

# MATERIALI IMPERMEABILIZZANTI E TERMOISOLANTI PER L'INVOLUCRO EDILIZIO: UN BINOMIO



# INDICE

<b>CAPITOLO 1 - Gli impermeabilizzanti per l'edilizia</b> .....	1
1.1 - Generalità.....	1
1.2 - La classificazione .....	1
1.3 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione .....	1
1.4 - La biosostenibilità .....	3
<b>CAPITOLO 2 - Le membrane prefabbricate</b> .....	5
2.1 - Generalità.....	5
2.2 - Le caratteristiche principali .....	6
2.3 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione .....	8
2.4 - Le membrane bituminose .....	9
2.4.1 - Le tecnologie produttive.....	9
2.4.2 - Le membrane in bitume ossidato.....	10
2.4.3 - Le membrane in bitume polimero .....	12
2.4.3.1 - Membrane BPP .....	12
2.4.3.2 - Membrane BPE.....	13
2.4.3.3 - Membrane BPE + BPP .....	13
2.4.3.4 - Membrane Fotovoltaiche .....	14
2.4.3.5 - Membrane Antiradon .....	14
2.4.4 - Le tecniche applicative .....	15
2.4.4.1 - L'applicazione a caldo .....	15
2.4.4.2 - L'applicazione a freddo.....	16
2.4.5 - La biosostenibilità.....	16
2.4.5.1 - L'impatto energetico e quello ecologico.....	16
2.4.5.2 - Lo smaltimento e il riciclo dei rifiuti.....	18
2.5 - Le membrane polimeriche.....	19

2.5.1 - Le tecnologie produttive.....	20
2.5.2 - Le membrane polimero plastomero (PP).....	21
2.5.2.1 - Membrane in cloruro di polivinile (PVC) .....	21
2.5.2.2 - Membrane in poliolefine termoplastiche (TPO).....	22
2.5.2.3 - Membrane in poliisobutilene (PIB) .....	23
2.5.2.4 - Membrane in polietilene ad alta e a bassa densità (HDPE e LDPE) .....	23
2.5.2.5 - Membrane in polietilene clorurato (CPE) .....	24
2.5.2.6 - Membrane in etilene vinilacetato (EVA) .....	24
2.5.3 - Le membrane polimero elastomero (PE).....	25
2.5.3.1 - Membrane in etilene - propilene - diene monomero (EPDM) .....	25
2.5.3.2 - Membrane in isoprene isobutilene (IIR).....	25
2.5.3.3 - Membrane policloroprene (CR), butadiene nitrile (NBR), etilene propilene (EPM) .....	26
2.5.4 - Le membrane polimeriche plastometro elastomero (PP+ PE) .....	26
2.5.5 - Le membrane polimeriche vegetali .....	26
2.5.6 - Le tecniche applicative .....	27
2.5.6.1 - L'applicazione a caldo .....	27
2.5.6.2 - L'applicazione a freddo.....	27
2.5.7 - La biosostenibilità.....	28
2.5.7.1 - Impatti energetici ed ecologici.....	28
2.5.7.2 - Lo smaltimento e il riciclo dei rifiuti.....	28
<b>CAPITOLO 3 - Le membrane miste .....</b>	<b>31</b>
3.1 - Generalità.....	31
3.2 - Le caratteristiche principali.....	31
3.3 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione .....	32
3.4 - Le membrane minerali sandwich .....	32
3.4.1 - Le membrane sandwich in geotessile con polvere di bentonite di sodio naturale pregelificata .....	33
3.4.2 - Le membrane sandwich in cartone biodegradabile con polvere di bentonite di sodio naturale in granuli .....	33
3.5 - Le geomembrane .....	34
3.5.1 - Le membrane in PVC stratificate con reti sintetiche .....	34
3.5.2 - Le membrane in LDPE.....	35
3.6 - La biosostenibilità .....	35
<b>CAPITOLO 4 - Le membrane in situ.....</b>	<b>37</b>
4.1 - Generalità.....	37
4.2 - La classificazione .....	37
4.3 - Le caratteristiche tecniche .....	38
4.4 - Le tecniche applicative.....	40
4.5 - La biosostenibilità .....	40
<b>CAPITOLO 5 - Le tecnologie di impermeabilizzazione.....</b>	<b>43</b>
5.1 - Generalità.....	43
5.2 - Gli schemi funzionali .....	43
5.3 - Le fondazioni.....	44
5.3.1 - Le fondazioni orizzontali.....	44
5.3.2 - Le fondazioni verticali.....	45
5.4 - Le coperture piane .....	46

5.4.1 - Il tetto freddo .....	47
5.4.1.1 - Il tetto freddo non accessibile con manti a vista .....	47
5.4.1.2 - Il tetto freddo con pavimentazione a piastrelle.....	48
5.4.1.3 - Il tetto freddo con pavimentazione mobile.....	48
5.4.1.4 - Il tetto freddo con pavimentazione fissa, carrabile e non.....	50
5.4.2 - Il tetto giardino .....	51
5.5 - Le coperture inclinate .....	52
5.5.1 - I tetti freddi .....	53
5.5.2 - I tetti ventilati.....	54
<b>CAPITOLO 6 - Gli isolanti termici .....</b>	<b>55</b>
6.1 - Generalità.....	55
6.2 - Classificazione degli isolanti termici .....	55
6.3 - Il mercato e i consumi in Italia .....	57
6.4 - Le caratteristiche principali .....	59
6.5 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione .....	61
<b>CAPITOLO 7 - Gli isolanti organici sintetici .....</b>	<b>63</b>
7.1 - Generalità.....	63
7.2 - Gli isolanti organici sintetici fibrosi.....	63
7.2.1 - La fibra di poliestere.....	63
7.2.2 - La gomma .....	65
7.3 - Gli isolanti organici sintetici cellulari .....	67
7.3.1 - Il polistirene (polistirolo) espanso sinterizzato .....	67
7.3.2 - Il polistirene (polistirolo) estruso .....	69
7.3.3 - Il poliuretano espanso.....	71
7.3.4 - Il polivinilcloruro espanso .....	73
7.3.5 - Il polietilene estruso e reticolato .....	75
7.3.6 - Il polipropilene estruso .....	77
7.3.7 - Le resine fenoliche espanse.....	78
7.3.8 - Le resine ureiche espanse in situ .....	80
7.4 - Biosostenibilità degli isolanti organici sintetici .....	81
7.5 - La capacità termica volumica degli isolanti organici sintetici.....	82
<b>CAPITOLO 8 - Gli isolanti organici naturali.....</b>	<b>85</b>
8.1 - Generalità.....	85
8.2 - Gli isolanti organici naturali fibrosi .....	85
8.2.1 - La cellulosa.....	86
8.2.2 - La fibra di lino .....	88
8.2.3 - La fibra di canapa .....	90
8.2.4 - La fibra di legno .....	91
8.2.5 - La lana di legno mineralizzata con cemento Portland .....	93
8.2.6 - La lana di legno mineralizzata con magnesite .....	95
8.2.7 - La lana di pecora .....	96
8.2.8 - La fibra di mais.....	98
8.2.9 - La fibra di cocco.....	99
8.2.10 - La fibra di juta .....	101
8.2.11 - La canna palustre .....	102
8.2.12 - La fibra di kenaf .....	104

8.2.13 - La paglia .....	105
8.2.14 - Il cotone .....	107
8.3 - Gli isolanti organici naturali cellulari.....	108
8.3.1 - Il sughero .....	109
8.4 - La biosostenibilità degli isolanti organici naturali .....	111
8.5 - La capacità termica volumica degli isolanti organici naturali .....	113
<b>CAPITOLO 9 - Gli isolanti inorganici sintetici</b> .....	115
9.1 - Generalità.....	115
9.2 - Gli isolanti inorganici sintetici fibrosi.....	115
9.2.1 - La lana di vetro .....	117
9.2.2 - La lana di roccia .....	120
9.3 - Gli isolanti inorganici sintetici cellulari .....	122
9.3.1 - Il vetro cellulare.....	122
9.3.2 - Il vetro granulare espanso.....	124
9.4 - Gli isolanti inorganici sintetici porosi .....	126
9.4.1 - I pannelli in silicato di calcio .....	126
9.4.2 - I pannelli in minerale espanso .....	128
9.5 - La biosostenibilità degli isolanti inorganici sintetici .....	130
<b>CAPITOLO 10 - Gli isolanti inorganici naturali</b> .....	133
10.1 - Generalità.....	133
10.2 - Gli isolanti porosi .....	133
10.2.1 - La vermiculite espansa .....	133
10.2.2 - La pomice .....	135
10.2.3 - La perlite espansa .....	137
10.2.4 - L'argilla espansa .....	139
10.3 - Gli isolanti cellulari.....	140
10.3.1 - Pannelli di perlite e fibre minerali.....	140
10.4 - La biosostenibilità degli isolanti inorganici naturali valutata per unità funzionale termica.....	141
10.5 - La capacità termica volumica degli isolanti inorganici naturali .....	142
<b>CAPITOLO 11 - Gli isolanti speciali e quelli innovativi</b> .....	143
11.1 - Introduzione.....	143
11.2 - I pannelli isolanti sottovuoto (Vacuum Insulation Panel, VIP).....	143
11.3 - I materiali a cambiamento di fase (Phase Change Materials, PCM) .....	144
11.4 - L'aerogel .....	144
11.5 - Gli isolanti sottili multiriflettenti.....	144
11.6 - Le schiume con nano pori .....	145
11.7 - La biosostenibilità dei materiali innovativi .....	145
<b>CAPITOLO 12 - L'isolamento termico e l'impermeabilizzazione dell'involucro edilizio</b> .....	147
12.1 - Introduzione.....	147
12.2 - Le fondazioni orizzontali.....	150
12.3 - Le fondazioni verticali e le murature interrato .....	152
12.3.1 - Isolamento termico sull'estradosso .....	152
12.3.2 - Isolamento termico sull'intradosso.....	156
12.3.3 - Isolamento termico all'interno dell'intercapedine.....	160

12.4 - I solai su porticato .....	162
12.4.1 - Isolamento termico sotto il piano di calpestio.....	162
12.4.2 - Isolamento termico sull'estradosso del solaio con il coibente in adesione all'elemento portante.....	164
12.4.3 - Isolamento termico sull'estradosso del solaio con il coibente non in adesione all'elemento portante.....	166
12.5 - I solai interpiano.....	167
12.6 - Le facciate .....	168
12.6.1 - Isolamento termico dall'interno.....	168
12.6.2 - Isolamento termico in intercapedine .....	172
12.6.3 - Isolamento termico dall'esterno .....	174
12.6.3.1 - Sistema a cappotto .....	175
12.6.3.2 - Facciata ventilata .....	176
12.7 - Le coperture piane.....	178
12.7.1 - Tetto caldo.....	178
12.7.1.1 - Elemento termoisolante sul massetto.....	179
12.7.1.2 - Elemento termoisolante sotto al massetto .....	186
12.7.2 - Tetto rovescio.....	194
12.7.3 - Tetto giardino.....	196
12.7.3.1 - Coperture a giardino con termoisolante sopra al massetto.....	196
12.7.3.2 - Elemento termoisolante sotto al massetto .....	198
12.8 - Le coperture inclinate.....	200
12.8.1 - Tetto ventilato .....	200
12.8.2 - Elemento termoisolante all'interno .....	200
12.8.3 - Elemento termoisolante nel massetto .....	204
12.8.4 - Elemento termoisolante sul massetto .....	206
 <b>Appendice A - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione .....</b>	
A.1 - Generalità.....	209
A.2 - La Direttiva 89/106.....	209
A.2.1 - Le specifiche tecniche armonizzate.....	210
A.2.2.1 - L'allegato ZA .....	210
A.3 - Il nuovo approccio .....	210
A.4 - Il Regolamento 305/2011.....	211
A.4.1 - La dichiarazione di prestazione .....	212
 <b>Appendice B - Nomenclatura per gli impermeabilizzanti e per gli isolanti termici .....</b>	
B.1 - Generalità.....	215
 <b>Appendice C - Nomenclatura per i componenti edilizi .....</b>	
.....218	
 <b>Appendice D - Il sistema a cappotto .....</b>	
D.1 - Generalità.....	230
D.2 - Il cappotto termico.....	230
D.3 - Vantaggi e svantaggi.....	231
D.4 - La European Technical Assessment (ETA) per il sistema a cappotto.....	232
 <b>Appendice E - La facciata ventilata .....</b>	
.....233	

E.1 - Generalità.....	233
E.2 - La facciata ventilata .....	233
E.3 - Vantaggi e svantaggi .....	234
<b>Appendice F - La biosostenibilità .....</b>	<b>235</b>
F.1 - Generalità.....	235
F.2 - L'analisi del ciclo di vita, LCA .....	235
F.3 - La dichiarazione ambientale di prodotto.....	236
<b>Appendice G - La reazione al fuoco dei materiali .....</b>	<b>238</b>
G.1 - Generalità.....	238
G.2 - La reazione al fuoco .....	238
G.3 - La classificazione al fuoco .....	239
<b>Appendice H - Metodi di misura e di stima di alcune proprietà termiche e igrometriche .....</b>	<b>241</b>
H.1 - Generalità.....	241
H.2 - I metodi di misura.....	241
H.2.1 - I metodi di misura della conduttività termica.....	241
H.2.2 - I metodi di misura della resistenza termica .....	241
H.2.3 - I metodi di misura della trasmittanza termica .....	241
H.2.4 - I metodi di misura della permeabilità al vapore .....	241
H.3 - I metodi di stima.....	242
H.3.1 - I metodi di stima della conduttività termica .....	242
H.3.1.1 - La norma UNI 10351 .....	242
H.3.1.2 - La norma UNI EN ISO 10456.....	242
H.3.2 - I metodi di stima della resistenza termica .....	243
H.3.2.1 - La norma UNI 10355.....	243
H.3.2.2 - La norma UNI EN ISO 10456.....	243
H.3.3 - I metodi di stima delle proprietà igroscopiche .....	243
H.3.3.1 - La norma UNI 10351.....	243
H.3.3.2 - La norma UNI EN ISO 10456.....	243
H.3.4 - I metodi di stima del calore specifico.....	243
H.4 - La caratterizzazione dei materiali.....	243
<b>Glossario .....</b>	<b>245</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>252</b>
<b>Webgrafia.....</b>	<b>253</b>
<b>Autori .....</b>	<b>254</b>

**VOLUME AiCARR**  
**MATERIALI IMPERMEABILIZZANTI**  
**E TERMOISOLANTI PER L'INVOLUCRO**  
**EDILIZIO: UN BINOMIO**

Questo volume è una novità per la collana AiCARR, perché è il primo che non affronta temi più o meno direttamente correlati agli impianti HVAC, ma si occupa di tematiche strettamente relative alla progettazione dell'involucro.

L'idea del testo è nata tanti anni fa, circa trenta, quasi per gioco. Ci trovavamo spesso a chiacchierare di isolamento termico degli edifici e di problemi legati al rispetto della legislazione allora vigente (parliamo niente di meno che di L. 373/76) e il prof. Alfano ci chiese di scrivere questo testo, per evidenziare che il progetto dell'isolamento e quello dell'impermeabilizzazione non sono così banali come potrebbe sembrare: non basta scegliere un isolante sulla base del solo valore di conduttività o, peggio ancora, della moda del momento e valutarne lo spessore in base a semplici calcoli riferiti al valore della trasmittanza limite imposto dalla legislazione vigente per il particolare caso in esame. Analogamente, la scelta dell'impermeabilizzante deve tener conto della sua compatibilità con il supporto e, eventualmente, con l'isolante.

Da allora è passato tanto tempo e tante cose sono cambiate. Si è cominciato a parlare di sostenibilità, si sono diffuse procedure quali l'analisi del ciclo di vita, sul mercato sono comparsi nuovi prodotti che garantiscono ottime prestazioni e l'attenzione per il risparmio energetico in edilizia ha determinato importanti modifiche a livello normativo e legislativo. Nel frattempo, la prima versione del testo, ancora nelle memorie dei nostri computer, ogni tanto veniva fuori, quasi a ricordarci di onorare un impegno preso.

Oggi un progetto corretto di isolamento termico e impermeabilizzazione prevede la conoscenza non solo delle caratteristiche termofisiche dei materiali, ma anche delle loro possibili applicazioni, della loro reciproca compatibilità e, cosa sempre più importante, della loro sostenibilità ambientale.

Circa un anno fa abbiamo quindi deciso che era arrivato il momento di riprendere in mano ciò che avevamo scritto adattandolo ai tempi, pur lasciando inalterata la struttura iniziale. Il risultato è questo: un volume suddiviso in tre parti, una dedicata agli impermeabilizzanti, una agli isolanti termici e una alle applicazioni, e corredato di appendici e glossario. Nelle prime due parti, simmetriche, sono riportate le classificazioni dei materiali, le informazioni sulla marcatura CE e gli aspetti generali di biosostenibilità; per ciascun materiale sono poi illustrati il processo produttivo, le caratteristiche tecniche, i prodotti e gli indici di sostenibilità energetica ed ecologica. La terza parte contiene l'illustrazione delle stratigrafie più comuni utilizzate per la realizzazione dell'involucro edilizio opaco, con la specifica dei materiali da utilizzare per rispettare la compatibilità tra i materiali, aspetto della progettazione che potrebbe apparire scontato ma che purtroppo è poco noto, per non dire del tutto nuovo. Le appendici contengono invece chiarimenti o approfondimenti su alcuni aspetti presentati nel testo, dal sistema a capotto e dalla facciata ventilata alla stima dei valori di conduttività termica e alla questione della marcatura CE degli isolanti termici. Il glossario permette di approfondire il significato di alcuni termini.

L'importanza di un corretto isolamento termico dell'involucro è nota a tutti e ormai a tutti è chiaro che la progettazione dell'involucro va radicalmente rivista, se non altro per la necessità di tener conto del comportamento reale del sistema edificio-impianti, che è estremamente variabile, soprattutto nella stagione estiva. Non si può più progettare partendo dal presupposto che a maggiori spessori di isolante termico corrisponda necessariamente un minore fabbisogno energetico globale. Non si può neanche pensare che, a parità di valori di conduttività termica un prodotto sia equivalente a un altro: bisogna ad esempio tener conto della quantità di energia spesa per la produzione e il trasporto delle materie prime, quindi degli indici di biosostenibilità.

Questo volume affronta, anche se in maniera sintetica, tutti questi argomenti senza però entrare negli aspetti della progettazione. È in sostanza il primo testo in cui vengono espone in maniera razionale tutte le facce della problematica relativa all'applicazione degli isolanti termici e dell'impermeabilizzazione.

Il volume è destinato essenzialmente ai progettisti, che potranno trovare indicazioni utili per la definizione delle stratigrafie di progetto, ma può essere utile anche ai produttori e agli studenti.

Grazie a Anna Magrini e a Piercarlo Romagnoni, per essersi sobbarcati l'onere della revisione di questo testo, e grazie soprattutto ad Alessandra Ranesi, che con grande pazienza ne ha curato le immagini.

Francesca Romana d'Ambrosio Alfano e Francesco de Leo  
*Autori*

## **MATERIALI IMPERMEABILIZZANTI E TERMOISOLANTI PER L'INVOLUCRO EDILIZIO: UN BINOMIO**

Nelle ristrutturazioni dell'esistente e nelle nuove progettazioni edili si deve ricorrere all'uso di materiali isolanti per implementare le prestazioni energetiche del fabbricato. La scelta dei materiali non può tuttavia essere finalizzata solamente a questo scopo: il mantenimento nel tempo delle proprietà dei materiali, la salubrità degli ambienti interni, l'integrità della struttura edilizia, la manutenzione dell'involucro richiedono di definire il comportamento del materiale isolante assieme ad altri elementi caratterizzanti la stratigrafia dell'involucro. Le membrane impermeabilizzanti costituiscono un completamento in opera necessario.

Basterebbero queste indicazioni per spingere il progettista ad approfondire (vorrei aggiungere con la dovuta attenzione) le questioni poste nel presente volume. Il testo presentato da Francesca R. d'Ambrosio Alfano e da Francesco de Leo sarà anche nato per gioco, come sostengono gli Autori, ma viene a colmare una delle (tante) lacune della letteratura tecnica, coprendo aspetti inerenti i singoli componenti, fino a proporre soluzioni costruttive, e illustrando in modo molto esauriente oltre agli aspetti tecnici anche quelli legati alla sostenibilità.

AiCARR, nell'ottica di promuovere e diffondere la cultura del benessere, del risparmio energetico e della sostenibilità, ha fatto propri gli spunti dei due Autori nella propria Collana.

Piercarlo Romagnoni  
*Presidente della Commissione Cultura di AiCARR*

## CAPITOLO 1

# GLI IMPERMEABILIZZANTI PER L'EDILIZIA

### **1.1 - Generalità**

Gli impermeabilizzanti utilizzati nell'edilizia hanno principalmente il compito di proteggere dall'acqua meteorica non solo le coperture, ma anche i terrazzi, le fondazioni e qualsiasi parte esposta all'ambiente esterno, escluse le facciate. Nel seguito vengono fornite alcune indicazioni inerenti le caratteristiche, le proprietà e le tecnologie produttive e applicative dei materiali impermeabilizzanti. Per i materiali considerati vengono anche esposte alcune considerazioni sugli aspetti di sostenibilità ambientale.

### **1.2 - La classificazione**

Gli impermeabilizzanti si classificano in membrane prefabbricate, miste e in situ, che sono a loro volta suddivise in sottocategorie in funzione del tipo di massa impermeabilizzante, come mostrato in Tabella 1.1.

La massa impermeabilizzante è costituita da una mescola, a sua volta costituita da una matrice e da componenti aggiuntivi che ne determinano le caratteristiche. Nel caso delle membrane prefabbricate, la mescola è costituita per circa il 90% dalla matrice, che può essere bituminosa o polimerica, e per la rimanente parte da cariche e additivi vari.

In Tabella 1.2 è riportata la classificazione delle masse impermeabilizzanti in relazione alle categorie di Tabella 1.1.

### **1.3 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione**

Nel settore delle costruzioni esistono molte norme di prodotto nazionali, che spesso confliggono con la libera circolazione delle merci nell'Unione Europea. Già il 21 dicembre 1988, l'Unione Europea aveva approvato la Direttiva 89/106/CEE (Parlamento Europeo, 1989), anche nota come CPD (Construction Products Directive), per la commercializzazione e l'utilizzo dei prodotti da

Tabella 1.1 - Classificazione degli impermeabilizzanti.

<b>Categoria</b>	<b>Sottocategoria</b>	<b>Materiale e sigla</b>
Prefabbricate	Bitume ossidato	Bitume ossidato fillerizzato, BOF
	Bitume polimero	Bitume polimero plastomero, BPP Bitume polimero elastomero, BPE Bitume polimero plastomero ed elastomero, BPP+BPE
	Polimeriche	Polimero plastomero, PP Polimero elastomero, PE Polimero plastomero + polimero elastomero, PP+PE
	Vegetali	Mescole di natura vegetale
Miste	Geocompositi minerali sandwich	Cartone biodegradabile con polvere di bentonite di sodio in granuli Geotessili con polvere di bentonite di sodio pregelificata
	Geomembrane	Membrana PVC con rete tridimensionale e filtro TNT Membrana LDPE
In situ	Membrane liquide	Bitume Bitume modificato Bitume modificato con polimero Resina resiliente di poliestere insaturo rinforzata con vetro Poliestere insaturo flessibile Poliuretano Polimero disperso in acqua

Tabella 1.2 - Classificazione delle masse impermeabilizzanti utilizzate per la produzione delle membrane prefabbricate, miste e in situ.

<b>Categoria</b>	<b>Matrice</b>	<b>Matrice</b>	<b>Componenti aggiuntivi</b>
Membrane prefabbricate bituminose	Bitume	Bitume ossidato Bitume distillato	Filler e cariche Polimeri, additivi e cariche
Membrane prefabbricate polimeriche	Polimeri	Polimeri sintetici	Additivi e plastificanti
Membrane prefabbricate vegetali	Vegetali	Polimeri naturali	Additivi
Membrane miste geocomposite bentonitiche sandwich	Bentonite	Polvere di bentonite in granuli o pregelificata	Additivi
Membrane miste con geomembrane	Polimeri	Polimeri sintetici	Additivi e plastificanti
Membrane liquide in situ bituminose	Bitume	Bitume distillato	Polimeri, additivi e cariche
Membrane liquide in situ polimeriche	Polimeri	Polimeri sintetici	Additivi, plastificanti, leganti, cariche, pigmenti, ausiliari, diluenti, solventi

costruzione nell'Unione Europea. La Direttiva è stata sostituita dal Regolamento 305/2011, entrato in vigore l'1 luglio 2013, che stabilisce le condizioni per l'immissione e la messa a disposizione sul mercato dei prodotti da costruzione, fissando disposizioni armonizzate per la descrizione delle loro prestazioni e per l'uso della marcatura CE.

In Appendice A sono riportati alcuni dettagli.

#### **1.4 - La biosostenibilità**

La valutazione della biosostenibilità di una membrana è molto articolata e complessa. L'energia è praticamente tutta consumata nel processo di produzione, durante il quale viene anche incorporata, in quanto l'installazione non ne richiede grandi quantità.

Lo smaltimento, che in genere avviene con conferimento in discarica, non comporta scambi di energia.



## CAPITOLO 2

# LE MEMBRANE PREFABBRICATE

### 2.1 - Generalità

Le membrane prefabbricate, che si distinguono in bituminose e polimeriche come riportato in Tabella 1.1, occupano una quota di mercato pari a circa il 90%. Sono costituite da una massa impermeabilizzante, da una faccia inferiore e da una superiore ed eventualmente da una armatura minerale o sintetica innestata nella massa impermeabilizzante, come mostrato in Figura 2.1.

Le membrane prefabbricate sono codificate secondo la norma UNI 8818, con una sequenza a-b-c-d, che rappresenta le informazioni sulla composizione della massa impermeabilizzante e sui materiali di armatura e di finitura della faccia superiore e di quella inferiore, come riportato in Tabella 2.1. Ad esempio, una membrana codificata con la sequenza BPP - 13 - 50 - 31 è una membrana bitume polimero plastomero (a) armata in polipropilene non tessuto (b), autoprotetta con graniglia (c) e rivestita sulla faccia inferiore con film di polipropilene da non asportare (d).

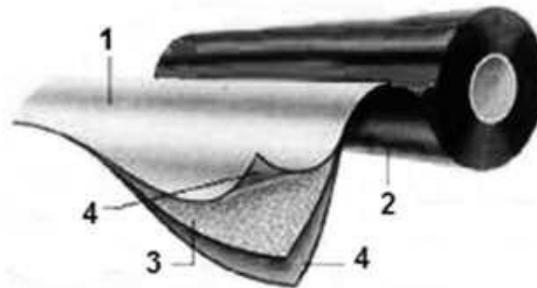


Figura 2.1- Membrana prefabbricata.

1: Faccia superiore, 2: Faccia inferiore, 3: Armatura, 4: Miscela.

Tabella 2.1 - Esempi di codici per la classificazione delle membrane prefabbricate.

<b>Composizione della massa impermeabilizzante</b> <b>(a)</b>	<b>Materiali di armatura</b> <b>(b)</b>	<b>Materiali di finitura faccia superiore</b> <b>(c)</b>	<b>Materiali di finitura faccia inferiore</b> <b>(d)</b>
BOF bitume ossidato fillerizzato	00 non armato	00 senza finitura riportata	00 senza finitura riportata
BPE bitume polimero elastomero	01 velo vetro	31 poliestere film da non asportare	01 velo vetro
BPP bitume polimero plastomero	05 vetro tessuto	32 polietilene film da non asportare	04 carta amianto
CPE polietilene clorurato	11 poliestere non tessuto	33 polipropilene film da non asportare	11 poliestere non tessuto
CR cloroprene	13 polipropilene non tessuto	50 graniglia	13 polipropilene non tessuto
CSM polietilene clorosolfurato	21 poliestere tessuto	51 ardesia	31 poliestere film da non asportare
EAC copolimeri etilene - estere acrilico	24 poliammide tessuto	55 sabbia	32 polietilene film da non asportare
ECB copolimeri etilene - bitume	32 polietilene film	70 alluminio in foglio sottile	33 polipropilene film da non asportare
EPDM etile propilene - diene	33 polipropilene film	71 rame in foglio sottile	50 graniglia
EPM etilene+propilene	40 juta tessuto	72 acciaio inossidabile in foglio sottile	51 ardesia
EVD etilene vinil acetato	41 carta feltro	99 goffratura sulla massa impermeabilizzante	52 sughero
HDPE polietilene ad alta densità	50 biarmato poliestere non tessuto+velo vetro		55 sabbia
IIR isoprene isobutilene (gomma butilica)	51 biarmato alluminio+velo vetro		60 polistirene espanso in perle
LPDE polietilene a bassa densità	52 biarmato polipropilene film +velo vetro		70 alluminio in foglio sottile
MT catrame modificato	53 biarmato poliestere film + velo vetro		82 polietilene espanso
NBR nitrile butadiene (gomma nitrilica)	60 triarmato poliestere non tessuto+velo vetro		90 adesivo
PIB poliisobutilene	70 alluminio in foglio sottile		99 goffratura sulla massa impermeabilizzante
PPI polipropilene isotattico	81 fibre di vetro sciolte		
PVC polivinilcloruro			

## 2.2 - Le caratteristiche principali

Nelle Tabelle 2.2 e 2.3 sono riepilogate le caratteristiche tecniche, le unità di misura e le norme di riferimento a oggi vigenti per le membrane prefabbricate bituminose e polimeriche.

Tabella 2.2 - Caratteristiche delle membrane prefabbricate bituminose.

Caratteristiche	Unità di misura	Norme
Assorbimento di acqua	[%V <sub>0</sub> ]	-
Coefficiente di dilatazione termica	[m·m <sup>-1</sup> ·°C <sup>-1</sup> ]	UNI 8202 - 20
Comportamento al fuoco esterno	-	UNI EN 13501 - 5
Determinazione dell'aderenza su autoprotezione minerale	[kg·m <sup>-2</sup> ]	UNI EN 12039
Dilatazione termica su autoprotezione metallica	[m·m <sup>-1</sup> ·°C <sup>-1</sup> ]	UNI EN 1108
Esame aspetto e confezione	-	UNI EN 1850 - 1
Fattore di resistenza igroscopica	[ - ]	UNI EN 1931
Flessibilità a freddo	[°C]	UNI EN 1109
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	[°C]	UNI EN 1109 UNI EN 1296
Impermeabilità all'acqua	[kPa]	UNI EN 1928
Invecchiamento termico o stabilità di forma a caldo	[°C]	UNI EN 1296 UNI EN 1110
Larghezza	[mm]	UNI EN 1848 - 1
Lunghezza	[mm]	UNI EN 1848 - 1
Massa areica	[kg·m <sup>-2</sup> ]	UNI EN 1849 - 1
Reazione al fuoco	-	UNI EN 13501 - 1
Resistenza a trazione delle giunzioni	[N·50mm <sup>-1</sup> ]	UNI EN 12317 - 1
Resistenza a trazione e allungamento alla rottura	[N·50mm <sup>-1</sup> ]	UNI 12311 - 1
Resistenza al distacco delle giunzioni	[N·50mm <sup>-1</sup> ]	UNI EN 12316 - 1
Resistenza al punzonamento dinamico	[mm]	UNI EN 12691
Resistenza al punzonamento statico	[kg]	UNI EN 12730
Resistenza all'azione perforante delle radici	-	UNI EN 13948
Resistenza all'ozono	-	-
Resistenza alla grandine	[m·s <sup>-1</sup> ]	UNI EN 13583
Resistenza alla lacerazione	[N]	UNI EN 12310 - 1
Resistenza alle radiazioni ultraviolette	-	UNI EN 1297
Scorrimento a caldo	[°C]	UNI EN 1110
Spessore	[mm]	UNI EN 1849 - 1
Stabilità dimensionale a seguito di azione termica	[%]	UNI EN 1107 - 1

Tabella 2.3 - Caratteristiche delle membrane prefabbricate polimeriche.

Caratteristiche	Unità di misura	Norme
Assorbimento di acqua	[%Vol]	UNI EN 1847
Coefficiente dilatazione termica	[m·m <sup>-1</sup> ·°C <sup>-1</sup> ]	UNI 8202 - 20
Comportamento al fuoco esterno	-	UNI EN 13501 - 5
Determinazione dell'aderenza su autoprotezione minerale	[kg·m <sup>-2</sup> ]	Non prevista
Dilatazione termica su autoprotezione metallica	[m·m <sup>-1</sup> ·°C <sup>-1</sup> ]	Non prevista
Esame aspetto e confezione	-	UNI EN 1850 - 2
Fattore di resistenza igroscopica	[ - ]	UNI EN 1931
Flessibilità a freddo	[°C]	UNI EN 495 - 5
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	[°C]	UNI EN 1296
Impermeabilità all'acqua	[kPa]	UNI EN 1928
Invecchiamento termico o stabilità di forma a caldo	[°C]	UNI EN 1296
Larghezza	[mm]	UNI EN 1848 - 2
Lunghezza	[mm]	UNI EN 1848 - 2
Massa areica	[kg·m <sup>-2</sup> ]	UNI EN 1849 - 2
Reazione al fuoco	-	UNI EN 13501 - 1
Resistenza a trazione delle giunzioni	[N·50 mm <sup>-1</sup> ]	UNI EN 12317 - 2
Resistenza a trazione e allungamento alla rottura	[N·50 mm <sup>-1</sup> ] [N·mm <sup>-2</sup> ]	UNI EN 12311 - 2
Resistenza al distacco delle giunzioni	[N·50 mm <sup>-1</sup> ]	UNI EN 12316 - 2
Resistenza al punzonamento dinamico	[mm]	UNI EN 12691
Resistenza al punzonamento statico	[kg]	UNI EN 12730
Resistenza all'azione perforante delle radici	-	UNI EN 13948
Resistenza all'ozono	-	UNI EN 1844
Resistenza alla grandine	[m·s <sup>-1</sup> ]	UNI EN 13583
Resistenza alla lacerazione	[N]	UNI EN 12310 - 2
Resistenza alle radiazioni ultraviolette	-	UNI EN 1297
Scorrimento a caldo	[°C]	Non prevista
Spessore	[mm]	UNI EN 1849 - 2
Stabilità dimensionale a seguito di azione termica	[%]	UNI EN 1107 - 2

### 2.3 - La marcatura CE e la dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione

Le norme di riferimento per la marcatura CE delle membrane prefabbricate sono:

- la UNI EN 13707 per le membrane bituminose armate e la UNI EN 13956 per le membrane di materiale plastico e gomma, nel caso delle membrane prefabbricate per coperture continue;
- la UNI EN 13969 per le membrane bituminose destinate a impedire la risalita di umidità dal suolo.

A titolo di esempio, in Tabella 2.4 sono elencati i principali parametri da conside-

Tabella 2.4 - Principali parametri per l'etichettatura CE delle membrane prefabbricate per coperture continue.

Parametro	Descrizione
Comportamento al fuoco esterno	Euroclasse (lettera)
Comportamento dopo invecchiamento artificiale	[°C]
Destinazione d'uso	Codice*
Flessibilità a freddo	[°C]
Impermeabilità	Indice Wi - [kPa]
Larghezza	[m]
Lunghezza	[m]
Massa areica	[kg·m <sup>-2</sup> ]
Nome commerciale	xx
Produttore	Nome/Ragione sociale /Indirizzo
Reazione al fuoco	Euroclasse (lettera)
Resistenza a trazione	[N·50 mm <sup>-1</sup> ] [N·mm <sup>-2</sup> ]
Resistenza al punzonamento dinamico	Indice PDi - [mm]
Resistenza al punzonamento statico	Indice Psi - [kg]
Resistenza alla lacerazione	[N]
Resistenza delle giunzioni	[N·50mm <sup>-1</sup> ]
Sostanze pericolose	Elenco
Spessore	[mm]
Tipo di armatura	Codice
Tipo di finitura	Codice
Ultime due cifre dell'anno di apposizione della marcatura CE	xx

*Nota*  
I codici sono riportati in Appendice B.

rare per l'etichettatura CE delle membrane prefabbricate per coperture continue. Alla data di pubblicazione di questo volume, non risulta che sia disponibile alcuna dichiarazione di prestazione delle membrane prefabbricate.

## 2.4 - Le membrane bituminose

Le membrane bituminose si distinguono in membrane in bitume ossidato e membrane in bitume polimero.

Le prime sono classificate in funzione del tipo di applicazione, dell'armatura e della finitura superficiale, come mostrato in Tabella 2.5; quelle in bitume polimero elastomero, PE, e polimero plastomero elastomero, PPE, come riportato in Tabella 2.6.

### 2.4.1 - Le tecnologie produttive

La fabbricazione delle membrane bituminose è articolata in diverse fasi, come mostrato in Figura 2.2. La prima consiste nella preparazione della miscela con miscelatori specifici, nei quali avviene la dispersione di filler e cariche nel bitume ossidato fuso, per ottenere le membrane BOF, e quella di resine e cariche nel bitume fuso distillato, per ottenere le membrane BPE, BPP e BPE+BPP. Nella seconda fase la miscela alimenta una vasca di impregnazione, nella quale viene immersa l'armatura per formare un foglio il cui spessore è generalmente compre-

Tabella 2.5 - Classificazione delle membrane in bitume ossidato fillerizzato in funzione della massa impermeabilizzante, della destinazione d'uso, del tipo di applicazione e della finitura superficiale.

Massa impermeabilizzante	Armatura	Utilizzo o destinazione d'uso	Applicazione	Finitura superficiale
BOF	Minerale	Barriera al vapore Schermo al vapore Diffusione al vapore Sottostrato	A caldo, in totale o parziale adesione al sottofondo	Senza protezione
		Tegole canadesi Strato a finire	A caldo in totale adesione al sottofondo	Autoprotette

Tabella 2.6 - Classificazione delle membrane bitume polimero in funzione della massa impermeabilizzante, della destinazione d'uso, del tipo di applicazione e della finitura superficiale.

Massa impermeabilizzante	Armatura	Utilizzo o destinazione d'uso	Applicazione	Finitura superficiale
BPP BPE BPE + BPP	Minerale, sintetica, mista	Fondazioni Monostrato Sotto protez. pesante Sottostrato Strato a finire Tagliamuro	A caldo, in totale o parziale adesione al sottofondo	Senza protezione Autoprotette
		Antincendio Antiradice Antiradon Barriera al vapore Fotovoltaiche Schermo a vapore	A freddo, in parziale adesione al sottofondo	Nessuna

so tra 3 e 6 mm. Nella terza fase il foglio subisce un lento raffreddamento per immersione in acqua su rulli cilindrici e, all'uscita dalla stazione di raffreddamento, è sottoposto al trattamento delle superfici per la finitura della faccia inferiore e di quella superiore. Successivamente il foglio viene avvolto su una bobinatrice, tagliato in lunghezze standard di 10 m, avvolto in rotoli e stoccato nei magazzini.

#### 2.4.2 - Le membrane in bitume ossidato

Le membrane in bitume ossidato sono generalmente utilizzate solo come sottostrati complementari di sistemi impermeabilizzanti o come manti a vista autoprotetti.

# GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE

AiCARR, Associazione italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, contribuendo al progresso delle tecnologie impiantistiche e alla definizione delle normative relative alla produzione, alla distribuzione e all'utilizzo dell'energia termica. Nata nel 1960 come costola italiana della prestigiosa associazione statunitense ASHRAE, AiCARR riunisce oggi circa 2000 associati di varia estrazione: progettisti, docenti, installatori e manutentori, aziende produttrici, funzionari di Enti e Agenzie governative, istituzioni territoriali, nazionali e internazionali, studenti e ricercatori. La presenza nelle sedi accademiche e istituzionali dove si progetta il futuro energetico del nostro Paese fa di AiCARR un punto di riferimento essenziale per la definizione delle strategie e delle politiche energetiche e un interlocutore insostituibile per chiunque si occupi di efficienza energetica, qualità ambientale, fonti rinnovabili e uso consapevole dell'energia.

## LE COMPETENZE CONDIVISE SONO ALLA BASE DI OGNI PROGRESSO

Accrescere la cultura tecnica del settore e la professionalità dei Soci, condividere know-how, redigere e diffondere linee guida di supporto nella pratica professionale, dare un appoggio concreto al mondo imprenditoriale che si occupa di temi energetici, fornire il proprio contributo in ambito normativo sono i principali impegni che AiCARR svolge attraverso:

- Convegni nazionali e internazionali, webinar, seminari, workshop, tavole rotonde
- Incontri tecnici e visite a impianti e realizzazioni d'avanguardia
- Commissioni di studio e coordinamento di attività tecniche, culturali e normative
- Comitati Tecnici attivi su tematiche specifiche
- Attività congiunte con Associazioni, Università ed Enti italiani ed europei, pubblici e privati

- Gruppi di lavoro creati per dare un supporto operativo alle Istituzioni
- Partecipazione alla definizione di regolamenti, leggi, linee guida e collaborazione alla redazione di normativa tecnica con UNI, CEN e CTI, grazie alla Commissione Tecnica e Normativa.

## AGGIORNAMENTO E FORMAZIONE: UN MUST

L'aggiornamento tecnologico e normativo è oggi imprescindibile per professionisti e aziende: in quest'ottica AiCARR offre formazione di alto standard teorico e applicativo attraverso AiCARR Formazione, business unit di AiCARR Educational srl, società certificata ISO 9001:2015.

AiCARR Formazione è provider di CNI e CNPI per i crediti formativi professionali e i suoi corsi, condotti da accademici e professionisti selezionati fra i migliori esperti del settore HVAC&R, sono rivolti a progettisti, tecnici, manutentori, personale tecnico e commerciale di Enti e industrie, studenti e ricercatori.

## SE LE IDEE CIRCOLANO, ACQUISTANO PIÙ FORZA

AiCARR pubblica gli atti dei convegni, cura l'edizione delle collane dei volumi tecnici, delle guide e dei vademecum, invia la newsletter quindicinale con le notizie sulle novità associative, editoriali, normative, legislative e di formazione; è distributore esclusivo per l'Italia delle pubblicazioni e norme ASHRAE e applica ai Soci condizioni favorevoli per l'acquisto delle norme CEI e sconti sulle pubblicazioni di importanti editori tecnici.

La biblioteca propone un'ampia selezione di titoli tecnico-scientifici in libera consultazione.

Sul sito [www.aicarr.org](http://www.aicarr.org) e attraverso la App, scaricabile da Google Play, è anche possibile consultare articoli tecnici e la rassegna news. Inoltre, i Soci ricevono gratuitamente il periodico AiCARR Journal, organo ufficiale dell'Associazione.

Questo volume è il primo testo in cui vengono espone in maniera razionale, anche se sintetica, tutti gli aspetti della problematica relative all'applicazione degli isolanti termici e dell'impermeabilizzazione.

Il volume è suddiviso in tre parti, una dedicata agli impermeabilizzanti, una agli isolanti termici e una alle applicazioni. Nelle prime due parti, simmetriche, sono riportate le classificazioni dei materiali, le informazioni sulla marcatura CE e gli aspetti generali di biosostenibilità; per ciascun materiale sono poi illustrati il processo produttivo, le caratteristiche tecniche, i prodotti e gli indici di sostenibilità energetica ed ecologica. La terza parte contiene l'illustrazione delle stratigrafie più comuni utilizzate per la realizzazione dell'involucro edilizio opaco, con la specifica dei materiali da utilizzare per rispettare la compatibilità tra i materiali, aspetto della progettazione che potrebbe apparire scontato ma che purtroppo è poco noto, per non dire del tutto nuovo. Le appendici contengono invece chiarimenti o approfondimenti su alcuni aspetti presentati nel testo, dal sistema a cappotto e dalla facciata ventilata alla stima dei valori di conduttività termica e alla questione della marcatura CE degli isolanti termici. Un glossario permette di approfondire il significato di alcuni termini.

*Francesca R. d'Ambrosio Alfano, ingegnere meccanico, professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale. Dal 1983 ricerca nel settore degli ambienti termici, con particolare riferimento alle problematiche legate al comfort e allo stress termico. Dagli inizi degli anni '90 si occupa anche di qualità dell'aria negli ambienti interni, di problemi legati alla presenza di acqua nelle murature e di termofisica dell'edificio.*

*Francesco De Leo, ingegnere meccanico, libero professionista. Si occupa di risparmio energetico in edilizia, con particolare riferimento all'involucro. Esperto di isolamento termico e impermeabilizzazione, ha lavorato e lavora come consulente di aziende nazionali e multinazionali di questo settore.*

AiCARR, Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, è un'associazione culturale no profit. Dal 1960 crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, occupandosi di uso consapevole dell'energia e delle risorse naturali e di innovazione delle infrastrutture energetiche, sia nel settore impiantistico che in quello edilizio. AiCARR conta oltre 2400 Soci fra progettisti, costruttori di macchine, installatori, manutentori, accademici, ricercatori, studenti, funzionari di Enti e Agenzie governative e di istituzioni nazionali e internazionali.

La Collana AiCARR propone testi tecnici elaborati da Soci e selezionati dalla Commissione Cultura di AiCARR, traduzioni di Linee Guida pubblicate da associazioni internazionali quali REHVA e ASHRAE e le Guide AiCARR realizzate dai Comitati Tecnici dell'Associazione.

AiCARR - Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione - [www.aicarr.org](http://www.aicarr.org)

CODICE MAT

[www.editorialedelfino.it](http://www.editorialedelfino.it)

ISBN 978-88-97323-38-9



Euro 39,00

Questo volume approvato dal bilancio  
della Commissione Consob (Cassa di  
rendita e altri atti di disposizione)  
Estratto dal IVA (RIR) 26/10/1972 n. 633 art. 2 lett. b)  
Estratto da lista di accompagnamento (DPR 6/10/1973 n. 427 art. 4, n. 6)

FR. d'AMBROSIO ALFANO, F. DE LEO  
MATERIE IMPERMEABILIZZANTI E TERMOISOLANTI  
PER L'INVOLUCRO EDILIZIO UNIBUSMO  
ISBN 978-88-97323-38-9