



Author/Autore
Brent Crenshaw

ENGINEERED POLYMER SOLUTIONS (EPS)



Cool roofs that stay cool: optimizing long-term reflectivity in roof coating formulations

Introduction

White acrylic roof coatings are widely recognized for their ability to reduce rooftop temperatures, improve indoor comfort, lower energy costs, and mitigate the urban heat island effect. These coatings are especially valued for their high initial solar reflectance and bright white appearance. However, maintaining that performance over time is a challenge – and it all comes down to the formulation. Environmental exposure gradually degrades reflectivity. Dirt accumulation, microbial growth, and bleed-through from underlying materials can all contribute to a loss in performance. This article explores how the choice of acrylic latex is critical to sustaining whiteness and solar performance over the life of the roof.

Understanding reflectivity

Solar energy reaches Earth as electromagnetic (EM) radiation. When this energy strikes a surface, it is either absorbed – contributing to heat – or reflected. While the sun is the primary source of EM radiation, all objects above absolute zero emit some energy, which is why thermal imaging works. The solar performance of roof coatings is a combination of the ability of a material to both reflect and emit EM radiation. Three metrics are used to describe this. They are described in the bullets below and Figure 1.

- **Solar Reflectance (SR):** The fraction of solar energy reflected by the surface. Higher SR values mean less heat absorption and cooler roof temperatures.
- **Thermal Emittance (TE):** The ability of a surface to release absorbed heat. High TE values help the roof cool more

I cool roof che conservano la freschezza: ottimizzare la riflettività a lungo termine nelle formulazioni dei rivestimenti cool roof

Introduzione

I rivestimenti acrilici bianchi per tetti sono noti a tutti per la loro abilità di ridurre le temperature dei tetti, di migliorare il comfort all'interno dell'abitazione, di ridurre i costi energetici e di mitigare l'effetto delle isole di calore. Questi rivestimenti sono particolarmente apprezzati per la loro riflettanza solare iniziale e per l'aspetto bianco luminoso. Tuttavia, mantenere quella prestazione nel tempo è una sfida e si rivela nella formulazione. L'esposizione all'ambiente deteriora gradualmente la riflettività.

L'accumulo di impurità, la crescita di microorganismi e le perdite interne dai materiali sottostanti possono contribuire tutti ad una perdita della prestazione. In questo articolo si spiega come la scelta del lattice acrilico risulta essere fondamentale per mantenere il colore bianco e la prestazione solare in tutto il ciclo di vita utile del tetto.

Spiegare la riflettività

L'energia solare raggiunge la Terra come radiazione elettromagnetica (EM). Quando questa energia colpisce una superficie, essa viene assorbita, contribuendo ad accrescere il calore oppure viene riflessa. Mentre il sole è la fonte primaria della radiazione EM, tutti gli oggetti con una temperatura al di sopra dello zero assoluto emettono la stessa energia, motivo per il quale la creazione di immagini termiche funziona. La prestazione solare dei rivestimenti per tetti è una combinazione dell'abilità di un materiale di riflettere e di emettere le radiazioni EM. Sono utilizzati tre criteri per descriverla come riportato in queste 3 note e in Figura 1.

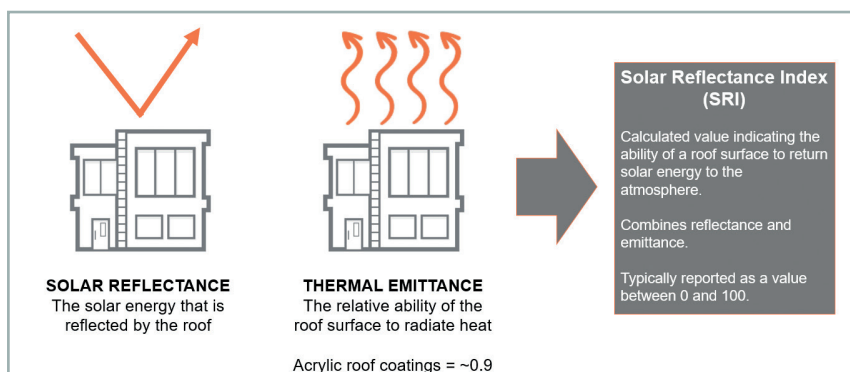


Fig. 1 - Illustrative description of solar reflectance, thermal emittance, and solar reflective index

Descrizione della riflettanza solare, delle emissioni termiche e indice di riflettanza solare

efficiently.

- **Solar Reflectance Index (SRI):** A composite metric combining SR and TE to indicate a material's overall ability to reject solar heat.

Most acrylic roof coatings have a TE of around 0.9, which remains relatively stable over time. Therefore, this discussion focuses primarily on SR. An acrylic cool roof coating is composed primarily of reflective pigments and other fillers dispersed in an acrylic polymer binder. Titanium dioxide (TiO_2) is the primary pigment responsible for the high reflectivity of white coatings. While initial SR values are typically high, they are not static. A review of initial and 3-year aged SR values for bright white acrylic coatings registered in the Cool Roof Rating Council's Rated Roof Products Directory¹ shows that there is a decrease in SR that ranges from 0.02 to 0.4 with an average decrease of 0.13 (Fig. 2). A drop of 0.13 in SR equates to a surface temperature increase of approximately 7° C. A decrease of 0.4 would result in an average temperature increase as much as 16° C! Thus, maintaining high SR over time is essential for a coating to be considered a true 'cool roof' solution. To understand how this can be accomplished, it is necessary to understand how reflectivity degrades.

What causes reflectivity to degrade?

Even though TiO_2 remains reflective over time, other components and environmental factors can interfere with its ability to reflect light. The three most common mechanisms of reflectivity degradation in roof coatings are:

- **Bleed-through:** Migration of compounds from the substrate through the coating. These compounds can absorb light themselves, change the properties of the coating so it is more susceptible to other mechanisms of reflectivity degradation, or both.
- **Biofouling:** Fungi and algae grow on the coating surface blocking light from reaching the coating.

- **Riflettanza solare (SR):** la frazione di energia solare riflessa dalla superficie. I valori SR più elevati stanno a significare una quantità inferiore di energia assorbita e temperature del tetto più fresche.
- **Emissione termica (TE):** l'abilità di una superficie di rilasciare il calore assorbito. Gli alti valori TE contribuiscono a mantenere il tetto fresco in modo più efficace.

- **Indice di riflettanza solare (SRI):** un metodo idoneo che associa SR e TE ad indicare l'abilità generale del materiale a rifiutare il calore del sole.

La maggior parte dei rivestimenti acrilici per tetti presentano una riflettanza solare pari a circa 0,9, che rimane relativamente stabile nel tempo.

Quindi, questa trattazione si incentra principalmente sulla SR. Un rivestimento acrilico cool roof

è costituito principalmente da pigmenti riflettenti e da altri riempitivi dispersi in un legante polimerico acrilico. Il biossido di titanio (TiO_2) è il pigmento principalmente responsabile dell'elevata riflettività dei rivestimenti bianchi.

Se è vero che i valori iniziali SR sono tipicamente alti, essi non sono statici. La revisione dei valori SR iniziali e dopo 3 anni riferiti ai rivestimenti bianchi acrilici brillanti registrati nell'Annuario dei prodotti per tetti del Cool Roof Rating Council mostra che si verifica un decremento di SR che varia dallo 0,02 a 0,4 con un decremento medio dello 0,13 (Fig. 2). Una diminuzione di 0,13 della SR equivale a un aumento della temperatura superficiale pari a circa 7° C.

Una riduzione di 0,4 si traduce in un aumento medio della temperatura di 16° C! Quindi, mantenere la SR alta nel tem-

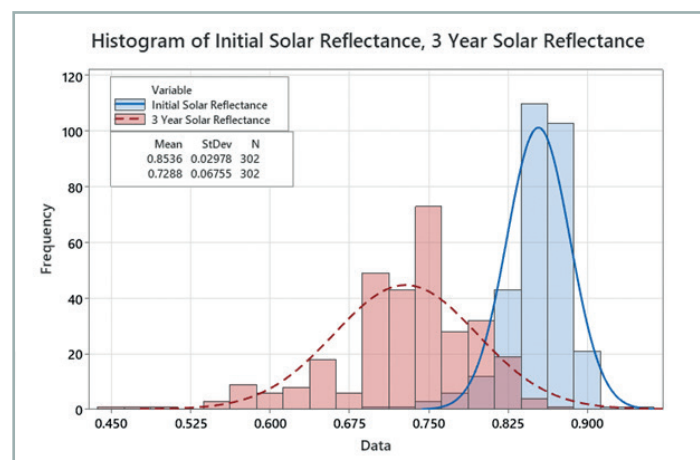


Fig. 2 - Histogram showing the initial and aged solar reflectance of bright white acrylic coatings registered in the Cool Roof Rating Council's Rated Roof Products Directory¹

Istogramma che mostra la riflettanza solare iniziale e invecchiata dei rivestimenti acrilici bianchi brillanti registrati nella Rated Roof Products Directory del Cool Roof Rating Council¹

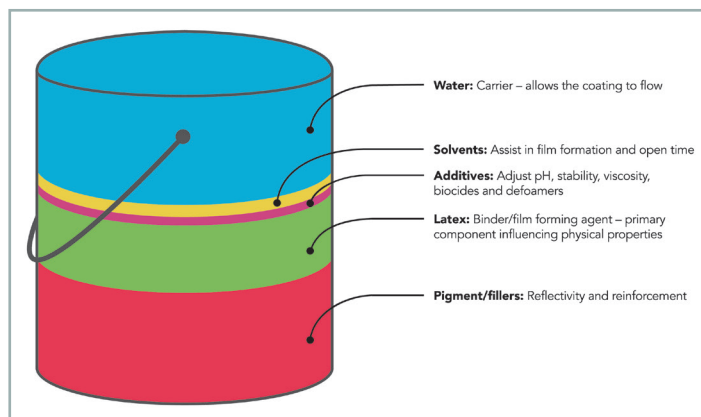


Fig. 3 - Primary components of an acrylic roof coating
Componenti primari del rivestimento acrilico cool roof

- **Dirt pickup:** Accumulation of organic and inorganic particles which block light from reaching the surface. Each of these mechanisms reduces the amount of light that reaches and is reflected by the TiO_2 , leading to a less reflective, and thus less effective coating.

Key formulation components and their impact

Every ingredient in a roof coating plays a role in maintaining reflectivity. While most readers of this article are likely very familiar with the composition of a waterborne acrylic coating, Figure 3 and Table 1 are helpful to understand how each component of an acrylic roof coating formulation can affect the coating's resistance to reflectivity degradation.

Illustrative test results

Bleed-through resistance

The latex used is key to resisting bleed-through. Since the latex polymer forms the continuous phase surrounding the pigments and fillers, any migrating compounds must pass through it to affect the surface. There are two substrates that are particularly problematic:

bitumen substrates: Contain oils that migrate upward and absorb solar energy.

PVC membranes: Contain plasticizers that soften the coating, thus potentially increasing dirt and microbial susceptibility.

In outdoor exposure tests, coatings applied to APP-modified bitumen and PVC membranes showed significant differences in performance based on the latex used. Figure 4 illustrates a comparative study of coatings made with different latexes, all formulated using the same base recipe. These coatings were applied in 15 cm x 15 cm sections onto 76 cm x 15 cm panels of three common roofing substrates: thermoplastic polyolefin (TPO), APP-modified bitumen (APP-MB), and polyvinylchloride (PVC) roofing membranes. Each panel was

po è essenziale perché un rivestimento venga considerato una vera soluzione 'cool roof'. Per capire come ciò possa succedere, è necessario comprendere come si deteriora la riflettività.

Quali sono le cause della degradazione della riflettività?

Sebbene il TiO_2 conservi la riflettività nel tempo, altri componenti e fattori ambientali possono interferire con la sua abilità di riflettere la luce. I tre meccanismi più comuni della degradazione della riflettività dei rivestimenti per tetti sono i seguenti:

- **sanguinamento interno:** migrazione di composti dal substrato all'interno del rivestimento. Questi composti possono assorbire la luce spontaneamente, modificare le proprietà del rivestimento in modo che siano più sensibili ad altri meccanismi di degradazione della riflettività o entrambi.
- **Riproduzione microorganica:** i funghi e le alghe che crescono sulla superficie del rivestimento bloccando l'accesso della luce al rivestimento
- **Assorbimento delle impurità:** l'accumulo di particelle organiche e inorganiche che bloccano l'accesso alla superficie della luce.

Ciascuno di questi meccanismi riduce la quantità di luce in accesso ed è riflessa dal TiO_2 rendendo il rivestimento meno riflettente e meno efficace.

Componenti chiave della formulazione e loro impatto

Ogni componente di un rivestimento per tetti gioca un ruolo importante nel conservare il potere riflettente. Se è vero che la maggior parte dei lettori di questo articolo conoscono molto bene la composizione di un rivestimento acrilico a base acquosa, la Figura 3 e la Tabella 1 aiutano a comprendere come ogni componente di una formulazione di rivestimento acrilico per tetti possa influire sulla resistenza del rivestimento alla degradazione della riflettività.

Risultati illustrati del test

Resistenza al sanguinamento interno

Il lattice utilizzato è fondamentale ai fini della resistenza al sanguinamento interno. Dal momento che il polimero del lattice forma la fase continua intorno ai pigmenti e ai riempitivi, qualsiasi composto che evapora deve attraversarli per produrre un effetto sulla superficie. Esistono due substrati particolarmente critici:

i substrati di bitume: essi contengono oli che migrano verso l'alto e che assorbono energia solare

Membrane in PVC: contengono plastificanti che rendono molle il rivestimento, aumentando potenzialmente lo sporco e la suscettibilità ai microbi.

Nei test di esposizione in ambiente esterno, i rivestimenti applicati al bitume modificato con APP e le membrane PVC hanno dato prova di notevoli differenze prestazionali in base



Latex (Polymer Binder) <i>Latex (legante polimerico)</i>	Pigments and Fillers <i>Pigmenti e riempitivi</i>	Additives <i>Additivi</i>
The backbone of the coating, holding pigments and fillers together. It influences film formation, flexibility, and resistance to bleed-through. However, Binders that remain flexible at low temperatures are often more prone to attract dirt and allow migration of underlying materials. Surfactants used to stabilize latex can also feed microbial growth <i>La catena del rivestimento, che tiene uniti i pigmenti e i riempitivi. Essa influenza la formazione del film, la flessibilità e la resistenza al sanguinamento interno. Tuttavia, i leganti che rimangono flessibili a basse temperature sono maggiormente predisposti ad attirare a sé le impurità e a consentire la migrazione dei materiali sottostanti. I tensioattivi utilizzati per stabilizzare il lattice possono attivare la crescita microbica</i>	TiO₂ provides whiteness and reflectivity. Other fillers add bulk and modify physical properties, but excessive use can harm the films durability and adhesion to a substrate <i>Il TiO₂ dà la colorazione bianca e riflettività. Altri riempitivi aggiungono volume e modificano le proprietà fisiche, ma l'uso eccessivo può danneggiare la durabilità del film e l'adesione al substrato</i>	• Biocides: Prevent microbial growth and staining. • Dispersants and Surfactants: improve stability and wetting but may increase susceptibility to dirt and biofouling. • Thickeners and Rheology Modifiers: Affect application properties but can promote microbial growth. • Coalescents and Plasticizers: Aid in film formation but can also promote microbial growth and dirt pickup • <i>Biocidi: prevengono la crescita microbica e la formazione di macchie</i> • <i>Disperdenti e tensioattivi: migliorano la stabilità e la bagnabilità ma possono incrementare la suscettibilità alle impurità e alla riproduzione microorganica</i> • <i>Influiscono sulle proprietà applicative ma possono accelerare la crescita microbica</i> • <i>Coalescenti e plastificanti: agevolano la formazione del film ma possono accelerare la crescita microbica e l'assorbimento di impurità</i>

Tab. 1 - Influence of individual formulation ingredients on the long-term reflectivity performance of acrylic roof coatings.

Influsso esercitato dai singoli componenti della formulazione sulla prestazione di riflettività a lungo termine dei rivestimenti acrilici cool roof

positioned outdoors in northern Illinois, in the United States, at a 5° angle to simulate real-world exposure. For reference, the left-most section of each panel (A) is a pass-control formulated with an EPS® high-performance roof coating polymer which is known to be highly resistant to bleed-through. The right-most section (E) is a fail control, containing a comparative resin known to have little resistance to bleed-through. Coatings in the center three sections (B,C,D) contain 9 different experimental resins. The same coating layout was used across all three substrates to ensure consistency. Over time, the panels were regularly evaluated for visual changes. The results clearly demonstrate the impact of substrate-specific migration on reflectivity. On the TPO panels (Panels 4-6), pass and fail controls show some differences after 38 months, but overall, the color of the panels is comparatively uniform from one section to another. In contrast, on the APP-MB panels (Panels 13-15), several sections began to

interno. I rivestimenti delle tre sezioni centrali (B,C,D) contengono 9 differenti resine sperimentali. La stessa configurazione del rivestimento è stata utilizzata in tutti e tre i substrati per garantire coerenza. Nel corso del tempo, i pannelli sono stati regolarmente valutati per verificare le variazioni evidenti. I risultati dimostrano chiaramente l'impatto della migrazione specifica del substrato sulla riflettività. Sui pannelli TPO (pannelli 4-6), i campioni di controllo pass e fail mostrano alcune differenze dopo 38 mesi, ma in generale, il colore dei pannelli risulta essere comparativamente uniforme, passando da una sezione all'altra. Per contro, sui pannelli APP-MB (pannelli 13-15) diverse sezioni in pochi giorni hanno iniziato a mostrare una tonalità gialla. Entro i 13 mesi, la decolorazione si è mostrata in modo chiaro nei campioni di controllo verso la degradazione e nella maggior parte delle sezioni al centro e dopo 38 mesi soltanto il polimero del rivestimento per tetti EPS e la sezione 14D sono rimasti ampiamente intaccati dal sangui-

al lattice utilizzato.

In Figura 4 è presentato uno studio comparato dei rivestimenti realizzati con differenti lattici, tutti formulati con la stessa formulazione di base. Questi rivestimenti sono stati applicati in sezioni di 15 cm x 15 cm su pannelli di 76 cm x 15 cm di tre comuni substrati di tetti: poliolefine termoplastiche (TPO), bitume modificato APP (APP-MB) e membrane per tetti di polivinilcloruro (PVC). Ogni pannello è stato posizionato all'esterno nell'Illinois settentrionale, negli Stati Uniti ad un angolo di 5° per simulare l'esposizione nel mondo reale. Come riferimento, la sezione più a sinistra di ciascun pannello (A) è un campione controllo a prova di superamento del test, formulato con polimero di rivestimento per tetti di alta prestazione EPS®, noto per essere molto resistente al sanguinamento interno. La sezione più a destra è un controllo che mostra degradazione, contenente una resina comparata nota per la scarsa resistenza al sanguinamento

show a yellow cast within just a few days. By 13 months, discoloration was pronounced in the fail controls and most of the middle sections, and after 38 months, only the EPS® roof coating polymer and section 14D remained largely unaffected by asphalt bleed-through.

The PVC membrane panels (Panels 10-12) initially appeared uniform. By 13 months, noticeable soiling had developed on most sections, and by 38 months, only the EPS® roof coating polymer and section 12C remained relatively clean. These findings underscore the importance of selecting the right latex for the specific substrate. Notably, the experimental latex that resisted asphalt bleed-through on bitumen (14D) was not the same as the one that best resisted plasticizer migration on PVC (12C) – highlighting the need for tailored formulation strategies.

Biofouling

It's no surprise that fungi and algae – collectively known as biofouling – can significantly reduce the reflectivity of white coatings. While dry-film preservatives are essential in regions prone to biological growth, the choice of resin also plays a major role. Figure 5 shows the results of a long-term outdoor exposure test in Florida in the United States, three coatings with identical formulations and preservative packages, but different latexes, showed dramatically different results after 71 months. The coating in the center, made with a comparative resin, was almost completely overgrown. The left-hand experimental coating showed moderate growth, while the coating on the right, containing the EPS® roof coating polymer, remained substantially free of biological growth. This clearly demonstrates that some resins are far more resistant to biofouling than others, even when the same dry-film preservative package is used.

Dirt pickup resistance (DPUR)

Dirt pickup is perhaps the most visible and widely discussed cause of reflectivity loss. The challenge lies in the low

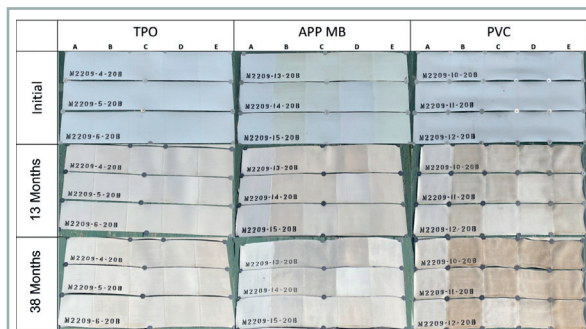


Fig. 4 - Images of coated panels exposed outdoors in Marengo, IL for 0, 13, and 38 months, illustrating the impact resin plays on bleed-through resistance and the subsequent effect on color change

Immagini di pannelli rivestiti esposti in ambiente esterno a Marengo, IL, per 0, 13 e 38 mesi, che illustrano l'impatto esercitato dalla resina sulla resistenza al sanguinamento interno ed effetto conseguente sulla variazione cromatica

ne del plastificante su PVC (12C) mettendo così in luce la necessità di mettere a punto strategie di formulazioni personalizzate.

Riproduzione microorganica

Non sorprende che funghi e alghe, note comunemente come incrostazioni vegetative, possono ridurre in modo significativo la riflettività dei rivestimenti bianchi. Mentre i conservanti del film secco sono essenziali nelle aree che sono favorevoli alla crescita microorganica, la scelta della resina gioca un ruolo molto importante.

In Figura 5 sono rappresentati i risultati del test dell'esposizione a lungo termine in ambiente esterno eseguiti in Florida e negli Stati Uniti d'America, di tre rivestimenti basati su formulazioni identiche e composizioni di conservanti, ma lattici differenti hanno mostrato risultati molto diversi fra loro dopo 71 mesi. Il rivestimento al centro, realizzato con una resina equivalente, è risultato completamente ricoperto di microorganismi. Il rivestimento sperimentale a sinistra ha mostrato una crescita moderata, mentre quello a destra, contenente il polimero per rivestimenti per tetti EPS®, è rimasto sostanzialmente privo di crescita biologica.

Ciò dimostra chiaramente che alcune resine sono molto più resistenti di altre alla riproduzione vegetativa, anche quando si utilizza la composizione del conservante del film secco.

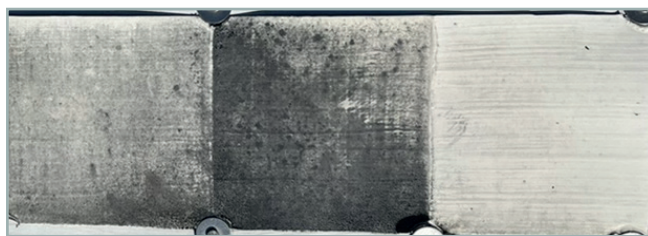


Fig. 5 - Panel aged in Florida for 71 months showing vastly different degrees of biofouling based on different resins. From left to right: comparative resin 1, comparative resin 2, EPS roof coating polymer

Pannello invecchiato in Florida per 71 mesi che mostra vari gradi di riproduzione vegetativa in base alle differenti resine. Da sinistra a destra: resina comparativa 1, resina comparativa 2, polimero di rivestimento cool roof EPS

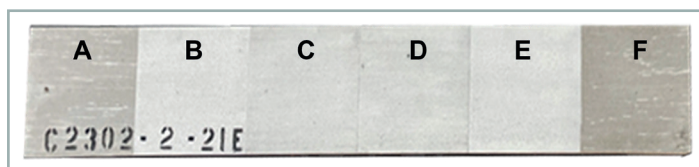


Fig. 6 - Coated panels EPS DPUR vs BP
Pannelli rivestiti EPS DPUR contro BP

glass transition temperature (T_g) required for flexibility in elastomeric coatings. Unfortunately, this softness can make the surface tacky – perfect for trapping airborne particles. One common solution is to add benzophenone (BP), a photoinitiator that activates under UV light, to the coating formulation. BP works by initiating crosslinking at the surface of the coating, reducing tackiness and improving DPUR. While effective, BP has some drawbacks:

- it may trigger environmental labeling requirements.
- It's considered a VOC according to ASTM D6886 and must be listed on the Safety Data Sheet (SDS).
- It's a solid at room temperature, making it challenging to incorporate into formulations.

EPS employs a novel DPUR technology that is built directly into an acrylic latex. These resins offer improved DPUR without the added complexities of BP. Figure 6 shows the results of a comparative test in which six coatings were applied to panels and exposed in Southern California in the United States for six months. The three sections on the left (A-C) all have a T_g of -26°C , while the three sections on the right (D-F) have a T_g of -10°C . The results are telling:

- coatings with no DPUR technology (A and F) show significant dirt accumulation.
- Coatings with BP (C and D) perform better.
- Coatings made with the novel EPS DPUR-integrated latexes (B and E) showed the best performance—demonstrating that the right latex can make a big difference.

Conclusion

Among all the components in an acrylic cool roof coating, the choice of latex binder stands out as the most critical factor influencing long-term reflectivity. As the continuous phase of the coating, latex not only determines the coating's flexibility but also plays a central role in resisting common reflectivity degradation mechanisms such as bleed-through, biofouling, and dirt pickup. By choosing the right binder chemistry, manufacturers can significantly extend the reflective performance and durability of cool roof coatings – delivering coatings that not only start white but stay white.

1 Cool Roof Rating Council, “CRRC Rated Roof Products Directory”, accessed May 29, 2025, <https://coolroofs.org/directory/roof>.

Resistenza all'assorbimento di impurità (DPUR)

L'assorbimento di impurità è forse la causa più visibile e ampiamente discussa della perdita di riflettività.

La sfida sta proprio nella temperatura di transizione vetrosa bassa richiesta (T_g) ai fini della flessibilità dei rivestimenti elastomerici. Sfortunatamente, questa consistenza molle può rendere la superficie collosa, perfetta per intrappolare le particelle aeree.

Una soluzione comune consiste nell'aggiungere il benzofenone (BP), un fotoiniziatore che si attiva in presenza della luce UV nella formulazione del rivestimento. BP funziona attivando la reticolazione sulla superficie del rivestimento, riducendo la collosità e migliorando il DPUR.

Se è vero che è efficace, BP presenta anche degli inconvenienti:

- può attivare l'esigenza di etichettatura.
- È considerato un VOC in base ad ASTM D6886 e deve essere elencato nella Scheda Dati sulla Sicurezza (SDS).
- È un solido a temperatura ambiente, e ne rende difficile l'incorporazione nelle formulazioni.

EPS utilizza una nuova tecnologia DPUR creata direttamente nel lattice acrilico. Queste resine offrono un DPUR migliorato senza le complessità aggiuntive di BP. In Figura 6 sono presentati i risultati di un test comparato in cui sei rivestimenti sono stati applicati su pannelli ed esposti nella California del sud negli Stati Uniti per sei mesi. Le tre sezioni a sinistra (A-C) presentano tutte una T_g di -26°C , mentre le tre sezioni a destra (D-F) presentano una T_g di -10°C . I risultati dimostrano che:

- i rivestimenti non basati sulla tecnologia DPUR (A ed F) presentano un sostanziale accumulo di impurità
- I rivestimenti contenenti BP (C e D) offrono una prestazione migliore.
- I rivestimenti realizzati con i lattici EPS integrati DPUR (B ed E) hanno offerto la prestazione migliore, dimostrando che il lattice a destra può fare la differenza.

Conclusioni

Tra tutti i componenti del rivestimento acrilico cool roof, la scelta del legante al lattice si configura come il fattore più critico che influenza la riflettività a lungo termine. Nella fase continua del rivestimento, il lattice non solo determina la flessibilità del rivestimento, ma gioca anche un ruolo importante nel resistere ai comuni meccanismi di degradazione della riflettività, come il sanguinamento interno, la riproduzione microrganica e l'assorbimento delle impurità.

Scegliendo il processo chimico corretto del legante, i produttori possono estendere in modo significativo la prestazione riflettente e la durabilità dei rivestimenti cool roof fornendo prodotti che non solo sono bianchi all'inizio ma che mantengono la colorazione bianca.