

# L'impermeabilizzazione a sistema

*Questo articolo, che inaugura una serie di contributi dedicati al tema dei sistemi impermeabilizzanti in membrane bitume polimero, è dedicato ai professionisti, progettisti e direttori lavori che operano in campo edile. Informazioni sintetiche, pratiche ed essenziali. Per lavorare meglio, e senza errori.*



Antonio Broccolino

**Q**uando si progetta una copertura o meglio "un sistema di copertura continua nel suo complesso" spesso la progettazione viene eseguita con vari interventi di specialisti non coordinati tra loro nelle diverse scelte, con conseguenze facilmente immaginabili.

Lo strutturista definirà e progetterà il solaio di copertura, magari scegliendo per motivazioni tecnico-economiche un solaio alleggerito con blocchi polistirene espanso sinterizzato rigenerato. Il termotecnico verificherà se la resistenza termica del solaio, nel suo complesso, risponde alle esigenze normative locali e nel migliore dei casi farà una verifica del condensato, con il famigerato diagramma di Glaser, magari considerando "per maggiore sicurezza" (!?) il valore della resistenza termica del solaro tendente a 0, anche se è stato previsto dallo strutturista un solaio alleggerito con blocchi polistirene espanso sinterizzato rigenerato (con resistenza termica propria molto alta). Per motivazioni di carattere tecnico-economiche o per simpatia verso la marca o il rappresentante del

## NEI PROSSIMI NUMERI

- Le modalità di posa
- Le applicazioni
- L'impermeabilizzazione delle coperture
- L'impermeabilizzazione dei solai

prodotto, il termotecnico sceglierà un prodotto termoisolante, in pannelli, magari non proprio compatibile con la soluzione che verrà successivamente scelta per la stratigrafia impermeabile e l'utilizzo finale della copertura (compressione, resistenza al calore, compatibilità chimica-fisica, ecc.) oppure, per motivazioni solo economiche, trasformerà il massetto di pendenza precedentemente previsto in cls. in materiale alleggerito (argilla espansa imboiaccata, cemento cellulare, cemento additivato con sfere di polistirene espanso, ecc.), conferendogli anche la funzione di elemento termoisolante

(!?). Il progettista dell'edificio, d'accordo con il costruttore deciderà la presenza o meno del massetto di pendenza, la sua pendenza, il posizionamento nel sistema di copertura (sopra o sotto l'elemento termoisolante) e la sua costituzione, non tenendo conto, delle possibili "incompatibilità termoigrometriche" con il sistema di copertura e fisiche-chimiche con l'elemento di tenuta.

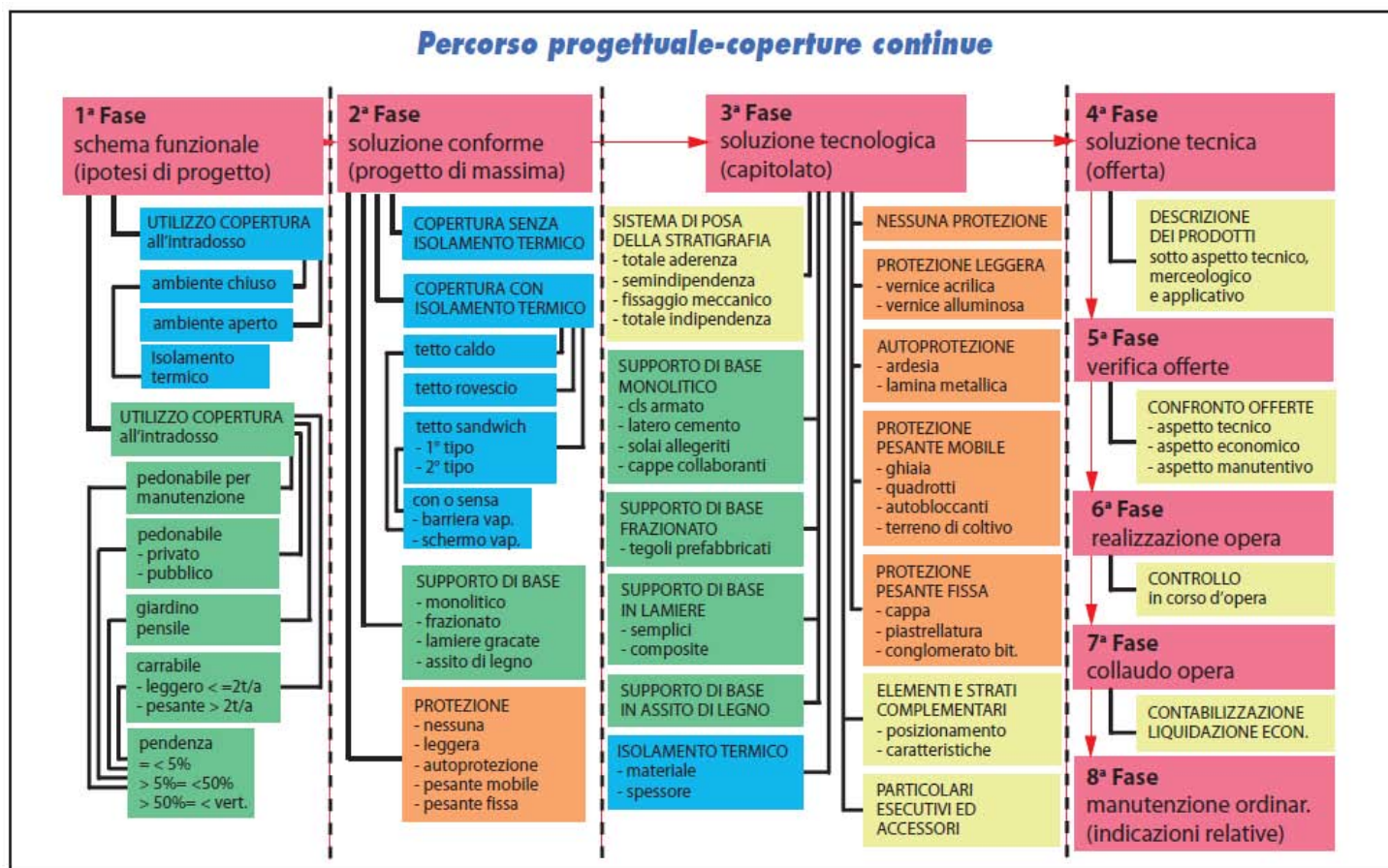
Sempre il progettista dell'edificio, d'accordo con la proprietà o l'utilizzatore finale definirà la protezione finale del sistema di copertura, a secondo del suo utilizzo (verniciatura riflettente, ardesiato, quadrotti posati su sostegni, autobloccanti, pavimentazione allettata su malta, ecc.), non tenendo conto, delle possibili incompatibilità con gli strati immediatamente sottostanti: l'elemento di tenuta e l'elemento termoisolante (incompatibilità di compressione, dilatazione ed adesione, ecc).

• Talvolta l'architetto progettista incaricato della "Direzione Artistica" con velleità di creare "grande architettura innovativa" griderà "Anatema!!!" alla visione dei risvolti verticali impermeabili fuoriuscenti dalla quota della pavimentazione e li farà eliminare (o addirittura semplicemente tagliare a pavimentazione eseguita) per non rovinare "la sua opera d'arte" e/o pretenderà per lo stesso principio di carattere "estetico" che le facciate vetrate terminino esattamente alla quota della pavimentazione esterna, con conseguente certa futura infiltrazione di acqua attraverso queste linee di contenimento, ma pretendendo al contempo la "garanzia decennale di tenuta dell'impermeabilizzazione".

Finalmente all'impermeabilizzatore viene affidato l'ingrato compito di progettare una soluzione d'impermeabilizzazione (elemento di tenuta) che sia compatibile con tutte le scelte finali (già fatte, in precedenza, da altri tecnici, senza neppure essere stato interpellato) e che ovviamente "sia garantita per almeno dieci anni", magari con polizza assicurativa o fidejussoria e con pena in caso di infiltrazioni (qualunque esse siano, anche causate da condensa!) di almeno cento frustate ed ovviamente il mancato pagamento.

• Dulcis in fundo arriva, a copertura ormai completata e magari anche funzionante sotto tutti gli aspetti (compreso quello termoigrometrico) l'arredatore e/o il tecnico dell'acustica che decidono di inserire all'intradosso della copertura, sicuramente per motivi tecnici e/o estetici, un controsoffitto, con interposto uno spessore di lana minerale o di vetro, modificando così totalmente il diagramma delle variazioni delle temperature nei vari elementi o strati costituenti il sistema di copertura e pertanto le condizioni termoigrometriche. In tal modo si possono causare fenomeni di condensa, specie nel solaio di copertura e quindi a plafone dello stesso, dove il termotecnico (ovviamente non informato della presenza del controsoffitto) aveva dimostrato con il "diagramma di Glaser" che ci sarebbe sempre stato "secco quasi desertico".

• Ad opera finalmente eseguita, consegnata e pienamente utilizzata e dopo qualche anno (almeno si spera!) arriverà certamente il manutentore il quale si accorgerà di non poter eseguire il suo lavoro di riparazione o rifacimento, perché tutti i Progettisti intervenuti non hanno tenuto conto dell'accessibi-



## Un pò di storia

Da sempre la protezione dall'acqua, dal calore, dalle intemperie è stata un'esigenza degli animali superiori e da parte dell'uomo, fin dai primordi della civiltà, una continua ricerca e perfezionamento. I primi "impermeabilizzatori" furono gli "uomini della pietra" che già oltre 15.000 anni fa cercavano in qualche modo di sigillare le fessure delle rocce delle sporgenze o delle caverne che coprivano la propria abitazione con impasti di argilla. Più avanti, già alcune migliaia di anni prima di Cristo, nella culla della Civiltà, Egitto e Mesopotamia, veniva usato il bitume o impasti con bitume come sigillante di contenitori o come additivo per malte, leganti di strutture immerse o altri componenti edilizi (mattoni, pietre, ecc). Comunque, in quei tempi così lontani, il bitume era un materiale troppo raro e prezioso per essere usato normalmente come impermeabilizzante di coperture e quindi, a seconda delle dislocazioni geografiche, climatiche e culturali, l'argilla, lo sterco animale, malte particolari o il semplice fango (utilizzati spesso mescolati a fibre vegetali) furono i più utilizzati, per la realizzazione di coperture impermeabili sub-orizzontali. A dire il vero in alcuni paesi del terzo mondo, suddette metodologie d'impermeabilizzazione sono tuttora d'uso; comunque e a quanto pare anche con risultati ottimali, vista la durata di certe costruzioni ultracentenarie dove gli strati d'argilla armata con fibre vegetali sono ancora perfettamente funzionali. Nei secoli successivi furono usate anche spalmature di "pece" fusa, ricavata dalla distillazione della carbonella da legno resinoso. Nella prima metà del 1800, con il diffondersi dell'illuminazione a gas nelle città e quindi grazie alla reperibilità del "Catrame" (sottoprodotto della distillazione del carbone fossile, necessaria la produzione di "gas illuminante"), cominciarono ad essere utilizzati le "i cartoni e le tele catramate", che applicate in uno o più strati, incollati con "catrame fuso" sulle coperture consentivano di creare barriere, abbastanza efficaci, alla penetrazione dell'acqua. Alla fine del 1800, con la reperibilità dell'"asfalto naturale" scavato nelle cave di asfalto, utilizzato per la real-

izzazione della pavimentazione delle strade, si diffuse la metodologia d'impermeabilizzare le coperture sub-orizzontali con "asfalto colato". L'asfalto colato impermeabile, oggi utilizzato nella vecchia formulazione solo per i marciapiedi (ma con funzione di finitura e non d'impermeabilizzazione), era allora composto di uno strato di 15-20 mm di una miscela di legante bituminoso, a volta additivato con catrame e sempre mescolato con inerti fini di varia granulometria (in ordine: sabbia, carbonato di calcio e talvolta nero fumo). In genere questo prodotto veniva applicato spalmandolo a caldo, con frattazzo di legno o metallo, su di un sottofondo di calcestruzzo in grado di garantire la necessaria rigidità. Più avanti, con l'avvento del motore a scoppio, e con la reperibilità del bitume, quest'ultimo, a partire dai primi decenni del 1900, sostituì sempre di più, nelle opere d'impermeabilizzazione, delle coperture sub-orizzontali, il catrame e le carte, i cartoni ed i teli catramati, con bitume distillato e/o ossidato e con i cartoni, i teli e i veli di vetro bitumati. Anche dopo la seconda guerra mondiale, fino all'inizio degli anni 70, la metodologia più utilizzata per la realizzazione delle impermeabilizzazioni delle coperture continue fu quella dei "sistemi in multi strato" composti da più strati di cartone o velo vetro bitumato (normalmente 3 o 4 del peso di g 1000-1500/cad) o semplici veli di vetro, interposti, a partire dal piano di posa, a strati di bitume ossidato fuso (normalmente 4 o 5 da g 1200-2000/cad). Le prime "membrane in bitume polimero", a parte il periodo sperimentale, apparvero sul mercato Italiano dalla metà degli anni '60 e la loro diffusione è stata a "macchia d'olio" e prosegue ancora oggi, sia in Italia che in tutto il vecchio Continente. Nei primissimi anni '70 apparvero in Italia, importati dalla Germania, dagli Stati Uniti e dalla Gran Bretagna le prime membrane polimeriche (PVC.p., Hypalon, EPDM, ecc.) che ebbero, in Italia, almeno per quanto riguarda il PVC.p., un buon successo, senza però mai neppure avvicinarsi alle quantità prodotte ed utilizzate di membrane in bitume polimero.



Egitto - mummia trattata con bitume per la conservazione



Applicazione di impermeabilizzazione in multistrato di bitume ossidato fuso e cartoni bitumati.

lità all'elemento di tenuta, agli scarichi, agli altri elementi accessori della copertura e soprattutto alla superficie d'impermeabilizzazione sottostante gli impianti di condizionamento. Infatti, come assai spesso, purtroppo succede, l'Impiantista, a copertura totalmente finita, compresa protezione superficiale, ha fatto montare a 3 cm d'altezza, rispetto al piano di

scorrimento delle acque, una selva di macchinari, tubazioni, ecc. ovviamente non rimovibili salvo costi proibitivi. Niente paura, esiste sempre il popolo dei "Puffi", nanerottoli blu di altezza minima che vivono nei boschi canadesi, ed anche tra loro ci sono sicuramente gli Impermeabilizzatori .... con dei piccolissimi bruciatori!

Cosa significa, in parole povere, tutto questo? Che progettare una copertura non è semplicemente tracciare con AutoCad una linea tratteggiata su un disegno, ma è una cosa estremamente seria ed anche in qualche modo complessa, che necessita di un'attenta analisi di tutte le componenti, partendo come si usa dire "dall'aria sotto la copertura all'aria sopra la copertura" ed è soprattutto "coordinamento di progettazione" tra i vari tecnici incaricati.

### Le membrane bitume polimero

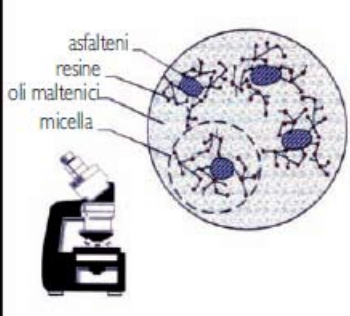
I macro-elementi costitutivi delle membrane bitume polimero sono la mescola, l'armatura, la finitura della faccia inferiore, la finitura della faccia superiore. Di seguito analizzeremo nel dettaglio caratteristiche e proprietà di ognuno di essi.

#### La mescola

Trattando di bitume e dei problemi relativi alla sua manipolazione è opportuno chiarire alcune definizioni fondamentali prima di entrare nel vivo dell'argomento. Molto spesso, anche gli addetti ai lavori corrono il rischio di fare confusione nell'uso dei termini appropriati e per questo è opportuno richiamarne il significato. Anche se nel linguaggio comune termini come "bitume", "catrame", "pece" o "asfalto" sono spesso usati indifferenteemente, essi hanno significati diversi e devono essere quindi usati con precisione. Un ulteriore, se non il principale, motivo di confusione è dovuto al fatto che, fra i diversi Paesi, esistono differenze sostanziali nel significato attribuito allo stesso termine. Per esempio, il bitume da petrolio è chiamato "asphalt" negli USA, mentre in Europa per

### Il bitume distillato al microscopio

Il bitume ha una struttura colloidale, cioè si trova in uno stato fisico intermedio tra solido e liquido, ed è caratterizzato dall'aver alcune particelle solide (micelle) in sospensione e dispersione in una massa liquida "intermicellare". Le micelle dunque costituiscono la "fase dispersa" e il liquido intermicellare la "fase disperdente".



Componenti bitume	Oli maltenici	Resine	Asfalteni
Intervallo P.M.	300-100	500-5000	3000-50000
Effetto sul bitume	- scorrimento - ricoprimento - lubrificazione interna	- stabilità fisica - duttilità - elasticità	- resistenza - viscosità - elastoplasticità
senza oli maltenici il bitume non avrebbe capacità di scorrimento e sarebbe troppo duro e poco adatto ad essere manipolato per l'applicazione.			
senza resine il bitume sarebbe molto instabile, anelastico e si frantumerebbe rapidamente gli oli, lasciando una pellicola dura, ma fragile.			
senza asfalteni il bitume sarebbe poco resistente, perderebbe adesività e si modificherebbe rapidamente sotto le sollecitazioni termiche e meccaniche.			

"asfalto" si intende miscela di bitume e inerti (conglomerato bituminoso) usata per la pavimentazione stradale. In Italia, seguiamo ovviamente l'uso terminologico europeo.

#### Il bitume

Così come è definito dalla ASTM (American Society for Testing and Materials) il bitume è un generico materiale legante di colore da marrone scuro a nero, solido, semisolido o viscoso, di origine naturale o industriale, con comportamento termoplastico, composto principalmente da idrocarburi ad alto peso molecolare, solubili in solfuro di carbonio. Dal lontano passato, fino agli inizi del ventesimo secolo gran parte del bitume utilizzato era di origine naturale presente in natura

### I termini chiave

#### Il catrame

Con questo termine, corrispondente alla parola inglese "tar", si riferisce ad un materiale con aspetto simile al bitume, ma del tutto diverso per origine e composizione. È, infatti, ottenuto industrialmente dalla distillazione distruttiva del carbone fossile. Dal punto di vista della composizione, questo materiale, rispetto al bitume, mostra un contenuto molto più elevato di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), oltre che numerosi altri composti contenenti ossigeno, azoto e zolfo. In molti Paesi, in passato, il catrame di carbone era spesso sostituito o mescolato al bitume negli usi industriali. Tale uso, ora del tutto cessato, che comunque era fortunatamente quasi sconosciuto in Italia, ha però diffuso l'abitudine di utilizzare indifferenteemente i due termini catrame e bitume nell'uso comune e anche in molti ambienti professionali (catramista, incatramare, catramatura, ecc.). Una imprecisione di questo tipo può avere conseguenze molto fastidiose, specie nel caso dei contatti con organi di controllo e/o sorveglianza (es. ASL).

#### La pece

La pece è un liquido altamente viscoso di colore nero ricavato dalla distillazione di "carbonella" ottenuta da legni resinosi (l'ideale è l'Abete rosso). È una sostanza impermeabile all'acqua, nonché un potente collante. La pece è stata usata per millenni, quale: calafataggio delle imbarcazioni, sigillatura

delle connessioni delle assi delle botti, incollaggio di punte di freccia sulle aste, preparazione di proiettili incendiari, impermeabilizzazione di contenitori di liquidi, mummificazione, ecc. e fino a pochi decenni fa anche quale protezione di cordame (che dovesse avere contatto con acqua), preparazione di corde di strumenti musicali ad arco (per migliorarne la vibrazione), ecc.

#### I polimeri nella mescola

Si utilizzano soprattutto:

- tra gli omopolimeri (catene di monomeri dello stesso tipo): "Polipropilene Atattico" (APP), Polipropilene Isotattico (IPP), Polietilene a bassa densità (LDPE) ed altri
- tra i copolimeri (catene di monomeri di diverso tipo): poliolefine a base di Polipropilene Elastomerizzato (FPA), Stirene-Butadiene-Stirene (SBS) ed altri. Suddetti prodotti sono molto spesso ottenuti da processi di riciclo, e con ciò ambientalmente compatibili.

Il filler nella mescola

Si tratta di cariche minerali, generalmente di carbonato di calcio.

#### Gli additivi nella mescola

Servono a migliorare alcune caratteristiche del prodotto finito quali ad esempio, la resistenza agli UV, il ritardo alla fiamma, la funzione antiradice, ecc.

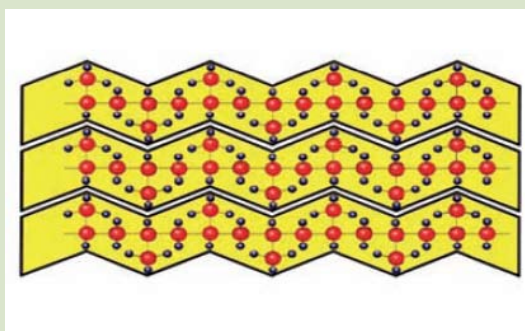
## Membrane bitume polimero: le tipologie

Le membrane in bitume polimero, oggi in commercio, per semplicità, si possono dividere in tre grandi famiglie:

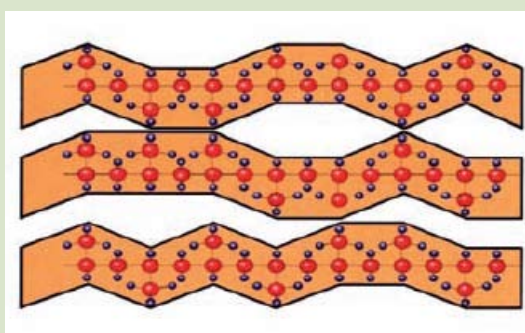
- **Membrane B.O.F.** = Bitume Ossidato Fillerizzato (senza modificazione con polimero): ormai assolutamente in disuso almeno in Italia.

- **Membrane B.P.P.** = Bitume Polimero Plastomero: bitume distillato modificato con vari polimeri e copolimeri, di cui in particolare A.P.P. (Polipropilene Atattico che deriva dalla produzione del I.P.P. Polipropilene Isotattico = Moplen), con aggiunta spesso, ma non obbligatoriamente, di quantità variabili di cariche quali Carbonato di Calcio.

Queste membrane, particolarmente adatte ai nostri climi italiani (molto caldi d'estate e freddi d'inverno, specialmente nel nord Italia) sono state inventate e prodotte per la prima volta proprio in Italia all'inizio degli anni 60 e reperibili normalmente sul mercato dalla metà degli anni 60 (vi era grande disponibilità di A.P.P. prodotto da Montedison). Oggi se ne producono solo in Italia circa 210.000.000 di m2 di cui circa 65.000.000 destinate al mercato estero. Hanno comportamento prevalentemente Plastico ed in modo minore Elastico, cioè si adattano molto bene alla forma, data a caldo, per rivestire una superficie o un particolare esecutivo. Suddette membrane vengo-



IPP - PoliPropilene Isotattico Moplen



APP - PoliPropilene Atattico utilizzato nelle membrane Plastomeriche

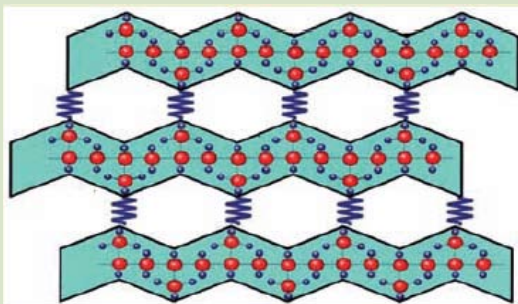
no comunemente definite "Plastomeriche" (utilizzando come modificante un polimero con caratteristiche soprattutto plastomero), ma talvolta vengono definite, per i materiali con le migliori caratteristiche, anche se non del tutto correttamente, "ElastoPlastomeriche" (in quanto i polimeri utilizzati presentano anche caratteristiche elastomeriche). In realtà ci sono solo pochissimi prodotti, in commercio, che si possono definire veramente, sotto il punto di vista chimico, "ElastoPlastomerici" e sono quelli realizzati in bitume distillato modificato con particolari copolimeri (resine metalloceniche), con caratteristiche che permettono di ottenere mescole Plastomeriche con importanti caratteristiche di elasticità (appunto mescole ElastoPlastomeriche). Le membrane Plastomeriche o ElastoPlastomeriche BPP. Sono prodotte in varie tipologie che vengono caratterizzate dalla flessibilità a freddo (Norma UNI EN 1109) variabile a seconda della quantità di polimero inserito nella mescola, del tipo di polimeri usati (di produzione specifica o recupero) e del quantitativo di Carbonato di Calcio usato come carica della mescola. Queste membrane hanno normalmente una temperatura di rammollimento  $\geq 120^{\circ}\text{C}$  e sono sufficientemente stabili ai raggi UV. Le membrane ElastoPlastomeriche a base di polipropilene elastomerizzato

sotto forma di depositi, da solo o mescolato intimamente con materiali inerti (in questo caso si parla di "asfalto naturale"). Anche se le proprietà del bitume naturale sono analoghe a quelle del bitume da petrolio, la sua composizione chimica presenta differenze significative e non può esservi assimilato dal punto di vista tossicologico. Dopo la diffusione del motore a scoppio, lo sviluppo dell'industria petrolifera ha messo a disposizione quantità sempre maggiori di bitume originato dalla raffinazione del petrolio, che attualmente costituisce la fonte primaria di tale materiale, per cui l'uso dei bitumi naturali è oggi scarsissimo. Le caratteristiche del bitume prodotto dal petrolio derivano sia dalla natura del grezzo d'origine, sia dal processo di produzione utilizzato. Si distinguono tipicamente bitumi distillati (ottenuti dalla raffinazione per distillazione atmosferica e sotto vuoto del petrolio), e bitumi ossidati (prodotti per insufflaggio di aria, in modo da ottenere una maggiore stabilità fisica a temperature più elevate). Il bitume ricavato dalla lavorazione del petrolio grezzo, chimicamente è un combinazione complessa di composti organici ad alto peso molecolare, con prevalenza di idrocarburi con numero di atomi di carbonio maggiore di C25 e alto valore del rapporto C/H, e oltre a piccole quantità di zolfo, azoto e ossigeno, contiene anche tracce di metalli quali nickel, ferro e vanadio. Praticamente non è volatile a temperatura ambiente, è insolubile in acqua ed è solubile solo in alcuni solventi.

### Il bitume nella mescola

Nella produzione di membrane impermeabilizzanti oggi è sostanzialmente dismesso l'uso del bitume ossidato e si usano essenzialmente vari tagli di bitume distillato. Per gli impieghi nell'industria dell'impermeabilizzazione, il bitume deve presentare caratteristiche fisiche ben precise che influenzano la qualità e le proprietà della mescola. In particolare, rispetto alle prestazioni funzionali, un bitume deve essere individuato in base a parametri reologici quali la penetrazione (indice di durezza), punto di palla-anello (punto di rammollimento), viscosità, e inoltre deve rispettare criteri di compatibilità con i modificanti polimerici. Ai fini della sicurezza operativa delle linee di produzione deve osservare inoltre stabiliti criteri di infiammabilità, mentre in ordine alle caratteristiche chimico-tossicologiche, in rapporto all'esposizione professionale nei suoi vari impieghi, il bitume non deve (e non risulta) presentare rischi particolari. Il bitume infatti contiene IPA (idrocarburi policiclici aromatici - fra quelli classificati pericolosi), in quantità estremamente ridotte in quanto i processi di distillazione "sotto vuoto", da cui principalmente si ottiene oggi il bitume, assicurano la rimozione della massima parte di composti a basso peso molecolare (compresi gli idrocarburi policiclici aromatici contenenti da tre a sette anelli condensati). Tali ridotte quantità di IPA rendono irrilevante il rischio associato al contatto sia con il bitume quale materiale, sia con i fumi di

sono prodotte solo con flessibilità a freddo del materiale nuovo  $\leq -20^{\circ}\text{C}$  (prova UNI EN 1109) con percentuali e tipi di polimero ben definiti e senza aggiunta di Carbonato di calcio e sono, come già indicato, munite di certificazione di prodotto in ambito UEAtc. Queste membrane hanno una temperatura di rammollimento  $\geq 130^{\circ}\text{C}$ - $140^{\circ}\text{C}$ , sono particolarmente stabili ai raggi UV e soprattutto invecchiano molto meno delle membrane Elastomeriche BPE o Plastomeriche BPP. (e quindi durano, su una copertura, rispettando la loro specifica funzione, un periodo molto maggiore).

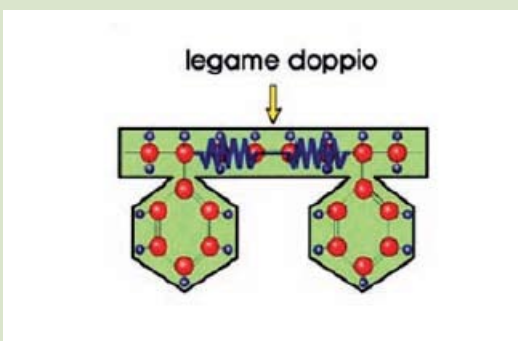


FPA - PoliPropilene Elastomerizzato utilizzato nelle membrane Elastoplastomeriche reali

• **Membrane B.P.E.** = Bitume Polimero Elastomero: bitume distillato modificato soprattutto con copolimero S.B.S. (Stirene-Butadiene-Stirene derivato dalla produzione dello Stirene con aggiunta di un collegamento elastico in Butadiene), sempre con aggiunta, di quantità variabili di carica quale Carbonato di Calcio (altrimenti il prodotto sarebbe troppo molle per essere utilizzato).

Queste membrane, sono molto flessibili e particolarmente adatte ai climi molto freddi e pertanto la loro produzione si è diffusa, a partire dalla metà degli anni 60, principalmente nell'Europa Centrale e Settentrionale.

Hanno caratteristiche prettamente Elastiche, anche se queste caratteristiche sono ovviamente ridotte dalla presenza



SBS - Stirene Butadiene Stirene utilizzato nelle membrane Elastomeriche

di armatura all'interno della membrana (la fase elastica di un'armatura, sottoposta a trazione, varia a seconda del tipo, è da 2 a 3%). Le membrane Elastomeriche sono prodotti particolari che è corretto usare in casi particolari, quali: condizioni di posa in opera a basse temperature, realizzazione di giunti di dilatazione, coperture particolarmente soggette a movimenti strutturali elastici, necessità di particolare adesione al supporto, ecc, sono inoltre di non facile applicazione, quando la temperatura esterna è molto alta, invecchiano più velocemente di una membrana Elastoplastomerica modificata con polipropilene elastomerizzato, non sono stabili ai raggi ultravioletti, ed hanno una temperatura di rammollimento di circa  $100^{\circ}\text{C}$  (quindi poco si adattano ad essere utilizzate su coperture termoisolante ed esposte (senza un'adeguata protezione) dove d'estate la temperatura superficiale può raggiungere anche gli  $85^{\circ}\text{C}$  e più).

Le membrane Elastomeriche sono prodotte in varie tipologie che vengono caratterizzate dalla flessibilità a freddo del materiale nuovo ( $-25^{\circ}\text{C}$  o  $-20^{\circ}\text{C}$  o  $-15^{\circ}\text{C}$  secondo Norma UNI EN 1109) variabile a seconda della quantità di polimero inserito nella miscela, del tipo di polimeri usati e del quantitativo di Carbonato di Calcio usato per fillerizzare la miscela.

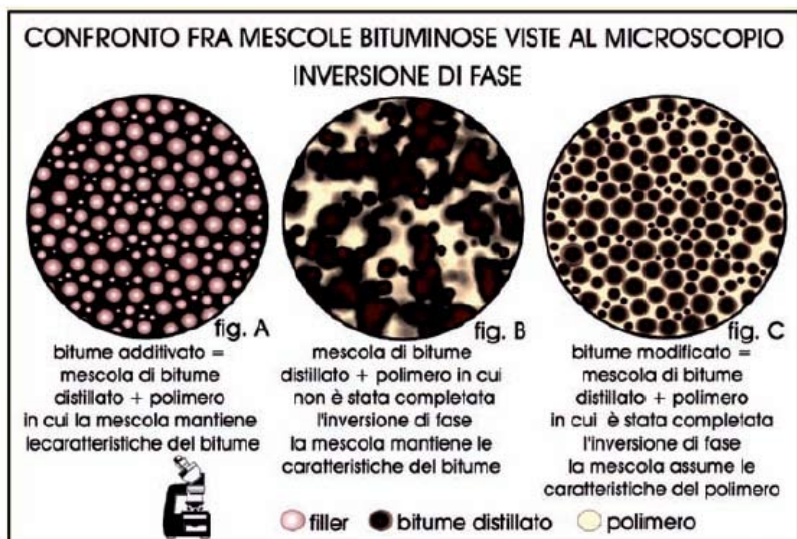
bitumi, durante le tipiche condizioni dei lavori di impermeabilizzazione.

### La composizione della miscela

La miscela è la parte impermeabile della membrana ed è costituita da una miscela di vari componenti, presenti in diverse percentuali. Durante il processo di realizzazione della miscela i vari componenti sono introdotti in adeguati mescolatori, portati al punto di fusione e tenuti intorno ai  $180$ - $200^{\circ}\text{C}$ , mescolati ed omogeneizzati secondo un tempo di miscelazione che dipende dalle caratteristiche degli ingredienti in uso. La composizione delle mescole può variare in funzione delle caratteristiche richieste e dalle scelte dei produttori, ma mediamente il 40-70% è rappresentata da bitume distillato mentre la restante parte da massa polimerica, filler e additivi vari. Ogni formulazione porta alla realizzazione di varie miscele e di conseguenza a membrane aventi caratteristiche e proprietà diverse. Durante la fase di preparazione della miscela avviene un processo chimico-fisico, conosciuto come "inversione di fase", dove, allo stato fuso, il bitume distillato, che è il "contenente" iniziale della massa polimerica, si scambia il ruolo con la massa polimerica stessa, che diviene, quindi il nuovo "contenente" del bitume distillato. Cioè la miscela bitume-polimero passa da "bitume additivato" (con polimeri) a "bitume modificato" (con polimeri), acquistando caratteristiche

fisiche e meccaniche totalmente diverse e molto più prestazionali rispetto a quelle iniziali del bitume distillato, in pratica la miscela assume le caratteristiche della massa polimerica stessa. Maggiore è l'uniformità della miscela, con parti di bitume di minima dimensione e finemente disperse nella massa polimerica, migliori risulteranno le caratteristiche prestazionali (fisiche-meccaniche) della membrana in bitume polimero. Maggiore è il quantitativo di filler immesso nella miscela, minore sarà l'uniformità della dispersione delle parti

*Inversione di fase della miscela con passaggio da bitume distillato a bitume modificato.*



bituminose nella massa polimerica (inversione di fase non completa) e minori risulteranno le caratteristiche prestazionali (fisiche- meccaniche) della membrana in bitume polimero.

### La flessibilità a freddo

La flessibilità a freddo di una membrana nulla o poco ha a che fare con la temperatura di posa o di utilizzo, ma è più un indice di qualità del prodotto che è spesso intimamente collegato all'invecchiamento del prodotto stesso. In parole più semplici si può dire che la flessibilità a freddo di una membrana in bitume polimero (prodotto nuovo ed invecchiato) è quasi come la potenza di un motore o la cilindrata di un'automobile, rispetto alla velocità a cui normalmente l'automobile è utilizzata. Un'automobile, di piccola cilindrata e bassa potenza, utilizzata normalmente ad una velocità di 130 km/h che corrisponde circa alla velocità massima ed ai massimi giri possibili del motore, sarà soggetta ad un'usura molto superiore di un'automobile di grande cilindrata e grande potenza, per la quale la velocità di 130 km/h corrisponde solo ad una parte della sua velocità massima e dei giri del motore. A titolo d'esempio si riporta quanto indicato sulle tabelle riportate sul Codice di Pratica dell'I.G.L.A.E. (che in parte si riferiscono alla norma UNI 8629/2 e 8629/3):

- Una membrana ElastoPlastomerica modificata con Polipropilene elastomerizzato che nasce -20°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde solo 10°C di flessibilità, diventando -10°C.
- Una membrana Plastomerica - APP o ElastoPlastomerica - APP che nasce -15°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova

UNI EN 1296) perde normalmente 10°C di flessibilità, diventando -5°C.

- Una membrana Plastomerica - APP o ElastoPlastomerica - APP che nasce -10°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente 15°C di flessibilità, diventando +5°C (Norma Uni 8629/2).

- Una membrana Plastomerica - APP che nasce -5°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente 20°C di flessibilità, diventando +15°C (Norma Uni 8629/2).

- Una membrana Plastomerica - APP che nasce 0°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente 25°C di flessibilità, diventando +25°C

- Una membrana Elastomerica - SBS che nasce da -25°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente da 10 a 15°C di flessibilità, diventando -15°C o -10°C.

- Una membrana Elastomerica - SBS che nasce da -20°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente da 10 a 15°C di flessibilità, diventando -10°C o -5°C (Norma Uni 8629/2).

- Una membrana Elastomerica - SBS che nasce da -15°C, dopo 180 gg in stufa a 70°C (prova UNI EN 1296) perde normalmente da 15 a 20°C di flessibilità, diventando 0°C o +5°C.

Ovviamente in cantiere, in Italia, se non specificatamente richieste in capitolato, con indicate tutte le caratteristiche prestazionali, nonché le certificazioni, si usano di solito membrane con flessibilità a freddo 0 o -5°C oppure, nel migliore dei casi (purtroppo raro!!!), -10°C, ma ancora più raramente prodotti con flessibilità -15°C e tantomeno -20°C.

A integrazione di quanto sopra possiamo osservare che:

- la flessibilità a freddo di una membrana nulla o poco ha a che fare con la temperatura di posa o di utilizzo, ma è più un indice di qualità del prodotto che è intimamente collegato all'invecchiamento del prodotto stesso e quindi alla sua "durabilità" e "funzionalità" nel tempo.

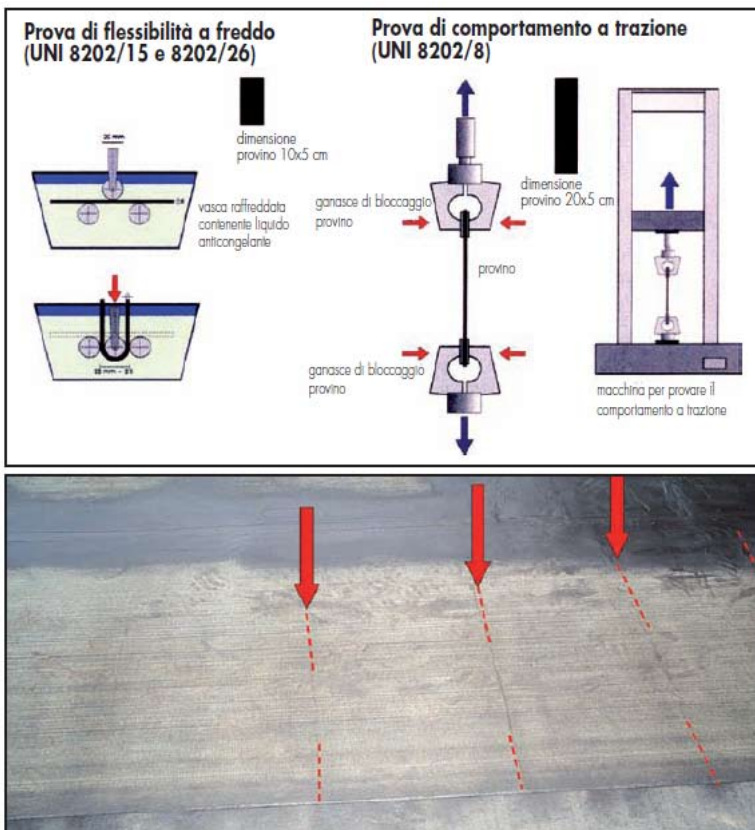
- per la determinazione della temperatura esterna minima, compatibile con la fase di posa delle membrane in bitume polimero, si possono usare le seguenti regole di carattere pratico:

- con membrane aventi flessibilità a freddo (materiale nuovo)  $\leq -10^\circ\text{C}$ , la temperatura deve essere  $> +5^\circ\text{C}$
- con membrane aventi flessibilità a freddo (materiale nuovo)  $\leq -5^\circ\text{C}$  o  $\leq 0^\circ\text{C}$ , la temperatura deve essere  $> +10^\circ\text{C}$ .

- Se la temperatura esterna, durante le 12 ore precedenti la posa della membrana (ore notturne) è stata  $< +5^\circ\text{C}$  o  $< +10^\circ\text{C}$  (secondo le membrane utilizzate) e se i rotoli di membrana sono stati stoccati all'aperto o in ambienti aventi la stessa temperatura esterna, la miscela risulterà comunque congelata, almeno nella parte più interna del rotolo, indipendentemente dalla temperatura esterna, presente al momento della posa, pertanto, in questo caso, si dovranno prendere tutte le necessarie precauzioni per evitare che il telo, specialmente nelle ultime spire interne, più strette, possa fessurarsi

*Sotto: prove di flessibilità a freddo e trazione sulle membrane in bitume polimero.*

*In basso: fessurazioni, nelle ultime spire, di un rotolo svolto a bassa temperatura senza prendere precauzioni nel preriscaldamento e srotolamento.*



## Le tipologie di armatura

- **Membrane armate con armatura "Composita" in NT di poliestere da filo continuo, accoppiata a rete di vetro (quindi con filamenti di vetro disposti sia in senso trasversale che longitudinale)**

Sono caratterizzate da ottima resistenza a trazione e stabilità dimensionale ( $\leq 0,2-0,3\%$ ) sia in senso trasversale che longitudinale. Le armature composite sono quelle che danno alla membrana le migliori caratteristiche meccaniche, e sono compatibili con le metodologie di posa in totale aderenza, in semi-indipendenza controllata e con fissaggio meccanico. Vengono usate normalmente con membrane particolari ed in particolari utilizzi (membrane Resistenti al Fuoco e/o membrane adatte alla metodologia di posa in opera con fissaggio meccanico).

- **Membrane armate con armatura "Stabilizzata" in NT di poliestere da filo continuo o fiocco, accoppiata a fili di vetro longitudinali**

Armature più economiche di quelle composite, con buona stabilità dimensionale, ma con prestazioni di resistenza a trazione inferiori, in particolare in senso trasversale. Queste membrane sono compatibili con le metodologie di posa in totale aderenza, e in semi-indipendenza controllata (su speciali membrane multiforate).

- **Membrane armate con NT di poliestere da filo continuo in grammatura da 150 a 180 g/m<sup>2</sup>**

Sono caratterizzate da ottima resistenza a trazione ed al punzonamento e possiedono una buona stabilità dimensionale ( $\leq 0,5\%$ )

Queste membrane sono compatibili con le metodologie di posa in totale aderenza, e in semi-indipendenza controllata (su speciali membrane multiforate).

- **Membrane armate con NT di poliestere da fiocco**

Sono meno stabili dimensionalmente ( $\leq 0,7-1,0\%$ ) e normalmente, a parità di peso, hanno caratteristiche di resistenza a trazione inferiori a quelle armate con

filo continuo. Queste membrane sono compatibili solo con la metodologia di posa in totale aderenza.

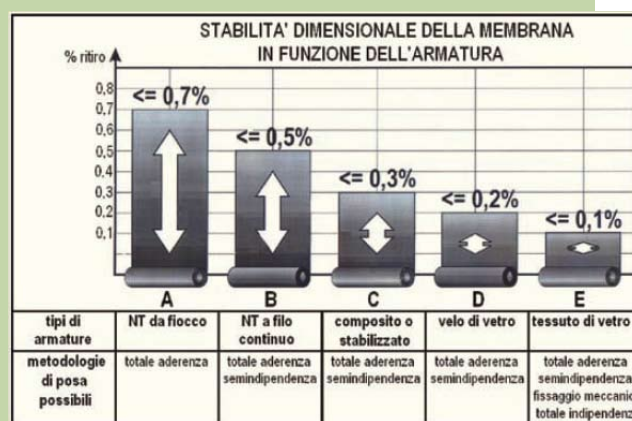
- **Membrane armate con velo di vetro**

Sono stabili dimensionalmente ( $\leq 0,2\%$ ), ma poco resistenti a trazione ed al punzonamento.

Queste membrane sono compatibili con le metodologie di posa in totale aderenza, e in semi-indipendenza controllata (su speciali membrane multiforate).

- **Membrane armate con tessuto di vetro**

Sono estremamente stabili dimensionalmente ( $\leq 0,1\%$ ), e resistenti a trazione. Queste membrane sono compatibili con le metodologie di posa in totale aderenza, in semi-indipendenza controllata ed (uniche) la posa in totale indipendenza sotto zavorramento. Queste sono comunque membrane molto costose e particolarmente difficili da posare.



durante l'operazione di srotolamento:

- scaldare leggermente con la fiamma il rotolo in fase di srotolamento
- eseguire uno srotolamento molto lento, specialmente nelle ultime spire del rotolo

### La massa areica

Un altro importante indice di qualità è la massa areica della membrana [peso specifico (kg/dm<sup>3</sup>) x spessore della membrana (mm) = peso della membrana (kg/m<sup>2</sup>)]. Ovviamente più Carbonato di Calcio (PS = 2.7 kg/dm<sup>3</sup>) si aggiunge alla miscela del prodotto a discapito del Polimero (PS = 0,9 kg/dm<sup>3</sup>) e del bitume distillato (PS = 0,98 kg/dm<sup>3</sup>) e più la membrana pesa e maggiore è quindi la massa areica. Un prodotto senza aggiunta di Carbonato di Calcio ha un PS  $\leq 1$  kg/dm<sup>3</sup> e quindi una massa areica (con membrana da 4 mm di spessore)  $\leq 4$  kg/m<sup>2</sup>. Il peso specifico o la massa areica di una membrana, quando supera certi valori, diviene una caratteristica negativa del prodotto pertanto un valore maggiore non significa un prodotto migliore, ma proprio l'opposto. In funzione dell'utilizzo specifico ed in funzione delle condizioni climatiche locali fa effettuata la corretta scelta del prodotto, poiché non tutte le tipologie di membrana sono ugualmente utilizzabili in tutte le situazioni.

### Le armature delle membrane bitume polimero

L'armatura costituisce la struttura portante della membrana in quanto forma l'ossatura interna intorno a cui si va a distribuire in modo omogeneo la miscela, attraversandola nel suo spessore, realizzando così un accoppiamento mirato al miglioramento delle caratteristiche meccanico-strutturali del prodotto finito. Per quanto riguarda le armature normalmente impiegate nelle membrane ce ne sono di diversi tipi ed ovviamente di diversa qualità e prezzi. Una buona armatura non deve essere particolarmente pesante/spessa (non si impregnerebbe correttamente nella miscela), ma deve dare alla membrana caratteristiche di resistenza meccanica alla trazione ed al punzonamento statico e dinamico e deve essere il più possibile stabile dimensionalmente a caldo. Non necessariamente un'armatura deve resistere allo "strappo", che è una prova di resistenza non normata e spesso purtroppo utilizzata dai "pseudo-tecnici" per "testare empiricamente" la resistenza della membrana. Una membrana posata in copertura non lavora a strappo ma a trazione, a strappo lavora solo in caso di un importante cedimento strutturale (es.: in caso di terremoto). In funzione dell'utilizzo specifico della copertura, della metodologia di posa adottata per i vari elementi o strati e delle condizioni climatiche locali fa effettuata

la corretta scelta del prodotto, poiché non tutte le tipologie di armatura sono ugualmente utilizzabili in tutte le situazioni. Le membrane armate con velo di vetro trovano utilizzo ormai solo negli strati accessori (schermi al vapore, impermeabilizzazioni provvisorie, ecc.) e davvero raramente nella composizione dell'elemento di tenuta. Se comunque, in un sistema con elemento di tenuta posato in totale aderenza, dovesse essere inserito uno strato di membrana armata con velo di vetro, questo ultimo dovrà essere posizionato come 1° strato, direttamente in aderenza con il piano di posa della copertura o con l'elemento termoisolante, opportunamente trattato. La membrana armata in velo di vetro posizionata, nell'elemento di tenuta, come secondo strato, posato in aderenza su un primo strato armato con NT di poliestere, potrebbe portare alla sua lacerazione, nei punti o lungo le linee di non aderenza tra i due strati (lenti di non aderenza per creazione di piccole sacche di gas di combustione durante la sfiammatura, linee di non aderenza in corrispondenza degli incroci delle sormonte, causate dallo spessore delle membrane, ecc.) a causa del diverso comportamento delle armature nei due strati (elasticità, resistenza a trazione e stabilità dimensionale a caldo; valori tutti molto maggiori nelle armature in NT di poliestere). Da quanto sopra si deduce dagli argomenti precedentemente trattati (armature, mescole, ecc.) le membrane in commercio sono prodotte in tipologie e qualità diversissime a seconda delle caratteristiche chimiche della mescola, della flessibilità a freddo, dell'armatura, dello spessore, ecc. e possono avere pertanto una variabilità di prezzo al m2 molto ampia. Ogni produttore di membrane in bitume polimero ha nel Listino ufficiale almeno 20 tipologie di prodotti (con tutte le variabili di spessore, peso, armatura, ecc.); calcolando che ci sono circa 22 Produttori il conto è presto fatto: in commercio ci sono centinaia di membrane diverse. Nelle schede tecniche dei prodotti di più alta gamma sono indicate anche la flessibilità

a freddo, dopo invecchiamento accelerato (Norma UNI EN 1296) e la massa areica che, come abbiamo visto in precedenza, sono le caratteristiche più importanti di una membrana riguardanti la qualità del prodotto stesso.

### ■ La finitura delle facce

Le finiture delle facce delle membrane in bitume polimero possono avere molteplici funzioni, anche contemporanee (antiaderenza, protezione meccanica e solare, aspetto estetico, promotore di aderenza per l'incollaggio a fiamma, ecc.) secondo il posizionamento (superiore o inferiore) e la tipologia. Per la faccia superiore, in particolare:

- calcatura a umido o a secco con inerti minerali, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata;
  - sabbiatura a secco con inerti minerali, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata;
  - film di polietilene (LDPE), termofusibile, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata e anche durante la fase di calpestio, in corso di posa in opera, specialmente nel periodo estivo (usata soprattutto con membrane a mescola elastomerica);
  - film di polipropilene testurizzato, termofusibile, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata e anche durante la fase di calpestio, in corso di posa in opera, specialmente nel periodo estivo (usata soprattutto con membrane a mescola Elastomerica) e come strato promotore d'aderenza per l'incollaggio a fiamma dello strato di membrana applicato all'estradosso;
  - scaglie minerali (varie colorazioni), con funzione primaria di protezione dall'irraggiamento solare e di finitura estetica e funzione secondaria antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata e anche durante la fase di calpestio, in corso di posa in opera;
  - lamina metallica (in alluminio con varie colorazioni o in rame naturale – la lamina è sempre gofrata per compensare le dilatazioni termiche lineari del prodotto) con funzione primaria di protezione dall'irraggiamento solare e di finitura estetica e funzione secondaria antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata e anche durante la fase di calpestio, in corso di posa in opera.
- Per la faccia inferiore, invece:
- calcatura a umido o a secco con inerti minerali, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata;
  - sabbiatura a secco con inerti minerali, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata;
  - film di polietilene (LDPE), termofusibile, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata;
  - film di polipropilene testurizzato, termofusibile, con funzione di strato separatore, antiaderenza tra le spire della membrana arrotolata e come strato promotore d'aderenza per l'incollaggio a fiamma della membrana stessa sul piano di posa.

Coperture realizzate con membrane in bitume polimero tradizionali

