Buildwise
Magazine

Editie
Gebouwschil


Shutterstock

P14. Milieu-impact van hellende daken
P22. Vacuümisolatieglas
P26. Digitale tweeling van een gebouw

sept-okt
2023

Inhoud

Buildwise Magazine sept-okt 2023


04
Vermijden van scheurvorming in betonnen keldermuren


06
Nieuw CO_2-label voor duurzamer beton met een lagere koolstofvoetafdruk


08
Erfgoedenergieloket: maximum energie-besparing, minimum erfgoedwaardeverlies


10
Realtimemonitoring van het structurele gedrag van een beschadigde betonnen brug


12
Lood in daken: veilige en duurzame alternatieven voor de slabben


14
Energetische renovatie van hellende daken: inzicht in de milieu-impact


16
Welke voorwaarden voor de isolatie van een groendak?


18
Welke houtlijm voor welke toepassing?


20
Berekening van de dikte van gelaagd glas


22
Vacuümisolatieglas bij renovaties


24
In-situmeting van de werkelijke thermische prestaties van bouwelementen


26
Een digitale tweeling van een gebouw: bron van mogelijkheden of puur gadget?


28
Innovatieve 3D-tools om bouwdetails beter te begrijpen


30
Welke brandreactie-eisen voor spouwmuurisolatie bij lage gebouwen?


32
FAQ


33
Nieuws van onze partners


34
Focus

Dichter bij de behoeften van dakdekkers



Damien De Bock,
adviseur van het Technisch Comité 'Dakbedekkingen'

Dakdekkers worden, net zoals andere bouwberoepen, geconfronteerd met **steeds complexere uitdagingen**. Deze doen zich in het algemeen voor als een tekort aan arbeidskrachten, een gebrek aan belangstelling voor de sector bij jongeren en een moeilijke materiaalbevoorrading. Daarnaast hebben we ook nog steeds te kampen met een energiecrisis en de welbekende wereldwijde klimaatproblemen.

De druk op het milieu en de grondstoffen dwingt de sector ertoe **op zoek te gaan naar milieuvriendelijkere materialen**. In het artikel op de pagina's 14 en 15 van dit magazine wordt er dieper ingegaan op de resultaten van een onderzoek naar de milieu-impact van verschillende renovatieoplossingen voor hellende daken.

> Ondanks de opkomst van nieuwe materialen blijven de vaardigheden van de vakman essentieel.

Daarnaast zorgt het tekort aan arbeiders ervoor dat we onze **methodes moeten herzien en nieuwe benaderingen moeten overwegen**. Het artikel op de pagina's 12 en 13 bespreekt bijvoorbeeld de alternatieven voor het gebruik van lood in daken. Hieruit blijkt dat, ondanks de opkomst van nieuwe materialen die praktischer lijken, de vaardigheden van de vakman essentieel blijven. **Nieuwe werkmethodes** kunnen ook een grote tijdwinst opleveren en de risico's van hoogtewerken verminderen. Zo is het met behulp van een drone bijvoorbeeld mogelijk om in slechts enkele minuten een model te maken van een bestaand dak (zie Buildwise-artikel 2021/01.10). Hierdoor hoef je niet terug te keren naar de werf wanneer je bepaalde opmetingen vergeten bent en kan je sneller offertes opmaken.

Buildwise staat steeds ten dienste van de dakdekkers en andere bouwprofessionals om hen te begeleiden in deze veeleisende context. Hiertoe stellen we verschillende diensten voor, zoals:

- **gepersonaliseerde technische bijstand:** we bieden je persoonlijke ondersteuning aan wanneer je problemen ondervindt op de werf
- **publicaties:** op onze website buildwise.be vind je artikels over de meest voorkomende problemen
- **praktische opleidingen:** deze winter houden we opleidingen bij jou in de buurt, gericht op de details van hellende daken.

Dankzij de technische bijstand kunnen we twee doelen bereiken. Aan de ene kant kunnen we je **ondersteuning bieden op het terrein** wanneer je geconfronteerd wordt met een probleem. Aan de andere kant kunnen we **informatie verzamelen over de ondervonden moeilijkheden**, die we doorgeven aan de Technische Comités.

Uit deze aanpak bleek dat bijna de helft van de problemen die in daken waargenomen werden, verband hielden met vocht en gebrekkige aansluitingen. Daarom richt Buildwise zijn volgende **communicatiecampagne** op deze cruciale kwesties (zie pagina 35). In 2024 zal er eveneens een TV gepubliceerd worden over de renovatie van hellende daken met behulp van het sarkingprocedé.

Buildwise wil jouw partner zijn. Haal er dus je voordeel uit!

Vermijden van scheurvorming in betonnen keldermuren dankzij een aangepaste uitvoering

De wapening van betonconstructies is essentieel voor de beperking van vroegtijdige scheurvorming in beton dat onderhevig is aan krimp of temperatuurschommelingen. Dit geldt des te meer voor keldermuren, die aan strenge vloeistofdichtheidseisen moeten voldoen om het gebruik of de duurzaamheid van het gebouw niet in het gedrang te brengen (zie Buildwise-artikel 2023/02.02).

J.-F. Rondeaux, dr. ir.-arch., projectleider, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', Buildwise
P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., hoofdprojectleider, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', Buildwise

De wapening van betonconstructies wordt bepaald door het stabiliteitsbureau op basis van de Eurocode 2 (NBN EN 1992-1-1 en NBN EN 1993-1), rekening houdend met factoren die niet alleen te maken hebben met de **samenstelling van het geleverde beton**, maar ook met de **weers- en uitvoeringsomstandigheden**.

Tijdens de werken moet de aannemer samenwerken met het studiebureau en de betonleverancier. Het is ook belangrijk dat hij de uitvoeringstoleranties van de wapening en de aanbevelingen voor de keuze van de bekisting en de ontkistingstijden naleeft.

Door de observatie van verschillende werven hebben we immers kunnen vaststellen dat een te grote scheurvorming in bepaalde gevallen verklaard kan worden door het feit dat **de wapening die door het studiebureau voorzien werd (op basis van de informatie waarover het beschikte), niet geschikt was voor de werkelijke uitvoeringsomstandigheden op de werf**, bijvoorbeeld:

- beton met een hoog cementgehalte
- dikkere muren dan voorzien
- een overmatige betondekking als gevolg van moeilijk te realiseren uitvoeringstoleranties
- een isolerende bekisting
- een te vroege ontkisting in de zomer en in winderige omstandigheden.

In het kader van de prenormatieve studie REINFORCE volgden Buildwise en de universiteiten van Leuven (campus De Nayer) en Hasselt de bouw van keldermuren op verschillende werven op. De **evolutie van de vervormingen en temperaturen** in deze muren werd gemeten met thermokoppels en optische vezels die aan de wapening bevestigd waren (zie afbeelding 1). Met deze techniek kunnen tijdens het volledige uitvoeringsproces (inclusief de ontkisting) continue, nauwkeurige metingen uitgevoerd worden, zonder dat het uitzicht van de muur aangetast wordt. Bovendien werden enkele betonstalen van deze werven gebruikt om een databank aan te vullen die ontwikkeld werd in samenwerking met de betonleveranciers.



1 Monitoring van betonnen keldermuren met thermokoppels en optische vezels die aan de wapening bevestigd zijn.



2 Typische scheurvorming in het oppervlak van een betonnen keldermuur.

Eigenschappen van het beton

Uit de proeven op de betonstalen is gebleken dat:
- de **druksterkte** van het geleverde beton in sommige gevallen tot 20 % hoger ligt dan de druksterkte die door het studiebureau verondersteld werd. Deze hogere sterkte gaat vaak gepaard met een grotere krimp, waardoor theoretisch een hoger wapeningsgehalte nodig is om scheurvorming te vermijden
- de **treksterkte** van het beton, die kenmerkend is voor het vermogen om niet te scheuren onder invloed van verhinderde vervormingen, bij de ontkisting, vooral wanneer deze vroegtijdig plaatsvindt (minder dan drie dagen na de uitvoering van het beton), over het algemeen lager is dan de sterkte voorgeschreven door de Eurocode 2.

Hoewel deze eigenschappen een grote invloed hebben op de scheurvorming in het beton, is het voor het studiebureau moeilijk om hierop te anticiperen bij het ontwerp, en voor de aannemer om ze te controleren bij de uitvoering. Het risico op scheuren zou echter beperkt kunnen worden dankzij een **nauwe en voortdurende samenwerking** tussen deze partijen met een bijzondere aandacht voor de verschillende uitvoeringsfases, specifiek de wapenings-, bekistings- en ontkistingsfases.

In wat volgt, wordt er dieper ingegaan op de essentiële parameters die gecontroleerd moeten worden.

Uitvoeringstoleranties van de wapening

De dikte van de betondekking wordt bepaald door het studiebureau. Hiervoor baseert het zich op de minimale beschermingsdikte die de wapening nodig heeft om de duurzaamheid van de constructie te garanderen. Deze dikte houdt rekening met een basisuitvoeringstolerantie van 10 mm. Wat de wapeningsstaven betreft, moet erop gelet worden dat:
- ze niet te dicht bij het betonoppervlak liggen om corrosie te voorkomen en hun brandveiligheid te garanderen
- ze zich ook niet te ver van het betonoppervlak bevinden, omdat ze net daar de spanningen het best kunnen opnemen.

Het is daarom belangrijk om de uitvoeringstoleranties voor de wapening strikt toe te passen (zie TV 260 over betonwapeningen).

Betonneringslengte

Hoe groter de betonneringslengte, hoe groter de ontwikkelde spanningen in de betonnen muren. Daarom is het aangeraden de in TV 247 voorgestelde **maximale lengte van 15 m per betonneringsfase** na te leven om het risico op scheurvorming in het beton te verminderen.

Bekistingsvoorwaarden

Het bekistingstype heeft een aanzienlijke invloed op het risico op scheurvorming in de muren. Zo kan een *soil mix*-wand van nature meer uitdrogingskrimp veroorzaken en de beweging van het beton meer verhinderen dan een klassieke bekisting. Het gebruik van isolerende bekistingen laat toe om de temperatuurverschillen tussen de binnen- en buitenzijde van dikke muren te beperken, waardoor er geen overmatige interne spanningen ontstaan. Dit type bekisting genereert echter een grotere temperatuurstijging in het beton, wat kan leiden tot een thermische schok bij het ontkisten. De nationale bijlage bij de norm NBN EN 13670 schrijft voor dat de **temperatuur van het beton tijdens de uitharding niet hoger mag oplopen dan 65 °C**. TV 285, over de uitvoering van betonconstructies, beveelt ook aan om het temperatuurverschil tussen de kern en de buitenkant van het beton te beperken tot 20 °C. Deze temperaturen kunnen gemakkelijk gemonitord worden met sensoren. Het is daarom cruciaal om het studiebureau te informeren over de specifieke bekistingsvoorwaarden.

Ontkistingstijd

De bekisting fungeert op zich vaak als een nabehandelingsmiddel voor betonnen muren. Daarom mag er **niet te vroeg ontkist** worden, zodat het beton niet krimpt door uitdroging wanneer het nog niet sterk genoeg is. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de ontkisting van dikke muren of een ontkisting in zomeromstandigheden om thermische schokken te vermijden (zie hierboven).

TV 285 geeft meer informatie over de ontkistingstijden en reikt enkele aanbevelingen aan om scheurvorming te voorkomen.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de REINFORCE-studie, gesubsidieerd door het Bureau voor Normalisatie en de FOD Economie.

Nieuw CO_2-label voor duurzamer beton met een lagere koolstofvoetafdruk

Er bestaan al heel wat initiatieven om milieuvriendelijk beton te produceren. Zo wordt in België reeds vele jaren stortklaar beton met een lagere CO_2-uitstoot uitgevoerd. Hiervoor wordt er voornamelijk gebruikgemaakt van CEM III/A, een cement waarin een deel van de klinker vervangen is door hoogovenslak. Onlangs heeft de *Concrete Sustainability Council* (CSC) een CO_2-label gecreëerd voor de identificatie en classificatie van beton met een lage koolstofvoetafdruk.

V. Dieryck, ir., senior projectleider, afdeling 'Geotechniek, structuren en beton', Buildwise
B. De Schrijver, Technical Advisor, FEDBETON



CSC-certificaat

Sinds 2019 kunnen betoncentrales en prefabricagefabrieken van betonelementen gecertificeerd worden door de CSC, een organisatie die zich wereldwijd inzet voor de verduurzaming van beton. Het CSC-certificaat garandeert de **duurzame productie van het beton en zijn belangrijkste grondstoffen**. In België wordt de CSC-certificatie op dit moment niet uitgevoerd onder accreditatie.

De CSC-certificatie is gebaseerd op het **duurzame beheer van de onderneming** en de verantwoorde inkoop van grondstoffen. Ze omvat vier categorieën:

- milieu-aspecten
- sociale aspecten
- economische aspecten
- managementaspecten.

De certificatie heeft betrekking op de volledige toeleveringsketen, inclusief de producenten van cement en granulaten.

De producenten moeten verklaren in welke mate hun onderneming duurzaam beheerd wordt en moeten hun verklaring onderbouwen met bewijzen. Een onafhankelijke certificatie-instelling controleert de labelhouder en kent hem een CSC-certificaat toe als hij aan de vereiste criteria voldoet. Bij de beoordeling worden niet minder dan 112 elementen in beschouwing genomen, waaraan punten gegeven worden. De som van het aantal behaalde punten bepaalt het toegekende certificatieniveau (brons, zilver, goud of platina).

A Maximale broeikasgasemissies per reductieniveau [netto kg CO_2-eq./m^3].

Reductieniveau	CO_2-klasse						
	C12/15 E0	C16/20 El	C20/25 El	C25/30 EE2	C30/37 EE3	C35/45 EE4	C40/50 EE4
Referentiewaarden	228	244	269	294	319	344	361
Niveau 1 (↓ ≥ 30 %) (*)	160	171	188	206	226	241	253
Niveau 2 (↓ ≥ 40 %)	137	146	161	176	194	206	217
Niveau 3 (↓ ≥ 50 %)	114	122	135	147	162	172	181
Niveau 4 (↓ ≥ 60 %)	91	98	108	118	129	138	144
(*) Niveau 1 is niet van toepassing in België.							

De CSC-certificatie wordt erkend als een **certificatiesysteem voor de verantwoorde inkoop**. Dit systeem wordt onder meer toegepast in het kader van de BREAAM-certificatie (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*). BREEAM is de oudste en meest gebruikte methode voor de beoordeling en certificatie van de duurzaamheid van gebouwen en infrastructuren.

In augustus 2023 waren er 57 CSC-certificaten in België. De lijst van certificaathouders is beschikbaar op www.csc-be.be.

CO_2-label voor beton

Het CO_2-label is een vrijwillige module die de CSC-certificatie aanvult. Deze module heeft tot doel om **transparantie te creëren met betrekking tot de broeikasgasemissies** die gepaard gaan met de betonproductie en om een classificatie op te stellen van de reductieniveaus van de CO_2-uitstoot van beton.

Er bestaan verschillende CO_2-reductieniveaus (zie bovenstaande tabel). Ze worden gedefinieerd ten opzichte van referentiewaarden. **Beton met een lage koolstofvoetafdruk stoot ongeveer 30 tot 60 % minder CO_2 uit dan beton** dat bestaat uit Portland CEM I-cement. Voor elke sterkteklasse werd een referentiebetonsamenstelling bepaald. Hierbij werden de gemiddelde samenstellingen in aanmerking genomen die door de externe inspectie vastgesteld werden in het kader van de BENOR-certificatie in 2020. De berekening van de impact van het CO_2-equivalent is gebaseerd op milieuproductverklaringen (*Environmental Product Declarations* of EPD's). Deze verklaringen worden geverifieerd door een derde partij of door middel van een levenscyclusanalyse met door de CSC aanvaarde rekentools.

Niveau 1 is niet van toepassing in België, omdat dit criterium niet streng genoeg is. De Belgische sector voor stortklaar beton produceert al enkele jaren beton dat aan een hoger niveau beantwoordt. Hiervoor wordt er voornamelijk gebruikgemaakt van CEM III/A, een cement waarin een deel van de klinker vervangen is door hoogovenslak. De EPD voor de sector, dat wil zeggen voor een Belgisch stortklaar beton (C30/37 EE2 S4 CEM III/A 42,5), toont bijvoorbeeld een CO_2-eq.-impact van 170 kg/m^3 aan, wat overeenkomt met niveau 2.

In augustus 2023 telden we in België 26 toegekende CO_2-labels.

Hoe een beton met een lage koolstofvoetafdruk bestellen?

De **CO_2-reductieklasse moet opgegeven worden** bij de bestelling. De aanduiding 'Gecertificeerd duurzaam beton – CO_2-reductie: niveau 2, 3 of 4' moet dus vermeld worden bij de gegevens die nodig zijn voor de betonspecificatie (zie Innovation Paper 42). Er moet bij de betoncentrale ook nagegaan worden dat de betonsamenstelling geschikt is voor de gewenste toepassing en voldoet aan de uitvoeringsvoorwaarden.

Er is nog onderzoek nodig om het gebruik van beton van niveau 3 en 4 in Belgische omgevingsomstandigheden te vergemakkelijken en om verder te gaan dan deze niveaus! Buildwise werkt eraan!

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Beton-mortel-granulaten', gesubsidieerd door de FOD Economie.

Erfgoedenergieloket: maximum energiebesparing, minimum erfgoedwaardeverlies

De energetische renovatie van ons gebouwenpark is hoognodig om de doelstellingen van de klimaatplannen te kunnen halen. Ook erfgoedgebouwen ontsnappen daar niet aan. Deze vragen echter wel om extra aandacht omdat hun gevels niet zomaar 'ingepakt' kunnen worden. Het 'Erfgoedenergieloket' is één van de initiatieven waarin Buildwise op zoek gaat naar antwoorden en technische oplossingen.

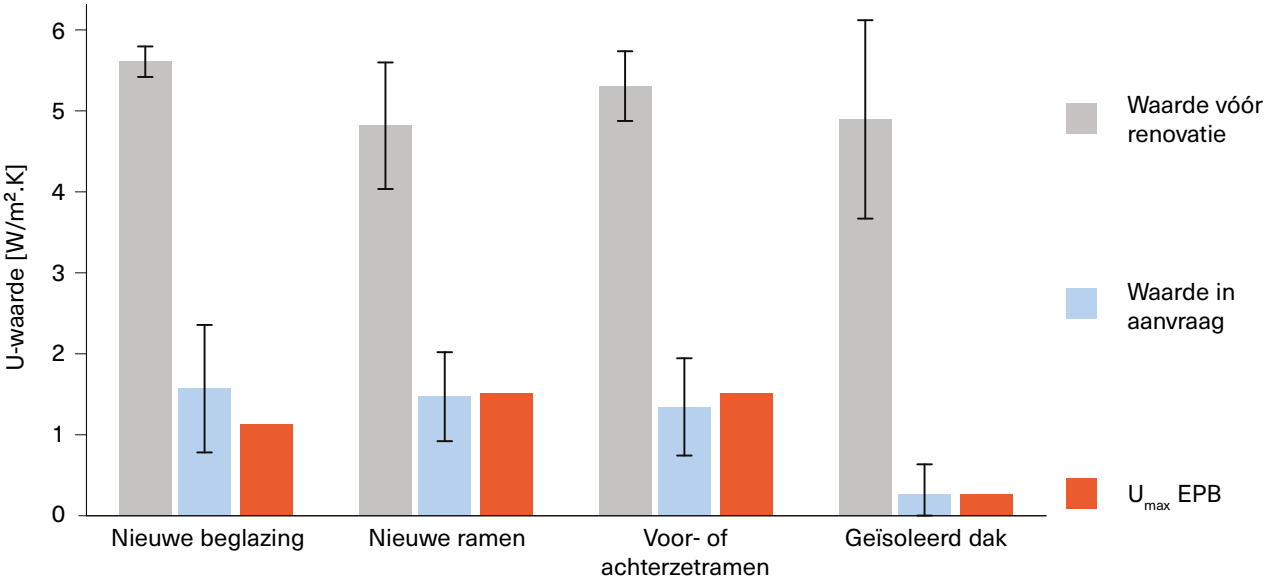
R. Hendrickx, dr. ir.-arch., projectleider, laboratorium 'Renovatie en erfgoed', Buildwise
M. de Bouw, dr. ir.-arch., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Renovatie en erfgoed', Buildwise
Y. Vanhellemont, ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium 'Renovatie en erfgoed', Buildwise
S. Dubois, dr. ir., senior projectleider, laboratorium 'Renovatie en erfgoed', Buildwise

Opzet en output van het onderzoek

Het project 'Gespecialiseerde Energieconsulenten voor Onroerend Erfgoed', ook wel het 'Erfgoedenergieloket' genoemd, liep van 2014 tot 2021 met de financiële steun van het Vlaamse Klimaatfonds, onder toezicht van het Agentschap Onroerend Erfgoed. Het project had tot doel om restauratie-architecten op te leiden en te ondersteunen bij de **uitvoering van energie-optimalisaties op erfgoedgebouwen**.

In het kader van het project werd een **opleidingstraject** uitgewerkt voor restauratie-architecten die hun kennis over energie-ingrepen wensen te verhogen. De opleidingsmodules die in dit project ontwikkeld werden, zijn terug te vinden op de projectwebsite erfgoedenergieloket.be. Ze werden recent ook herwerkt in de vorm van onlinewebinars in de Buildwise Renovatieacademie.

Op de projectwebsite vind je ook het verslag van de kwantitatieve analyse over de efficiëntie van energiebesparende maatregelen in erfgoedgebouwen en alle projectfiches van de bestudeerde cases. Uit de resultaten die weergegeven zijn in afbeelding 1 blijkt alvast dat men bij het verbeteren van ramen en daken meestal de U_{max}-waarde uit de EPB-



1 Gemiddelde vermindering van de U-waarde van gebouwelementen in de bestudeerde projecten.

regels haalt, hoewel erfgoedgebouwen daarvan vaak vrijgesteld zijn. Bij vloeren en muren bleek het resultaat minder gunstig. Bovendien is de terugverdientijd van de investering ook langer en de technische complexiteit vaak groter.

In het eindverslag worden per type energetische ingreep ook conclusies en aanbevelingen aangereikt. We bespreken hieronder twee concrete voorbeelden.

Achterzetramen: een goed idee?

Authentieke ramen zijn vaak de moeite waard om te bewaren. Soms is het mogelijk om de profielen te herstellen (en voldoende luchtdicht te maken) en het enkel glas te vervangen door gelaagd of dubbel glas. Een andere oplossing is het gebruik van achterzetramen. In het begijnhof van Sint-Amandsberg werd de plaatsing van verschillende soorten van deze ramen bestudeerd. Bij die werkwijze blijft het originele raam (inclusief enkel glas) gewoon zitten en plaatst men aan de binnenkant een volledig nieuw raam met opengaande vleugels, zodat het oude ook nog geopend en onderhouden kan worden (zie afbeelding 2). Men kiest daarbij best meteen voor **performante ramen met thermisch verbeterd glas**. Dat isoleert veel beter dan de luchtspouw tussen het oude en het nieuwe raam. Aangezien het nieuwe raam niet aan regen blootgesteld is, volstaat een eentrapsdichting en hoeft het hout ook niet waterbestendig te zijn.

Een **goede luchtdichtheid** is echter wel noodzakelijk. Er kan immers condensvorming optreden doordat vochtige lucht uit de binnenruimte via luchtlekken de spouw binnendringt en daar condenseert tegen het oude enkel glas. In Sint-Amandsberg gebeurde dat bijvoorbeeld in de feestzaal als er veel mensen aanwezig waren en het buiten koud was. Dit probleem kan opgelost worden door het kader van het nieuwe achterzetraam met speciale tape luchtdicht aan te werken tegen de pleisterlaag (een methode die voortkomt uit de ervaring met passiefhuizen). Op de dagkanten van de spouw is het risico op condensatie minimaal aangezien het enkel glas steeds kouder is. Dun isoleren blijft echter wel aangeraden om een koudebrug te vermijden. Met de bijkomende plaatsing van een dergelijk luchtdicht dubbelraam kan men bovendien ook betere akoestische prestaties behalen dan met een standaardraam.

Ultraperformante dakisolatie

In verschillende praktijkcases werd een sarkingdak toegepast op een erfgoedgebouw, waarbij de isolatie en de nieuwe bedekking bovenop de bestaande dakopbouw uitgevoerd werden. Meestal worden daarbij harde platen gebruikt, maar dunne flexibele aerogelmatten zijn ook een optie. Zo werden bij het leiendak van een begijnhofhuis in Diest twee matten van elk slechts 1 cm dik op de bebording aangebracht. In dat specifieke geval wilde men de kepers aan de binnenzijde zichtbaar houden. Tegelijk mocht de dikte aan de buitenkant niet teveel toenemen om de dakrand visueel niet te verzwaren en de detaillering rond de dakkapellen zuiver te houden. Aangezien de warmtegeleidingscoëfficiënt van dit hoogtechnologische materiaal twee keer lager is dan die van PUR, wordt ondanks de geringe dikte toch nog een aanzienlijke warmteweerstand gehaald. Bovendien blijft hierdoor de natuurlijke golving van het oude dak bewaard.

Om de thermische prestaties na de renovatie te evalueren, werden heel wat **RGB- en IR-foto's** genomen met een infraroodcamera bevestigd aan een drone. Op basis daarvan werd dan via fotogrammetrie een accuraat 3D-model gemaakt, waaraan vervolgens de thermische data toegevoegd werden. Op die manier wordt het mogelijk om de thermische prestaties van verschillende details en aansluitingen heel nauwkeurig in beeld te brengen en op een inzichtelijke manier voor te stellen aan de klant, de aannemer en de erfgoedconsulent.

2 Origineel kruisraam met nieuw houten achterzetraam in het begijnhof van Sint-Amandsberg, geplaatst door schrijnwerkerij Pollet uit Kortemark.



Realtimemonitoring van het structurele gedrag van een beschadigde betonnen brug: een grote stap voorwaarts

Nieuwe technologieën spelen een cruciale rol bij de verbetering van de efficiëntie en veiligheid van constructies. Daarom werd er een monitoringcampagne opgezet op een betonnen brug, waarvan de voorspanstrengen aangetast zijn door corrosie. Een netwerk van optischevezel-sensoren staat toe om de respons van de brug continu te meten en op te volgen.

P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., hoofdprojectleider, laboratorium 'Structuren en bouwsystemen', Buildwise
R. Vrijdaghs, ex-medewerker van Buildwise

Voorstelling van de brug en schade

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) en het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid hebben deze brug geselecteerd als casestudy om lessen te trekken voor een **betere inschatting van de resterende levensduur en het residuele draagvermogen van de structuren** en om **geoptimaliseerde interventie- en renovatiestrategieën te ontwikkelen**. De brug is gebouwd in 1957, draagt het verkeer van de bovenliggende autosnelweg met drie rijstroken en telt drie overspanningen. De buitenste velden (met een overspanning van 9 m) bestaan uit elementen uit gewapend beton. Het centrale veld heeft een overspanning van 23 m en is opgebouwd uit 13 nagespannen betonnen I-liggers. De brug wordt ondersteund door twee rijen van vijf kolommen.

1 Detail van de scheurvorming volgens de aslijn, langsheen een optischevezelkabel.



De corrosie van de strengen heeft geleid tot roestvorming en scheuren volgens de aslijn van de balken (zie afbeelding 1).

Realtimemonitoring met optischevezelsensoren

Het centrale deel van de brug werd uitgerust met bijna **300 rek- en temperatuursensoren** (zie afbeelding 2 op de volgende pagina), verdeeld over enkele nagespannen langs- en dwarsliggers en de 10 kolommen. Via dit uitgebreide netwerk van sensoren worden temperatuurveranderingen en vervormingen opgemeten. Dankzij hun hoge nauwkeurigheid, grote flexibiliteit en lange levensduur stellen deze sensoren ons in staat om het globale en lokale gedrag van de brug in operationele toestand op te volgen.

De opvolging gebeurt in een **geïntegreerd Internet of Things-platform**. Dankzij de geavanceerde sensoren en dataverzamelingsmethodes kunnen alle stakeholders de gegevens in real time opvragen, bekijken en analyseren. Dit biedt ongekende mogelijkheden om structurele problemen vroegtijdig te detecteren en te identificeren, onderhoudsstrategieën te optimaliseren en de levensduur van beschadigde constructies te verlengen.

Proefbelasting en kalibratie

Doordat de sensoren in operationele toestand aangebracht zijn, kon de absolute waarde van de meetresultaten niet bepaald worden. De respons bij de referentietoestand (d.i. de nulbelasting) is dus ongekend. Om hieraan tegemoet te komen, werd in samenwerking met MOW, AWV en KU Leuven een **proefbelastingsprogramma** uitgevoerd.



2 Uitrusting van de brug met rek- en temperatuursensoren.

Hierbij werd de respons van de brug onder verschillende belastingconfiguraties opgemeten, waarbij trucks met gekende aslasten op de afgesloten brug geplaatst werden. De optischevezelsensoren maten de vervormingen continu op, zowel voor quasi-statische als dynamische belastingen.

Dankzij de intensieve samenwerking met de verschillende partners kon er ook gebruikgemaakt worden van fleximeters voor de opmeting van de doorbuiging op verschillende locaties en van akoestische emissiesensoren om continu interne schade te detecteren. Daarnaast voerde Buildwise ook op geselecteerde tijdstippen **3D-laserscans** van de onderzijde van de brug uit, om een gedetailleerd 3D-beeld van de structuur te bekomen en om de mogelijkheden te onderzoeken voor de opmeting van doorbuigingen via laserscans.

De samenwerking leidde tot een **schat aan experimentele data** die samen een totaalbeeld schetsen van het gedrag van de brug. De meetresultaten kunnen niet alleen gebruikt worden voor de kalibratie van de langlopende realtime-monitoring van de brug (karakterisatie van de onbelaste referentietoestand en absolute waarde van doorbuiging en vervorming bij gekende lasten), maar kunnen ook gecorreleerd en geijkt worden op een bestaande structuur. Aangezien de optischevezelsensoren nog enkele jaren blijven meten, laat de proefbelasting tot slot ook toe om de huidige staat van de brug te bepalen, structurele veranderingen doorheen de jaren te verklaren en een inschatting te maken van de restlevensduur van de constructie.

Innovatieve toepassingen en vooruitblik

Naast de geavanceerde meettechnieken die nu reeds operationeel zijn, omvat dit project ook **verregaande structurele data-analyse** van de meetresultaten binnen het SBO-project LifeMacs, een samenwerking tussen UGent, KU Leuven en Buildwise. Hierbij worden samen met MOW de mogelijkheden onderzocht voor de ontwikkeling van een *early warning*-systeem, waarbij in het geval van de overschrijding van een vastgelegde grens (excessieve rekken of doorbuigingen, te beperkte *rebound*) een alarmsignaal afgaat, dat de gebruikers, eigenaars en toezichthouders de tijd geeft om gepaste maatregelen te nemen. Hiervoor wordt onder andere een digitaal model van de brug opgebouwd en gekalibreerd op basis van de proefbelastingen.

Dit project toont aan aannemers, eigenaars en bouwprofessionals de mogelijkheden van nieuwe technologieën, zoals innovatieve en gekoppelde meettechnieken en geavanceerde data-analyse in de bepaling en voorspelling van het structurele gedrag van betonnen structuren.

Specifiek voor aannemers werpt dit project een licht op de installatie en mogelijkheden van de optischevezeltechnologie in de opvolging van structuren. Een dergelijke realtimeopvolging kan bijdragen aan een **verbeterde veiligheid, kostenbesparing en duurzaamheid van betonnen constructies**, maar biedt evenzeer **inzicht in de conditie van bestaande, beschadigde constructies** om mogelijke structurele problemen vroegtijdig te detecteren. Dit opent de deur naar verbeterde onderhoudsstrategieën, een verhoogde veiligheid en een verlengde levensduur van bruggen en andere betonnen structuren. Zulke systemen stellen de stakeholders dus in staat om **veiliger, efficiënter en proactiever** met het bestaande en toekomstige, betonnen (infrastructuur)patrimonium om te gaan.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van het project Strategisch Basis Onderzoek (SBO) gesubsidieerd door het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO).

Lood in daken: veilige en duurzame alternatieven voor de slabben

Als dakdekker is het belangrijk om je bewust te zijn van de risico's die gepaard gaan met het gebruik van lood. Dit artikel heeft tot doel om hierover te sensibiliseren en alternatieven voor te stellen voor de uitvoering van de slabben, zonder de kwaliteit en duurzaamheid van het dak in het gedrang te brengen.

D. De Bock, ing., hoofdadviseur, afdeling 'Technisch advies en consultancy', Buildwise

Risico's verbonden aan het gebruik van lood

Lood is een veelgebruikt dakbedekkingsmateriaal omdat het flexibel en zeer duurzaam is. Het kan echter **gezondheidsrisico's** met zich meebrengen. Lood kan het lichaam binnendringen via de luchtwegen, de mond en de huid. Daarom raadt Constructiv af om te eten, drinken of roken terwijl je met dit metaal werkt (zie tekst hiernaast).

Preventiefiche

Constructiv heeft een gedetailleerde preventiefiche geschreven over de risico's van blootstelling aan lood. Deze fiche, met referentienummer 1049-11/2017, is beschikbaar op hun website.

Wat als je toch lood moet gebruiken?

Het is niet altijd mogelijk om het gebruik van lood bij dakwerken te vermijden. Het uitzicht ervan is immers moeilijk te reproduceren. Bovendien kunnen de bestaande loden elementen behouden worden bij renovaties. Ook de duurzaamheid van het materiaal staat buiten kijf.

Lood heeft dus nog een mooie toekomst voor zich. Om veilig te werken, moeten echter wel de volgende eenvoudige **voorzorgsmaatregelen** getroffen worden:

- **persoonlijke bescherming:**
  - draag altijd handschoenen
  - draag een geschikte ademhalingsbescherming (masker van het type P3), wegwerpoverall en veiligheidsbril wanneer het niet mogelijk is om stof of dampen te

A Voor- en nadelen van de alternatieven voor lood.

Alternatief voor lood	Voordelen	Nadelen
Zink	• Edel materiaal • Recycleerbaar	• Minder buigzaam • Vereist meer werk voor de aanpassing aan de vorm van de dakbedekking
Composiet	• Soepel • Licht	• Niet-recycleerbaar • Eisen voor de ondergrond en de weersomstandigheden

vermijden
- **hygiëne:**
  - was je handen en gezicht grondig voordat je gaat eten, drinken of roken
  - vermijd het aanraken van je gezicht of kleding wanneer je met lood werkt.

Alternatieven voor lood

Er zijn veilige en duurzame alternatieven voor het gebruik van lood in slabben. De twee belangrijkste zijn **zinken slabben** en **composiete slabben** gemaakt van combinaties van metalen en synthetische materialen (zie tabel op de vorige pagina).

Ontdek enkele voorbeelden van producten in onze Tech-Com-databank:
- voorbeelden in de categorie 'slabben: eenzijdig zelfklevend, v. butylrubber en gecacheerd met verscheidene materialen'
- voorbeelden in de categorie 'bladlood o.b.v. aluminium, in rollen (loodvrij)'.

Uitvoering van de alternatieven

Zelfs als je zelfklevende materialen gebruikt, zorg je er best voor dat je ze inslijpt of een slab aanbrengt. Deze laatste verbetert de waterdichtheid van de aansluiting op lange termijn. De toepassing op de foto hieronder kan daarom niet als voldoende duurzaam beschouwd worden.

Zelfklevende producten vereisen een droge en propere ondergrond en geschikte weersomstandigheden. Dit materiaaltype kan een probleem vormen bij latere interventies of renovaties, omdat het moeilijk te demonteren is.

1 Voorbeeld van een toepassing die niet duurzaam genoeg is.



Energetische renovatie van hellende daken: inzicht in de milieu-impact

Eén van de belangrijkste maatregelen ter beperking van het energieverbruik en dus de milieu-impact van een woning, is het isoleren van het dak. De keuze van de materialen en de renovatiestrategie zullen de totale milieu-impact echter sterk beïnvloeden. Een doordachte keuze dringt zich dus op om de bekomen milieuwinsten te verzekeren en te maximaliseren.

N. Neelen, arch., onderzoeker, laboratorium 'Milieuprestatie', Buildwise
L. Wastiels, dr. ir.-arch., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Milieuprestatie', Buildwise

In dit artikel wordt de milieu-impact van verschillende dakrenovatieoplossingen vergeleken. Dit gebeurt aan de hand van een **levenscyclusanalyse**, of kortweg **LCA**, een techniek die toelaat om de milieu-impact van een gebouw over zijn volledige levenscyclus (van de materiaalproductie tot de finale afvalverwerking) en voor verschillende milieuproblemen (bv. klimaatverandering, fijnstof ...) te bepalen (zie Buildwise-artikel 2013/04.15). Deze analyse wordt uitgevoerd volgens de gangbare Belgische methode die ook toegepast wordt in de TOTEM-tool (www.totem-building.be). Deze tool stelt de bouwprofessional in staat om zelf verschillende oplossingen te analyseren.

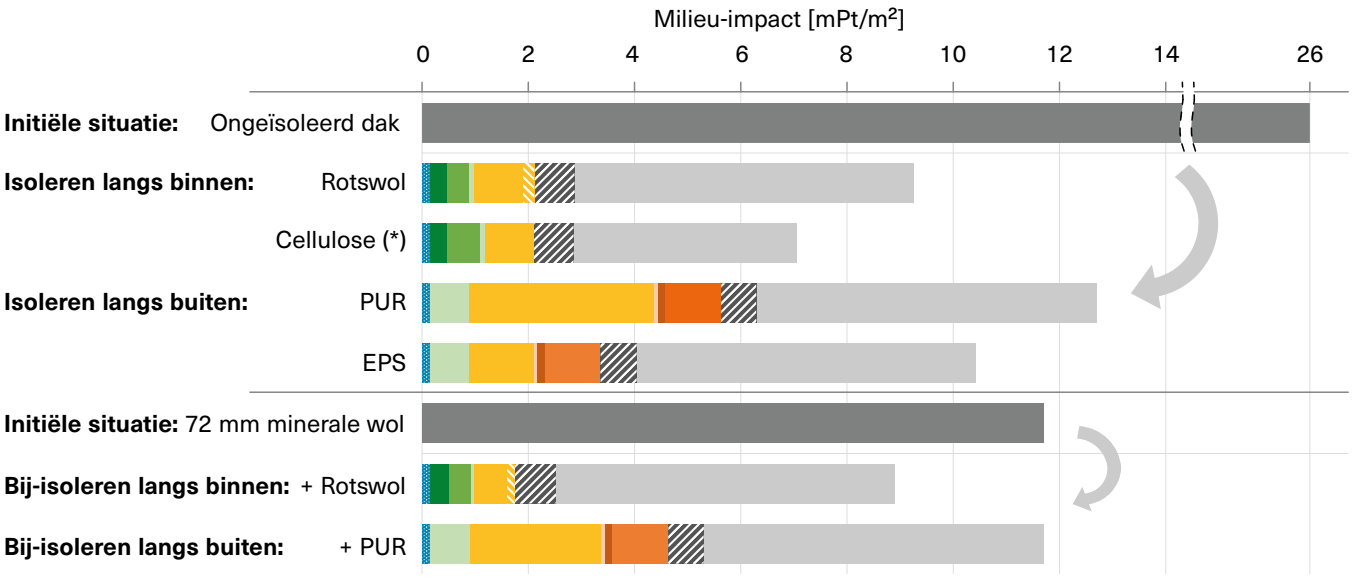
Energiewinsten en materiaalimpact

In de grafiek op de volgende pagina wordt de milieu-impact weergegeven voor **1 m² dakoppervlak**, dat op verschillende manieren geïsoleerd wordt tot een isolatiewaarde van minstens **U = 0,24 W/m².K** en nadien nog **60 jaar** gebruikt zal worden. Hierin wordt de impact van de materialen van elk dakonderdeel vermeld, evenals de impact van het energieverbruik voor verwarming met een condenserende gasketel.

Uit de resultaten blijkt dat het **isoleren van niet-geïsoleerde daken** bijna altijd zal leiden tot **milieuwinsten over de volledige levensduur**. De milieuvoordelen van de verlaging van het energieverbruik voor verwarming, zijn dus groter dan de impact van het extra materiaalgebruik. Enkel bij het na-isoleren met schapenwol is dat niet altijd zo (zie lange versie van dit artikel voor meer toelichting).

Als er in het dak al een beperkte hoeveelheid isolatie aanwezig is, loont het vaak de moeite om het dak nog bijkomend te isoleren. In dat geval is de keuze van de materialen en renovatiestrategie echter des te belangrijker om de milieu-impact van de materialen te beperken.





Volgens NBN EN 15804+A2:2019 (normalisatie en weging EF3.0 11/2019)

(*) Isoleren met cellulose tot U = 0,15 W/m².K, door het volledig vullen van de structuur.

- Einde levensduur van bestaande lagen
- Binnenafwerking
- Onderstructuur voor binnenafwerking
- Dampscherm en drager
- Isolatielagen (totaal)
- Isolatieverliezen
- Onderdak en drager
- Drager voor buitenafwerking
- Buitenafwerking
- Onderhoud en vervangingen
- Energieverliezen na renovatie
- Energieverliezen vóór renovatie

1 Milieu-impact van de renovatie van 1 m² hellend dak, over de hele levenscyclus, voor verschillende isolatiestrategieën (naar U = 0,24 W/m².K).

Langs binnen of buiten isoleren

Langs binnen isoleren heeft over het algemeen een lagere milieu-impact dan langs buiten (zie afbeelding 1). Dit komt doordat men bij het langs buiten isoleren volgens het sarkingprincipe harde isolatieplaten gebruikt (bv. PUR, XPS, houtvezelplaten, kurk). Deze hebben typisch (maar niet altijd!) een hogere milieu-impact dan de meeste zachte isolatiematerialen (bv. minerale wol, houtwol, hennepmatten ...). Er bestaan grote verschillen in de milieu-impact van verschillende isolatiematerialen, ook tussen de harde en zachte materialen onderling. In de lange versie van dit artikel wordt hier dieper op ingegaan.

Bovendien moet men bij een sarkingoplossing ook de dakbedekking (dakpannen en onderdak) wegnemen. Een klassieke dakbedekking met pannen heeft een hogere impact dan een typische binnenafwerking met een houten structuur en gipskartonplaten.

Het spreekt voor zich dat er ook gekeken moet worden naar de **staat van de dakbedekking**. Als deze aan vervanging toe is, zal dit ook voor een bijkomende impact zorgen. Zijn de pannen nog in goede staat, dan kan men ervoor kiezen om de bestaande dakpannen na het isoleren terug te plaatsen (zie TV 240).

Dit onderzoek toont bovendien aan dat, als men de bestaande dakstructuur vervangt en daarbij een isolatiemateriaal met een lage milieu-impact gebruikt, de totale milieu-impact van de dakrenovatie lager kan uitkomen dan de impact van sommige renovatieoplossingen (zie lang artikel). Het loont dus de moeite om vooraf de impact van verschillende oplossingen met elkaar te vergelijken. Zeker wanneer een vervanging van de dakstructuur of -bedekking zich ook vanuit technisch oogpunt opdringt.

Bevestiging van de binnenafwerking

De standaardbinnenafwerking met een gipskartonplaat op een houten structuur heeft een relatief beperkte milieu-impact. Uit de vergelijking met andere binnenafwerkingen (zie lang artikel) blijkt echter dat de impact van een structuur uit metalen profielen vier keer hoger ligt dan bij zijn houten tegenhanger. Ook de **keuze van de afwerking heeft een invloed**. Zo verdubbelt de impact van de binnenafwerking bij het gebruik van OSB-platen.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van Brussels Retrofit Living Labs, gesubsidieerd door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en de Europese Unie. Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Milieu-impact en circulaire economie', gesubsidieerd door de FOD Economie.

Leer meer over dit onderwerp in Buildwise-artikel 2023/05.06.
Schrijf je in op onze nieuwsbrief om op de hoogte te blijven van de verschijning ervan.

Welke voorwaarden voor de isolatie van een groendak?

Bij platte daken zorgt de aanwezigheid van een soms dik substraat, planten en andere lagen (bescherming, drainage ...) voor een toename van de belastingen waaraan het blootgesteld wordt. De lagen van het dak, en in het bijzonder de isolatie, moeten bestand zijn tegen deze belastingen, die verdeeld of plaatselijk (bv. plantenbakken) en permanent of variabel in de tijd kunnen zijn (mensen die op het dak circuleren en werken, variabele hoeveelheid water in het substraat ...).

E. Noirfalisse, ir., sectorale coördinator van de Technische Comités en hoofdprojectleider, laboratorium 'Isolatie, dichting en daken', Buildwise

De **samendrukbaarheidsklassen C en D** van de EUtgb (Europese Unie voor de technische goedkeuring in de bouw) duiden de eisen aan voor het gedrag van de isolatie bij bepaalde temperaturen en belastingen. Deze eisen worden aangevuld met die van de **klassen P3 en P4** van de BUtgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw), die ook rekening houden met het gedrag van de isolatie bij samendrukking en doorponsing. Bij intensieve daken en/of als er andere belastingen op het dak kunnen inwerken, is bovendien een meer gedetailleerde studie noodzakelijk waarbij de werkelijk uitgeoefende belastingen bepaald worden. De vervormingen die op korte en lange termijn door deze belastingen veroorzaakt worden, moeten beperkt blijven.

Aanbevelingen uit goedkeuringsleidraden

In de Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées worden **vier samendrukbaarheidsklassen** beschreven, waarbij de klassen B tot D van toepassing zijn op platte daken. De klasse wordt bepaald door een proef die het gedrag van de isolatie bij verdeelde statische belastingen en hoge temperaturen beoordeelt. Groendaken worden dan wel niet expliciet vermeld, maar impliciet vallen ze onder de klassen C en D. Deze proef alleen lijkt echter niet voldoende om de eisen met betrekking tot de mechanische eigenschappen van de isolatie te evalueren. De gids verwijst ook naar de nationale reglementeringen.

Op Belgisch niveau stelt de BUtgb een andere classificatie voor, die ook de **druksterkte en ponsweerstand** omvat. De eisen verschillen naargelang het isolatiemateriaal: niet alle materialen vertonen hetzelfde gedrag (gevoeligheid voor temperatuur, elastisch of fragiel gedrag ...) en niet alle eisen zijn relevant voor alle materialen. Tabel A op de volgende pagina, uittreksel van tabel 5 van TV 229 'Groendaken', beschrijft de klassen P3 en P4, die overeenkomen met de bovengenoemde klassen C en D en die respectievelijk betrekking hebben op de extensieve en intensieve groendaken.

Aanbevelingen uit de Technische Voorlichtingen

Tabel 5 van TV 229 geeft een overzicht van de klassen P3 en P4 en de bijbehorende eisen en vult deze aan met andere aanbevelingen:

- rekening houden met eventuele **puntbelastingen** (doorponsing) bij extensieve daken (bv. door de plaatselijke belasting van een bloembak)
- een **speciale studie uitvoeren voor intensieve daken**, die onderhevig kunnen zijn aan hogere statische belastingen, geconcentreerde puntbelastingen of dynamische belastingen.

Gezien de gevolgen van een eventuele infiltratie op een groendak (in het bijzonder een intensief dak), stelt TV 229 ook dat het voor een warm dak aanbevolen is om een isolatiemateriaal te gebruiken dat **niet-vochtgevoelig** is, zodat de dakafdichting in volvlakkige hechting aangebracht kan worden. De TV voegt eraan toe dat **cellenglas** momenteel het enige isolatiemateriaal is dat aan deze criteria voldoet, waardoor dit materiaal de voorkeur geniet bij intensieve daken. Dit sluit het gebruik van andere isolatiematerialen echter niet uit als aan voormelde voorwaarden voldaan wordt en als de nodige bijkomende maatregelen voor de afdichting genomen worden om het risico op infiltraties te verminderen en de gevolgen ervan te beperken, zoals compartimentering, een vochtmonitoringsysteem en een tweelaagse afdichting. Zo blijkt uit recente oriëntatieproeven dat er isolatieplaten uit polyurethaan (PU) bestaan die beantwoorden aan de criteria van klasse P4. Deze platen kunnen dus toegepast worden als er voldaan wordt aan de eerdergenoemde maatregelen. Uit bovenstaande overwegingen

A BUtgb-klassen P3 (extensief dak) en P4 (intensief dak).

Belastingsklasse	Isolatiematerialen voor groendaken				
	MW volgens NBN EN 13162	EPS volgens NBN EN 13163	PUR/PIR volgens NBN EN 13165	CG volgens NBN EN 13167	XPS volgens NBN EN 13164
P3: daken met extensieve vegetatie, die toegankelijk zijn voor voetgangers en waarbij een regelmatig onderhoud of nazicht van het dak en zijn installaties vereist is (klasse C volgens de EUtgb-gids voor dakisolatie)	DLT: ≤ 5 %, 40 kPa, 80/60 °C, 7 d.	• DLT(1)5: ≤ 5 %, 20 kPa, 80 °C, 48 u. • DLT(2)5: ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d.	DLT(2)5: ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d.	–	DLT(2)5: ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d.
	CS(10\Y): ≥ 40 kPa	CS(10): ≥ 120 kPa	CS(10\Y): ≥ 120 kPa	CS(Y): ≥ 400 kPa	CS(10\Y): ≥ 300 kPa
	PL(5) 500 (1)	–	–	PL(P)2 (1)	–
P4: daken met intensieve vegetatie die een verdeelde statische belasting van maximaal 7,5 kPa kunnen opnemen en/of onderhevig zijn aan zware belastingen … (klasse D volgens de EUtgb-gids voor dakisolatie)	DLT: ≤ 5 %, 80 kPa, 80/60 °C, 7 d.	DLT(3)5: ≤ 5 %, 80 kPa, 60 °C, 7 d.	DLT(3)5: ≤ 5 %, 80 kPa, 60 °C, 7 d.	–	DLT(2)5: ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d.
	CS(10\Y): ≥ 80 kPa	CS(10): ≥ 150 kPa	CS(10\Y): ≥ 120 kPa	CS(Y): ≥ 700 kPa (2)	CS(10\Y): ≥ 300 kPa
	PL(5) 750 (1)	–	–	PL(P)1 (1)(2)	–

(1) PL: geconcentreerde belasting die aanleiding geeft tot een bepaalde indrukking (MW) of vervorming veroorzaakt door een belasting van 1.000 N (CG). Bijvoorbeeld: PL(5) 500 = geconcentreerde belasting ≥ 500 N die aanleiding geeft tot een indrukking van 5 mm. PL(P)2 = vervorming ≤ 2 mm veroorzaakt door een geconcentreerde belasting van 1.000 N.
(2) De eisen voor CG in klasse 4 zijn inmiddels lichtjes aangepast: CS(Y) ≥ 600 kPa en PL(P) 1,5.

wordt de afdichting in het geval van een omkeerdak bij voorkeur in volvlakkige hechting op de dakvloer geplaatst.

In de recenter gepubliceerde TV 280 'Het platte dak' worden de EUtgb- en BUtgb-classificaties hernomen en wordt aangegeven dat de eerste onvoldoende lijkt. De TV reikt enkele aanvullende aanbevelingen aan voor daken die onderhevig zijn aan specifieke belastingen (terrassen, sportvelden …) en stelt een aanpak voor die vergelijkbaar is met die van TV 253 'Parkeerdaken'. Er worden indicatieve criteria voorgesteld voor de mechanische eigenschappen van de isolatiematerialen:

- **op korte termijn** wordt aanbevolen om erop toe te zien dat de spanning in de isolatie niet hoger wordt dan:
  - voor vervormbare materialen, de spanning die aanleiding geeft tot een vervorming gelijk aan de kleinste van de volgende waarden: 2 % of de elasticiteitsgrens; deze gegevens zijn beschikbaar in de resultaten van een klassieke druksterkteproef volgens de norm NBN EN ISO 29469 (die onlangs de norm NBN EN 826 vervangen heeft) (spanning-vervormingscurve)
  - voor weinig of niet-vervormbare materialen, de druksterkte (bij breuk) verminderd met een veiligheidsfactor (te bepalen door de fabrikant)
- **op lange termijn** (20 jaar) wordt aanbevolen om de vervorming niet groter te laten worden dan 2 %. Deze informatie kan verkregen worden door een langere kruipproef bij druk uit te voeren volgens de norm NBN EN ISO 16534 (die onlangs de norm NBN EN 1606 vervangen heeft). De toegepaste belasting is de gebruiksbelasting gewogen door de juiste coëfficiënten. Deze eigenschap staat echter niet altijd vermeld in de technische fiche van het isolatiemateriaal. Het kan dus nodig zijn om deze op te vragen bij de fabrikant.

Om de spanning te bepalen die op de isolatie uitgeoefend wordt, moet de oppervlakte berekend worden waarop de belasting inwerkt (de oppervlakte van een tegeldrager of een bloembak …) en rekening gehouden worden met een eventuele verdeling van de belasting door de lagen die zich tussen de belasting en de isolatie bevinden (afhankelijk van hun stijfheid).

Naast deze eisen en aanbevelingen moeten tijdens de dakwerken ook steeds maatregelen genomen worden om beschadiging van de isolatieplaten te voorkomen (bv. looppaden). Bij het transport en de opslag van materialen is het vooral belangrijk om overmatige geconcentreerde belastingen op de isolatieplaten te vermijden.

Welke houtlijm voor welke toepassing?

Bij de keuze van de lijm voor de verbinding van houten bouwelementen moet er rekening gehouden worden met de beoogde toepassing en de blootstelling aan vocht. Er moet uiteraard ook op toegezien worden dat de lijm geschikt is voor de gebruikte houtsoort en de erop toegepaste behandeling. Deze nieuwe benadering is een aanvulling op de informatie uit Buildwise-artikel 2011/04.08.

B. Michaux, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Materialen, daken en milieuprestatie', Buildwise

Soorten toepassingen

De beoogde toepassing van de houten elementen bepaalt welke lijm gebruikt moet worden voor hun verbinding. We onderscheiden twee soorten toepassingen:

- **niet-structurele toepassingen**, die voornamelijk betrekking hebben op binnen- of buitenschrijnwerkelementen (raamprofielen, secundaire steunelementen ...)
- **structurele toepassingen**, waaronder de belangrijkste dragende elementen vallen, met andere woorden de elementen die de stabiliteit van het bouwwerk verzekeren: balken, kolommen, moerbalk van een veranda, trapwang ...

Niet-structurele toepassingen

De norm NBN EN 204 definieert **vier belastingsklassen** (D1 tot D4) voor thermoplastische lijmen (vinyl, isocyanaten ...) voor niet-structurele toepassingen.

In de norm NBN EN 12765 worden vier gelijkaardige klassen (C1 tot C4) vermeld voor lijmen op basis van thermohardend hars voor niet-structurele toepassingen.

Tabel A geeft voor elk van deze klassen een overzicht van het toepassingsgebied en illustreert dit met enkele voorbeelden.

A Classificatie van houtlijmen voor niet-structurele toepassingen.

Belastings-klasse	Toepassingsgebied	Voorbeelden
C1 of D1	Binnentoepassingen met een beperkte vochtigheid	Plaatsing van wandkasten in slaapkamers
C2 of D2	Binnentoepassingen met een beperkt risico op een hoge relatieve luchtvochtigheid	Binnendeuren, trappen, meubels in ruimten zonder vochtproductie ...
C3 of D3	Binnentoepassingen waarbij er een korte en frequente condensatie en/of een belangrijke relatieve luchtvochtigheid kan optreden in de loop van langere perioden. Het houtvochtgehalte kan oplopen tot 18 %	Keukens, badkamers, parket, onderparket, wanden ...
	Buitentoepassingen zonder rechtstreekse blootstelling aan de weersomstandigheden	Verbindingen van venster- en deurhoeken beschermd door een luifel of kap
C4 of D4	Binnentoepassingen die regelmatig en lang in contact komen met condensatie en stromend water	Keukens, badkamers, onderparket ...
	Buitentoepassingen met lijmvoegen die rechtstreeks blootgesteld zijn aan de weersomstandigheden (op voorwaarde dat er een aangepaste oppervlakte-bekleding aangebracht is)	Verbindingen van venster- en deurhoeken

B Lijmsoorten die gebruikt worden voor structurele toepassingen.

Toepassingsgebied	Lijmsoorten	Opmerkingen	Referentienormen
Buitentoepassingen en blootgesteld hout (klimaatklasse 3 volgens de norm NBN EN 1995-1-1), lijmtype I	Resorcine (RF voor 'resorcine-formaldehyde' of PRF voor 'fenol-resorcine-formaldehyde')	• Beter brandgedrag • Opgelet voor de toxiciteit	NBN EN 301
	Fenolformaldehyde (PF)	Eencomponentenlijm (zonder verharder) die warm aangebracht moet worden	NBN EN 301
Buitentoepassingen en beschermd hout (klimaatklasse 2 volgens de norm NBN EN 1995-1-1), lijmtype I	Melamine (MUF voor 'melamine-ureum-formaldehyde')	• Eencomponentenlijm • Tweecomponentenlijm die warm of koud aangebracht moet worden	NBN EN 301
	Polyurethaan (PUR)	Tweecomponentenlijm	NBN EN 15425
	Epoxy	Eencomponentlijm die warm aangebracht moet worden	–
Binnentoepassingen (klimaatklasse 1 volgens de norm NBN EN 1995-1-1), lijmtype I of II	Ureumformaldehyde (UF)	Tweecomponentenlijm die warm of koud aangebracht moet worden	NBN EN 301
	Caseïne	Vereist een specifieke controle	NBN EN 12436
	Polyurethaan (PUR)	Eencomponentenlijm	NBN EN 15425

Structurele toepassingen

Voor structurele toepassingen verwijzen de verschillende normen naar **twee lijmsoorten** (I en II), in functie van hun gebruiksgeschiktheid. Tabel B hierboven geeft een overzicht van het te gebruiken lijmtype naargelang het toepassingsgebied.

Wanneer de belangrijkste dragende elementen berekend zijn volgens de Eurocode 5 (NBN EN 1995-1-1), moet erop gelet worden dat:

- de **vervanging van elementen uit massief hout door gelijmde dragende elementen** gevalideerd wordt door de juiste rekenmethodes. De Eurocode 5 voorziet een specifieke benadering voor gelijmde elementen, met name wat betreft de in aanmerking te nemen coëfficiënten
- op alle gelijmde verbindingen een **kwaliteitscontrole** uitgevoerd wordt. In het controleverslag (bv. via de markering van het product) moeten het lijmtype, het productieproces en de kwaliteit van de lijmvoegen vermeld worden.

Om de sterkte en duurzaamheid van de gelijmde houtverbindingen te garanderen, is het essentieel dat de uitvoeringsvoorwaarden van de lijm nageleefd worden. Hierbij moet er rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten:

- **de temperaturen** moeten hoger zijn dan 10 °C (tenzij anders aangegeven door de fabrikant). De toevoer van thermische energie versnelt het uithardingsproces. Om de polymerisatie van aminoplastische, fenol- en vinylharsen te bespoedigen, kan er plaatselijk gebruikgemaakt worden van een hoogfrequente generator
- **het vochtgehalte:** ook al hebben sommige lijmen (vooral eencomponentpolyurethaanlijmen) vocht nodig om hun vernettingsproces op gang te brengen, is het essentieel dat de schommelingen in het houtvochtgehalte gecontroleerd worden om dimensionale vervormingen van de verbonden elementen te vermijden. Deze controle moet uitgevoerd worden ter hoogte van de verbindingen. De houten elementen moeten gedroogd worden tot een vochtgehalte van 5 tot 12 % (volgens de specificaties van de fabrikant)
- **de te verlijmen oppervlakken** moeten perfect passen en schoongemaakt worden (schaven en vooraf schuren). Sommige lijmen, zoals ureumformaldehydelijmen, moeten in zeer dunne laag aangebracht worden
- **de druk:** bij toepassingen op draagconstructies mogen geen lijmklemmen gebruikt worden, omdat ze geen constante druk bieden. Bovendien is het niet mogelijk om de uitgeoefende druk te controleren
- **de verenigbaarheid met de houtsoorten:** niet alle lijmen zijn verenigbaar met alle houtsoorten. Zo zijn houtsoorten die rijk zijn aan harsen, gommen of olieachtige stoffen (Frans grenen, teak ...) moeilijker te verlijmen. Er bestaan ook gemengde EPI-lijmen (emulsies van isocyanaat en polymeer) die bijzonder geschikt zijn voor hout waarvan het hydrofobe karakter onder meer versterkt is door fysisch-chemische transformatie of voor houtsoorten met een hoog harsgehalte
- **de grootte en oriëntatie van de vezels** beïnvloeden de kwaliteit van de verlijming. Kopshout is moeilijker te verlijmen dan spinthout of langshout. Kernhout en spinthout gedragen zich niet op dezelfde manier. Het is daarom noodzakelijk om na te gaan dat de lijm geschikt is voor de beoogde toepassing.

Berekening van de dikte van gelaagd glas

Gelaagd glas is opgebouwd uit meerdere glasbladen die onderling verbonden worden met een synthetische tussenlaag. Een correcte berekening van de glasdikte biedt heel wat voordelen, zoals een dunnere en betrouwbaardere beglazing, een eenvoudigere uitvoering, besparingen op het vlak van transport en een verhoogde veiligheid van de arbeiders.

É. Dupont, ing., senior hoofdadviseur, directie 'Normalisatie en certificatie', Buildwise

De normenreeks NBN EN ISO 12543 bespreekt de duurzaamheid van gelaagd glas. De norm NBN S 23-002 (en zijn addendum) gaat dieper in op de glaskeuze en dus op de situaties waarin in België veiligheidsglas gebruikt moet worden.

Overdracht van de schuifspanningen

De **stijfheid van gelaagd glas** hangt af van de kwaliteit van de overdracht van de schuifspanningen tussen de verschillende samenstellende glasbladen, ook wel 'lagen' genoemd. Afhankelijk van de mechanische eigenschappen van de tussenlaag kan gelaagd glas zich verschillend gedragen: als een loutere opeenstapeling van glasbladen of als een monolithisch glas waarvan de dikte gelijk is aan de som van de diktes van de onderdelen. Dit verschil is heel belangrijk omdat het een grote invloed kan hebben op het gewicht van het uit te voeren glas.

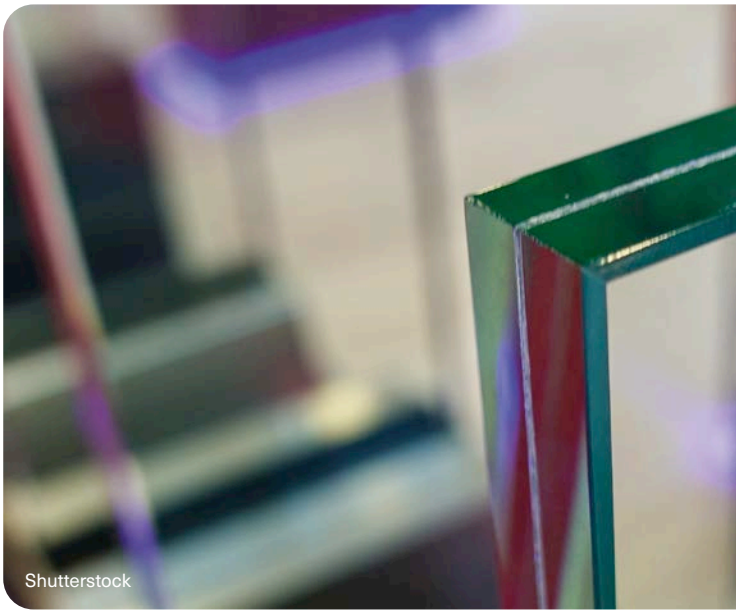
We nemen als voorbeeld een gelaagd glas 33.2. Dit bestaat uit twee glaslagen van 3 mm en twee PVB-folies van 0,38 mm, die samen een tussenlaag vormen met een totale dikte van 0,76 mm. Als deze tussenlaag alle schuifspanningen van de ene laag naar de andere kan overdragen, bedraagt de equivalente dikte van het gelaagde glas 6,76 mm. Is de tussenlaag helemaal niet in staat om deze spanningen over te dragen, dan zal de equivalente dikte 3,76 mm zijn.

Aan de hand van de **norm NBN S 23-002** kan bepaald worden of een gelaagd glas toegepast mag worden of niet. Voor ons voorbeeld gaan we ervan uit dat het gelaagd glas 33.2 1,3 x 2,4 m meet, opgelegd is op vier randen en blootgesteld is aan een winddruk van 1.000 Pa. Als de tussenlaag alle schuifspanningen van de ene naar de andere laag kan overdragen, bedraagt de spanning in het gelaagde glas 15,6 MPa en de vervorming 9,1 mm. Aangezien er voldaan wordt aan de vervormings- (≤ 10,4 mm) en buigspanningscriteria (≤ 18,5 MPa) van de norm NBN S 23-002-2, mag de beglazing geïnstalleerd worden. Indien de tussenlaag echter geen schuifspanningen kan overdragen, is de spanning in het glas gelijk aan 19,2 MPa en de vervorming aan 20,9 mm, wat betekent dat de beglazing niet toegepast mag worden. Gelaagd glas 44.2 voldoet ook niet, omdat het een vervorming van 14,6 mm heeft. Voor dit project moet er dus geopteerd worden voor een glas 55.2.

Dit onderstreept het belang van een **nauwkeurig rekenmodel** voor gelaagd glas.

Rekenmodel volgens de norm NBN S 23-002-2

De norm NBN S 23-002-2 voorziet momenteel een relatief simplistisch model voor de berekening van de equivalente diktes van gelaagd glas. Hierbij wordt rekening gehouden met een forfaitaire coëfficiënt voor de overdracht van de schuifspanningen, uitgedrukt door de **coëfficiënt ω**. Deze



Shutterstock

coëfficiënt is echter niet erg nauwkeurig en de methode om deze te bepalen, is voor interpretatie vatbaar. Bovendien mag volgens de norm forfaitair maximaal 20 % van de overdracht van de schuifspanningen gebruikt worden, dat wil zeggen een coëfficiënt ω van maximaal 0,2.

Als we dit rekenmodel toepassen op een gelaagd glas 44.2, zal de spanning in het glas 13,5 MPa bedragen en de vervorming 10,7 mm. Dat wil zeggen dat het glas opnieuw niet aan de eisen uit de norm NBN S 23-002-2 voldoet en dat ook dan een glas 55.2 gebruikt moet worden.

Rekenmodel volgens de EET-methode

Vanuit mechanisch oogpunt hangt het vermogen van de tussenlaag om schuifspanningen over te brengen, af van de volgende parameters:

- de **opleggingsvoorwaarden** van het gelaagde glas: 2, 3, 4 ononderbroken opleggingen, ingeklemd aan de voet (bv. borstwering) ...
- de **geometrie van het glas**, die meestal rechthoekig is. Driehoekige of ruitvormige beglazingen zijn mogelijk, maar beïnvloeden de overdracht van de schuifspanningen
- de **toegepaste belasting**: puntbelasting, lineaire belasting of gelijkmatig verdeelde belasting
- de **afschuifmodulus van de tussenlaag**, die afhangt van het type, de temperatuur en de belastingsduur (bv. kort voor wind, gemiddeld voor sneeuw en permanent voor het eigengewicht van de beglazing op een dak).

Om rekening te houden met al deze parameters, heeft de Universiteit van Parma de zogenaamde **EET-methode** ontwikkeld, wat staat voor *Enhanced Effective Thickness*. Hoewel de ontwikkelde formules ingewikkeld zijn, is deze methode zeer nauwkeurig en helpt ze om de dikte en dus het gewicht van beglazingen aanzienlijk te verminderen. Deze methode werd genormaliseerd in het kader van de opstelling van de toekomstige Eurocode 11, gewijd aan glasconstructies, waaraan Buildwise zeer actief meewerkt.

In ons voorbeeld van een gelaagd glas 33.2 waarbij de tussenlaag bestaat uit twee klassieke heldere PVB-folies, is de coëfficiënt ω volgens de EET-methode 0,92. De spanning in het glas zou dan 15,6 MPa bedragen en de vervorming 9,6 mm, wat betekent dat deze beglazing zou voldoen. Het gewicht van de beglazing zou dan 40 % kleiner zijn dan dat berekend op basis van de hypotheses uit de norm NBN S 23-002-2.

Tot slot moet opgemerkt worden dat het bij gebruik van een isolerende beglazing vanuit veiligheidsoogpunt essentieel is om de **coëfficiënt ω niet te onderschatten**. Net zoals bij alle hyperstatische constructies zullen de verdeling van de belastingen op elk van de glasbladen van de isolerende beglazing en de berekening van de druk in de spouw immers vertekend worden door een foutieve werkelijke stijfheid van het gelaagde glas.

Voor een isolerende beglazing 3/16/33.2 van 1,3 x 2,4 m die blootgesteld is aan een winddruk van 1.000 Pa zal de druk in de spouw met een coëfficiënt ω van 0,2 volgens de norm NBN S 23-002-2 bijvoorbeeld 340 Pa bedragen op het buitenglasblad en 670 Pa op het binnenglasblad. Een coëfficiënt ω van 0,54 berekend volgens de EET-methode resulteert dan weer in een druk van 133 Pa op het buitenglasblad en 879 Pa op het binnenglasblad. Bovendien zal het gebruik van een stijvere gelaagde beglazing, zoals in werkelijkheid vaak gedaan wordt, de druk in de spouw doen toenemen door variaties in temperatuur en atmosferische druk.

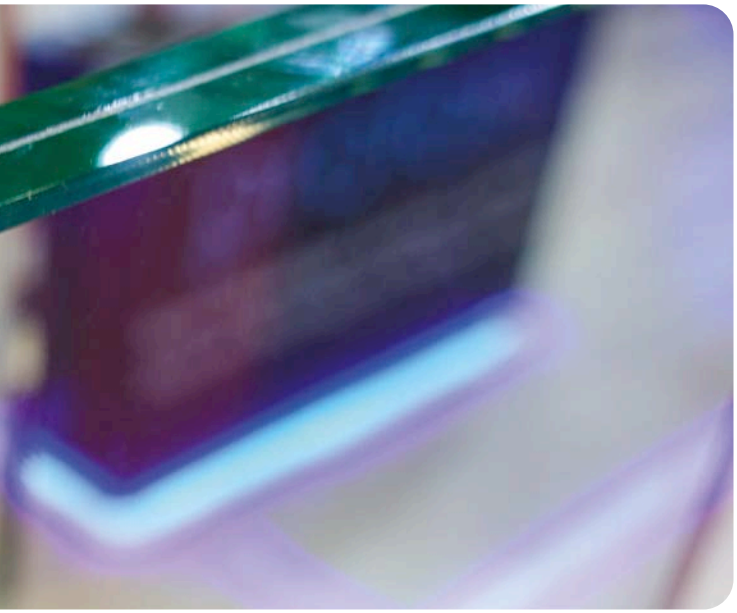
Besluit

De EET-methode lijkt op het eerste gezicht misschien ingewikkeld, maar de toepassing ervan heeft alleen maar voordelen. Zo maakt deze het mogelijk om:

- de glasdiktes aanzienlijk te verminderen op basis van nauwkeurigere berekeningen
- de betrouwbaarheid van glasproducten uit gelaagd glas te verhogen
- de uitvoering te vergemakkelijken
- te besparen op energie voor transport
- de veiligheid van de arbeiders te verbeteren.

Dit is bovendien ook een zeer gunstige factor voor de *Environmental Product Declaration* (EPD).

Buildwise zal daarom, in samenspraak met de betrokken Technische Comités, de nodige stappen ondernemen om deze methode in de Belgische specificaties op te nemen en eenvoudige, praktische dimensioneringstools ter beschikking te stellen van zijn leden.



Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Constructieve Eurocodes', gesubsidieerd door de FOD Economie.

Vacuümisolatieglas bij renovaties

Bij het vervangen van een beglazing moet er rekening gehouden worden met de bestaande raamprofielen. Zo zijn de sponningen en het hang- en sluitwerk veelal niet voorzien op dikke, zware beglazingen met verbeterde thermische prestaties. De lichtere en dunnere vacuümbeglazingen kunnen daarom een interessante optie zijn bij renovaties of restauraties.

V. Detremmerie, ir., adjunct-afdelingshoofd, afdeling 'Akoestiek, gevels en schrijnwerk', Buildwise
D. Wuyts, ir.-arch., laboratoriumhoofd, laboratorium 'Akoestiek', Buildwise

Wat is vacuümisolatieglas?

In tegenstelling tot de traditionele dubbele of drievoudige beglazingen, bevat vacuümisolatieglas of VIG (*Vacuum Insulating Glass unit*) geen gasgevulde spouw. Beide glasbladen, van elk minimaal 3 mm dik, worden op minder dan 1 mm van elkaar gescheiden door middel van **afstandshouders** (diameter van zo'n 0,5 mm). Deze afstandshouders zijn enkel vanop korte afstand zichtbaar met het blote oog (zie afbeelding 1). De ruimte tussen de glasbladen is **luchtledig** getrokken. De totale dikte van de beglazing bedraagt zo minimaal 6 à 7 mm. Verschillende glassoorten (uitgegloeid, gehard, halfgehard, gelaagd ...) kunnen op deze wijze geassembleerd worden.

Naargelang de fabrikant kunnen verschillende materialen (o.a. glas, keramiek, metaal of kunststof) gebruikt worden voor de afstandshouders, de randafdichting en eventueel het ventiel waarlangs de spouw luchtledig getrokken wordt.

De samenstelling van vacuümisolatieglas wordt als volgt genoteerd: **X()Y**, waarbij 'X' en 'Y' staan voor de dikte (in mm) van de glasbladen en '()' staat voor het vacuüm tussen beide. De notatie 4()4 duidt dus een vacuümbeglazing aan met een buiten- en binnenblad van 4 mm.

In functie van de beoogde toepassing (erfgoed, geluidwering, veiligheid ...) kan de vacuümbeglazing voorzien worden van aangepaste glastypes, coatings en lamineringen.

1 De afstandshouders in vacuümisolatieglas zijn enkel zichtbaar vanop korte afstand.



Thermische en akoestische prestaties van vacuümisolatieglas

Tabel A op de volgende pagina geeft voor een aantal traditionele en vacuümisolatieglassamenstellingen een overzicht van de prestaties op het vlak van warmtedoorgang en geluidwering, evenals van de totale dikte en glasmassa.

De luchtledige ruimte tussen beide glasbladen in vacuümisolatieglas leidt tot **hoge thermische en akoestische isolatiewaarden**. Hierdoor worden een doorgedreven verzwaring en verdikking van de beglazing overbodig. De warmtedoorgangscoëfficiënt U_g voor een standaardvacuümisolatieglas bedraagt 0,7 W/m².K, vergelijkbaar met deze van een drievoudige hoogrendementsbeglazing (typisch tussen 0,8 en 0,5 W/m².K). Voor vacuümisolatieglas wordt deze waarde bovendien ook gegarandeerd in hellende positie.

De geluidsverzwakkingsindex R_{Atr} voor vacuümisolatieglas is vergelijkbaar met deze van een enkelvoudige akoestisch gelaagde beglazing met overeenkomstige totale dikte en glasmassa. Voor eenzelfde totale dikte ligt de **geluidsisolatie van vacuümisolatieglas beduidend hoger** dan voor traditionele dubbele en drievoudige beglazingen. Voor eenzelfde totale massa liggen de akoestische prestaties van vacuümisolatieglas doorgaans enkele dB hoger dan voor traditionele dubbele en drievoudige beglazingen, met uitzondering van de zeer zware dubbele akoestische beglazingen.

Bij energetische renovaties biedt vacuümisolatieglas in ieder geval een **lichter, dunner en akoestisch performanter alternatief voor drievoudige beglazingen**.

A Richtwaarden voor de warmtedoorgang en geluidwering, evenals de theoretische totale dikte en glasmassa voor traditionele en vacuümisolatieglassamenstellingen.

Samenstelling	Warmtedoorgangs-coëfficiënt U_g [W/m².K]	Geluidsverzwakkingsindex R_{Atr} [dB]	Totale dikte [mm] (1)	Totale glasmassa [kg/m²] (2)
Mogelijk te vervangen beglazingen				
4 mm	5,8	26	4	10
4/12/4 (3)	2,9	26	20	20
Gelaagde beglazingen				
44.2A* (4)(5)	3,6	35	8	20
Dubbele hoogrendementsbeglazingen				
4/15Ar/#4 (6)(7)	1,0	26	23	20
6#/15Ar/4	1,0	30	25	25
6#/15Ar/44.2A	1,0	35	29	35
66.2A/20Ar/#44.2A	1,0	42	40	50
Drievoudige hoogrendementsbeglazingen				
4#/15Ar/4/15Ar/#4	0,6	27	42	30
6#/15Ar/4/15Ar/#4	0,6	29	44	35
6#/12Ar/4/12Ar/#44.2A	0,7	33	42	45
Vacuümisolatieglas				
4()4 (8)	0,7	30	8	20
6()4	0,7	33	10	25
6()6	0,7	34	12	30
4:6()4 (9)	0,7	37	14	35
4:6()6:4	0,7	39	20	50
Hybride vacuümisolatieglas				
6/10Ar/6()4	0,5	35	26	40

(1) Theoretisch berekende afgeronde waarde.
(2) Theoretisch berekende afgeronde waarde van de glasmassa op basis van een volumedichtheid van 2.500 kg/m³ voor glas.
(3) Gebruikte notatie: buitenste glasdikte [mm] / spouwbreedte met gasvulling [mm] / binnenste glasdikte [mm].
(4) .2A = met dubbele akoestische PVB-folie (polyvinylbutyral).
(5) * = met hardcoat pyrolytische coating.
(6) Ar = spouw met Argon gasvulling.
(7) # = met warmtereflecterende coating.
(8) () = luchtledige spouw.
(9) : = met EVA-folie (ethyleenvinylacetaat).

Bijzonderheden en aandachtspunten

De regels voor de opspanning van vacuümisolatieglas zijn gelijkaardig aan deze voor een traditionele beglazing. Naargelang het gebruikte product voor de randafdichting, kan de plaatsing van vacuümisolatieglas gebeuren in een vol kitbad met een soepele kit of met glaslatten en een soepele kitvoeg of een dichtingsprofiel. Om de vervorming van het glas door de temperatuurgradiënt op te vangen, zijn voldoende brede en soepele dichtingen noodzakelijk (minimaal 4 mm langs weerszijden). Bij beglazingen met grotere afmetingen kan het nodig zijn om dikkere glasbladen toe te passen voor een toereikende weerstand tegen de windbelastingen.

Voor bepaalde types van randafdichtingen (bv. keramische) hoeft de sponning niet geventileerd en niet gedraineerd te worden. Zoals bij iedere vervanging van de beglazing moet men tot slot opletten voor oppervlaktecondensatie op de niet-geïsoleerde buitenwanden en moeten alle ruimten voldoende geventileerd worden.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Schrijn- en glaswerk', met de financiële steun van de FOD Economie, en de Technologische Dienstverlening C-Tech, gesubsidieerd door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (Innoviris).

In-situmeting van de werkelijke thermische prestaties van bouwelementen

Er zijn een aantal technieken voor de in-situmeting van de thermische prestaties van bouwelementen: de aangepaste *blower door*-proef, infraroodthermografie, de meting van de U-waarde en de meting van de thermische prestaties van de gebouwschil. Hier volgt een kort overzicht van deze technieken.

N. Heijmans, ir., hoofdprojectleider, laboratorium 'Energiekarakteristieken', Buildwise
M. Prignon, dr. ir., projectleider, laboratorium 'Hygrothermie', Buildwise

Meting van de luchtdichtheid

De 'pressurisatieproef', beschreven in de norm NBN EN ISO 9972, is de enige luchtdichtheidsmeting die vaak uitgevoerd wordt in gebouwen. Deze methode, die doorgaans de **'*blower door*-proef'** genoemd wordt, meet de luchtdichtheid van een gebouw in zijn geheel, maar niet van specifieke bouwelementen zoals ramen, deuren of ingewerkte elektrische elementen.



1 In-situmeting van de luchtdichtheid van een raam.

Na de definitieve pressurisatieproef is het echter moeilijk om aanpassingen door te voeren aan het gebouw. Daarom kan de uitvoering van tussentijdse proeven op de bouwelementen de aannemer helpen om de **uitvoeringskwaliteit van bepaalde kritieke punten op het vlak van luchtdichtheid te beoordelen** (bv. de verbinding tussen een schrijnwerk en een wand) en om het in het bestek vereiste resultaat gemakkelijker te bereiken.

In deze context kunnen directe of indirecte methodes gebruikt worden:

- bij de **directe methode** wordt een luchtdichte omkasting gemaakt om het beproefde element af te sluiten van de rest van het gebouw. Vervolgens laat men de luchtdruk in deze omkasting toe- en afnemen met een ventilator volgens dezelfde procedure als bij de klassieke pressurisatieproef. Deze methode levert een vrij nauwkeurige meting op, maar kan alleen toegepast worden in situaties waarin de door de lucht gevolgde weg duidelijk geïdentificeerd is
- bij de **indirecte methode** worden achtereenvolgens twee klassieke pressurisatieproeven uitgevoerd. Tussen de twee proeven wordt het beproefde bouwelement afgedicht. De luchtdichtheid van het afgedichte element komt overeen met het verschil tussen de gemeten luchtdebieten. Het resultaat van deze methode is echter heel onzeker, waardoor ze alleen gebruikt kan worden om een grootteorde te bepalen.

Infraroodthermografie

In tegenstelling tot wat de naam doet vermoeden, meet infraroodthermografie ([1]) niet de temperatuur van het opper-

([1]) De techniek van de thermografie wordt beschreven in de norm NBN EN ISO 6781-1 en de bekwaamheid van de operator in de norm NBN EN ISO 6781-3.

vlak, maar wel zijn **infraroodstraling**. Deze hangt niet alleen af van de temperatuur, maar ook van andere parameters zoals:
- de emissiviteit van het oppervlak (die dan weer afhangt van de kijkhoek)
- de weerkaatsing van infraroodgolven door het materiaal (bv. glas)
- de kijkafstand
- de omgevingstemperatuur.

Als de techniek goed gebruikt wordt, kan infraroodthermografie een zeer nuttig visualisatiehulpmiddel zijn, maar de interpretatie van de warmtebeelden is vaak lastiger dan gedacht. Het grootste voordeel van deze techniek is dat ze toelaat om **onzichtbare dingen te detecteren**, zoals gebreken in de isolatie, bouwknopen en verwarmingsbuizen in de vloer of muren.

De prijzen van de materialen voor infraroodthermografie zijn aanzienlijk gedaald en er zijn nu ook camera's beschikbaar voor op de smartphone.

Meting van de U-waarde

Het meten van de U-waarde van bouwelementen ([2]) kan nuttig zijn voor de **karakterisering van specifieke wanden**, vooral die van geklasseerde gebouwen. Dit type meting wordt soms uitgevoerd om de prestaties van een beglazing te beoordelen, maar er moet opgemerkt worden dat deze nooit hetzelfde resultaat zal geven als een berekening volgens de norm NBN EN 673.

Om een U-waarde te bekomen (in $W/m^2.K$), hoef je in theorie alleen maar de warmtestroom te meten die door het element gaat (in W/m^2) en deze te delen door het temperatuurverschil tussen de twee zijden van het element (in K).

In de praktijk is het echter veel complexer, omdat dit type meting alleen onder specifieke omstandigheden uitgevoerd kan worden (zie Buildwise-artikel 2014/04.15) en meerdere dagen in beslag neemt. Voor een beglazing kan deze termijn beperkt worden tot drie nachten.

Voor deze meting zijn specifieke toestellen op de markt te verkrijgen.

Meting van de thermische prestaties van de gebouwschil

Bij deze meting, ook wel de **'*co-heating*-proef'** genoemd, wordt een gebouw verwarmd met een speciaal elektrisch systeem waarvan het verbruik (in Wh) precies gekend is. Vervolgens moet dit verbruik gedeeld worden door het verschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur (in K) en door de duur van de proef (in h) om de warmteverliescoëfficiënt (in W/K) te kennen.



2 Voorbeeld van een warmtestroommeter die gebruikt wordt om de U-waarde van een wand te meten.

In de praktijk is het evenwel complexer dan dat (zie Buildwise-artikel 2019/05.03):
- het gebouw moet leegstaan
- de meting moet in de winter uitgevoerd worden
- een klassieke *co-heating*-proef ([3]) duurt ongeveer 15 dagen. Tijdens deze periode moet getracht worden een constante temperatuur in het gebouw te bewaren
- de meettechniek vereist specifiek materiaal en een grote vakkundigheid van de operator.

Deze beperkingen zorgen ervoor dat de proef moeilijk toe te passen is en dus niet veel gebruikt wordt. Om dit te verhelpen, werden twee tegengestelde benaderingen gevolgd:
- de duur van de proef verkorten door een dynamische *co-heating*-proef uit te voeren, waarbij de binnentemperatuur volgens een vooraf gedefinieerd schema gevarieerd wordt
- de duur van de proef verlengen, maar dan in aanwezigheid van de bewoners, en de prestaties van het gebouw afleiden met behulp van complexe wiskundige algoritmes.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne 'Thermische isolatie en installaties in gebouwen', gesubsidieerd door de FOD Economie en het Bureau voor Normalisatie.

([2]) De meting van de U-waarde wordt beschreven in de norm ISO 9869-1.
([3]) De klassieke *co-heating*-proef wordt beschreven in de normen prEN 17887-1 en prEN 17887-2.

Een digitale tweeling van een gebouw: bron van mogelijkheden of puur gadget?

Smart buildings dragen bij aan de overgang naar duurzamere en leefbaardere gebouwen. Hun onderhoud vereist echter een zekere professionaliteit. Bouwbedrijven kunnen hierin een sleutelrol spelen door hun vakgebied uit te breiden naar het onderhoud en beheer van slimme gebouwen. De digitale tweeling biedt vele mogelijkheden, zolang deze gezien wordt als een hulpmiddel dat ten dienste staat van het team en niet andersom.

V. Vanwelde, ir., senior projectleider, laboratorium 'Duurzame en circulaire oplossingen', Buildwise

Wat is een digitale tweeling van een gebouw?

Een digitale tweeling, ook wel ***digital twin*** genoemd, is een uniek digitaal model van een gebouw dat heel wat informatie bevat, zoals:
- **invariabele informatie** met betrekking tot de kenmerken van het gebouw (warmteweerstand van de wanden, vermogen en rendement van de productietoestellen voor verwarming of ventilatie ...)
- **variabele informatie** die afkomstig is van verschillende sensoren (aanvoer- en retourtemperatuur van de warmteverdeelkringen, lekdetectie, CO_2-concentratie in de verschillende ruimtes ...).

Dankzij deze informatie kunnen bepaalde beheer- en onderhoudswerkzaamheden geoptimaliseerd en geautomatiseerd worden.

In Buildwise-artikel 2019/03.06 werd er dieper ingegaan op de vraag hoe BIM het beheer en het onderhoud van gebouwen kan verbeteren. Net zoals BIM maakt de digitale tweeling het mogelijk om **informatie te delen** tussen de verschillende partijen die betrokken zijn bij het beheer en gebruik van een gebouw, maar ook om de **interne processen te optimaliseren** en de **samenwerking te verbeteren**. In tegenstelling tot het BIM-model, dat handmatig bijgewerkt moet worden, integreert de digitale tweeling automatisch en in real time de uitwisseling van informatie en opdrachten tussen het fysieke gebouw en zijn virtuele kopie.

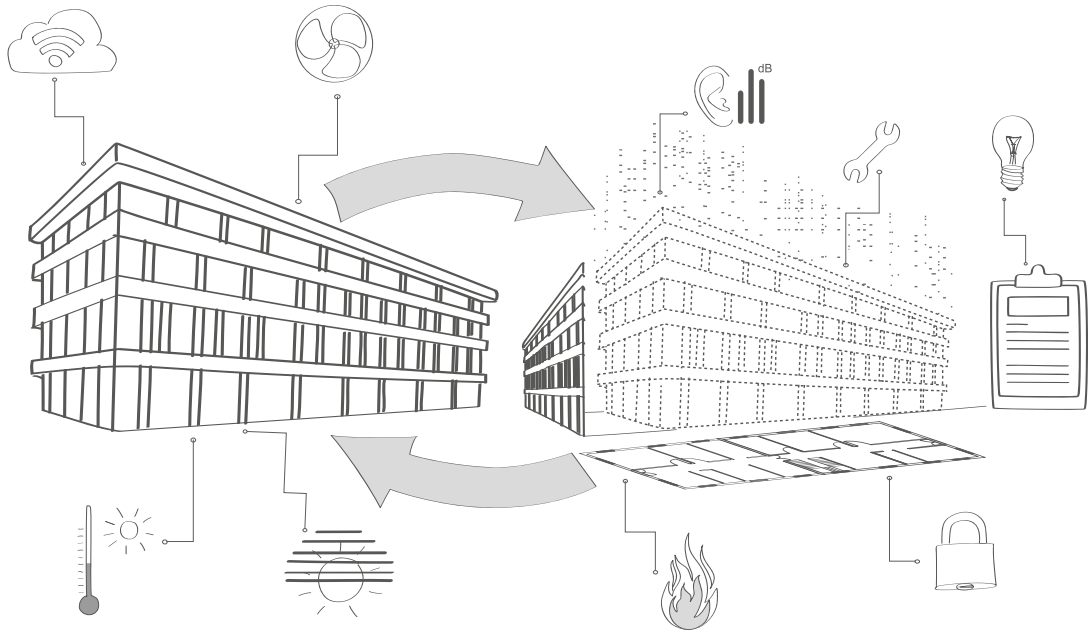
Toepassingen van een digitale tweeling

Het aantal tools met betrekking tot digitale tweelingen van gebouwen kent de laatste tijd een sterke groei. Al deze tools omvatten de **automatische update van de informatie van het fysieke gebouw naar zijn virtuele kopie**. Er zijn er echter slechts weinig die het omgekeerde bieden, namelijk de optimalisatie en automatisering van de werking van het fysieke gebouw. De meest geavanceerde oplossingen laten wel al een optimalisatie van de processen toe met behulp van artificiële intelligentie.

De mogelijke toepassingen kunnen ingedeeld worden onder vier hoofdgroepen, afhankelijk van het beoogde doelpubliek:
- de verantwoordelijken voor het onderhoud van het gebouw (*maintenance management*)
- de eigenaars en beheerders van het gebouw (*property management*)
- de verantwoordelijken voor de ondersteunende activiteiten van het gebouw (*facility management*)
- de grote vastgoedbeheerders (*asset management*).

Onderhoud van de gebouwen

Om het onderhoud van de gebouwen te vergemakkelijken, maakt een digitale tweeling het bijvoorbeeld mogelijk:
- de **gebruiksduur van bepaalde toestellen na te gaan**
- de **werking van de technische installaties te optimaliseren** en hun instellingen te wijzigen (stooklijn, ventilatiedebieten ...)
- **op de hoogte gebracht te worden van eventuele defecten** en bepaalde handelingen te sturen in afwachting van een interventie
- de ligging van ingebouwde technieken te **visualiseren in augmented reality**
- te **anticiperen op bepaalde gebeurtenissen** (predictief onderhoud)
- de **onderhoudsschema's te beheren** en onderhoudstickets aan te maken.



Beheer van de gebouwen

Om het beheer van de gebouwen te vergemakkelijken, maakt een digitale tweeling het bijvoorbeeld mogelijk:

- het **energieverbruik** van de technische installaties **te visualiseren en te optimaliseren**
- de **bestellingen en facturen** van de onderhouds- en beveiligingsbedrijven **te beheren** en deze op te volgen
- de **gegevens en de historiek** van de in het gebouw gebruikte materialen **bij te houden** (*digital building logbook*)
- de **verslagen** van de reglementaire proeven voor de veiligheidsverlichting **op te maken**.

Uitvoering van de digitale tweeling

Omdat er zoveel mogelijkheden zijn, is het essentieel om, alvorens een project met een digitale tweeling aan te vatten, een zelfanalyse van de situatie uit te voeren, de doelstellingen te definiëren en een beperkt aantal toepassingen te selecteren. Voor een efficiënte implementatie en een goed gebruik van de tool is het belangrijk om de volgende vragen te kunnen beantwoorden:

- wie zijn de belanghebbenden?
- wat zijn hun verwachtingen?
- wat is de beste manier om hieraan te voldoen?

De uitvoering van een digitale tweeling is veel gemakkelijker en dus goedkoper als er al een BIM-model van het gebouw bestaat. Bovendien is het voor de aannemer die verantwoordelijk is voor de bouw in dat geval ook gemakkelijker om met de tool aan de slag te gaan, omdat hij tijdens de bouwfase al betrokken was bij de uitwerking van het BIM-model. Het ontbreken van een dergelijk model hoeft echter geen rem te vormen op de uitvoering van een digitale tweeling. Dit geldt ook voor de installatie van sensoren in het gebouw en de integratie van gegevens in het model. Hoewel het nooit te laat is, moeten de doelstellingen en toepassingen van een digitale tweeling zo vroeg mogelijk, en in het ideale geval in de ontwerpfase al, uitgedacht en gedefinieerd worden.

Een hulpmiddel ten dienste van de teams

De digitale tweeling kan een waardevol hulpmiddel zijn, in die zin dat hij de samenwerking tussen de verschillende betrokken partijen vergemakkelijkt. Om een goede samenwerking te garanderen, moet **de gebruikte tool op een inclusieve manier gekozen worden**, dat wil zeggen rekening houdend met de diversiteit van de profielen, maar ook met de behoeften en verwachtingen van elke partij, zowel op het vlak van de functionaliteiten van de digitale tweeling, als van zijn gebruiksvriendelijkheid en ergonomie.

Het creëren van een digitale tweeling kan vrij duur zijn en ook de inspanning die nodig is om deze up-to-date te houden, mag niet onderschat worden. **Deze investering moet echter gezien worden vanuit het perspectief van de werkteams**, die er het meeste voordeel uit trekken. Als het hulpmiddel hen in staat stelt om efficiënter te werken, zal de investering die nodig is voor een gebruik op lange termijn immers des te sneller terugverdiend zijn.

Tot slot moet een digitale tweeling, om deze tot een succes te maken, gezien worden als een **hulpmiddel voor de betrokken partijen**, en niet als een bijkomende uitrusting voor het gebouw die toegevoegd moet worden aan de al lange lijst van aanwezige en te beheren technische installaties.

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Technologische dienstverlening C-Tech, gesubsidieerd door Innoviris.

Innovatieve 3D-tools om bouwdetails beter te begrijpen

Om latere bouwproblemen te voorkomen, moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de detailleringen en aansluitingen. De onlinedatabank met bouwdetails van Buildwise is een waardevolle bron aan informatie voor bouwprofessionals. De nieuwe visualisatietools helpen bovendien om deze bouwdetails beter te begrijpen.

A. Vazquez, arch., adviseur, afdeling 'Digitale bouw', Buildwise

Databank bouwdetails

De onlinedatabank van Buildwise telt meer dan 400 bouwdetails, elk met een eigen pagina met **gedetailleerde 2D-illustraties en technische informatie**. Er zijn echter bouwdetails die ingewikkelder zijn en waarbij het gebruik van enkel tekst en 2D-tekeningen niet volstaat om het concept volledig uit te leggen. Dit komt doordat 2D-tekeningen slechts gedeelten van een bouwdetail laten zien en niet het volledige beeld, wat verwarrend kan zijn of tot fouten kan leiden.

Bij ingewikkelde details worden dan ook **3D-beelden of -animaties** voorzien, zodat alle informatie duidelijk is. Het voordeel van 3D-visualisaties is dat je een nauwkeurig en realistisch beeld krijgt van een bouwdetail. Dit maakt het gemakkelijk om de verschillende onderdelen te identificeren en te begrijpen hoe een detail opgebouwd is.

Buildwise zet zich voortdurend in om je bij te staan in je dagelijkse werk. Daarom hebben we het potentieel van verschillende tools voor de visualisatie van bouwdetails onderzocht. Hierbij werden **drie innovatieve tools** geselecteerd voor toepassing in relevante bouwdetails:
- een 3D-webviewer
- animatievideo's
- een augmentedrealitytool.

1 Visualisatie van een bouwdetail in de 3D-webviewer.



Verken bouwdetails met de nieuwe 3D-webviewer

Onze website beschikt nu over een gloednieuwe 3D-webviewer die de manier waarop je bouwdetails bekijkt, zal veranderen. Deze tool geeft je een aantrekkelijke en interactieve ervaring die het **realisme van een 3D-render combineert met de gedetailleerde informatie van een 2D-tekening** (zie afbeelding 1).

Laten we het voorbeeld nemen van de aansluiting tussen een muurvoet en een deuropening, een complex bouwdetail door het aantal elementen en verbindingen, waarbij onder meer aandacht besteed moet worden aan de continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid.

Met de 3D-webviewer kan je gemakkelijk het bouwdetail kantelen en ronddraaien om het vanuit verschillende standpunten te bestuderen. Je kan uitzoomen om het hele bouwdetail te bekijken of inzoomen om te zien hoe kleine elementen zoals membranen aangebracht zijn.

2 Visualisatie van een 3D-bouwdetail in de augmentedrealityviewer.



Maar om een bouwdetail echt te begrijpen, is er meer nodig dan enkel de visualisatie van de afzonderlijke onderdelen. Met behulp van de **faseringsfunctie** kan je de uitvoering van elk element stap voor stap bekijken, vanaf de fundering tot en met de binnenafwerking. Bij elke stap staat bovendien een legende van de bouwelementen.

Zie bouwdetails tot leven komen in geanimeerde video's

Je hebt ze misschien al gezien: de bouwdetailvideo's op onze website of sociale media. Deze zeer gedetailleerde animaties hebben een enthousiaste feedback gekregen van de sector omdat ze een **volledige weergave van de uitvoering** bieden. Zo laten deze video's toe om elke stap van het proces te volgen. Om een groter volume aan video's te kunnen produceren, heeft Buildwise gezocht naar manieren om het proces te stroomlijnen.

Inspecteer een bouwdetail in jouw omgeving

Stel je voor dat je een bouwdetail op ware grootte kunt zien in zijn ware omgeving. Dankzij **augmented reality** is dat nu mogelijk. Het enige wat je nodig hebt, is je smartphone of tablet. Doordat de meeste moderne smartphones deze functie ondersteunen, ligt deze eenvoudige en toegankelijke technologie binnen het bereik van heel wat bouwprofessionals.

Met behulp van een augmentedrealitytool op jouw smartphone kan je een 3D-bouwdetail als het ware over de realiteit leggen en verkennen alsof het recht voor je neus staat (zie afbeelding 2). Je kan dan verder interageren met specifieke delen van het bouwdetail door extra informatie te bekijken of door de gewenste objecten te filteren.

Veel toekomstige mogelijkheden

Momenteel concentreert Buildwise zich op de evaluatie van de drie nieuwe visualisatietools. Er werden echter ook **meer geavanceerde toepassingen van 3D-bouwdetails** onderzocht, zoals de integratie van verschillende soorten metadata in BIM-modellen, de automatisatie van taken en het gebruik van virtual reality voor educatieve doelstellingen. Dit zijn slechts enkele van de vele beloftevolle mogelijkheden voor de toekomst.

Ervaar het zelf en deel jouw mening!

Ben je geïnteresseerd om deze tools te ontdekken? Scan de QR-code en probeer ze zelf uit. We waarderen jouw mening en zouden het ten zeerste op prijs stellen als je even de tijd neemt om ons **feedbackformulier** in te vullen. Laat ons weten wat je ervan vindt en welke details of functionaliteiten je in de toekomst verwezenlijkt zou willen zien. Jouw input is cruciaal om ons te helpen betere tools te creëren die voldoen aan de behoeften van de bouwsector.

Welke brandreactie-eisen voor spouwmuurisolatie bij lage gebouwen?

In de herziening van het Koninklijk Besluit 'Basisnormen' van juli 2022 worden twee verschillende brandreactie-eisen voor de gevelonderdelen opgelegd. Deze moeten beide nageleefd worden en zullen een invloed hebben op de gevelisolatiekeuze. Wat de thermische isolatie van traditionele spouwmuren bij lage gebouwen betreft, kunnen we besluiten dat alle isolatiematerialen met een brandreactieklasse E of beter toegepast kunnen worden, voor zover het gevelmetselwerk gesloten voegen heeft en minstens 65 mm dik is.

J. Goovaerts, ing., hoofdadviseur, afdeling 'Technisch advies en consultancy', Buildwise

Brandreactie-eisen voor gevels van lage gebouwen

De brandreactie-eisen voor gevelonderdelen zijn opgenomen in bijlage 5/1 van het Koninklijk Besluit 'Basisnormen'. Bij de herziening van dit Besluit in juli 2022 werden deze eisen uitgebreid en verstrengd. Ze worden nader toegelicht in Buildwise-artikel 2020/03.04 en in § 5 van Innovation Paper 37. De eisen voor lage gebouwen zijn opgenomen in tabel A en kunnen als volgt samengevat worden:

- een minimale brandreactieklasse voor de **gevelbekleding in haar uiteindelijke toepassingsvoorwaarden**: het buitenspouwblad én de spouwisolatie moeten als één geheel aan de opgelegde brandreactieklasse voldoen
- een minimale brandreactieklasse voor de **wezenlijke gevelonderdelen**: deze eis geldt voor de afzonderlijke onderdelen en is dus van toepassing op de isolatie op zich. Het metselwerk moet niet aan deze brandreactie-eis beantwoorden.

We willen erop wijzen dat deze beide eisen nageleefd moeten worden.

A De twee brandreactie-eisen voor spouwmuren van lage gebouwen.

Onderdeel	Type gebruikers	
	Niet zelfredzaam (type 1, bv. ziekenhuis)	Zelfredzaam en slapend (type 2; bv. appartementsgebouw) of zelfredzaam en wakend (type 3; bv. kantoorgebouw)
Gevelbekleding in haar uiteindelijke toepassingsvoorwaarden (het gevelmetselwerk en de spouwisolatie als één geheel beoordeeld)	C-s3, d1	D-s3, d1
Wezenlijke gevelonderdelen (de spouwisolatie op zich beoordeeld)	E	E

Mogelijkheden om aan de twee brandreactie-eisen te kunnen voldoen

Als er een **geslaagde grootschalige brandproef** uitgevoerd werd, voldoet de beproefde configuratie zonder meer aan de twee brandreactie-eisen (zie § 6.2 van bijlage 5/1 van het Koninklijk Besluit 'Basisnormen'). Doorgaans is dit echter niet het geval en zal men zich moeten beroepen op onderstaande mogelijkheden.

Gevelbekleding in haar uiteindelijke toepassingsvoorwaarden

Er zijn in principe drie verschillende mogelijkheden om aan de brandreactie-eis voor de gevelbekleding in haar uiteindelijke toepassingsvoorwaarden te voldoen:

- de minimale brandreactieklasse C-s3, d1 of D-s3, d1 van het geheel buitenspouwblad-isolatie volgens de norm NBN EN 13501-1 wordt **door de fabrikant aangetoond met een brandproef**. De spouwmuur moet dan ontworpen en uitgevoerd worden volgens de specifieke voorwaarden uit het proef- en classificatierapport dat bij de fabrikant opgevraagd kan worden
- men voorziet een **buitenspouwblad met een brandweerstand EI 15**. In dat geval mag men ervan uitgaan dat het gevelmetselwerk de isolatie voldoende beschermt, waardoor de minimale brandreactie-eis C-s3, d1 of D-s3, d1 enkel van toepassing is op het buitenspouwblad. Aangezien baksteenmetselwerk volgens de Beschikking 96/603/EG als onbrandbaar beschouwd kan worden, wordt de brandreactie-eis automatisch gerespecteerd. Hierbij merken we op dat gevelmetselwerk met gesloten voegen en een minimale dikte van 65 mm volgens recente proeven over een brandweerstand EI 15 beschikt. Voor bijvoorbeeld gelijmd gevelmetselwerk met open stootvoegen breder dan 2 mm is deze eigenschap niet gegarandeerd zonder dat men over een specifiek proef- en classificatierapport beschikt
- men maakt gebruik van tabel C uit Buildwise-artikel 2020/03.04, die goedgekeurd werd door de Hoge Raad voor beveiliging tegen Brand en Ontploffing. De brandreactie-eis wordt gerespecteerd als **de thermische isolatie op zich minstens voldoet aan de klasse C-s3, d1 of D-s3, d1 én als de gevelbekleding onbrandbaar is** (minstens klasse A2-s3, d0). Zoals reeds aangegeven, kan baksteenmetselwerk als onbrandbaar beschouwd worden.

Wezenlijke gevelonderdelen

Om aan de minimale brandreactieklasse E voor de thermische isolatie op zich te beantwoorden, moet de brandreactieklasse van de isolatie volgens de norm NBN EN 13501-1 **aangetoond worden door een brandproef en meegedeeld worden door de isolatiefabrikant**.

Als de isolatie over haar volledige omtrek afgeschermd wordt door materialen met een **brandweerstand EI 15 of een brandbeschermingsvermogen $K_2$10**, vervalt deze brandreactie-eis.

Welke spouwisolatie kan men in de praktijk toepassen?

In tabellen B en C wordt verduidelijkt welke isolatie in de praktijk toegepast kan worden bij traditionele spouwmuren van lage gebouwen om aan beide eisen te voldoen in functie van de brandreactieklasse van de isolatie en het type gevelmetselwerk.

B Situatie voor gevelmetselwerk met een brandweerstand EI 15 (bv. gevelmetselwerk met gesloten voegen en een minimale dikte van 65 mm).

Brandreactieklasse van de spouwisolatie op zich	Wordt aan beide brandreactie-eisen voldaan?
A-E	Ja
F	Nee, tenzij de isolatie over haar volledige omtrek afgeschermd is door EI 15- of $K_2$10-elementen

C Situatie voor gevelmetselwerk waarvan de brandweerstand EI 15 niet aangetoond is (bv. gelijmd gevelmetselwerk met open stootvoegen breder dan 2 mm dat niet over een specifiek proef- en classificatierapport beschikt).

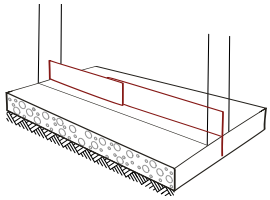
Brandreactieklasse van de spouwisolatie op zich	Wordt aan beide brandreactie-eisen voldaan?
A-C	Ja
D	• Ja, voor een gebouw met gebruikers van het type 2 of 3 • Nee, voor een gebouw met gebruikers van het type 1, tenzij de minimale brandreactieklasse C-s3, d1 van het geheel buitenspouwblad-isolatie aangetoond is door de fabrikant
E	Nee, tenzij de minimale brandreactieklasse C-s3, d1 of D-s3, d1 van het geheel buitenspouwblad-isolatie aangetoond is door de fabrikant
F	Nee

FAQ

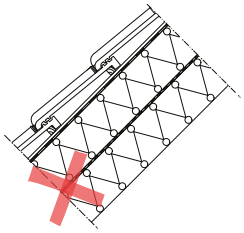
Ontdek hier de belangrijkste vragen en antwoorden over de gebouwschil.

Moeten de **stalen kimplaten** tussen een betonnen vloerplaat en kelderwand **gelast worden**?

Niet per se. De continuïteit van de staalplaten kan gewaarborgd worden door lassen, mechanische bevestiging, verlijming of overlapping. Het lassen van de staalplaten biedt echter de meeste zekerheid.



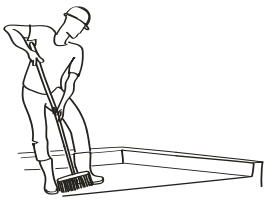
Mag een **dampscherm** in een hellend dak **ingesloten worden door twee thermische-isolatielagen**?



In principe niet. De dampdichte lagen van een hellend dak moeten zich langs de warme zijde van de isolatie bevinden. Wanneer de warmteweerstand van de bovenste isolatielaag groter is dan die van de onderste laag, mag er echter afgeweken worden van deze regel. De verhouding tussen de twee warmteweerstanden moet dan minstens 1,5 bedragen.

Is het **onderhoud van een plat dak** noodzakelijk?

Ja. Elk dak moet regelmatig onderhouden worden op initiatief van de eigenaar. In principe gebeurt dit tweemaal per jaar: na de winter en na het vallen van de bladeren. Dit onderhoud omvat onder meer het verwijderen van dode bladeren, afval en plantengroei, alsook een algemene inspectie en eventuele herstelling van de dakafdichting en haar aansluitingen.



Lees er meer over en ontdek soortgelijke FAQ's voor jouw vakgebied.

Nieuws van onze partners

Embuild is een beroepsvereniging voor aannemers en een bevoorrecht partner van Buildwise die heel wat bijkomende diensten aanbiedt. Hieronder vind je een kort overzicht.



Focus

op het gebruik van 360°-camera's op de werf.

Een goedkope en gebruiksvriendelijke technologie voor de opvolging en inspectie van je werven



Het bouwbedrijf TST BAT is een familiebedrijf uit Brussel dat zo'n 25 werknemers telt en gespecialiseerd is in renovatiewerken. Sinds kort heeft dit bedrijf de sprong gewaagd om **nieuwe technologieën aan te wenden voor de opvolging van zijn werven**. Olivier Van Landeghem, Project Manager, getuigt over het gebruik van 360°-camera's op de werf:

"De technologie van 360°-camera's biedt alleen maar voordelen. Ze is **goedkoop** en **gebruiksvriendelijk**: je hoeft enkel een camera op een helm te installeren en over de werf te wandelen. Via een knop op jouw smartphone download je automatisch de foto's op een platform. Deze kan je dan raadplegen terwijl je op de werf rondloopt. Deze technologie levert ook een grote **tijdwinst** op. Zo kunnen we bepaalde elementen inspecteren zonder terug te hoeven keren naar de werf. Bovendien **verbetert ze ook de coördinatie** met onze onderaannemers en de uitwisselingen met architecten of klanten. Ik raad alle aannemers dan ook aan om deze tool te gebruiken op hun werven."

Wil je met je eigen ogen zien hoe deze technologie werkt?
Scan de QR-code om de video te bekijken.

Ervaar het zelf!

Wens je, net zoals het bouwbedrijf TST BAT, jouw werking op of naast de werf te optimaliseren? Neem dan contact op met één van onze experts via de invulformulieren op de 'Discover & test'-pagina van onze website. In onze Experience Centers in Zaventem en Limelette kan je heel wat technologieën ontdekken en uittesten. Het kost je niets en kan je veel opbrengen!

Focus

op de campagne voor dakdekkers en dichtingswerkers.



Aannemers, Buildwise is er voor jullie!

Zoals eerder aangekondigd in dit magazine heeft Buildwise een communicatiecampagne gelanceerd voor de **dakdekkers en dichtingswerkers**. Deze campagne heeft tot doel om de **zichtbaarheid van onze diensten te vergroten** die van pas kunnen komen bij jouw activiteiten, maar ook om de **informatie die we ter beschikking stellen meer te personaliseren**. Meer relevantie betekent immers ook meer impact op je dagelijks leven.

Dankzij jullie ervaringen uit het werkveld hebben we een digitale gids opgesteld met de **belangrijkste vochtproblemen waarmee jullie dagelijks geconfronteerd worden**, gaande van infiltraties tot condensatie. In deze gids reiken we tal van oplossingen en nuttige informatiebronnen aan.

Buildwise Zaventem
Maatschappelijke zetel en kantoren
Kleine Kloosterstraat 23
B-1932 Zaventem
Tel. 02/716 42 11
E-mail: info@buildwise.be
Website: buildwise.be
- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

Buildwise Limelette
Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 Limelette
Tel. 02/655 77 11
- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

Buildwise Brussels
Dieudonné Lefèvrestraat 17
B-1020 Brussel
Tel. 02/233 81 00

Colofon

Een uitgave van Buildwise (voordien Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf), inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947.

Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren, Buildwise, Kleine Kloosterstraat 23, B-1932 Zaventem

Dit is een tijdschrift van algemeen informatieve aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van dit tijdschrift is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Taalkundige herziening: J. Beauclercq en M. Kegelaers
Vertaling: J. Beauclercq
Lay-out: J. Beauclercq en J. D'Heygere
Illustraties: G. Depret en R. Hermans
Foto's Buildwise: D. Rousseau, M. Sohie et al.

Ook geïnteresseerd in de edities ‘Afwerkingen’ of ‘Technische installaties’?



Editie ‘Afwerkingen’

Verschijnt in juni en december en wordt exclusief verstuurd naar:

- parketleggers en tegelzetters
- natuursteenbedrijven
- schilders en plaatsers van soepele vloerbekledingen
- plafonneerders en stukadoors

Ook de algemene aannemers en schrijnwerkers ontvangen deze editie.



Editie ‘Technische installaties’

Verschijnt in augustus en wordt exclusief verstuurd naar:

- installateurs van verwarming, klimaatregeling en ventilatie
- installateurs van sanitair

Ook de algemene aannemers ontvangen deze editie.

Buildwise

Wil je ook andere edities ontvangen? Dat kan! Scan deze QR-code en vul het onlineformulier in. Ook inschrijven op onze digitale nieuwsbrief kan via deze QR-code.

buildwise.be