

# Facciate ... a membrana

Jacopo Gaspari

Il recente sviluppo di membrane e film plastici ha permesso di veicolare attraverso architetture di notevole impatto una nuova immagine dell'involucro. La varietà di prodotti disponibili anche in fogli stampabili, reti e tessuti, coniugata alla loro consistenza e resistenza, nonché alla loro grande versatilità, offre, nel campo delle costruzioni, la possibilità di elaborare un'ampia gamma di soluzioni formali.

In particolare, lo sviluppo della tecnologia del doppio involucro a membrana, costituito da due strati sovrapposti a formare un "cuscino" in pressione, ha portato alla realizzazione di edifici davvero singolari, espressione di una ricerca tecnologica che si traduce in segno architettonico.

In tal senso, la realizzazione dell'involucro dell'Allianz Arena, il nuovo e avveniristico stadio di Monaco di Baviera progettato dallo Studio Herzog & de Meuron, rappresenta uno dei più recenti esempi di impiego di materiali plastici a membrana nel settore. Materiali già oggetto di sperimentazione da parte di Nicholas Grimshaw con il National Space Center di Leicester che, a buon titolo, può essere considerato uno dei primi esempi di involucri in pressione in ETFE.

L'impiego di membrane per la realizzazione di rivestimenti, sia verticali sia orizzontali, porta ad una modifica radicale dell'approccio progettuale e costruttivo dell'involucro.

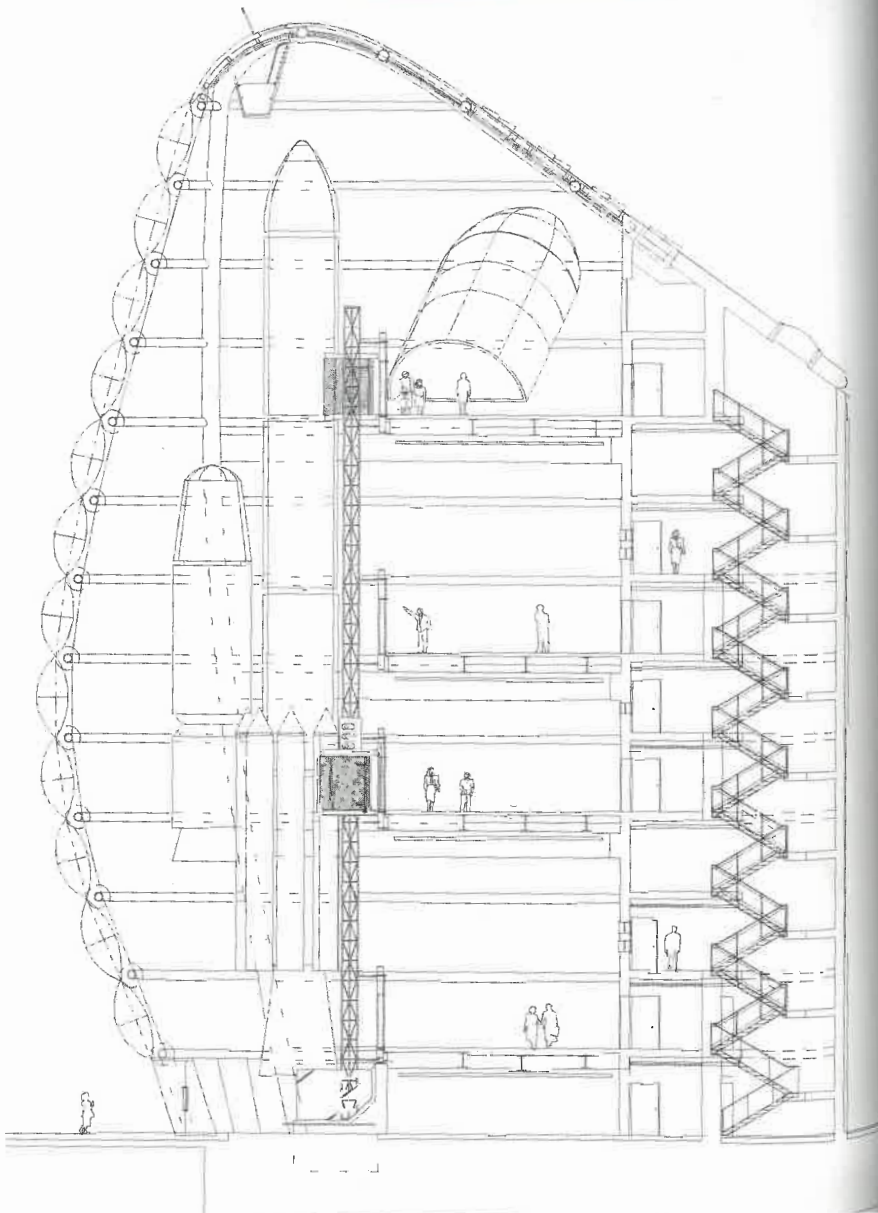
Le strutture portanti non sono più concepite come elementi massicci e continui, ma come strumento necessario per mettere in tensione le membrane.

Attualmente, la maggior parte dei progetti in cui sono stati utilizzati elementi a membrana presenta prodotti, in forma di fogli o tessuto, appartenenti ad una di queste tre grandi

Riciclabile al 100%, l'ETFE modifica la propria trasparenza in funzione dell'irraggiamento con effetti scenografici.

Difficile da progettare, calcolare e posare, viene utilizzato per poche eccellenti realizzazioni.

Tutte firmate e tutte all'estero



*National Space Center di  
Leicester*

*I cuscini di ETFE in pres-  
sione dell'involucro del  
Centro Nazionale dello  
Spazio presso Leicester.  
Foto di © Nathan  
Willock/VIEW.*

*A sinistra; nella pagina a  
fianco, in evidenza il dif-  
ferente grado di opacità  
del materiale in funzione  
dell'irraggiamento  
(Fonte: [www.grimshaw-  
architects.com](http://www.grimshaw-<br/>architects.com)).*

*A sinistra, nella pagina a  
fianco, sezione (Fonte:  
National Space Center).*



“famiglie”: polivinilcloride (PVC), politetrafluoroetilene (PTFE), etilenetetrafluoroetilene (ETFE).

Il risultato è una gamma applicativa molto ampia e differenziata che, tuttavia, fa riferimento ad un numero ristretto di materiali.

La principale spiegazione di questo fenomeno è legata alle garanzie che questi tre materiali offrono in relazione alla lunga esperienza sperimentale, avviata a partire dagli anni '50, che ha condotto al raggiungimento di notevoli livelli prestazionali.

Il PVC, affiancato negli anni '70 dal PTFE, può essere considerato il progenitore di questo tipo di materiali, mentre l'ETFE, presentando caratteristiche nettamente superiori, affinate anche sulla scorta delle analisi, delle osservazioni, delle esperienze condotte sui materiali precedenti, ne rappresenta l'ultima generazione.

Inoltre, grazie allo sviluppo tecnologico nelle lavorazioni e alle ricerche condotte in questo settore, ai tre materiali principali fanno capo una grande varietà di prodotti ottenuti diversificando il trattamento o incrementando il livello prestazionale di alcune caratteristiche.

La grande maggioranza dei progetti che prevedono elementi a membrana in tensione sono stati realizzati in PTFE. Tuttavia, nonostante l'esperienza accumulata intorno all'impiego di questo materiale, si sono verificati

## Dal PTFE all'ETFE

Alcuni esempi di membrane. Nell'ordine: un foglio di PTFE, uno di ETFE e uno di ETFE con trattamento a stampa. L'ETFE risulta avere un maggiore grado di trasparenza in rapporto ad un incremento della leggerezza rispetto al PTFE. Inoltre, rispetto a quest'ultimo, offre la possibilità di essere trattato a stampa aumentando le possibili variazioni formali ed estetiche (Fonte: Seer, Ulli, Icking).



diversi casi in cui la sua applicazione non si è rivelata risolutiva o adeguata rispetto agli obiettivi fissati in fase di progetto. Uno degli esempi più noti è il Millennium Dome di Londra in cui, a dispetto del grande investimento in termini di ingegnerizzazione e finanziamento dell'opera, dopo un tempo di vita relativamente breve si è manifestato un degrado importante ed esteso degli elementi in PTFE. Il verificarsi di inconvenienti di questo tipo per cause legate, in numerose realizzazioni, a una non perfetta messa in opera o a una non del tutto corretta concezione della geometria degli elementi, ha dato ulteriore impulso alla ricerca di un prodotto che fornisca

Materiale	Durabilità (anni)	Trasparenza	Riflettanza	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Resistenza a trazione (N/5 cm)	Temperature sopportate (°C)
Tessuto in poliestere con trattamento a patina in PVC	15-20	0-25%	50-70%	0,6-1,65	2000-10000	-30/+70
Tessuto in fibra di vetro con trattamento a patina in PTFE	>25	4-22%	65-75%	0,4-1,6	1000-8000	tutte le temperature
Tessuto in fibra di vetro con trattamento a patina in silicone	>20	10-20%	50-70%	0,4-1,6	1000-5000	tutte le temperature
Rete laminata con film in PTFE	>25	35-65%	10-20%	0,7-1,2	2500-5000	tutte le temperature
Foglio in PVC	15-20	fino a 90%	fino a 60%	0,2-2	300-2000	+5/+40
Foglio in ETFE	>25	fino a 96%	fino a 60%	0,05-2	300-600	tutte le temperature
Tessuto in poliestere	ott-20	30-35%	60-70%	0,4	4000	-30/+70
Tessuto in PTFE	>25	15-40%	50-70%	0,3-0,8	2000-5000	tutte le temperature
Rete con trattamento a patina in PVC	ott-15	20%	20-40%	0,5-1	1500-5000	-30/+70

Parametri prestazionali di alcuni dei principali prodotti. Si può notare come l'ETFE presenti caratteristiche di trasparenza simili al PVC pur risultando rispetto ad esso molto più leggero e durevole nel tempo. Si sottolinea, inoltre, la maggiore indeformabilità dell'ETFE che deriva da una sua più elevata resistenza alle temperature, nonché la sua inalterabilità cromatica che deve ricondursi alla contenuta reazione rispetto ai raggi UV.

maggiori garanzie di durata. L'ETFE può essere, quindi, considerato come il risultato di un avanzamento prestazionale dei prodotti precedenti e non è un caso che intorno ad esso si siano sviluppate anche ricerche sulle possibili tecnologie atte a supportare il materiale, nella composizione di forme architettoniche alternative. In tal senso, i due esempi sopra richiamati rappresentano due diversi approcci nell'utilizzo del materiale oltre che nella definizione del rapporto tra forma e struttura. Nel caso del National Space Center di Leicester, infatti, Grimshaw tende a far coincidere forme, volumi e struttura con l'involucro in cuscini di ETFE concentrando in un unico elemento tutti gli sforzi progettuali da quello compositivo a quello tecnologico. Il risultato è un'immagine di estrema sintesi in cui l'involucro è l'edificio e viceversa. Nel caso dell'Allianz Arena, al contrario, Herzog & de Meuron trattano i cuscini in ETFE come gli elementi tridimensionali di un involucro che avvolge le strutture massicce dello stadio. Si delineano, quindi, due diversi canali di ricerca, il primo indirizzato verso una concezione tecnologico-funzionale del prodotto, il secondo orientato verso una sua lettura formale ed

espressiva. Dunque, le membrane, inizialmente impiegate per integrare facciate e coperture (si pensi, ad esempio, al loro uso come elemento schermante nelle intercapedini di molte chiusure verticali vetrate), soddisfano oggi molteplici esigenze. Grazie agli studi condotti sui materiali basso-emissivi è stato possibile sviluppare le caratteristiche tecniche per ottenere elevati parametri in termini di traslucenza, controllo energetico, isolamento termico e acustico raggiungibili attraverso l'uso di un singolo elemento o la sovrapposizione di più strati.

Nella tabella nella pagina a fianco sono elencati alcuni dei prodotti più utilizzati e le loro principali caratteristiche. Questi, combinati tra loro o in forma di elemento multistrato, possono offrire, con spessori estremamente ridotti, prestazioni altrimenti ottenibili solo con componenti edilizi complessi e di notevole dimensione.

Lavorando sulla disposizione degli strati e sulla geometria delle superfici è possibile incrementare l'isolamento termico e acustico. Si evidenzia, inoltre, la resistenza al fuoco dei materiali che varia dalla classe B1 a quella A2 (DIN 4102).

## Gruppo Allianz

In basso: vista generale dell'Allianz Arena di Monaco (fonte: [www.allianz-arena.org](http://www.allianz-arena.org)).

Sotto: vista del rivestimento esterno e particolare dei "cuscini" in ETFE. Gli elementi a membrana sono fissati alla sottostruttura nella quale sono integrati i corpi illuminanti attraverso i quali è possibile creare effetti cromatici sulle facciate e sulla copertura (fonte: [www.allianz-arena.org](http://www.allianz-arena.org)).

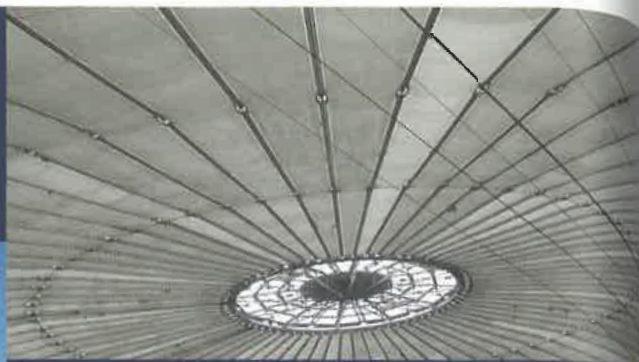


- 1 - rivestimento pneumatico a cuscini di ETFE
- 2 - alloggiamento corpi illuminanti
- 3 - circuito secondario di immissione dell'aria
- 4 - circuito principale di immissione dell'aria
- 5 - struttura secondaria
- 6 - collegamento tra struttura principale e secondaria
- 7 - elementi schermanti
- 8 - facciata interna in vetro
- 9 - ponteggio mobile per la manutenzione



## Millenium Dome a Londra

Vista del Millennium Dome a Londra. Le strutture metalliche verticali e i cavi di tensionamento spiccano sul manto continuo della copertura a membrana (Fonte: [www.schools.sbe.uk](http://www.schools.sbe.uk)).



Particolare dell'anello strutturale centrale. Ad esso convergono gli elementi radiali sui quali sono tesi gli elementi a membrana (Fonte: [www.schools.sbe.uk](http://www.schools.sbe.uk)).

I due principali sistemi utilizzati fanno riferimento a quello a trazione e a quello a pressione. Il primo si avvale di strutture più o meno leggere in funzione dei carichi sulle quali sono tese le membrane. Il secondo mette in tensione i fogli di materiale plastico gonfiando cuscini opportunamente sagomati che sono realizzati associando uno o più strati di materiale (nei progetti più recenti quasi esclusivamente ETFE) termosaldati alle estremità per garantire, una volta gonfiati, la tenuta dell'aria. La giunzione dei bordi deve essere effettuata con una sovrapposizione adeguata per permettere la termosaldatura e, nel contempo, l'inserimento dei margini nella sottostruttura di sostegno. L'aria viene immessa nei cuscini attraverso un circuito a pressione che può essere più o meno articolato in base alla geometria e al numero di elementi presenti. Essa deve essere trattata e la sua temperatura può essere variata in relazione alle necessità di controllo climatico. È fondamentale che l'aria immessa sia secca per evitare fenomeni di condensa e che possa essere opportunamente scaldata, al fine di evitare il sovraccarico delle strutture, nel caso in cui l'involucro si trovi in zone soggette a nevicata. La pressione di immissione permanente dell'aria si aggira, generalmente, tra i 250 e i 400 Pa, ma deve essere, comunque, calcolata in funzione delle spinte orizzontali prodotte dal vento qualora queste siano particolarmente importanti. Il valore della pressione deve, inoltre, tenere conto di eventuali urti a cui il cuscino può essere soggetto. Riguardo a ciò è fondamentale, in caso di rottura, che la geometria dell'involucro consenta un'agevole sostituzione del-

l'elemento danneggiato. Nella maggior parte dei casi, l'impianto prevede l'inserimento di sensori che regolino automaticamente la pressione nei cuscini quando per una qualche ragione essa dovesse modificarsi. A tale proposito, si deve, comunque, segnalare il costo di mantenimento dell'impianto pneumatico. Per aumentare la leggerezza dell'insieme è possibile ricorrere a sottostrutture in alluminio a loro volta connesse alla struttura portante principale. Il grande numero di variabili in gioco nella progettazione di involucri a membrana richiede un elevato livello di specializzazione e competenza che porta ad un sostanziale incremento del livello di ingegnerizzazione dell'opera. Il cambiamento di approccio non investe solo gli aspetti formali e strutturali, ma anche le procedure per la loro realizzazione. Si tratta, infatti, di opere che, basandosi sull'assemblaggio di componenti spesso complessi, presuppongono un'esecuzione pressoché perfetta. Nel panorama italiano, opere di questo tipo rappresentano riferimenti formali di indubbio valore che, tuttavia, non trovano un immediato riscontro nelle capacità realizzative del mercato. Le piccole-medie imprese che caratterizzano una buona parte del settore edilizio non sono, nella grande maggioranza dei casi, in grado di garantire il necessario supporto al progetto anche a quei professionisti che volessero cimentarsi con questo particolare tipo di soluzioni tecnologiche. L'utilizzo del sistema costruttivo a secco appare come uno dei punti di forza e, nel contempo, un limite.

Segue a pagina 1069