversi articoli su riviste peer review e responsabile scientifico di varie consulenze in materia di tecnologie ad alta efficienza energetica per edifici a basso consumo energetico.

Nell'ambito dell'attività di Ricerca di Sistema Elettrico in oggetto, ha seguito sin dall'accordo iniziale con ENEA, la strutturazione dei contenuti e degli obiettivi del lavoro di ricerca. Come responsabile scientifico, coadiuvato dal prof. Marco Imperadori, ha avviato e suddiviso il lavoro con il team di ricerca, verificando periodicamente con esso il proseguimento delle attività e la preparazione degli elaborati. Nello specifico per il seguente report annuale, a valle della bozza concordata sia con ENEA che con il team, è stato il revisore e validatore globale del documento.

Marta Maria Sesana



Dopo la laurea nel 2006 in Ingegneria Edile e Architettura (110 e lode) presso il Politecnico di Milano, consegue sempre presso lo stesso ateneo il dottorato di ricerca nel 2011 con una tesi dal titolo “Net Zero Energy Houses in Temperate Climate Toolbox for an integrated design approach”, sviluppata in parte presso il Fraunhofer Institute (ISE) dove è stata visiting tra il 2008 e il 2010.

Nel 2017 è stata invitata per l’avviamento di un programma di scambio internazionale tra docenti e studenti di ingegneria presso la Colorado University of Boulder (CU Boulder - Engineering and Applied Science Department). Ha collaborato attivamente durante il suo Post-doc presso il dipartimento ABC del Politecnico di Milano, sia per la parte di management che di sviluppo tecnico delle attività dei seguenti progetti europei finanziati dal programma FP7 su tematiche legate all’efficienza energetica, alle tecnologie costruttive e alle metodologie di recupero del patrimonio edilizio esistente.

È autrice di diverse pubblicazioni, articoli e contributi in conferenze legate ai suoi temi di ricerca. I suoi ambiti principali di ricerca riguardano: l’analisi e il rilievo di edifici esistenti per la determinazione di soluzioni di recupero sostenibile, normative, standard e strumenti legati al recupero efficiente degli edifici e modellazione energetica degli edifici.

Al momento fa parte del Building Energy Efficiency Team coordinato dal prof. Salvalai ed è responsabile dell’ufficio supporto alla ricerca del Polo Territoriale di Lecco. È inoltre project manager dei seguenti progetti europei: ALDREN H2020 - Alliance for Deep RENovation in buildings 2017-2020; EEnvest H2020 - Risk reduction for Building Energy Efficiency investments 2019-2022; PMI Network Interreg Italia-Svizzera 2019-2022; Ricerca di Sistema - Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali, WP2 Miglioramento dell’efficienza energetica di processi di produzione e di gestione dell’ambiente costruito MISE/ENEA 2019-2021; EPC RECAST H2020 - Energy Performance Certificate Recast 2020-2023; MEZeroE H2020 project 2021-2026.

Nell’ambito dell’attività di Ricerca di Sistema Elettrico in oggetto, ha seguito sin dall’accordo iniziale con ENEA, la pianificazione e organizzazione del lavoro di ricerca e degli aspetti amministrativi legati alla rendicontazione delle attività del team. Ha contribuito nello svolgimento delle attività come previste da Gantt collaborando in modo attivo con l’assegnista dedicata al progetto nel primo anno di ricerca. Ha supervisionato il proseguo delle attività tenendo i rapporti con il responsabile ENEA per la calendarizzazione delle riunioni periodiche e dei relativi verbali. Nello specifico per il seguente report annuale, ha contribuito al popolamento delle varie sezioni supportando e revisionando risultati e format.

Diletta Brutti



Laureata presso il Politecnico di Milano in Progettazione Architettonica, nel 2014, e in Ingegneria Edile-Architettura, nel 2019, con una tesi dal titolo “Centre Tournesol - Progetto di un villaggio rurale clever-tech a Pô, in Burkina Faso”.

Al momento fa parte del Building Energy Efficiency Team coordinato dal prof. Graziano Salvalai, svolge attività di supporto alla didattica presso il Politecnico di Milano, ed è assegnista di ricerca al Dipartimento ABC (Architettura, ambiente costruito e ingegneria delle costruzioni) del Politecnico di Milano, con attività di ricerca che si concentrano prevalentemente su efficienza energetica, tecnologie costruttive innovative, e modellazione e simulazione energetica degli edifici.

Collabora inoltre a varie consulenze in materia di tecnologie ad alta efficienza energetica per edifici a basso consumo, e a progetti di ricerca nazionali ed europei, quali: Ricerca di Sistema MISE/ENEA (Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali), 2019-2021; EEnvest H2020 (Risk reduction for Building Energy Efficiency investments), 2019-2022; ALDREN H2020 (Alliance for Deep RENovation in buildings), 2017-2020; EPC RECAST H2020 (Energy Performance Certificate Recast), 2020-2023; MEZeroE H2020 (Measuring Envelope products and systems contributing to next generation of healthy nearly Zero Energy Buildings), 2021-2026.

Nell’ambito dell’attività di Ricerca di Sistema Elettrico in oggetto, è stata per il primo anno di lavoro dedicata al 100% su tale ricerca sviluppando le attività in modo operativo seguendo le indicazioni e le modalità tecnico scientifiche delineate dai docenti responsabili e interfacciandosi quotidianamente con il team di lavoro per verificarne lo sviluppo. Ha svolto in modo completo la raccolta e catalogazione di aziende, prodotti e casi studio secondo una schedatura concordata con il responsabile scientifico. Nello specifico per il seguente report annuale, ha completato il documento integrando i risultati ottenuti dallo sviluppo delle attività di lavoro secondo le indicazioni concordate con il team.

Marco Imperadori



Marco Imperadori è Professore Ordinario presso il Politecnico di Milano, titolare della cattedra di Progettazione e Innovazione Tecnologica presso la Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni. È delegato del Rettore del Politecnico per l'Estremo Oriente.

Svolge attività di ricerca e ha pubblicato libri e articoli su riviste di settore in Italia e all'estero, dove viene invitato per convegni e conferenze sui temi della sostenibilità e del risparmio energetico.

È stato membro del Comitato Scientifico Internazionale dell'Agenzia Casa Clima di Bolzano e ha rappresentato il Politecnico di Milano per il network Android.

È membro della Commissione Costruzioni Sostenibili di Promozione Acciaio e fa parte del board scientifico del network internazionale dell'Active House Alliance e del comitato scientifico della Fondazione Angelo Mangiarotti.

Dal 2016 è membro del CDA della Fondazione Pesenti e del Comitato Scientifico di SOU - Scuola di Architettura per bambini presso FARM Cultural Park di Favara.

Dal 1999 al 2016 è stato titolare dello studio Atelier2 (Valentina Gallotti e Marco Imperadori Associati) di Milano.

Ha vinto diversi premi e menzioni sia nazionali che internazionali.

Nell'ambito dell'attività di Ricerca di Sistema Elettrico in oggetto, ha seguito sin dall'accordo iniziale con ENEA, la definizione del lavoro di ricerca e congiuntamente con il prof. Salvalai ha identificato le linee di sviluppo del lavoro. Ha supervisionato il proseguo delle attività confrontandosi periodicamente con il team in particolar modo nei primi mesi di avvio delle attività. Nello specifico per il seguente report annuale, ha revisionato la versione finale del documento per validarne i contenuti.

8.2 Elenco file consegnati digitalmente

- LA2.12.1_Database_Atlante_20200430.xlsx
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_01.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_02.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_03.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_04.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_05.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_06.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_07.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_08.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Prodotti_09.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Aziende.pdf
- 20201130_LA2.12.3_Schede_Edificio_XXX*.pdf

(* per ogni edificio è stato realizzato un file specifico identificato con il nome del progetto).