

Premessa

I sistemi di collaudo/controllo della tenuta idraulica di un elemento di tenuta (strato impermeabile) di una copertura continua possono essere differenziati secondo varie tipologie, adottabili durante le diverse necessità, tempistiche di lavorazione e/o a seconda della geometria della copertura.

Inoltre possono essere predisposti, in corso d'opera anche sistemi di controllo da utilizzare, in continuo

o quando necessario, dopo la completa esecuzione delle opere d'impermeabilizzazione e posa delle protezioni **pesanti mobili** (ghiaia, pavimentazioni galleggianti, pavimentazioni allettate su sabbia o ghiaino, ecc.) o **fisse** (pavimentazioni tradizionali in piastrelle allettate su sabbia e cemento o incollate su massetto cementizio, pavimentazioni di tipo industriale o in conglomerato bituminoso, ecc.).



A - Controllo visivo della superficie e delle giunzioni

È il sistema più semplice ed immediato di collaudo che può essere sempre adottato, sia in corso di posa che dopo il completamento dell'elemento di tenuta (strato impermeabile), però sempre prima della posa di altri eventuali strati o elementi protettivi e si basa sul controllo che non vi siano tagli, altri danneggiamenti meccanici o delaminazioni visibili sulla superficie delle membrane impermeabili prefabbricate (bitume polimero o polimeriche) o realizzate in opera (resino-cementizie, poliureiche, poliuretaniche, ecc.) oppure non vi siano punti di discontinuità nelle giunzioni dei teli (quest'ultimo ovviamente solo per le membrane prefabbricate, saldate in opera).

Per quanto riguarda le membrane prefabbricate polimeriche (PVC-P, TPO, ecc.) i Produttori, praticamente ormai sempre, realizzano i teli con più strati accoppiati (coestrusi, spalmati, ecc., con interposizione o meno di un'armatura) dove lo strato superiore è più chiaro ed è anche trattato per resistere all'azione dei raggi UV, mentre gli strati inferiori sono più molto scuri, proprio per creare contrasto con il colore dello strato superiore.

Questo sistema conosciuto come "Signal layer" permettere l'immediata individuazione visiva, per l'effetto del contrasto dei colori, di tagli, abrasioni o fori, attraversanti almeno lo strato di membrana superiore più chiara.

Per quanto riguarda le membrane prefabbricate, se è piovuto da poco tempo, per la ricerca dei punti d'infiltrazione, si potrà operare (con un rullo metallico o con il piede) anche con una pressione sulle giunzioni di saldatura, per verificare, visivamente, l'eventuale uscita di acqua o bollicine d'aria, che segnalerebbe una possibile discontinuità della saldatura, con conseguente ritenzione d'acqua sotto lo strato impermeabile.

In tutti i casi, se si riscontrassero anomalie sulla superficie impermeabile si potrà tempestivamente ripararle, in modo idoneo, con "fazzoletti" di membrana, saldate in continuo sulle membrane prefabbricate o sovrapponendo strati a spruzzo, rullo o pennello sulle membrane realizzate in opera.



■ Controllo visivo dello strato impermeabile.

A - Controllo visivo della superficie e delle giunzioni



- Controllo visivo su membrane impermeabili realizzate con facce di colore contrastante (sistema "Signal layer").



- Controllo visivo dello strato impermeabile, operando pressione sulle sormonte di saldatura.

Nota riguardo gli aspetti positivi di questa metodologia di controllo

La metodologia precedentemente descritta va intesa esclusivamente come "sistema di controllo preventivo" in corso d'opera e non come "sistema di collaudo".

A questo sistema di controllo dovrà essere comunque abbinata successivamente una delle metodologie di collaudo di seguito descritte.

B - Controllo meccanico delle giunzioni

Questa metodologia di collaudo, utilizzabile solo con le membrane prefabbricate, saldate in opera, deve essere effettuato mediante apposito attrezzo (punteruolo a punta leggermente ripiegata e smussata, conosciuto con il termine gergale di "bastardo") o cacciavite a testa piatta piccola, fatto scorrere lungo la linea di saldatura, con una certa pressione, per verificare l'integrità e la continuità della saldatura stessa.

La penetrazione della punta dell'attrezzo tra i due spessori di membrana sovrapposti sulla giun-

zioni segnala un'anomalia della giunzione stessa, dovuta ad un'errata saldatura e/o incollaggio, che potrebbe essere solo presente sulla parte iniziale o passante su tutta la larghezza della sormonta.

In ogni caso eventuali imperfezioni dovranno essere riprese con l'erogatore manuale ad aria calda (membrane polimeriche) o con fiamma e cazzuolino (membrane in bitume polimero) e, se necessario, ricoperte con "pezze" di membrana impermeabile, con angoli arrotondati, saldate in continuo, sulla zona interessata dall'intervento.



■ Controllo meccanico delle giunzioni dello strato impermeabile.

Nota riguardo gli aspetti positivi di questa metodologia di controllo

La metodologia precedentemente descritta va intesa esclusivamente come "sistema di controllo preventivo" in corso d'opera e non come "sistema di collaudo".

A questo sistema di controllo dovrà essere comunque abbinata successivamente una delle metodologie di collaudo di seguito descritte.

C - Collaudo con invaso d'acqua con chiusura momentanea degli scarichi

Questa metodologia di collaudo è possibile con tutte le tipologie d'impermeabilizzazione, ma solo con coperture a bassa pendenza, dove vi sia un perimetro di contenimento continuo oppure dove il contenimento possa essere realizzato, sempre in continuo, almeno con un risvolto impermeabile provvisorio.

Si consiglia sempre di suddividere comunque la superficie di collaudo, di coperture molto estese, in settori separati d'invaso, per una più semplice individuazione di eventuali punti d'infiltrazione.

La prova d'invaso dovrà durare un tempo ≥ 72 ore, dopo le quali verrà effettuato un sopralluogo nei locali sottostanti per verificare la presenza o meno di gocciolamenti segnalanti infiltrazioni. Da verificare in particolare i fori passanti degli scarichi e i tagli di giunto di dilatazione, visibili a plafone

nei locali sottostanti la copertura, da dove più facilmente potrebbe trovare sfogo e gocciolare l'acqua.

Dopo il collaudo si stenderà verbale riportante i risultati, con segnalati, su una planimetria della copertura allegata, il posizionamento di eventuali punti d'infiltrazione riscontrati.

Per evitare che in caso di pioggia, durante il periodo di prova d'invaso, il livello dell'acqua salga troppo, creando eventuali problemi di sovraccarico sulla copertura in fase di collaudo o tracimando all'esterno, su altre sezioni di copertura ancora in lavorazione, sarà necessario posizionare, come chiusura momentanea di tutti gli scarichi, o almeno di una buona parte di essi, dei tronchetti, rilevati, realizzati con un tubo in plastica, aperti sulla parte superiore, che fungano da troppo pieno di sicurezza, a sfioro d'acqua.



■ Collaudo con invaso d'acqua di una copertura.



■ Chiusura scarico con tubo a sfioro (troppopieno di sicurezza).

C - Collaudo con invaso d'acqua con chiusura momentanea degli scarichi

In caso di dubbi riguardanti la presenza d'infiltrazioni il collaudo dovrà essere nuovamente eseguito su superfici delimitate sempre da risvolti esistenti o provvisori, possibilmente con utilizzo di acqua colorata con prodotti non pigmentati (per evitare che il pigmento del colore venga trattenuto nello spessore del massetto delle pendenze o del solaio).

In questo ultimo caso potranno essere predisposti dei camini di controllo (muniti di coperchio impermeabile asportabile), tagliando un riquadro di stratigra-

fia impermeabile, contornandola da risvolti provvisori, realizzati su cassetta in legno o blocchetti di cemento, in modo da lasciare in vista il piano di posa sottostante della stratigrafia impermeabile.

In questo modo si potrà verificare visivamente, almeno la direzione di diffusione dell'acqua colorata sulla superficie di solaio visibile dall'apertura del camino e da questa poter risalire, più facilmente, al punto esatto dell'infiltrazione, con demolizioni mirate.



■ Collaudo con pozzetto d'ispezione aperto ed invaso esterno con acqua colorata.

Aspetti positivi di questa metodologia di collaudo

- Fornisce una prova evidente della presenza del Fenomeno Infiltrativo.
- Quando è possibile una suddivisione in settori della copertura, fornisce un'idea di massima della posizione dell'anomalia.

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- Di difficile/impossibile applicazione in coperture ad elevata pendenza ($\geq 5\%$).
- Necessita spesso di una quantità elevata di acqua, non sempre reperibile alla quota della copertura da testare.
- Spesso non fornisce una precisa localizzazione del punto di ingresso.
- In caso di coperture termoisolate a "tetto caldo" (pannelli coibenti posizionati all'estradosso di uno strato schermo/barriera al vapore ed all'intradosso dello strato impermeabile) può non dare risultati evidenti ed immediati, perché l'acqua troverebbe comunque un'ulteriore strato impermeabile (specialmente nel caso di schermo/barriera al vapore realizzato in membrane saldate) che causerebbe lo spostamento ulteriore dell'acqua o la sua totale trattenuta all'interno del sistema di copertura.

D - Con termografia

Eseguita con termocamera a raggi infrarossi, in grado di identificare differenze di temperatura dell'ordine dei centesimi di grado.

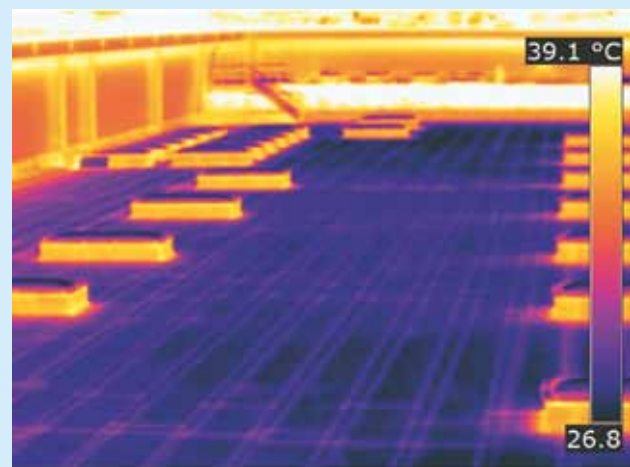
Questa metodologia di prova funziona soprattutto se vi è un ingresso continuo di acqua e se al contempo la stessa può drenare facilmente, allontanandosi dal punto di ingresso (l'utilizzo ideale è la ricerca di infiltrazioni in corrispondenza di pluviali di scarico, inseriti nelle pareti di tamponamento o su coperture a forte inclinazione).



■ Collaudo di infiltrazioni a parete con termografia.

In questo modo la differenza di temperatura dell'acqua presente negli spessori da testare, rispetto al contorno, potrà essere facilmente evidenziata da una linea di flusso ben marcata nella differenza di colore con le superfici adiacenti.

Nel caso invece avvenga un accumulo di acqua, con permanenza prolungata, causata da una piccola infiltrazione, sarà molto più difficile interpretare le differenze di temperatura, in quanto la superficie bagnata tenderà ad assumere la stessa temperatura, in tempi più o meno brevi.



■ Collaudo di copertura piana con termografia.

Aspetti positivi di questa metodologia di collaudo

- Fornisce una rapida visualizzazione della presenza del fenomeno infiltrativo.
- Consente una corretta valutazione di punti di dettaglio, anche a distanza.

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- Non è applicabile su Coperture ad elevata estensione.
- È correttamente applicabile solo quando sono più evidenti le differenze di temperatura (sera dopo il tramonto, mattina prima dell'alba).
- Deve essere pensato nella logica di metodologia confermativa e non come metodologia di indagine preventiva.

E - Collaudo con gas tracciante

La prova viene eseguita immettendo al di sotto della stratigrafia impermeabile, attraverso valvole a tenuta, predisposte secondo uno schema prestabilito, una miscela di gas Idrogeno/Azoto.

L'idrogeno, data la sua particolare volatilità, tende a portarsi verso l'alto ed in caso di discontinuità della membrana di tenuta fluisce attraverso il punto di danneggiamento meccanico o la saldatura male eseguita e viene rilevato da un "Naso Elettronico" Rilevatore di Idrogeno. L'efficacia della prova è particolarmente significativa in coperture di piccola dimensioni.



■ Valvola d'immissione gas, collegata all'intradosso dello strato impermeabile.

Per ottenere validi risultati, in caso di presenza di protezione pesante fissa o mobile, come strato di separazione e scorrimento deve essere predisposto un film di "polietilene microforato" (permeabile alla diffusione verticale del gas), in modo da ottenere una efficace localizzazione, altrimenti il rilevamento dell'uscita del gas avviene solo sulle parti perimetrali ed in corrispondenza dei giunti di sovrapposizione dello strato di separazione e scorrimento, impedendone la corretta e puntuale individuazione.



■ Rilevamento fughe di gas da difettosità dello strato impermeabile.

Aspetti positivi di questa metodologia di collaudo

- Fornisce una prova evidente della presenza del fenomeno infiltrativo.
- In condizioni particolari fornisce una precisa localizzazione.
- Consente una corretta valutazione di punti di dettaglio.

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- Necessita di opere invasive sulla stratigrafia impermeabile (applicazione delle valvole d'immissione, con taglio e sigillatura dello strato impermeabile).
- Difficilmente applicabile su coperture ad elevata estensione.
- Non è applicabile in giornate o zone caratterizzate da elevata ventosità.
- Non fornisce risultati accettabili in caso di applicazione di strato di separazione e scorrimento non permeabile al passaggio del gas (lamine metalliche, film di polietilene non microforato, ecc.).
- Deve essere pensato nella logica di metodologia confermativa e non come metodologia di indagine preventiva.

F - Collaudo con sistema EFVM® (Electric Field Vector Mapping)

Si tratta di un metodo di localizzazione delle perdite basato sulla determinazione della direzione del flusso di corrente.

La superficie da testare deve essere necessariamente caratterizzata da una stratigrafia impermeabile di tipo non conduttivo (per quanto riguarda l'elettricità) quindi, su di essa, non ci dovrà essere presenza di lamine o reti metalliche.

Sul perimetro di tale superficie, a circa 30-50 cm dai risvolti verticali, viene posizionato un cavo in fibra composita in acciaio "inox-nylon" secondo campiture di ampiezza variabile (400-500 mq che tuttavia possono essere ampliate o ridotte in funzione dell'eventuale geometria della copertura).

I cavi possono essere lasciati successivamente in loco per eventuali ulteriori prove di collaudo, da effettuare anche a distanza di anni.

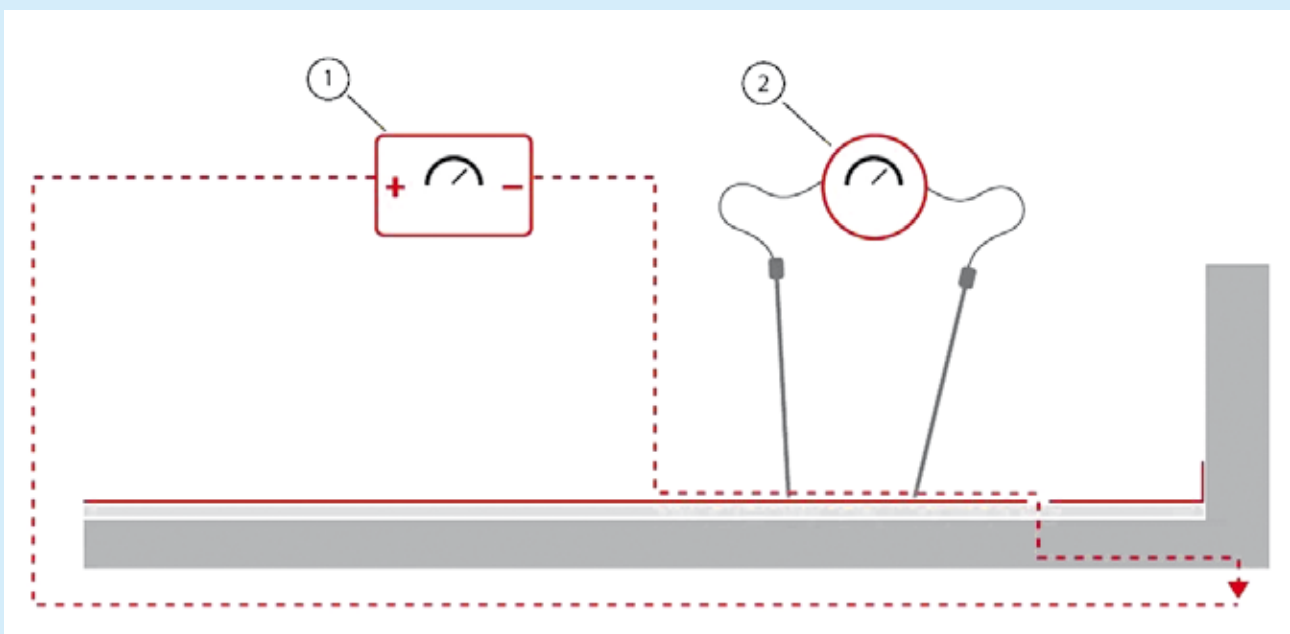
Al momento dell'esecuzione della prova, la superficie da testare deve essere resa umida per creare una pellicola d'acqua, il più possibile uniforme, che possa condurre l'elettricità.

Il Generatore di Impulso genera all'estradosso della membrana, sulla pellicola d'acqua, un film di corrente continua (48 Volt), superficiale.

In condizioni di corretto funzionamento della copertura, ovvero in assenza di saldature aperte o di danneggiamenti di tipo meccanico, la corrente resta all'estradosso della membrana stessa (Il circuito costituito da cavo ed impianto di terra del fabbricato è un circuito aperto).



■ Rilevatore di direzione di flusso.



- 1 - Alla superficie, preventivamente resa umida, viene applicato un impulso periodico di corrente.
- 2 - Lo strumento di misurazione consente di determinare la direzione del flusso.

F - Collaudo con sistema EFVM® (Electric Field Vector Mapping)

In caso di presenza di punti di discontinuità, viceversa, la corrente veicolata dall'acqua, toccando la parte strutturale della copertura viene messa a terra (Il circuito costituito da cavo ed impianto di terra del fabbricato è un circuito chiuso).

In caso di supporto strutturale in legno (assito o materiali assimilabili) notoriamente non conduttivi, la messa a terra del sistema di rilevamento, dovrà essere realizzata con un chiodo metallico posizionato all'intradosso del solaio nel punto di gocciolamento.

Per ottenere validi risultati, deve essere predisposto, in caso di presenza di protezione pesante fissa o mobile, come strato di separazione e scorrimento un polietilene microforato, in modo da ottenere una efficace localizzazione, altrimenti il rilevamento può avvenire solo sulle parti perimetrali ed in corrispondenza dei giunti di sovrapposizione dello strato di separazione e scorrimento.

In caso di strati di protezione pesante fissa (pavimentazioni in cls armato) deve essere utilizzata una rete in polipropilene o in fibre di vetro in luogo della rete elettrosaldata tradizionale.



■ Collaudo dello strato impermeabile con la ricerca dei punti di "messa a terra".

Aspetti positivi di questa metodologia di collaudo

- Rapida applicazione con risultati immediatamente conseguibili (In condizioni ottimali possono essere testati sino a 1.000 mq al giorno).
- Localizzazione precisa del punto di infiltrazione, anche in presenza di strati di protezione pesante mobile (ghiaia, quadrotti, autobloccanti, terreno di coltivo, ecc.).
- Consente una rapida analisi dello stato della copertura.
- Consente di predisporre una manutenzione programmata, nel tempo, con verifiche periodiche dello stato della copertura.

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- Non può essere utilizzato nel caso di strati di protezione armati con rete elettrosaldata.
- Strutture metalliche di impianti, grigliati ed altri elementi comunque metallici, presenti in copertura, possono impedire o compromettere la corretta localizzazione dei punti d'infiltrazione.
- In caso di coperture termoisolate a "tetto caldo" (pannelli coibenti posizionati all'estradosso di uno strato schermo/barriera al vapore ed all'intradosso dello strato impermeabile) si possono non avere risultati evidenti ed immediati, perché l'acqua troverebbe comunque un'ulteriore strato impermeabile (nel caso di schermo/barriera al vapore realizzato in membrane saldate totalmente a tenuta idraulica) che impedirebbe l'imbibizione del solaio e quindi la messa a terra del sistema in fase di rilevamento.
Per semplificare la ricerca del punto d'infiltrazione, anche in questo caso, la messa a terra del sistema di rilevamento dovrà essere realizzata con un chiodo metallico, posizionato all'intradosso del solaio nel punto di gocciolamento.

G - Collaudo e controllo in corso d'esercizio, con sistema protectsys® B

Si tratta di un metodo di rilevazione da integrarsi con il sistema EFVM, precedentemente descritto, per ottenere risultati puntuali, certi ed immediati, anche quando questi non sarebbero possibili con il solo sistema EFVM (es. presenza di schermo vapore a tenuta idraulica, strutture metalliche impianti, ecc.).

Sotto lo strato impermeabile, specialmente quando ne è prevista la posa in totale indipendenza o con fissaggio meccanico, può essere stesa, direttamente sullo strato termoisolante o su altro



■ Sistema di rilevamento "PROTECTSYS® B" con inserimento di retina in acciaio inox, conduttrice di corrente elettrica, direttamente all'intradosso dello strato impermeabile.

piano di posa, una "Griglia di controllo", costituita da maglia sottile in "acciaio inox", posizionata, in totale indipendenza, leggermente distanziata dai risvolti dei perimetri esterni ed interni (camini, volumi tecnici, ecc.).

La griglia viene collegata, su ogni sezione separata di copertura ad una coppia di piastre, posizionate agli estremi della stessa, ognuna collegata, a sua volta, ad una scatola di connessione e da qui connettibile, in fase di ricerca, al "generatore d'impulsi".



■ Sistema di rilevamento "PROTECTSYS® B" scatola di connessione, posta in copertura, connettibile, in fase di ricerca, al "generatore d'impulsi".

Aspetti positivi di questa metodologia di collaudo (comunque migliorativi rispetto al solo sistema EFVM®)

- Rapida applicazione con risultati immediatamente conseguibili.
(In condizioni ottimali possono essere testati sino a 1.000 mq al giorno).
- Localizzazione precisa del punto di infiltrazione, anche in presenza di strati di protezione pesante mobile (ghiaia, quadrotti, autobloccanti, terreno di coltivo, ecc.).
- Consente e semplifica al massimo una rapida analisi dello stato della copertura anche in corso d'esercizio.
- Consente di predisporre una manutenzione programmata, nel tempo, con verifiche periodiche dello stato della copertura.

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- Non può essere utilizzato nel caso di strati di protezione armati con rete elettrosaldata.

H - Controllo avanzato, in corso d'esercizio, con sistema protectsys® WM (Wireless Monitoring)

Questo sistema rappresenta il già il futuro diventato realtà nell'ambito di sistemi di protezione per tetti piani e funziona sul monitoraggio continuo dell'umidità presente negli strati termoisolanti (posati a tetto caldo all'intradosso dello strato impermeabile).

Variazioni importanti d'umidità vengono a crearsi nei materiali termoisolanti, quando l'acqua, a causa di difettosità di tenuta dello strato impermeabile, raggiunge lo strato di isolamento termico.

Pertanto, nel tempo, lo strato di coibentazione si inumidisce, anche in presenza di piccole infiltrazioni, per tutto il suo spessore, a partire dalla zona immediatamente sotto il punto d'ingresso dell'infiltrazione stessa.

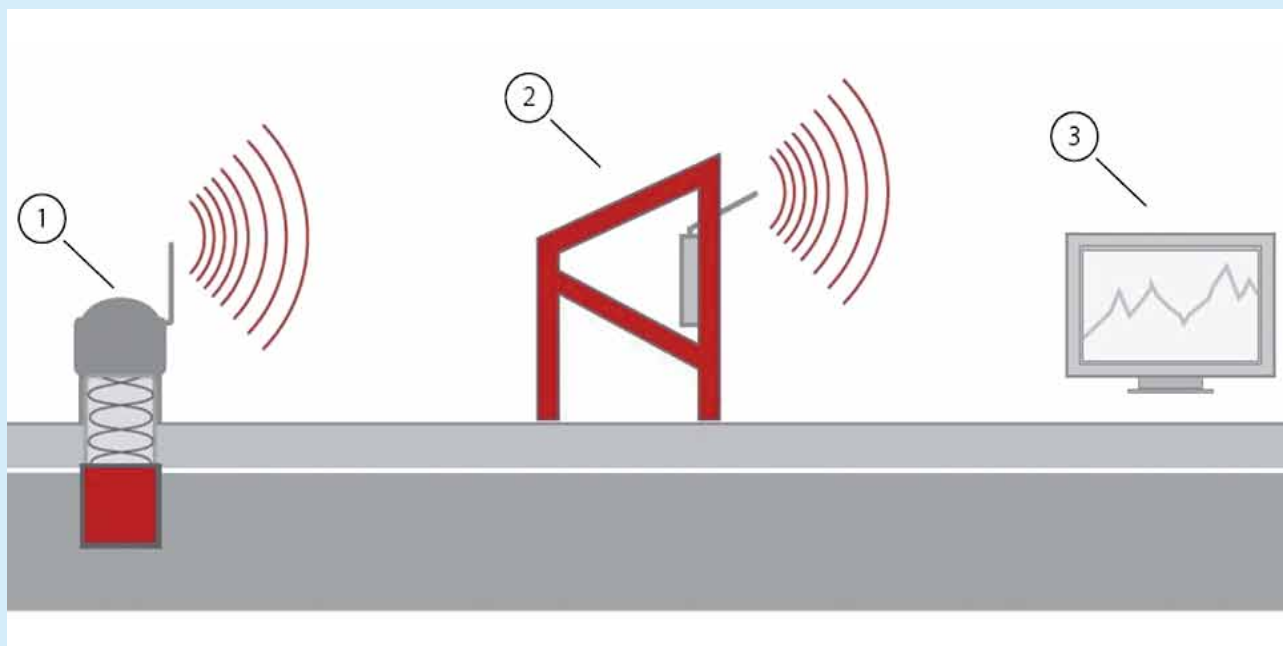
Le unità termo-igrometriche, di controllo, preventivamente predisposte sia all'interno, che all'esterno dello strato di coibentazione rilevano in continuo la temperatura e l'umidità relativa, tra-

smettendo i dati ottenuti, via radio, all'unità centrale e da qui vengono inviati ad un qualunque computer remoto tramite GSM.

Il software installato nel computer analizza i dati e li converte in pressione del vapore acqueo creando delle curve, il cui andamento consente di trarre deduzioni in merito allo stato del tetto.

In caso di valori eccessivamente alti (oltre certi parametri prestabiliti) viene emesso immediatamente un allarme visivo e/o sonoro indicando esattamente la posizione, sulla copertura, del sensore o dei sensori che segnalano l'anomalia.

Un'analisi dei dati ottenuti, comunque, anche in caso di funzionamento regolare, fornisce informazioni, sul comportamento normale (trascorso il primo ciclo stagionale, per tarare permettere una corretta taratura degli strumenti) del sistema di copertura, riguardo l'umidità e la condensazione all'interno degli strati termoisolanti.



■ Sistema di rilevamento "PROTECTSYS® WM"

- 1 - Temperatura ed umidità vengono misurati in continuo e trasmessi all'unità centrale via radio.
- 2 - L'unità centrale inoltra i dati raccolti via gsm ad un qualunque computer remoto.
I valori raccolti vengono analizzati ed in caso di anomalia viene trasmesso un allarme.

H - Controllo avanzato, in corso d'esercizio, con sistema protectsys® WM (Wireless Monitoring)

Il sistema non va inteso come metodologia di collaudo, che dovrà comunque essere eseguito con una delle metodologie precedentemente descritte, ma come metodologia di "controllo continuato in corso d'esercizio" che permette di avere sempre tutto sotto controllo, proteggendo il sistema di copertura anche dalle anomalie non ancora visibili, consentendo quindi un immediato intervento di riparazione, ancor prima che si verifichino danni e gocciolamenti nei locali sottostanti la copertura.

Questo sistema è la soluzione ideale ed attualmente più avanzata, per mantenere costantemente sotto controllo le coperture di ambienti che contengano strumenti tecnologici strategici (CED, centrali operative, laboratori di ricerca, sale operatorie, ecc.) o materiali di grande valore economico (gallerie d'arte, depositi di prodotti elettronici, ecc.) che potrebbero essere altamente compromessi dal contatto con acqua d'infiltrazione.

Aspetti positivi di questa metodologia di controllo in corso d'esercizio

- *Monitoraggio continuo con allarme immediato in caso di anomalie.*
- *Localizzazione precisa della zona d'infiltrazione, con qualsiasi tipologia di protezione del sistema di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di elementi metallici all'estradosso dello strato impermeabile.*

Aspetti negativi di questa metodologia di collaudo

- *Necessita di controllo e manutenzione programmato del sistema.*

Articolo di Antonio Broccolino
ed Alessandro D'Introna