



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2017/4

**Opstijgend
grondvocht**
p6-7

**Gips-
uitbloeiingen**
p16-17

**Antikalk-
behandelingen**
p26-27

**Beheer van de
bestellingen
en de stock**
p34



Inhoud 2017/4

Digital Construction Brussels:

een geslaagde eerste editie! 3



Thermische **geostructuren** 4



Vergelijking van **behandelingen**
tegen **opstijgend grondvocht** 6



Sarkingdaken: aanpak van de dakvoeten bij renovatie 8



Platte daken met dakvloeren uit **TT-elementen** 10



Verbinding tussen een **bakstenen gevel**
en een **houten skelet** 12



Dimensionering van **glazen binnenwanden** 14



Versijning van late **gipsuitbloeiingen**
op **baksteenmetselwerk** 16

In de kijker + FAQ 18



Opmeten van **muur- en vloerbekledingen**
volgens de norm **NBN B 06-001** 20



Calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren:
de dekvloeren van de toekomst? 22



Toepassing van **verf** op **betonnen ondergronden** 24



Beoordeling van de prestaties
van **antikalkbehandelingen** 26



Het **thermische comfort** in de zomer handhaven 28



Akoestische renovatie van **houten vloeren** 30



Welke **classificatie(s)** voor **BIM?** 32



Naar een beter **beheer** van
de bestellingen en de stock 34

Digital Construction Brussels:

een geslaagde eerste editie!

Op 11 en 12 oktober jongstleden vond in de Wild Gallery te Vorst **het allereerste sectorale salon plaats dat volledig in het teken stond van de digitalisering** in de breedste zin van het woord. Het WTCB en de Confederatie Bouw hebben voor deze eerste editie, die voorbehouden was voor de bouwprofessionelen, alles uit de kast gehaald om een brede waaier aan digitale oplossingen voor te stellen die de dagelijkse opdrachten van de bouwbedrijven kunnen vergemakkelijken.

En dat dit evenement een daverend succes was, mag blijken uit de volgende cijfers: meer dan **1.500 bezoekers en 60 presentaties** over de meest uiteenlopende onderwerpen, zoals BIM, drones, 3D-printing, 3D-scanning, planning- en kostprijs-berekeningstools en e-facturatie.

De talrijke exposanten (een zestigtal) waren opgetogen over de gezellige sfeer, het kader en de kwaliteit van de contacten die ze tijdens deze beurs hebben kunnen leggen.

In zijn persconferentie heeft R. De Mûelenaere, gedelegeerd bestuurder van de Confederatie Bouw, aangetoond dat het zeer conservatieve beeld van de bouwsector voortaan tot het verleden behoort. O. Vandooren, adjunct-directeur-generaal van het WTCB, deed hier nog een schepje bovenop: “De technologieën die aan de grondslag liggen van de 4^e industriële revolutie bieden de bouwsector tal van **glodnieuwe perspectieven** voor de industrialisatie en de optimalisatie van het bouwproces.” De digitale tools die ons vandaag de dag ter beschikking staan, maken het immers mogelijk om **beter te communiceren en efficiënter samen te werken**, wat de bouwbedrijven dan weer in staat stelt om zich volledig op hun basisactiviteiten te concentreren en zo veel mogelijk aan de behoeften van hun klanten te beantwoorden. Hoewel er uiteraard nog een lange weg afgelegd moet worden, zijn we er zeker van dat het enthousiasme van de deelnemers geleidelijk aan ook de overige bouwactoren zal aansteken. We rekenen er dus op dat de volgende editie meer dan dubbel zoveel bezoekers zal lokken!



Thermische geostructuren of *energy geostructures* zijn funderingselementen waarin bodemwarmtewisselaars geïntegreerd worden. Ze kunnen een relatief goedkope oplossing bieden als geothermische bron. Bovendien bevinden deze geostructuren zich meestal onder het gebouw, waardoor ze ook mogelijkheden scheppen op plaatsen waar diepe verticale boringen moeilijk of niet uitvoerbaar zijn (door beperkte toegankelijkheid of boorbeperkingen). In dit artikel gaan we dieper in op deze systemen, de uitdagingen die ze met zich meebrengen en de aandachtspunten die bij de uitvoering in acht genomen moeten worden.

Thermische geostructuren

Funderingselementen als thermische bron

Het principe van de thermische geostructuren is vergelijkbaar met dat van de klassieke systemen waarbij U-vormige bodemwarmtewisselaars in 100 à 150 m diepe verticale boringen geïnstalleerd worden (zie TV 259). De diepte waarop de geostructuren zich bevinden, is doorgaans echter beperkt tot maximaal 15 m (in bepaalde gevallen tot meer dan 30 m). De bodemtemperatuur wordt tot op 10 à 15 m diepte beïnvloed door seizoenschommelingen, al vermindert deze invloed sterk vanaf een diepte van ongeveer 6 à 7 m.

Enkele voorbeelden van geostructuren die als thermische bron aangewend kunnen worden, zijn: funderingspalen, micropalen, grondkeringen, funderingsplaten, grondankers en tunnels.

Hoewel energiepalen de voorbije jaren in België in verscheidene projecten met succes toegepast werden, bleef een echte doorbraak uit en dit, ondanks het feit dat de thermische capaciteit van de energiepalen in de meeste gevallen volstond om aan de warmtebehoefte en deels aan de koelbehoefte van het bovenliggende gebouw te voldoen. De haalbaarheid van deze techniek verschilt naargelang van het project en is onder meer afhankelijk van de verhouding van de beschikbare paallengte (of muuropervlakte in het geval van grondkeringen) tot de energiebehoefte van het gebouw.



1 | In een wapeningskooi bevestigde warmtewisselaar met voorgevormde U-lus.

Verder dient men de nodige aandacht te besteden aan het energetische ontwerp van de geostructuren. In tegenstelling tot bij een klassiek boorveld, waarbij het aantal en de diepte van de boringen bepaald worden op basis van de energiebehoefte van het gebouw, liggen het aantal en de afmetingen van de ondergrondse elementen bij geostructuren meestal vast. Dit betekent dat men op basis van deze randvoorwaarden dient in te schatten hoeveel thermische energie er met de bodem uitgewisseld kan worden. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn om bijkomende verticale boringen uit te voeren of een alternatieve energiebron te zoeken.

Onderzoek

Om meer inzicht te verwerven in het algemene gedrag van thermische geostructuren volgde het WTCB tijdens

het VLAIO VIS-traject Smart Geotherm enkele praktijkcases (energiepalen, thermisch geactiveerde funderingsplaat) op de voet op. Hieruit is gebleken dat geostructuren veel potentieel te bieden hebben als geothermische bron, maar dat er wel bijzondere aandacht besteed dient te worden aan de minder diep gelegen geostructuren (bv. een funderingsplaat onder het kelderniveau). De temperatuur van de ondiepe ondergrond stijgt in de zomer immers op natuurlijke wijze, wat een negatief effect heeft op het koelvermogen.

Er werd eveneens een uitgebreid proefproject omtrent energiepalen opgezet. De bedoeling hiervan was om het thermomechanische gedrag van een aantal in België courant toegepaste paaltypes te onderzoeken. Door een funderingselement op te warmen of af te koelen zal het immers de neiging



Thermische geostructuren kunnen een relatief goedkope oplossing bieden als geothermische bron.

hebben om uit te zetten of te krimpen. Deze beweging wordt echter (deels) verhinderd door de omliggende grond en de bovenstructuur, wat tot bijkomende thermische spanningen leidt. Uit het proefproject bleek dat:

- de thermisch geïnduceerde betonspanningen binnen toelaatbare grenzen bleven
- de opgelegde temperatuurvariaties geen noemenswaardig effect hadden op het algemene draagvermogen van de palen. Er vindt echter wel een (relatief complexe) herverdeling van de krachtsoverdracht naar de grond plaats
- de tijdens de proeven waargenomen kopverplaatsingen voor de meest extreme thermische belastingen beperkt bleven tot maximaal ± 3 mm ten opzichte van de evenwichtstoestand. In de praktijk zullen deze verplaatsingen evenwel veel kleiner zijn door inklemming in de bovenstructuur.

Uitdagingen en aandachtspunten bij de uitvoering

Hoewel de resultaten bemoedigend zijn, bestaan er nog vele uitdagingen op het vlak van het energetische en geotechnische ontwerp van geostructuren. Het is namelijk zo dat er momenteel enkel voor energiepalen ontwerpsoftware en -software bestaan. Dit impliceert dat er voor andere types van thermische geostructuren aannames gemaakt moeten worden hieromtrent of dat er een beroep gedaan moet worden op meer complexe ontwerpsoftware.

Over het algemeen gelden voor het ontwerp en de uitvoering van thermische geostructuren dezelfde aanbevelingen als voor U-vormige bodemwarmtewisselaars in verticale boringen (zie [TV 259](#)). Voor de integratie van de warmtewisselaars in de geostructuur dient er niettemin rekening gehouden te worden met een aantal specifieke aandachtspunten.

Zo heeft men vaak te maken met relatief korte leidinglengtes per element, wat niet alleen een aangepaste hydraulische aansluitingswijze vereist, maar ook bijzondere aandacht voor de ontluchting van het systeem.

In vele gevallen worden de warmtewisselaars vastgemaakt aan de wapeningskooi (zie afbeelding 1). Dit kan zowel vooraf gebeuren als tijdens het inbrengen van de wapeningskooi. De leidingen dienen op regelmatige afstanden bevestigd te worden, zodat de gewenste positie tijdens het betonnerproces verzekerd blijft. Voor horizontaal geplaatste leidingen (bv. onder een funderingsplaat of vóór het collectornet) dient men de nodige voorzorgsmaatregelen te treffen om te vermijden dat de leidingen beschadigd zouden raken (bv. plaatsing in een zandbed, zie afbeelding 2). Verder is het aangeraden om op regelmatige basis en na elke risicovolle activiteit de lektheid van de leidingen na te gaan.

Tot slot dient er bijzondere aandacht besteed te worden aan de aansluitingen van de geostructuur op de bovenstructuur. Zo moeten de eventueel verwachte bewegingen door de leidingen opgenomen kunnen worden en moeten de leidingdoorvoeren waterdicht afgewerkt worden.



ACO Bouwteam

G. Van Lysebetten, ir., projectleider, laboratorium Geotechniek en monitoring, WTCB
N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling Geotechniek, WTCB

Handboek

Voor meer informatie omtrent het ontwerp en de uitvoering van thermische geostructuren verwijzen we naar het **Smart Geotherm-handboek 'Thermische geostructuren'** dat opgesteld werd op basis van ervaringen uit praktijkcases, proef- en monitoringcampagnes en richtlijnen uit het buitenland.

2 | In een zandbed onder de funderingsplaat geplaatste warmtewisselaars.

Teneinde de doeltreffendheid van enkele courant gebruikte behandelingen tegen opstijgend grondvocht te evalueren (zie ook TV 252), heeft het WTCB, in het kader van het EMERISDA-project (*Effectiveness of Methods against Rising Damp*) dat gevoerd werd in samenwerking met een aantal Nederlandse en Italiaanse instituten, diverse technieken met elkaar vergeleken. Hiertoe werden verschillende historische gebouwen, gekarakteriseerd door dikke muren, soms moeilijke drogingsomstandigheden en/of hoge zoutgehaltes in werfomstandigheden bestudeerd. Dit artikel bespreekt de onderzoeksresultaten voor de injectietechnieken en de elektromagnetische methoden.

Vergelijking van behandelingen tegen opstijgend grondvocht

Gelet op het feit dat de continue vochttoevoer die teweeggebracht wordt door opstijgend grondvocht, gecombineerd met bijvoorbeeld vorst-dooicycli of zoutkristallisatie schade toebrengt aan metselwerk, hout, metalen en afwerkingsmaterialen, vormt dit fenomeen een bedreiging voor het historische erfgoed en bij uitbreiding voor alle oude gebouwen. Door zijn invloed op het binnenklimaat en het hieruit voortvloeiende risico op schimmelvorming kan opstijgend grondvocht eveneens schadelijk zijn voor de gezondheid van de gebruikers. Ook wanneer men een gebouw energetisch wil renoveren, moet opstijgend grondvocht absoluut

behandeld worden. Door het isoleren of luchtdicht maken van een vochtig gebouw kan de situatie immers nog verergeren. Bovendien doet de aanwezigheid van vocht de thermische weerstand van de bouwmaterialen dalen en vergt de constante nood aan droging ervan kostbare energie. Het wegnemen van vochtbronnen is bij energiebesparende renovaties daarom een absolute prioriteit.

Proefprogramma en resultaten

Het proefprogramma bestond erin om op een aantal gebouwen in België, Neder-

land en Italië de hierboven vermelde technieken tegen opstijgend grondvocht toe te passen. Na de behandeling werd de evolutie van de vochtsituatie bestudeerd door regelmatig een profiel van het totale vochtgehalte en van het hygroscopische gedrag van het metselwerk op te stellen.

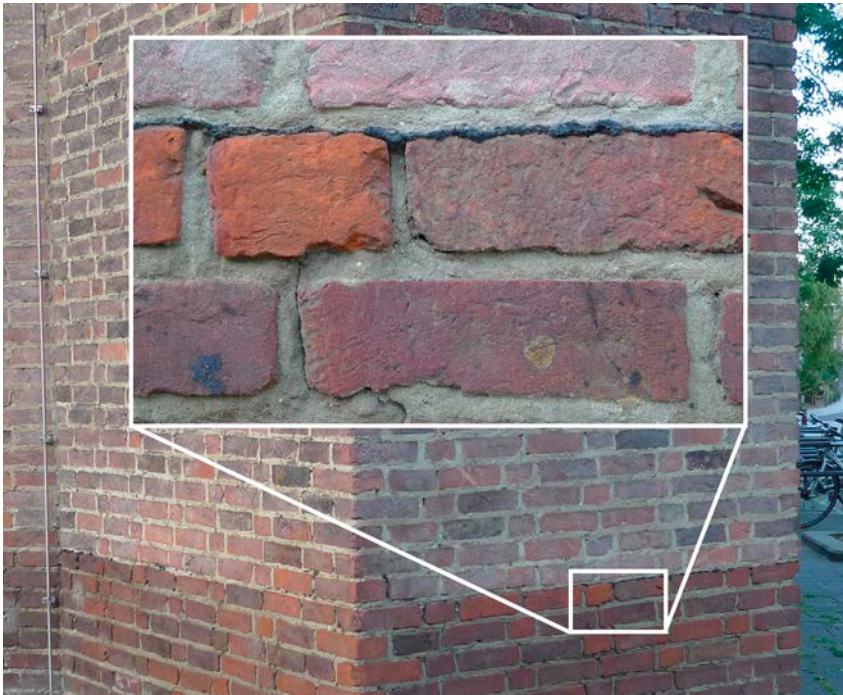
Voor de **injectietechnieken** (zie afbeelding 1), die in België heel courant zijn maar bijvoorbeeld veel minder frequent toegepast worden in Nederland, werden de volgende productcategorieën uit de siliconenfamilie beproefd:

- een emulsie in water van silaan/siloxaan, 10 % concentratie
- een oplossing in organisch solvent van siloxaan, 10 % concentratie
- een injectiecrème van silaan/siloxaan, 65 % concentratie
- een injectiecrème van silaan, 80 % concentratie.

We willen benadrukken dat niet alle injectieproducten op basis van silaan en/of siloxaan sowieso doeltreffend zullen zijn. De efficiëntie hangt immers grotendeels af van de specifieke formulering van het product (wat bijvoorbeeld een invloed heeft op de migratie ervan) en van de scheikundige samenstelling van het actieve bestanddeel. Er dient ook opgemerkt te worden dat een aantal productcategorieën waarvan geweten is dat de doeltreffendheid erg wisselvallig tot slecht is, niet beproefd werden (zie TV 252).



1 | Uitvoering van een injectiebehandeling tegen opstijgend grondvocht.



2 | Vroeger bracht men soms een teerlaag aan als oplossing tegen opstijgend grondvocht.

Na de injectie kon er een gestage afname van het vochtgehalte in het metselwerk vastgesteld worden.

Wel kan gezegd worden dat de onderzoeksresultaten de beschikbare ervaringsgegevens omtrent de injectietechnieken onderschrijven. Zo kon er na de injectie van voormelde producttypes inderdaad een gestage afname van het vochtgehalte in het metselwerk vastgesteld worden.

Dit neemt niet weg dat een injectie met producten uit de siliconenfamilie in bepaalde gevallen toch ondoeltreffend kan zijn. Dit is dan vaak te wijten aan de aanwezigheid van aanzienlijke hoeveelheden organisch materiaal in de stelmortel, wat op zijn beurt toegeschreven zou kunnen worden aan de aanwezigheid van bitumineuze materialen, die in het verleden in allerlei vormen als waterdichting toegepast werden (zie afbeelding 2). Zo konden ze

als emulsie in de stelmortel gemengd worden om de waterdichtheid ervan te verbeteren. Dergelijke mortels hebben een donker tot soms zelfs zwart uitzicht en een eerder kleverige consistentie. Ondanks het feit dat ze wel degelijk een zekere bescherming tegen opstijgend grondvocht bieden, toont de praktijk aan dat ze niet als echt waterwerend beschouwd kunnen worden. Uit het onderzoek is niettemin gebleken dat dergelijke mortels wel succesvol behandeld kunnen worden door ze te injecteren met gefluoreerde copolymeren. Dergelijke substanties worden momenteel niet als injectieproduct gecommercialiseerd, maar zijn wel terug te vinden als beschermingsmiddel tegen graffiti. Mits een goede concentratie (rond 10 %) en een correcte uitvoering, die compleet analoog is aan deze van de 'klassieke'

siliconenproducten, kan er ook voor deze bijzondere gevallen een efficiënte vochtkering bekomen worden.

Wat de **elektromagnetische methoden** betreft, zijn de resultaten minder eenduidig. Aangezien deze methoden zeer weinig voorbereidingswerk vergen en nagenoeg geen schade aan het gebouw tot gevolg hebben, bieden ze tal van voordelen. Desondanks is uit de proefnemingen in België en Nederland gebleken dat deze methoden de verwachtingen niet inlossen, in het bijzonder wanneer we hun doeltreffendheid vergelijken met die van de behandelingen door injectie.

Besluit

Deze studie liet toe om op een grondige en systematische wijze de beschikbare ervaringsgegevens te toetsen. De onderzoeksresultaten bevestigen de doeltreffendheid van de injectietechnieken die in België frequent toegepast worden, op voorwaarde dat men opteert voor een goed product en dit correct uitvoert. Voor een uitvoerige beschrijving van de technieken, de producten en de uitvoeringsparameters verwijzen we naar de TV 252.

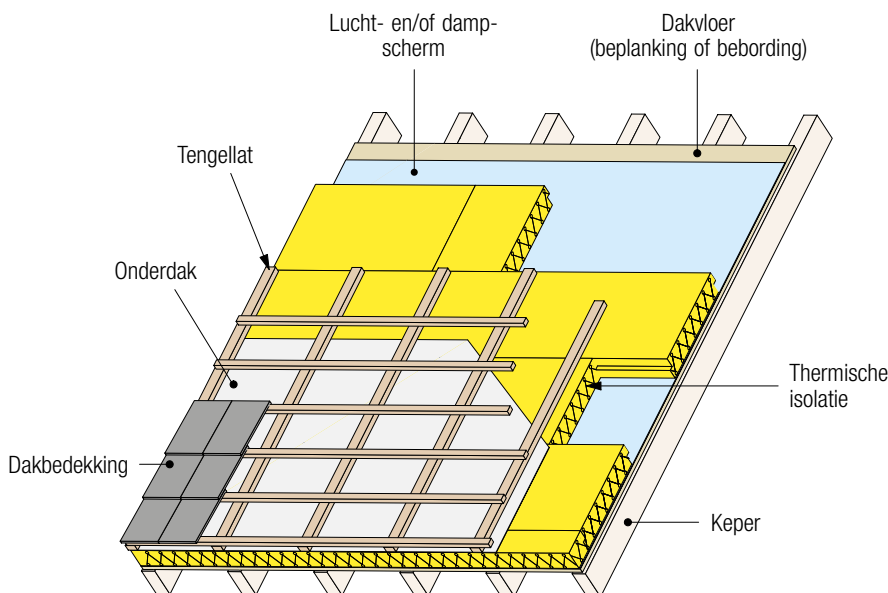
De elektromagnetische methoden blijken dan weer geen waardig alternatief te zijn voor hun efficiëntere tegenhangers, zoals injecties of de plaatsing van een fysieke vochtbarrière (ook wel bekend als 'onderkappen' of 'onderzagen').

Tot slot willen we benadrukken dat interventies tegen opstijgend grondvocht niet alleenzalmakend zijn. Zij vormen immers enkel een oplossing wanneer er effectief sprake is van opstijgend grondvocht en kunnen dus niet ingezet worden bij eender welk vochtprobleem dat zich aan de muurvoeten manifesteert (bv. pleisterbruggen, hygroscopische zouten of overbruggingen in spouwen). Een grondige vocht diagnose is dus steeds onontbeerlijk. ■

Y. Vanhellemont, ir., adjunct-laboratorium-hoofd, laboratorium Renovatie, WTCB

Sarkingdaksystemen worden alsmaar vaker toegepast bij renovaties omdat zij onder meer een continuïteit verzekeren met een eventuele op de buitenzijde van de gevels aangebrachte thermische isolatie. Dit artikel geeft enkele pistes om de moeilijkheden die gepaard gaan met renovaties de baas te kunnen, in het bijzonder wat de aanpak van de dakvoeten betreft.

Sarkingdaken: aanpak van de dakvoeten bij renovatie



1 | Principeschema van een sarkingdak.

Wat is een sarkingdak?

De techniek van het sarkingdak bestaat erin om bovenop het daktimmerwerk (kepers of spantbenen) stijve isolatieplaten te plaatsen (zie afbeelding 1). Op deze isolatieplaten kan men nadien de dakbedekking (pannen of leien) aanbrengen. Het gamma van hiertoe geschikte isolatieplaten is heel uitgebreid. Dit systeem kan een aanvulling vormen op de tussen de timmerwerkelementen aangebrachte thermische isolatie.

De uitvoering van een dergelijk systeem vergt evenwel enkele maatregelen, zoals een minimale breedte van de kepers of de

spantbenen om een goede bevestiging van de tengellatten mogelijk te maken. De [TV 251](#) gaat hier dieper op in en vermeldt de grootteorden voor de dikte van de isolatie in functie van de soort isolatie en het gewenste isolatieniveau.

Voordelen en moeilijkheden bij renovatiewerken

Isoleren volgens het principe van een sarkingdak biedt een aantal voordelen. Zo kan het dak bij renovatiewerken geïsoleerd worden zonder dat de binnenaafwerking gewijzigd moet worden. Bovendien is het timmerwerk beter

beschermd tegen sterke temperatuurschommelingen tussen dag en nacht of tussen winter en zomer.

Het sarkingdak moet bij voorkeur op een ononderbroken, stevige en vlakke ondergrond geplaatst worden om de uitvoering van het luchtscherm in het dakvlak te vergemakkelijken. Doordat de isolatie bij sarkingdaken langs de buitenzijde aangebracht wordt, verloopt ook de aansluiting met langs de buitenzijde geïsoleerde muren vlotter. Indien de muren echter langs de binnenzijde geïsoleerd zijn of nadien langs de binnenzijde geïsoleerd zullen worden, laat de plaatsing van het lucht- en damp-scherm aan de buitenzijde van de dakopbouw niet toe om de continuïteit van de isolatie en het luchtscherm ter hoogte van de bouwknopen te garanderen.

Oplossing voor de dakvoeten

De hieronder beschreven situaties zijn van toepassing bij de renovatie van hellende daken van gebouwen met niet-geïsoleerde volle muren (anderhalve steen). Hieronder valt een aanzienlijk deel van het bestaande gebouwenpark dat dateert van vóór de Tweede Wereldoorlog. Afbeeldingen 2 en 3 illustreren twee oplossingen waarbij de muurplaat zich respectievelijk aan het binnen- en het buitenvlak van het metselwerk bevindt.

Wanneer **de muurplaat zich aan het binnenvlak van de muur bevindt** (zie afbeelding 2), wordt er voorgesteld om de bestaande kepers verticaal af te snij-

den om het damp scherm gemakkelijker om te kunnen plooien tot aan de kop van de gevel.

Aangezien de luchtdichtheid van de muur verzekerd wordt door de binnenbepleistering, is er in de voorgestelde situatie strikt genomen geen sprake van continuïteit. Deze oplossing wordt echter als aanvaardbaar beschouwd voor renovaties waarvoor er geen andere oplossing voorhanden is en op voorwaarde dat er geen risico op oppervlaktecondensatie bestaat.

De oneffenheden in de bestaande muur zullen weggewerkt worden door middel van een mortel. Vervolgens zal het damp scherm aan de kop van de gevel over zijn volledige lengte bevestigd worden met behulp van een lijmrups. In het ideale geval zal een wachtfolie de overgang tussen het damp scherm en de mortel verzekeren.

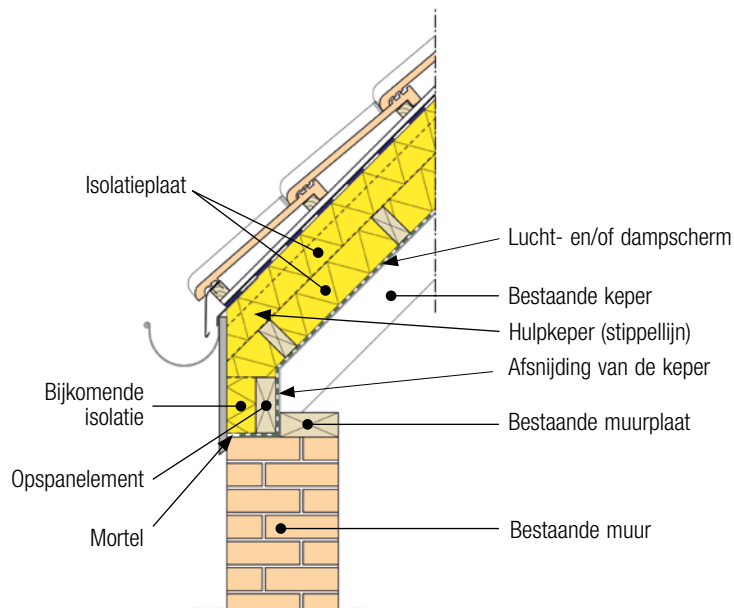
Door op de uiteinden van de kepers een verticaal opspanelement vast te schroeven kan men het membraan – net zoals gebeurt met een glaslat – mechanisch bevestigen en de duurzaamheid ervan verbeteren.

Wanneer **de bestaande muurplaat zich aan het buitenvlak van de muur bevindt** (zie afbeelding 3), bestaat een mogelijke oplossing erin om het damp scherm op het buitenvlak van het metselwerk te verlijmen. De isolatie wordt dan verlengd tot buiten het gevelvlak. Dit alternatief is uiterst geschikt voor een latere isolatie langs de buitenzijde van de gevel.

De uitvoering van een sarkingdak brengt een wijziging van het gebouwvolume en een verhoging van het gootniveau met zich mee. Naargelang van het Gewest en de gemeente moet men hiervoor over een stedenbouwkundig akkoord beschikken.

Besluit

Om een doeltreffende energetische renovatie te bekomen, moet men een globaal beeld hebben van de uit te voeren werken. De dakdekker moet de bouwheer dus steeds adviseren (zie de [WTCB-Dossiers 2016/1.4](#)). In deze context biedt de techniek van het sarkingdak een aantal belangrijke voordelen, voor-



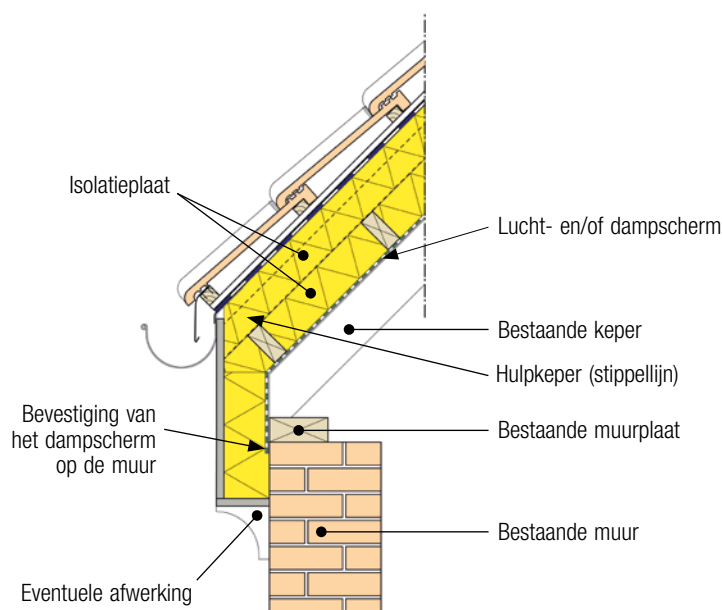
2 | Renovatie van een dakvoet volgens het sarkingprocedé waarbij de muurplaat zich aan het binnenvlak van het metselwerk bevindt.

namelijk wanneer men de gevel langs de buitenzijde wil isoleren. Hoewel het met deze techniek moeilijk of zelfs onmogelijk is om de details van de dakvoeten en -randen perfect uit te voeren, mag ze niet volledig opzij geschoven worden. De renovatiecontext brengt enkele moeilijkheden met zich mee en dwingt om keuzes te maken, die bovendien geen risico op beschadigingen aan het

gebouw mogen inhouden.

*C. Mees, ir., senior projectleider,
afdeling Energie, WTCB*

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Technologische Dienstverlening 'Duurzaam bouwen en duurzame ontwikkeling' met de financiële steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Innoviris.



3 | Principe van de aansluiting tussen een gevel en een sarkingdak met het oog op een isolatie langs de buitenzijde van de gevel.

Om geschikt te zijn als dakvloer voor platte daken zouden geprefabriceerde betonelementen bij voorkeur uniform gemaakt moeten worden met een tweedefasebeton. Uit de praktijk is echter gebleken dat tal van aannemers zeer grote dakoppervlaktes uitvoeren op voorgespannen TT-elementen zonder een druklaag te voorzien. Dit heeft veelal tot gevolg dat er niet aan alle aanbevelingen uit de TV 215 voldaan kan worden. Dit artikel bespreekt enkele oplossingen om deze regels toch zo veel mogelijk in acht te kunnen nemen.

Platte daken met dakvloeren uit TT-elementen

1 Eigenschappen van TT-elementen

TT-dakelementen uit voorgespannen beton zijn opgebouwd uit balken (ook wel 'ribben' genoemd) en een dunne plaatstructuur (ook wel 'druktafel' genoemd). Deze elementen vertonen vóór hun plaatsing een zekere opbuiging en de toleranties die erop van toepassing zijn (zie PTV 200) kunnen aanleiding geven tot hoogteverschillen van meer dan een centimeter tussen de naast elkaar geplaatste elementen. Bijgevolg kunnen de oneffenheden ter hoogte van de langsvoegen groter zijn dan toegelaten is voor de plaatsing van de thermische isolatie en de verkleving van de dampschermen of afdichtingen (zie tabel 10 van de TV 215). Bovendien dient men ter plaatse van deze

langsvoegen rekening te houden met de differentiële vervormingen van de TT-elementen (zie § 8.4.2 van de TV 223 voor mogelijkheden om de elementen zonder vervormingen te verbinden). Dit alles maakt dat deze elementen zonder druklaag in principe ongeschikt zijn om als dakvloer voor platte daken gebruikt te worden.

2 Oplossingen voor de uitvoering

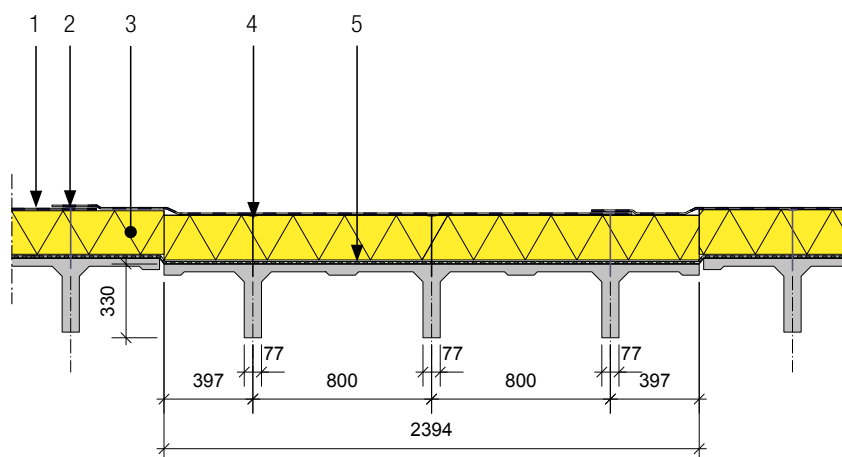
2.1 Bevestigingswijze

In de TV 244 wordt er bij belangrijke hoogteverschillen en grote bewegingen aanbevolen om de isolatieplaten ter hoogte van de langsvoegen door te snijden of om de plaatranden hier-

mee te laten samenvallen. Wanneer de dakafdichting verkleefd wordt, moet de zone aan weerszijden van de voeg onverlijmd blijven en moet men een losse strook toepassen. Een andere oplossing bestaat erin om de dakafdichting mechanisch te bevestigen (zie afbeelding 1).

2.2 Dampscherm

Vermits een dakvloer uit TT-elementen met open voegen uitgevoerd wordt, is hij niet luchtdicht. Bijgevolg zal een mechanisch bevestigde afdichting onder invloed van de windwerking op het dak op en neer bewegen. Door dit pompeffect kan er, zelfs bij een droog binnenklimaat, via de voegen tussen de TT-elementen vochtige lucht in de



1 | Mogelijke plattedakopbouw op een veel voorkomend type van TT-elementen (in mm).

1. Dakafdichting
2. Mechanische bevestiging van de dakafdichting
3. Thermische isolatie
4. Mechanische bevestiging van de thermische isolatie
5. Losliggend dampscherm



2 | Uitvoering van het dampscherf op TT-elementen.

dakopbouw gezogen worden, wat op zijn beurt aanleiding kan geven tot de vorming van inwendige condensatie tegen de dakafdichting. Dit risico kan vermeden worden door de voegen luchtdicht te maken. In voorkomend geval kan de thermische isolatie verkleefd worden. Ook de plaatsing van een dampscherf (bv. PE-folie) kan dit risico beperken. Dit verklaart waarom er, zelfs in gebouwen met een droge binnenklimaatklasse, veelal toch een dampscherf voorzien wordt. Desgevallend wordt het dampscherf doorgaans losliggend geplaatst (zie afbeelding 2) en samen met de thermische isolatie en de dakafdichting mechanisch bevestigd.

2.3 Mechanische bevestiging

Wanneer men doorheen een betonplaat boort, kunnen er zich aan de onderzijde van de plaat onesthetische kratertjes vormen die een vermindering van de effectieve verankeringslengte met zich meebrengen.

Gelet op de geringe dikte van de druktafel van de TT-elementen dient men de bevestigingen in de ribben uit te voeren. Er moet dus bijzondere aandacht besteed worden aan de positiebepaling van deze ribben.

Bij de bepaling van de plaats van de schroeven van de thermische isolatie en de dakafdichting zal men eveneens

rekening moeten houden met de vaste tussenafstand van de ribben. Voor dakafdichtingssystemen die in de overlap bevestigd worden, impliceert dit dat men hieraan aangepaste baanbreedtes moet toepassen.

Wanneer we de in afbeelding 1 voorgestelde dakopbouw beschouwen, dan moeten de schroeven van de dakafdichting in staat zijn om de totale windbelasting op te vangen, rekening houdend met een luchtopen dakvloer. Bovendien dient men, naast de mechanische bevestiging van de thermische isolatie, ook steeds een minimaal aantal bevestigingen per plaat te voorzien om de dimensionale stabiliteit ervan te waarborgen. Deze schroeven moeten gelijkmatig over de isolatieplaat verdeeld worden, conform het gebruiksgeschiktheidsattest van het isolatiemateriaal (bv. ATG) en de voorschriften van de fabrikant. Daar waar de schroeven zich bij kunststofschuimen niet te ver van de plaatranden mogen bevinden om schoteling te vermijden, moeten ze bij TT-elementen in de ribben bevestigd worden, waardoor deze maximale afstand niet altijd gerespecteerd kan worden en een zekere schoteling steeds tot de mogelijkheden behoort. Wanneer men zich aan het minimale aantal bevestigingen houdt, dan heeft dit enkel een weerslag op esthetisch vlak.

We willen er nog even aan herinneren dat de voor de dakafdichting gebruikte

bevestigingen ook aangewend mogen worden voor de isolatie, voor zover deze gelijkmatig over het plaatoppervlak verdeeld worden.

2.4 Kimfixatie

Voor elke mechanisch bevestigde afdichting moet er langs de dakranden en rondom de dakdoorbrekingen (bv. lichtstraten) een kimfixatie uitgevoerd worden (zie § 6.3 in de TV 239). Bij de standaard TT-elementen bevinden de schroeven zich evenwel op een vaste afstand ten opzichte van de randen. In voorkomend geval kan de uitvoering van de verplichte kimfixatie toch gebeuren:

- door gebruik te maken van zogenaamde 'passtukken', dit zijn aangepaste TT-elementen met een rib aan het uiteinde
- in de dakopstanden, voor zover er een voldoende grote uittrekeerstand gegarandeerd kan worden, wat het geval is bij houten, metalen of betonnen (met uitzondering van cellenbeton) opstanden
- door de dakafdichting volvlakig op de thermische isolatie te verkleven en dit, over een breedte van minstens één meter. De isolatieplaten dienen in deze zone aan hun ondergrond bevestigd te zijn.

3 Besluit

Ten gevolge van de niveauverschillen en de te verwachten differentiële vervormingen ter hoogte van de langsvoegen van dakvloeren uit geprefabriceerde betonnen TT-elementen zijn deze laatste, wanneer ze zonder druklaag uitgevoerd worden, in principe ongeschikt om gebruikt te worden als ondergrond voor platte daken. Er bestaan evenwel een aantal oplossingen om de voorschriften uit de TV 215 toch in de mate van het mogelijke te kunnen respecteren. Dit neemt niet weg dat de niveauverschillen tussen de TT-elementen en in sommige gevallen de beperkte schoteling van de isolatieplaten steeds een impact zullen hebben op het esthetische uitzicht van het platte dak.

*E. Mahieu, ing., afdelingshoofd,
afdeling Interface en consultancy, WTCB*

Bij een groot aantal houtskeletconstructies wordt de buitenbekleding, vaak om stedenbouwkundige redenen, opgetrokken uit metselwerk. Teneinde een duurzame verbinding tussen de buitenbekleding en de houten constructie te waarborgen, dient men echter bepaalde regels in acht te nemen. Dit artikel heeft als oogmerk om een aantal aandachtspunten in verband met de uitvoering van de bevestigingssystemen aan te halen.

Verbinding tussen een bakstenen gevel en een houten skelet

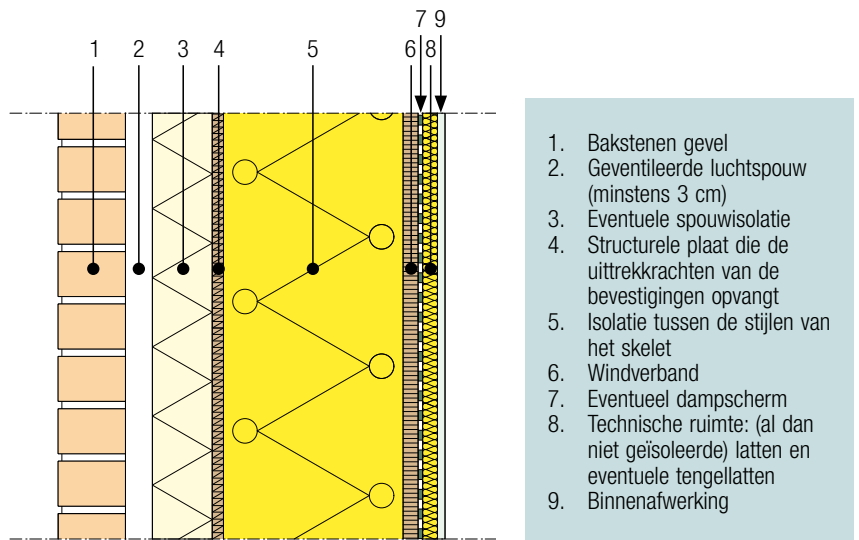
Wandopbouw

Afbeelding 1 illustreert een typeoplossing van een wand waarvan de buitenbekleding uit metselwerk bestaat. Het is aanbevolen om een geventileerde luchtspouw te voorzien. Deze ventilatie wordt tot stand gebracht door openingen aan de boven- en de onderzijde van de buitenbekleding (hetzij door open stootvoegen, hetzij door verluchtingsbakstenen). Teneinde een optimale ventilatie te kunnen garanderen, mag de spouw dus slechts gedeeltelijk gevuld zijn.

De bakstenen gevel moet op de stijlen van het skelet bevestigd worden. Indien de stijlen te smal zijn of indien het door de aanwezigheid van een bijkomende isolatie moeilijk is om de positie van de bevestigingen te bepalen, dan moet men op de stijlen van het skelet een structurele plaat aanbrengen om de uittrekkkrachten van de bevestigingen op te vangen.

De volgende plaatmaterialen zijn geschikt om voor dergelijke toepassingen gebruikt te worden:

- **multiplexplaten** conform de norm NBN EN 636, minstens van de klasse 3S (*) en met een dikte van ≥ 12 mm
- **OSB/3- of OSB/4-platen** conform de norm NBN EN 300 en met een dikte van ≥ 15 mm
- **spaanplaten** conform de norm NBN EN 312, minstens van het type P5 en



1 | Buitenmuur waarvan de buitenbekleding uit metselwerk bestaat.

met een dikte van ≥ 15 mm

- **LVL-platen (gelamineerd fineertimmerhout)** conform de norm NBN EN 14374 of 14279, bestaande uit minstens vijf lagen (waarvan ten minste twee gekruiste) en met een dikte van ≥ 15 mm
- **MDF-platen (vezels) met hoge dichtheid** conform de norm NBN EN 622-5, van het type MDF-HLS of MDF-H en met een dikte van ≥ 12 mm.

We willen erop wijzen dat de wand steeds zo opgetrokken moet worden dat het hygrothermische gedrag ervan geen

inwendige condensatie met zich meebrengt (zie de [WTCB-Dossiers 2013/1.4](#)).

Bovendien kan het om de aanzienlijke excentrische belastingen op te kunnen nemen (bv. hernemingsstuk van de latei van een buitenbekleding met een grote overspanning) noodzakelijk zijn om een **omkasting** met twee structurele platen (binnen- en buitenzijde) te ontwerpen. De puntbelastingen kunnen door middel van een winkelhaak of in de stijlen van het houten skelet verwerkte verankeringspunten opgenomen worden (zie afbeelding 2 op de volgende pagina).

(*) Klasse 3S: '3' voor gebruik in een buitenmilieu en 'S' voor structureel gebruik.



Het is noodzakelijk om aan de binnen- en buitenzijde structurele platen aan te brengen om te vermijden dat de stijlen afzonderlijk van elkaar belast zouden worden ten gevolge van de door de bakstenen gevel teweeggebrachte belastingen.

Uitvoering van de bakstenen gevel

Men dient er in de eerste plaats op toe te zien dat de bovenste laag van de funderingen een voldoende breed steunvlak biedt om tussen het metselwerk en het regenscherm een luchtsponw met een minimale diepte van 3 cm te kunnen verwezenlijken.

Het metselwerk wordt aan het houten skelet bevestigd door middel van metalen bevestigingen (Ø 3,5 of 4 mm; zie onderstaande tabel) die in een (lichte) helling naar het buitensponwblad toe geplaatst worden en/of voorzien zijn van een druiprand. Deze bevestigingen, die in het skelet en/of de dragende platen geschroefd worden en in de mortelvoegen van het metselwerk ingebed worden, moeten zich op een voldoende afstand (d.w.z. minstens 150 mm) van de openingen, muurvoeten en andere bijzonderheden bevinden en dit, om te vermijden dat ze de aansluitingen tussen de afdichtingsmembranen zouden doorboren. Onderstaande tabel geeft een overzicht van het minimale aantal metalen bevestigingen per m². Indien de bevestigingen in de stijlen (van 600 mm hart-op-hartafstand) bevestigd worden,

2 | Omkastingswand.

dan moet de verticale tussenafstand 350 mm bedragen. Wanneer het aangeraden is om de bevestigingen zigzagsgewijs te plaatsen, dan moeten er daarentegen minstens vijf per m² gebruikt worden. Men dient steeds de voorschriften van de fabrikant op te volgen.

Bevestigingen uit kunststof of van het gemengde type moeten aan de uitvoeringsspecificaties van de fabrikanten voldoen. Om de belastingen gelijkmatig te verdelen over de metalen bevesti-

gingen, moet hun karakteristieke uitrekweerstand (gemeten volgens de norm NBN EN 845-1) groter zijn dan 800 N. Indien deze waarde lager ligt, dan moet de verdeling van de bevestigingen aangepast worden in functie van de windbelastingen.

E. Nguyen, ir., projectleider, laboratorium Hout en coatings, WTCB
B. Michaux, ir., adjunct-afdelingshoofd, afdeling Gebouwschil en schrijnwerk, WTCB

Aantal metalen bevestigingen per m² (*).

Breedte van de metselwerkwand [mm]	Breedte van de spouw [mm]	Diameter van de bevestigingen [mm]	Minimaal aantal bevestigingen per m ²
90	≤ 90	≥ 3,5	5
90	≤ 110	≥ 4	5
90	≤ 110	≥ 3,5	6
90	≤ 130	≥ 4	6
70/65	≤ 90	≥ 3,5	6,5
70/65	≤ 90	≥ 4	6
70/65	≤ 130	≥ 4	6,5

(*) Deze tabel is ook van toepassing op constructies uit CLT (gekruid gelamelleerd hout) of uit houtstapelbouw die op een bakstenen gevel bevestigd worden.

Toekomstige TV

Een in voorbereiding zijnde Technische Voorlichting zal gewijd zijn aan (al dan niet vrijstaande) eengezinswoningen met een houten skelet en zal zich toespitsen op de bouwmaterialen en -technieken die in ons land veelvuldig toegepast worden en waarvan de eigenschappen beproefd zijn in een laboratorium. In dit document zullen er verschillende bouwelementen en -details aan bod komen.

In de TV's 242 en 261 kwamen respectievelijk de structurele en niet-structurele toepassingen van bijzondere bouwwerken uit glas aan bod. Daarnaast zal er binnenkort een TV gewijd worden aan glazen borstweringen en glazen binnenwanden. Dit artikel, dat de WTCB-Dossiers 2010/3.10 en 2015/3.9 vervangt, bespreekt op zijn beurt de toe te passen dimensioneringsmethode met het oog op de gebruiksveiligheid en geeft een voorbeeld van een dimensionering.

Dimensionering van glazen binnenwanden

Een glazen binnenwand is een niet-dragende glazen wand bestaande uit een of meerdere verticale glasvolumes die uitgevoerd worden met een aansluitende voeg. Een dergelijke wand heeft als functie om volumes binnen een gebouw af te bakenen. De beglazingen worden naast elkaar geplaatst zonder toevoeging van schrijnwerkprofielen en alleen de boven- en onderranden worden ingewerkt in een sponning. De aansluiting tussen de verticale randen wordt doorgaans gewaarborgd door een hiertoe geschikte kit, een zelfklevende band, een dichtingsprofiel of een metalen profiel met een zeer beperkte doorsnede.

Hoewel een glazen wand doorgaans uit een enkele wand bestaat, kan hij ook dubbelwandig uitgevoerd worden om niet alleen betere akoestische en thermische prestaties te bekomen, maar ook om bijvoorbeeld verduisterende zonneweringen te kunnen integreren.

Glazen binnenwanden kunnen de scheiding vormen tussen zones met eenzelfde dan wel een verschillend vloerniveau of kunnen vóór een bestaande wand opgetrokken worden.

Prestaties

Glazen binnenwanden moeten voldoen aan de geldende normen en regelgevingen in functie van de bestemming van het gebouw. Naast de verbetering van de akoestische en/of thermische isolatie, het waarborgen van een zekere brandweerstand of het bieden van een esthetisch aspect, moeten ze ook absoluut de gebruiksveiligheid garanderen.

We willen erop wijzen dat de technische goedkeuringsleidraden van de EOTA (waaronder de ETAG003 met betrekking tot kits voor de opbouw van niet-dragende binnenwanden) louter op vrijwillige basis van toepassing zijn en overeenstemmen met de minimale eisen die gesteld worden in het kader van de CE-markering. In België worden er evenwel een aantal bijkomende eisen opgelegd waarmee men kan nagaan of de glazen binnenwanden weerstand kunnen bieden aan een differentiële druk en een accidentele schok.

Dimensionering van een glazen binnenwand

Ongeacht het type glazen binnenwand, dient men eerst en vooral te **voldoen aan de specificaties uit de norm NBN S 23-002 en zijn addendum**, die het breuktype van de glasproducten definiëren in functie van de situatie en de bestemming van de glazen wand. In de regel moet men zijn toevlucht nemen tot gehard glas (of gelaagd glas) om het risico op verwondingen door contact te vermijden en tot gelaagd glas indien het risico op vallen reëel is.

Vervolgens dient men te **bepalen welke glasdikte er nodig is om weerstand te kunnen bieden aan het drukverschil** dat bijvoorbeeld veroorzaakt wordt door het accidenteel openwaaien van een venster in de gevel bij sterke wind. De weerstand van glazen binnenwanden tegen differentiële druk wordt uitsluitend bepaald door berekening (spanningen en vervormingen) op basis van de methode uit de norm NBN S 23-002-2 voor een enkele beglazing waarvan de boven- en onderranden in een sponning ingewerkt zijn en dit, ongeacht het feit of de verschillende glasvolumes waaruit de wand opgebouwd is onderling verbonden zijn met een siliconen-voeg, een verbindingsprofiel of een open voeg (omwille van onder meer de weerstand en de duurzaamheid van de voegen tussen de beglazingen). Voor deze berekening wordt de vervorming enerzijds beperkt tot $1/100^e$ van de wandhoogte met een maximum van 30 mm en wordt er anderzijds een net-





towinddruk beschouwd op basis van de zeven windblootstellingsklassen (NBN S 23-002-3) en enkele partiële coëfficiënten die eigen zijn aan de accidentele combinaties. Ter berekening van het in dit artikel bestudeerde gelaagde glas met tussenlagen uit PVB wordt ervoor de tussenlaag een overdrachtscoëfficiënt w van 0,5 in beschouwing genomen.

Tot slot impliceert de gebruiksveiligheid eveneens dat de binnenwand **weerstand moet kunnen bieden aan een schok met een zacht en zwaar lichaam ter simulatie van een persoon die per ongeluk tegen de wand botst**. Om deze weerstand te beoordelen, worden er laboratoriumproeven uitgevoerd. Het schoklichaam (met glazen knikers gevulde afgerond-kegelvormige zak van 50 kg of dubbele band van 50 kg al naargelang het niveauverschil aan weerszijden van de wand respectievelijk $\leq$ of $> 1,5$ m is) en de kracht van de impact variëren in functie van het type binnenwand en de gebruikscategorie van het gebouw waarin deze zich bevindt. De proeven worden uitgevoerd op een enkele beglazing waarvan de boven- en onderranden in een sponning ingewerkt zijn. Het beproefde element moet representatief zijn voor de uit te

voeren elementen en de uitvoeringsomstandigheden moeten zo dicht mogelijk aanleunen bij de werkelijkheid. Na afloop van de schokproef mag het vulelement niet losgeraakt zijn van de structuur, mag er geen enkel fragment losgekomen zijn dat personen zou kunnen verwonden, mag het schoklichaam bij de impact niet door de wand heen gegaan zijn en mag de situatie na de proef geen aanleiding geven tot gevaarlijke situaties voor de gebruikers (bv. beglazing die gedeeltelijk uit het profiel gekomen is).

Dimensioneringstabel

Onderstaande tabel geeft bij wijze van voorbeeld de maximale hoogtes voor glazen binnenwanden weer die opgebouwd zijn uit een enkele wand die beantwoordt aan de gebruiksveiligheidseisen (weerstand tegen differentieële druk en schokken; schokproeven uitgevoerd in samenwerking met de firma Euroglas-De Landtsheer) voor de windblootstellingsklassen 1 tot 5 en 7 en dit, voor de verschillende gebruikscategorieën van een gebouw. Deze wanden bestaan uit een minstens 900 mm breed gehard of gelaagd glasvolume

waarvan de boven- en onderranden in een sponning ingewerkt zijn. Bovendien wordt er een onderscheid gemaakt al naargelang het niveauverschil (H_{val}) aan weerszijden van de wand $\leq$ of $> 1,5$ m is. De minimale inklemmingshoogte is doorgaans 8 mm voor het onderste profiel en de zijprofielen en 12 mm voor het bovenste profiel.

De controle van glazen binnenwanden met andere afmetingen of een verschillende opbouw moet eveneens volgens voormelde procedure gebeuren. De tabel is daarentegen niet van toepassing op brandwerende glazen binnenwanden en wanden uit gelaagd glas met een stijve tussenlaag, hoewel de in dit artikel voorgestelde prestatie-eisen hier wel voor gelden. Hiervoor zal er een specifieke dimensionering uitgevoerd moeten worden die gebaseerd is op de in dit artikel beschreven voorschriften.

V. Detremmerie, ir., laboratoriumhoofd, laboratorium Dak- en gevelelementen, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van het project 'Innovatieve details in de binnenafwerking', gesubsidieerd door het VLAIO.

Glasopbouw en -dikte in functie van de hoogte van de binnenwand en de windblootstellingsklasse.

Dikte/opbouw		Windblootstellingsklassen									
		1 tot 5 (ontwerpdruk: 256 Pa)					7 (ontwerpdruk: 322 Pa)				
		L _{max} [mm] ⁽¹⁾					L _{max} [mm] ⁽¹⁾				
		H _{val} ⁽²⁾ ≤ 1,5 m		H _{val} ⁽²⁾ > 1,5 m			H _{val} ⁽²⁾ ≤ 1,5 m		H _{val} ⁽²⁾ > 1,5 m		
Gebruikscategorie van de ruimten ⁽³⁾		A/B	C/D	A	B	C/D	A/B	C/D	A	B	C/D
Gehard	8 mm	1.990	–	–	–	–	1.920	–	–	–	–
	10 mm	2.590	2.590 ⁽⁴⁾	–	–	–	2.400	2.400 ⁽⁴⁾	–	–	–
	12 mm	3.080	3.080	–	–	–	2.880	2.880	–	–	–
	15 mm	3.640	3.640	–	–	–	3.440	3.440	–	–	–
Gelaagd met PVB	55.2	2.350	–	–	–	–	2.180	–	–	–	–
	66.2	2.800	2.600 ⁽⁴⁾	2.600	–	–	2.590	2.590 ⁽⁴⁾	2.590	–	–
	88.2	3.500	3.500	3.500	3.500	2.600	3.300	3.300	3.300	3.300	2.600
	1010.2	4.110	4.110	4.110	4.110	3.800	3.880	3.880	3.880	3.880	3.800

⁽¹⁾ L_{max} : maximale hoogte tussen de steunpunten van de glazen binnenwand.

⁽²⁾ H_{val} : niveauverschil aan weerszijden van de wand.

⁽³⁾ A: woningen, B: kantoren, C: vergaderplaatsen (oppervlakken van de categorieën A, B en D uitgezonderd), D: handelsruimten.

⁽⁴⁾ Niet voor de categorie C5. Enkel voor de categorieën C1 tot C4, D1 en D2.

De laatste jaren wordt men steeds vaker geconfronteerd met een hardnekkige, witgrijze waas die enkele maanden of zelfs jaren na de uitvoering op het gevelmetselwerk verschijnt (zie afbeelding). Op basis van mineralogische analyses werd vastgesteld dat deze uitbloeiingen voornamelijk uit gips bestaan. Dit verschijnsel wordt dan ook 'vergipsing' genoemd. Dit artikel geeft een huidige stand van zaken over het fenomeen, bespreekt de vermoedelijke oorzaken ervan en vermeldt enkele mogelijke oplossingen om het te behandelen.

Verschijsning van late gipsuitbloeiingen op baksteenmetselwerk

Baksteenmetselwerk wordt niet zelden ontsierd door witte uitbloeiingen op het oppervlak. Het gaat hier om zoutachtige afzettingen die ontstaan doordat wateroplosbare zouten naar het oppervlak meegevoerd worden en na verdamping van het water kristalliseren.

We willen er evenwel op wijzen dat er twee soorten uitbloeiingen onderscheiden kunnen worden. Zo zijn er enerzijds de snelle, primaire uitbloeiingen die quasi meteen na de uitvoering van het metselwerk verschijnen. Deze zijn goed oplosbaar en verdwijnen mettertijd door de regen. Voor meer informatie over deze uitbloeiingen verwijzen we naar het artikel 'Uitbloeiingen op baksteenmetselwerk' in het [WTCB-Tijdschrift 1996/1](#). Anderzijds wordt men geconfronteerd met late uitbloeiingen die pas na enkele maanden tot zelfs jaren na het optrekken van het metselwerk optreden. Deze uitbloeiingen nemen de vorm aan van een hardnekkige, dunne witgrijze laag bestaande uit gipskristallen ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) aan het geveloppervlak, die nagenoeg niet oplost in water, geleidelijk aan sterker in het oog begint te springen en zeer moeilijk te verwijderen is.

Fenomeen

Vergipsing is een complex fenomeen, veroorzaakt door een samenspel van diverse chemische en fysische processen in het metselwerk, die ervoor zorgen dat er gips gevormd wordt en naar

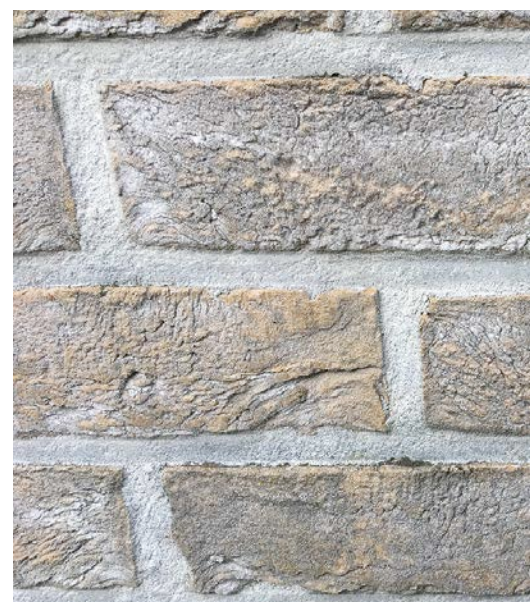
het oppervlak getransporteerd wordt. Recentelijk werden er verscheidene studies uitgevoerd om het mechanisme beter te begrijpen.

Uit een studie die gevoerd werd in samenwerking met de baksteenindustrie is gebleken dat de vergipsing van metselwerk naar alle waarschijnlijkheid tot stand gebracht wordt door reacties in de cementgebonden mortel. Om de bindingstijd en de verwerkbare periode van de specie te sturen, wordt er immers vaak gips aan de mortel toegevoegd. Dit gips reageert vervolgens met het in het cement aanwezige tricalciumalumiinaat en vormt ettringiet en monosulfaat. Door een trage en progressieve carbonatatiereactie met het CO_2 uit de lucht ontbinden deze elementen geleidelijk aan in gips. Hoewel deze studie een eerste aanzet gaf om het fenomeen te ontrafelen, bleven er nog vele vragen onbeantwoord, onder meer omtrent de invloed van de baksteeneigenschappen en de omgevingsomstandigheden op het transport van de uitbloeiingen naar het oppervlak.

In navolging van voormelde studie werd er aan de KU Leuven een doctoraat gewijd aan gipsuitbloeiingen (*Gypsum efflorescence on clay brick masonry*, Jacek Chwast, gepubliceerd in juni 2017). Hierin werd gesteld dat zowel de baksteen als de mortel aan de grondslag kunnen liggen van de gipsuitbloeiingen. Zo kunnen bakstenen anhydriet (d.i. ongehydrateerd gips) bevatten dat langzaam naar het oppervlak kan

migreren en kan er in cementmortels na carbonatatie gips voorkomen, wat de hypothese van de eerste studie bevestigt. Verder werd er vastgesteld dat gips onder normale omstandigheden de neiging heeft om zich net onder het oppervlak af te zetten en aldus de poriën te verstopen waardoor verdere uitbloeiingen vermeden worden. Uit het experimentele onderzoek is echter ook gebleken dat de toevoeging van hulpstoffen (bv. oppervlakreactieve stoffen) aan de mortel een grote impact heeft op het kristallisatieproces van het gips. Deze werkwijze heeft immers tot gevolg

Gipsuitbloeiingen op bakstenen.





dat de gipsuitbloeiingen zich gemakkelijker op het oppervlak van het metselwerk afzetten, met de witgrijze laag als resultaat. Hoeveel gips er zich precies aan het oppervlak afzet en hoe snel dit gebeurt, is in sterke mate afhankelijk van de porositeit en de poriënstructuur van de baksteen. Zo verloopt het transport doorheen een baksteen met een lage initiële waterabsorptieklasse IW1 (bv. strengpersstenen) veel moeilijker dan bij een handvormbaksteen met een normale initiële waterabsorptie (klasse IW3).

Om de gevoeligheid voor vergipsing van een bepaalde baksteen-mortelcombinatie na te gaan, werd er in het doctoraat een versnelde methode ontwikkeld. Deze proefmethode is zo opgezet dat de invloed van bepaalde parameters individueel nagegaan kan worden. Hoewel deze methode nog voor optimalisatie vatbaar is, geeft ze wel reeds een eerste aanzet om de vergipsingsproblematiek beter te begrijpen en te voorkomen.

Remedies

Alvorens een reinigingsmethode uit te kiezen, dient men door mineralogische analyse (bv. x-stralendiffractie) te bepalen of de aanwezige uitbloeiingen wel degelijk uit gips bestaan, dan wel of er

Zowel de baksteen als de mortel kunnen aan de grondslag liggen van de gipsuitbloeiingen.

zich ook nog andere types (bv. calcium-carbonaat) manifesteren.

Naargelang van het resultaat van deze analyse beschrijft de TV 197 een aantal reinigingstechnieken en hun voor- en nadelen. Alvorens een bepaalde techniek toe te passen, voert men best een oriënterende proef uit om de invloed van de behandeling op het metselwerk na te gaan.

Het valt aan te raden om zoveel mogelijk afzettingen met een (harde) borstel te verwijderen. Indien het resultaat van deze behandeling onbevredigend is, kan men overwegen om een mechanische of chemische reiniging toe te passen. Een mechanische straalbehandeling is mogelijk op voorwaarde dat het over een in de massa gekleurde baksteen gaat.

Bij een chemische reiniging kan men opteren voor een alkalische oplossing (bv. op basis van ammonium- of kaliumhydroxide). Een reiniging met een zure oplossing (bv. op basis van zoutzuur) is voorbehouden voor het geval er in de uitbloeiingen ook calciumcarbonaat aanwezig is. In voorkomend geval voorziet men eerst een behandeling met een alkalische oplossing, gevolgd door een reiniging met een zure oplossing, of omgekeerd.

De technische fiche van het gekozen reinigingsproduct zal aangeven welke werkwijze (verdunning, gereedschap, voor- en/of nabehandeling) men moet hanteren. Bij een chemische reiniging wordt er doorgaans aanbevolen om het metselwerk vóór en na de behandeling goed te bevochtigen om een al te diepe indringing van het product te vermijden. Vóór de aanvang van de reiniging dienen alle gevoelige elementen (bv. verf, aluminium en zink bij een alkalische oplossing en dorpels van blauwe hardsteen en zink bij een zure oplossing) afgeschermd te worden en moet men

de nodige persoonlijke veiligheidsmaatregelen treffen.

Na de reiniging kan men overwegen om een waterwerende oppervlaktebehandeling uit te voeren. Deze zal de bevochtiging van het metselwerk verminderen, wat in principe het risico op nieuwe uitbloeiingen zal beperken. Meer informatie over het gebruik van waterwerende middelen en de ermee gepaard gaande risico's, is terug te vinden in de TV 224.

Afhankelijk van de toestand van het metselwerk, kan men eventueel opteren voor een alternatieve oplossing met een verf of bepleistering. In dit geval is het evenwel aangeraden om eerst de gipslaag zo goed mogelijk te verwijderen (bv. door stralen).

Aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering

De ervaring leert ons dat vergipsing zich voornamelijk voordoet op de aan regen en zon blootgestelde delen van het metselwerk en bijgevolg vooral optreedt op gevels die naar het westen en zuidwesten georiënteerd zijn. Het is dus aangeraden om maatregelen te treffen op het vlak van het ontwerp en de detaillering, teneinde de gevel te beschermen tegen de weersinvloeden (bv. grotere dakoverstekten).

Hoewel het niet duidelijk is in welke mate de afdekking van vers metselwerk tegen indringend water het vergipsingsfenomeen beïnvloedt, blijft deze maatregel aan te bevelen om het risico op snelle, primaire uitbloeiingen te beperken. |

I. Dirckx, ir., projectleider, laboratorium Ruwbouw- en afwerkingsmaterialen, WTCB



Een nieuwe Normen-Antenne 'Bouwdetails'

De nieuwe normen en regelgevingen hebben tot gevolg dat er alsmaar meer prestatie-eisen opgelegd worden aan onze gebouwen.

Uit de statistieken van de ingenieurs van het departement 'Technisch advies en consultancy' van het WTCB blijkt dat 10 % van de gestelde vragen en de voorgelegde betwistingen betrekking heeft op de bouwdetails.

Het is dus van groot belang dat alle betrokkenen (aannemers, architecten, studie bureaus, fabrikanten ...) voor deze bouwdetails over **duidelijke ontwerprichtlijnen en praktische uitvoerings- en onderhoudsaanbevelingen** kunnen beschikken.

Om de bouwprofessionelen hierover zo goed mogelijk te informeren, heeft het WTCB met de steun van de FOD Economie de Normen-Antenne 'Bouwdetails' opgericht. Deze Normen-Antenne bevat een **uitgebreide databank** van bouwdetails, evenals een zoekmodule die de snelle opzoeking van een welbepaald bouwdetail moet toelaten (in functie van criteria zoals de ligging of de opbouw van de samenstellende onderdelen).

Deze databank zal regelmatig aangevuld worden. Op dit ogenblik bevat ze de bouwdetails uit de volgende recente publicaties: de **TV's 244, 250, 254 en 255** (zie de rubriek Normen-Antennes op www.wtcb.be).

UW MENING TELT!

Om onze publicaties en diensten zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de wensen van onze klanten, zouden wij u vriendelijk willen vragen om het enquêteformulier op www.wtcb.be in te vullen.

De door u verschaft informatie blijft uiteraard vertrouwelijk.





Meer info

TV 241 (§ 5.2.2)

Is het steeds noodzakelijk om het vochtgehalte van de dekvloer te meten alvorens de elastische vloerbekleding te plaatsen?

Ja. Het is van fundamenteel belang dat ervooraangaande, betrouwbare vochtmetingen uitgevoerd worden omdat een te vochtige ondergrond steeds aanleiding geeft tot schade aan de vloerbekleding. Hoewel indicatieve vochtmetingen van de ondergrond uitgevoerd kunnen worden met behulp van gebruiksvriendelijke, elektrische vochtmeters, is het nadien toch onontbeerlijk om één of meerdere bijkomende metingen met behulp van een calciumcarbidefles uit te voeren (bv. op de plaats van de hoogste aflezing op de elektrische vochtmeter, in de hoeken van slecht geventileerde ruimtes, nabij een gevel die sterk aan regenweer blootgesteld wordt ...).

Is de waterwerende behandeling van een gevelmetselwerk (met hydrofobermiddelen) doeltreffend?

De meeste hydrofobermiddelen die tegenwoordig in de handel verkrijgbaar zijn, zijn doeltreffend, aangezien ze de absorptie van het (regen)water door de gevel verhinderen, waterdampdoorlaatbaar zijn en de vervuiling van de gevel vertragen. In bepaalde gevallen kan het gebruik van hydrofobermiddelen echter afgeraden zijn. Dit geldt met name wanneer er scheuren ($> 0,3$ mm) of zouten in het materiaal aanwezig zijn. In voorkomend geval zou de toepassing ervan het schadebeeld immers kunnen verergeren of zelfs nieuwe problemen kunnen creëren.



Meer info

TV 224
WTCB-Monografie nr. 2.5

Zijn keramische tegels na plaatsing volledig krasbestendig?

Neen. Volgens de Belgische norm NBN B 27-011 dienen keramische tegels een oppervlaktekrashardheid van 5 (geëmailleerd) of 6 (niet-geëmailleerd) te hebben (deze eis werd evenwel niet weerhouden in de huidige Europese norm NBN EN 14411). Dit maakt dat deze een zekere weerstand tegen krasvorming zullen vertonen. Het risico op krassen is echter niet uit te sluiten indien er hardere materialen (bv. zandkorreltjes die via de onderzijde van een schoenzool van buiten naar binnen gebracht worden) over het tegeloppervlak schuren.



Meer info

WTCB-Dossiers 2011/3.13



Door de toenemende complexiteit van de producten is het voor de steenhouwer of de tegelzetter niet altijd even eenvoudig om de hoeveelheden te bepalen die nodig zullen zijn om de vloer en de muren te bekleden. Niettemin blijft de in de norm NBN B 06-001 beschreven meetmethode de referentie ter zake.

Opmeten van muur- en vloerbekledingen volgens de norm NBN B 06-001



De in de norm NBN B 06-001 beschreven meetmethode blijft de referentie voor het opmeten van bekledingen.

Nood aan een geharmoniseerde meetmethode

In het verleden bestonden er in België, naargelang van de beroepstak (bv. aannemers, architecten ...) en de streek, verschillende methoden om de materiaalhoeveelheden te meten die nodig zijn voor de constructie van een gebouw. Dit had vaak tot gevolg dat er in de meetstaat verschillende hoeveelheden opgenomen werden, afhankelijk van degene die deze opgesteld had (bv. door een andere manier van afronden). De in 1982 gepubliceerde Belgische norm NBN B 06-001 moet vandaag de dag als referentie beschouwd worden voor het opmeten van muur- en vloerbekledingen. Andere oudere documenten, zoals de STS 45.1, bevatten immers incoherenties die voor verwarring kunnen zorgen bij het opmeten.

De norm NBN B 06-001 als referentie

De norm NBN B 06-001 beschrijft een standaardmeetmethode teneinde te bepalen hoeveel materialen en werkzaamheden er nodig zijn om een gebouw

op te trekken. Deze methode heeft enerzijds als oogmerk om te beschrijven hoe de hoeveelheden berekend moeten worden en anderzijds om op te sommen welke elementen de verschillende posten uit de meetstaat moeten bevatten. De norm steunt op de volgende basisprincipes:

- de meetmethode moet onafhankelijk zijn van de uitvoeringsmethode
- de hoeveelheden worden weergegeven zonder rekening te houden met de materiaalverliezen
- de hoeveelheden moeten per soort ingedeeld worden.

Het opmeten volgens de norm NBN B 06-001

De tabellen A en B geven een overzicht van de belangrijkste richtlijnen uit de norm voor het opmeten van vloer- of muurbekledingen uit natuursteen en keramische tegels.

Alvorens over te gaan tot het opmeten van de bekleding, moet men:

- **nakijken of er geen contradicties bestaan** tussen wat opgegeven is in het lastenboek en wat voorgeschreven



A | Belangrijkste richtlijnen uit de norm NBN B 06-001 voor het opmeten van muur- of vloerbekledingen uit natuursteen.

Natuursteen	
Volgens een steensnedeplan (tegels van het marmertype)	Zonder steensnedeplan
De bekleding wordt steen per steen gemeten in dm ² , met vermelding van de dikte.	De bekleding wordt gemeten in dm ² , met vermelding van de dikte.
Een geïsoleerd voorkomende bekleding kleiner dan 10 dm ² wordt in rekening gebracht als 10 dm ² .	
Om de oppervlakte van iedere steen te bepalen, wordt er uitgegaan van de kleinste rechthoek die de steen omschrijft (in dm ² en naar boven afgerond). Uitsparingen in de steen worden niet afgetrokken.	De oppervlakte van de bekleding wordt gemeten volgens de planmaten, zonder rekening te houden met de voegen (in dm ² en naar boven afgerond).
De maten worden genomen in de as van de voegen.	De maten worden genomen tussen de naakte muren, dus vóór het aanbrengen van de bekleding.
Als steendikte wordt de grootste voorgeschreven dikte genomen.	
–	De oppervlakte van openingen kleiner dan 50 dm ² wordt niet afgetrokken.
Banden (bv. plinten, friezen, moulures, dagkanten van verticale bekledingen ...) met een maximale breedte van 0,30 m worden gemeten zonder rekening te houden met de voegen (in dm) en met vermelding van de breedte en de dikte en banden die korter zijn dan 0,30 m worden in rekening gebracht als 0,30 m.	
Banden met een breedte tot 0,10 m worden in rekening gebracht als 0,10 m.	
Banden die breder zijn dan 0,30 m worden gemeten als een oppervlakte in dm ² , met vermelding van de breedte en de dikte.	

is in de norm, bijvoorbeeld wat de eenheid betreft (bv. dm² of m²)

- **nagaan of er een legplan of steensnedeplan aanwezig is** en of er gevraagd wordt om er één te maken. Aangezien hier bij het opmeten rekening mee gehouden moet worden, moet dit op voorhand geweten zijn
- **de meetstaat narekenen**. Indien er een fout opgetreden is, moet de aannemer dit schriftelijk melden aan de architect of opdrachtgever en moet hij deze fout aantonen aan de hand van de plan-

nen. Als de fout niet opgemerkt wordt, dan zijn de eventuele bijkomende kosten voor rekening van de aannemer.

Voor enkele uitgewerkte voorbeelden voor het opmeten van natuursteen en keramische tegels verwijzen we naar bijlage 3 van de **TV 220** en § 27.3 van de **Meetstaat van gebouwen nr. 2.27.1**.

Tot slot willen we de aandacht vestigen op het feit dat de steenhouwer of de tegelzetter geacht wordt de regels van

de kunst tot op de letter te kennen en dat hij dus op de hoogte moet zijn van de richtlijnen en eisen uit de normen en referentiedocumenten en van de uitvoeringstechnieken. Dit wil zeggen dat hij, wanneer de documenten van het bouwdoosier foutieve informatie bevatten (bv. tegenstrijdigheden), deze fouten moet melden. **I**

V. Bams, m. wet. geol., projectleider, laboratorium Mineralogie en microstructuur, WTCB

B | Belangrijkste richtlijnen uit de norm NBN B 06-001 voor het opmeten van muur- of vloerbekledingen uit keramische tegels en dit, zowel voor binnen- als buitentoepassingen.

Keramische tegels
De te bekleden oppervlakken worden gemeten in m ² .
Een geïsoleerd voorkomende bekleding met een oppervlakte kleiner dan of gelijk aan 0,50 m ² wordt gemeten in stuks, met vermelding van de afmetingen.
Banden met een maximale breedte van 0,30 m worden gemeten in m, met vermelding van de breedte.
De afmetingen voor het bepalen van de lengte of de oppervlakte zijn de afmetingen tussen de naakte muren, dus vóór het aanbrengen van de bekleding en zonder rekening te houden met de voegen.
Openingen en onderbrekingen kleiner dan 0,50 m ² worden niet afgetrokken.
Beëindigingen, in- en uitwendige hoeken en ontmoetingen (sic) (d.w.z. plaatsen waar de tegels elkaar raken) waarop bijzondere vormstukken toegepast worden, worden afzonderlijk gemeten in m per soort.

Hoewel calciumsulfaatgebonden giet(dek)vloeren – beter bekend als anhydrietdekvloeren – reeds vele jaren beschikbaar zijn op de Belgische markt, is het gebruik ervan nog zeer beperkt. Dit artikel heeft als oogmerk om de aannemer van vloerwerken meer inzicht te verschaffen in de eigenschappen van dit type dekvloeren.

Calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren: de dekvloeren van de toekomst?

Voordelen van calciumsulfaatgebonden dekvloeren

Het gebruik van calciumsulfaatgebonden dekvloeren heeft tal van voordelen te bieden. Zo beschikken ze over een hoge mechanische sterkte, leveren ze een homogene kwaliteit op en zijn ze (nagenoeg) niet krimpgevoelig (zie [Infofiche 58](#)). Bovendien is de kwaliteit ervan de laatste jaren aanzienlijk verbeterd. Er moet echter wel rekening gehouden worden met de ther-

mische werking ten gevolge van temperatuurvariaties. Doordat gietvloeren rechtstaand uitgevoerd worden, is de plaatsing overigens minder arbeidsintensief en kan deze sneller gebeuren. De ondergrond moet echter wel zorgvuldig voorbereid worden: alle openingen en uitsparingen (bv. trapgaten, leidingschachten ...) moeten afgedicht worden om lekken te voorkomen. In het geval van een uitvoering op een folie dienen de overlappingen afgeplakt te worden om een waterdichte kuip te vormen.

De meeste calciumsulfaatgebonden dekvloeren die momenteel op de Belgische markt te verkrijgen zijn, vormen – bij aanmaak volgens de regels van de kunst – geen bindmiddeluid meer aan het oppervlak, waardoor het overbodig wordt om ze te schuren.

Hoge mechanische sterkte

De [Technische Voorlichtingen 189](#) en [193](#) over dekvloeren schrijven een minimale druksterkte van 8 N/mm² voor. Ze leggen echter geen eisen op voor de buigtreksterkte en de oppervlaktehechtsterkte.



Uitvoering van een calciumsulfaatgebonden dekvloer.

Goed verdichte cementgebonden handgesmeerde dekvloermortels behalen doorgaans een buigtreksterkte van zo'n 1 à 2 N/mm² en een oppervlaktehechtsterkte van 0,5 tot 1 N/mm². Mits een goede verdichting en een cementshoeveelheid van 200 à 250 kg per m³ zand, beantwoordt dit type dekvloeren aan de minimumeis van 8 N/mm² voor de druksterkte. Uit een literatuurstudie en recente proeven door het WTCB en de UGent is evenwel gebleken dat calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren veelal druksterktes behalen tussen de 20 en 30 N/mm², buigtreksterktes tussen de 4 en 8 N/mm² en oppervlaktehechtsterktes tussen de 1 en 1,8 N/mm². De mechanische eigenschappen van gietvloeren liggen dus gevoelig hoger dan deze van traditionele handgesmeerde cementgebonden dekvloeren, die in België het vaakst toegepast worden. Verdichting



Vereiste dekvloerdikte volgens de normen DIN 18560 en NEN 2742.

Buigtreksterkteklasse	Buigtreksterkte [N/mm ²]	Dikte zonder vloerverwarming [mm]	
		Woongebouw	Kantoorgebouw
		Puntlast 1,5 kN of lijnlast 5 kN/m	Puntlast 3,0 kN of lijnlast 10 kN/m
F1	1,0	70	95
F2	2,0	50	70
F3	3,0	40	55
F4	4,0	35	50
F5	5,0	30	45
F6	6,0	30	40
F7	7,0	25	35

heeft een belangrijke invloed op de uiteindelijke sterkte van de traditionele dekvloeren. Bij gietvloeren wordt er niet zozeer verdicht, maar eerder ontluicht of gedobberd met een drijfzand, wat een kleinere invloed heeft op de uiteindelijke sterkte. Deze fase is echter wel noodzakelijk, want ondanks het feit dat gietdekvloeren dikwijls aangeduid worden als zelfnivellerend, zijn ze dit immers niet ...

De hoge mechanische sterkte en in het bijzonder de oppervlaktehechtsterkte van dit type gietvloeren maakt hen uiterst geschikt voor de toepassing van harsgebonden vloeren en gelijkde vloerbedekkingen zoals parket, PVC en linoleum. In de herziening van de TV 218 met betrekking tot parketten wordt namelijk een oppervlaktehechtsterkte van 0,8 N/mm² gevraagd. De herziening van de TV 216, die naast harsgebonden bedrijfsvloeren ook residentiële toepassingen zal omvatten, eist op haar beurt een minimale druksterkte van 20 N/mm² en een oppervlaktehechtsterkte van minstens 1 N/mm².

Uitvoeringsdiktes voor zwevende dekvloeren

In Duitsland en Nederland wordt de voorgeschreven uitvoeringsdikte voor zwevende dekvloeren sinds enkele jaren gekoppeld aan de buigtreksterkte en dit, door middel van de normen DIN 18560 en NEN 2742 (zie bovenstaande tabel).

Naarmate de buigtreksterkte van het dekvloermateriaal stijgt, daalt de uitvoeringsdikte van de dekvloer. Aangezien de buigtreksterkte van calciumsulfaatgebonden gietvloeren eerder aan de hoge kant ligt, kunnen deze vloeren voor eenzelfde toepassing met andere woorden in kleinere diktes uitgevoerd worden dan traditionele dekvloeren.

De TV 189 formuleert een aantal aanbevelingen voor de minimale dikte van dekvloeren, op basis van hun bindmiddel en het type dekvloer (hechtend, niet-hechtend, zwevend of met vloerverwarming). In de TV 193 wordt de dikte van zwevende dekvloeren voorgeschreven in functie van de samendrukbaarheid van het isolatiemateriaal. De aanbevelingen uit de Duitse en de Nederlandse normen liggen in dezelfde lijn als deze uit de TV 193. Het verband tussen de uitvoeringsdikte en de buigtreksterkte van het eigenlijke dekvloermateriaal komt in voormelde TV's evenwel niet aan bod.

Vochtgevoeligheid

Calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren zijn van nature vochtgevoeliger dan cementgebonden dekvloeren. Indien de afwerker te snel overgaat tot de afwerking van de gietdekvloer of indien de gietdekvloer na de afwerking opnieuw bevochtigd wordt (bv. door opstijgend vocht, bouwvocht of infiltratie), is het risico op hechtingsproblemen bijzonder groot. Het met de carbidefles gemeten

restvochtgehalte van deze gietvloeren dient dus tot onder welbepaalde drempelwaarden gezakt te zijn alvorens ze afgewerkt mogen worden. Na meting dient de dekvloer ook droog te blijven. De grenswaarden variëren naargelang van het type afwerkingsmateriaal.

Indien men voor de plaatsing van keramische tegels op calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren gebruikmaakt van een cementgebonden tegellijm, moet er eerst een daartoe geschikte primer aangebracht worden. Hierdoor wordt het risico op ettringietvorming (d.i. een expansief zout dat zich in de tussenlaag van de gietvloer en de mortellijm ontwikkelt) en de ermee gepaard gaande hechtingsproblemen drastisch beperkt. Een goed alternatief voor het gebruik van mortellijmen is de toepassing van een gipsgebonden tegellijm. Doordat beide materialen een gipsbasis hebben, zijn ze onderling immers beter verenigbaar. In voorkomend geval moet er geen primer aangebracht worden en mag het restvochtgehalte van de dekvloer vóór de plaatsing volgens de voorschriften van de lijmfabrikanten doorgaans iets hoger zijn dan de grenswaarden die momenteel vermeld staan in de TV 237 (meer bepaald 1 % in plaats van 0,5 %). De technische steekkaart van de tegellijm dient hierover uitsluitsel te geven. ■

*T. Vangheel, ir., adjunct-laboratoriumhoofd,
laboratorium Ruwbouw- en
afwerkingsmaterialen, WTCB*





Een verf kan voor verschillende doeleinden op een (geprefabriceerde of ter plaatse gestorte) betonnen ondergrond aangebracht worden. Om een duurzaam resultaat te bekomen dat aan de behoeften beantwoordt, moet men echter steeds een aantal aandachtspunten in acht nemen. Dit artikel beschrijft de belangrijkste prestaties van coatings voor beton, gaat dieper in op bepaalde pathologieën en formuleert enkele aanbevelingen om deze te vermijden.

Toepassing van verf op betonnen ondergronden

Gelet op de uitvoering en de structuur van een beton, kan dit op verschillende manieren afgewerkt worden. Zo kan het ruw blijven, een oppervlaktebehandeling krijgen (uitgewassen beton ...) dan wel bepleisterd of geverfd worden. De toepassing van een coating kan tot doel hebben om de esthetiek te verbeteren of om bijkomende functionaliteiten toe te voegen (bv. weerstand tegen biologische agentia ...). Voor bepaalde binnen- of buitentoepassingen heeft de coating voornamelijk als oogmerk om een zekere bescherming te bieden aan het beton en om zijn duurzaamheid te verbeteren.

Classificatie

Coatings voor beton vallen onder de normenreeks NBN EN 1062-1 tot 11 en de norm NBN EN 1504-2.

De normen **NBN EN 1062-1 tot 11** behandelen **coatings voor buitentoepassin-**

gen. Ze hebben niet alleen betrekking op de decoratieve systemen, maar ook op de meer technische producten (bv. coatings met wapeningen) die onder meer een hogere scheurweerstand kunnen vertonen ($> 2,5$ mm) of een zekere bescherming kunnen bieden aan het beton (bv. weerstand tegen CO_2). Vermits deze normen niet geharmoniseerd zijn, houden ze geen verplichting in om een Europese markering te verkrijgen. Deze normen stellen echter wel een algemeen classificatiesysteem voor dat enerzijds een identificatie van het bindmiddel en het oplosmiddel omvat en anderzijds de uitzichtseigenschappen (glans en afmetingen van de grootste korrels) en de prestaties vermeldt (doorgaans uitgedrukt door de EVWA-nomenclatuur; zie tabel).

De norm **NBN EN 1504-2** behandelt op zijn beurt de eisen voor **beschermingscoatings voor beton**. Deze producten kunnen zowel binnen als buiten toege-

past worden, maar bieden slechts een zeer beperkte kleurkeuze. Ze hebben immers als voornaamste doel om het beton te beschermen en zodoende zijn duurzaamheid ten opzichte van fysieke of chemische belastingen (erosie, vorst/dooi ...) te verbeteren. Vermits het een geharmoniseerde norm betreft, is het verplicht om een CE-markering te verkrijgen. Deze coatings worden vaak preventief gebruikt om de indringing van pathogene stoffen (bv. CO_2 , chloriden, sulfaten ...) in het beton te beperken. Wanneer de wapeningen corrodereren ten gevolge van de carbonatatie van het beton (vaak voorkomend schadegeval), laat de toepassing van een dergelijke coating toe om de corrosie aanzienlijk te beperken door de waterindringing in het beton te verminderen. Deze coatings verbeteren eveneens de weerstand van het materiaal tegen vorst/dooi-cycli of tegen specifieke chemische belastingen (industriële omgeving, vervuiling, zuren ...). De norm NBN EN 1504-2 stelt

Prestaties van de coatings volgens de norm NBN EN 1062-1 (zie ook bijlage A van de TV 249).

E: dikte van de droge film [μm]	V: waterdampdoorlatendheid (S_d) [m]	W: waterdoorlatendheid [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$]	A: scheurbestendigheid ⁽¹⁾ [μm]	C: CO_2 -doorlatendheid ⁽²⁾ (S_d) [m]
• $E1 \leq 50$ • $50 < E2 \leq 100$ • $100 < E3 \leq 200$ • $200 < E4 \leq 400$ • $400 < E5$	• V_0 (geen eis) • V_1 (groot): $< 0,14$ • V_2 (gemiddeld): $\geq 0,14$ en $< 1,4$ • V_3 (zwak): $\geq 1,4$	• W_0 (geen eis) • W_1 (groot): $> 0,5$ • W_2 (gemiddeld): $> 0,1$ en $\leq 0,5$ • W_3 (zwak): $\leq 0,1$	• A_0 (geen eis) • A_1: > 100 • A_2: > 250 • A_3: > 500 • A_4: > 1.250 • A_5: > 2.500	• C_0 (geen eis) • C_1: > 50
(1) Vermogen van de coating om niet te scheuren wanneer er zich in het beton een scheur vormt. Het overbruggen van de scheur maakt het mogelijk om een bepaalde (water)dichtheid te behouden. (2) Beoordeling van de invloed van de coating op de carbonatatie van het beton. De drempel van 50 m komt overeen met een aanzienlijke vermindering van de carbonatatiesnelheid.				



1 | Beschadiging van een alkylidverf die op een niet-gecarbonateerde betonnen ondergrond en bij aanwezigheid van vocht toegepast werd.



2 | Blaasvorming aan het oppervlak van een donkerkleurige verf die toegepast werd op een betonnen ondergrond.

Blaasvorming kan doorgaans toegeschreven worden aan een toename van de gasdruk in de onder het oppervlak gelegen poriën ten gevolge van een temperatuurstijging.

vele eisen die strenger blijken te zijn dan de eisen uit de norm NBN EN 1062-1. Verder vermeldt de norm NBN EN 1504-2 ook een aantal duurzaamheidscriteria (bv. weerstand tegen veroudering ...).

We willen er eveneens op wijzen dat er voor beschermingscoatings voor beton een BENOR-merk bestaat. De door dit merk gestelde eisen zijn opgenomen in de PTV 562 en komen grotendeels overeen met deze uit de norm NBN EN 1504-2, op het feit na dat er bijkomende eigenschappen vermeld worden (bv. kleurstabiliteit, afspoelbaarheid ...) en dat er in bepaalde gevallen strengere prestaties opgelegd worden dan in de norm.

Applicatie

Hoofdstuk 5 van de TV 249 geeft een stapsgewijze beschrijving van de voorbereiding en de applicatie van verfsystemen voor muurtoepassingen. We willen eraan herinneren dat het bij betonnen ondergronden niet mogelijk is om voor de afwerking uitvoeringsgraad III te bekomen. De oorspronkelijke staat van de ondergrond is immers bepalend voor het eindresultaat en de coatings kunnen de gebreken in het beton niet verdoe-

zelen. Indien men een glad en uniform uitzicht wenst te bekomen, dient men eerst het oppervlak bij te werken met specifieke mortels en pleisters. Voor vloertoepassingen moet men de TV 216 raadplegen die momenteel in herziening is (zie de WTCB-Dossiers 2017/3.9).

Specifieke gebreken

Coatings op beton kunnen gelijkaardige gebreken vertonen als coatings aangebracht op andere minerale ondergronden. De toepassingsvoorwaarden van de verven op beton (temperatuur, vochtigheid ...) worden besproken in hoofdstuk 5 van de TV 249 en de voornaamste schadegevallen worden aangehaald in hoofdstuk 7. Bepaalde gebreken zijn echter eigen aan deze ondergrond, zoals:

- **de onverenigbaarheid met alkylidverven** (zie afbeelding 1). Deze verven ontbinden wanneer ze op een niet-gecarbonateerde ondergrond en bij aanwezigheid van vocht toegepast worden (verzeping). Indien men dergelijke verven toch wenst aan te wenden, bestaat de beste oplossing erin om eerst een onverzeepbare primer aan te brengen die rechtstreeks contact tussen de verf en de ondergrond vermijdt

- **blaasvorming** (zie afbeelding 2). Dit schadebeeld treedt voornamelijk op bij gladde oppervlakken en donkerkleurige verven. Dit verschijnsel wordt doorgaans toegeschreven aan een toename van de gasdruk in de onder het oppervlak gelegen poriën ten gevolge van een temperatuurstijging. De problematiek rond donkerkleurige verven en de oplossingen hieromtrent werden behandeld in de WTCB-Dossiers 2015/2.13

- **blaasvorming in epoxy- of polyurethaanverven**. Ondanks een goede hechting kunnen er zich enkele weken of zelfs maanden na de applicatie van de verf blazen beginnen te vormen. Er worden verschillende theorieën naar voren geschoven om dit verschijnsel te verklaren: osmotische drukken of hechtingsgebreken en een onvolledige vernetting van het polymeer. In beide gevallen zorgt het vocht voor een toename van de druk in het beton. Het vochtgehalte moet bijgevolg gecontroleerd worden alvorens de coating aan te brengen (zie de WTCB-Dossiers 2017/3.9).

E. Cailleux, dr., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Hout en coatings, WTCB

Naast de traditionele waterverzachters die al jaar en dag aangewend worden om de vorming van kalkafzettingen tegen te gaan, bestaan er tegenwoordig ook tal van andere technieken die hiertoe in staat zijn. Ter beoordeling van hun effectieve vermogen om de kalkvorming in een sanitairwarmwaterinstallatie te beperken, kan men voortaan zijn toevlucht nemen tot een laboratoriumproef.

Beoordeling van de prestaties van antikalkbehandelingen

Het water in België: meer hard dan zacht

Het leidingwater in België is voornamelijk halfhard tot hard. Dit wil zeggen dat het een zekere hoeveelheid calciumionen en – in mindere mate – magnesiumionen bevat. Deze hoeveelheid of concentratie wordt de totale hardheid (TH) van het water genoemd en wordt uitgedrukt in Franse graden (°f of °fH). Vanaf 30 °f wordt water doorgaans als hard beschouwd (zie onderstaande tabel). Met uitzondering van het noorden van Vlaanderen en het zuidoosten van België schommelt de hardheid van het leidingwater in België meestal tussen de 30 en 45 °f.

Hoewel hard leidingwater niet schadelijk is voor de gezondheid, brengt het toch enkele nadelen met zich mee. Zo geeft het aanleiding tot kalkafzettingen op het oppervlak van de sanitaire installaties, in het bijzonder wanneer het water verwarmd wordt. Deze afzettingen zijn niet alleen onesthetisch, maar hebben ook op technisch vlak belangrijke gevolgen, zoals de vermindering van het waterdebiet, de vorming van slib, het slecht functioneren van de sanitaire accessoires en het verlies van het thermische rendement van de verwarmings-elementen. Dit verklaart waarom tal van eigenaars op zoek gaan naar toestellen die in staat zijn om de vorming van kalkafzettingen tegen te gaan.

De traditionele verzachter is niet langer alleenheersend

Hoewel de waterverzachter op basis van ionenuitwisseling gedurende lange tijd

de enige oplossing tegen kalkvorming vormde, bestaan er tegenwoordig tal van toestellen die berusten op andere technische principes. Zo zijn er vandaag de dag ook verschillende toestellen die werken via magnetische en elektromagnetische processen op de markt te verkrijgen evenals toestellen die gebruikmaken van CO₂-injecties en zinken anodes.

Aangezien de traditionele waterverzachters de calcium- en magnesiumionen omzetten in natriumionen, kan hun vermogen om de kalkafzettingen te beperken eenvoudig beoordeeld worden door na de behandeling de waterhardheid te meten. De andere voormelde toestellen wijzigen de waterhardheid daarentegen niet, waardoor deze methode niet toelaat om de prestaties ervan na te gaan. Bijgevolg kon het WTCB geen adviezen verstrekken omtrent hun doeltreffendheid. Het aantal aanvragen tot advies hieromtrent gaat echter in stijgende lijn. Het WTCB zag zich daarom verplicht om ook voor dit type toestellen een relevante beoordelingsmethode op punt te stellen.

Een nieuwe beoordelingsmethode voor antikalktoestellen

In het kader van de door de FOD Economie gesubsidieerde prenormatieve studie Evacode heeft het WTCB in zijn laboratorium een methode ontwikkeld ter

beoordeling van het effectieve vermogen van waterbehandelingstoestellen om kalkafzettingen in een sanitairwarmwaterinstallatie te beperken. Het op de Duitse W 512-procedure gebaseerde evaluatieprincipe berust op de vergelijking van de hoeveelheid kalk die gevormd wordt in een boiler gevoed door met een antikalktoestel behandeld water enerzijds en een tweede boiler gevoed door onbehandeld water anderzijds. Het behandelde en onbehandelde water wordt hierbij gelijktijdig naar twee individuele warmwaterkringen getransporteerd die respectievelijk post A en post B genoemd worden (zie schema op de volgende pagina). Het voor de proef gebruikte stadswater wordt hierbij op een gecontroleerde manier verrijkt met natriumbicarbonaat en calciumchloride om het kalkrijker te maken. Vervolgens wordt het water op identieke wijze verdeeld over de posten A en B waar het tot 60 °C verwarmd wordt.

In het kader onder het schema worden de gehanteerde proefomstandigheden opgesomd.

Na 21 dagen van warmwaterproductie worden de kalkafzettingen op de wand, de bodem en de elektrische weerstand van de boiler verzameld. Vervolgens worden de totale massa's van de afzettingen van de twee proefposten (M_A en M_B) vergeleken. De verhouding tussen deze beide massa's, de E-factor

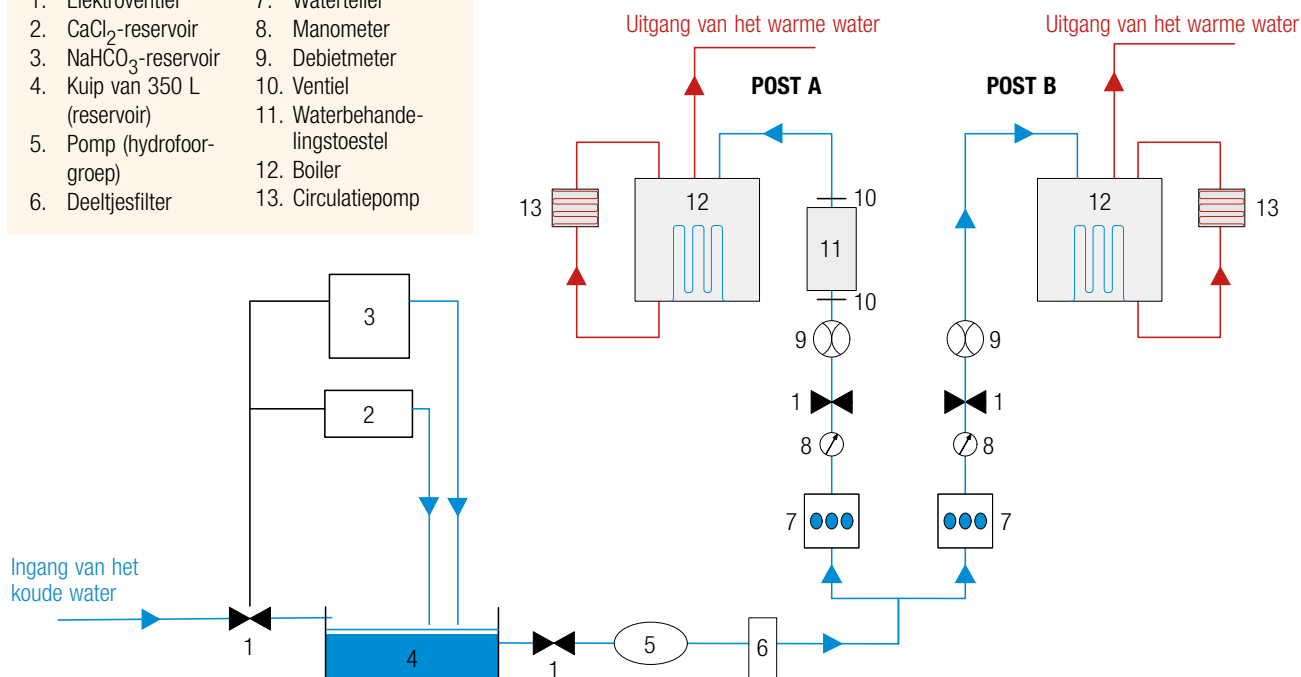
Waterhardheidsschaal.

Hardheid	0-7 °f	7-15 °f	15-30 °f	30-45 °f	> 45 °f
Water	Zeer zacht	Zacht	Halfhard	Hard	Zeer hard



Proefprocedure op twee individuele posten.

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Elektroventiel | 7. Waterteller |
| 2. CaCl_2 -reservoir | 8. Manometer |
| 3. NaHCO_3 -reservoir | 9. Debietmeter |
| 4. Kuip van 350 L (reservoir) | 10. Ventiel |
| 5. Pomp (hydrofoorgroep) | 11. Waterbehandelingstoestel |
| 6. Deeltjesfilter | 12. Boiler |
| | 13. Circulatiepomp |



Proefomstandigheden

- Watertemperatuur: $\pm 60^\circ\text{C}$
- Verbruik: 130 L/dag (regelmatige afnames van 5 en 10 liter gedurende 16 uur en een stagnatieperiode van 8 uur)
- Duur van de proef: 21 dagen
- Totaal verbruik: $\pm 2,7 \text{ m}^3$

genoemd, kan beschouwd worden als de uitdrukking van het effectieve vermogen van een antikalktoestel om de vorming van kalkafzettingen in voormelde proefomstandigheden te beperken:

$$E\text{-factor} = \frac{(M_B - M_A)}{M_B} * 100$$

Naarmate de E-factor van een toestel stijgt, verbetert zijn vermogen om de vorming van kalkafzettingen in de installatie tegen te gaan.

Eerste proeven en resultaten

Tot op heden werd er in het laboratorium 'Bouwchemie' van het WTCB voor elk van voormelde toestellen één enkel

model beproefd volgens het hierboven beschreven procedé.

Het effectieve vermogen van de verzachter op basis van ionenuitwisseling die ingesteld is om water van 15°F te verdelen, bedraagt in voormelde proefomstandigheden zo'n 90 %, terwijl die van de meeste andere beproefde antikalktoestellen lager lag of in bepaalde gevallen zelfs verwaarloosbaar was. Het CO_2 -injectietoestel bleek dan weer wel bijzonder performant te zijn. Zo leunde zijn resultaat dicht aan bij dat van de op 15°F ingestelde verzachter.

Weldra zullen er ook nog andere modellen beproefd worden om een algemeen advies te kunnen formuleren omtrent de

doeltreffendheid van de verschillende antikalkbehandelingen die in de sector van de waterbehandeling voorgesteld worden. Bovendien zullen er ook andere proefomstandigheden in beschouwing genomen worden om onder meer de invloed van de aard en de lengte van de waterleidingen te kunnen bepalen.

Besluit

Vroeger kon het WTCB enkel adviezen verstrekken over de doeltreffendheid van antikalktoestellen waarbij het in het water aanwezige calcium en magnesium geëlimineerd werd. Vandaag de dag beschikt het Centrum echter over een relevante algemeen bruikbare methode ter beoordeling van het vermogen om de vorming van kalkafzettingen in sanitair-warmwaterinstallaties te beperken. Dat wil zeggen dat elke fabrikant, aannemer of installateur voortaan een beroep zal kunnen doen op het WTCB om het effectieve vermogen van een antikalktoestel te beoordelen en deze informatie ook zal kunnen doorgeven aan zijn klant. **I**

*P. Steenhoudt, ir., laboratoriumhoofd,
laboratorium Bouwchemie, WTCB*



Via de WTCB-Mail (zie www.wtcb.be) blijft u op de hoogte van de verschijning van de lange versie van dit artikel: WTCB-Dossiers 2017/4.12



Men heeft de laatste tijd alsmaar vaker te kampen met hittegolven, die in de zomer een oververhitting van onze woningen met zich mee kunnen brengen. Maar kan dit verschijnsel vermeden worden? Welke maatregelen kan men treffen om ondanks hoge buitentemperaturen een comfortabele binnentemperatuur te behouden? Hoewel tal van parameters een invloed hebben op het risico op oververhitting, wordt in dit artikel duidelijk dat het vooral de acties van de bewoners zelf zijn die toelaten om comfortabele binnentemperaturen te handhaven.

Het thermische comfort in de zomer handhaven

Iets te warme binnentemperaturen in de zomer

Het WTCB heeft in samenwerking met de UCL een tevredenheidsenquête gehouden bij 149 huiseigenaars. De onderzochte huizen werden grotendeels gebouwd tussen 2008 en 2012 en vertoonden betere energieprestaties dan deze die destijds opgelegd werden. Het energieprestatieniveau E_w van deze huizen bedroeg gemiddeld 55 en was steeds kleiner dan of gelijk aan 100 (globaal

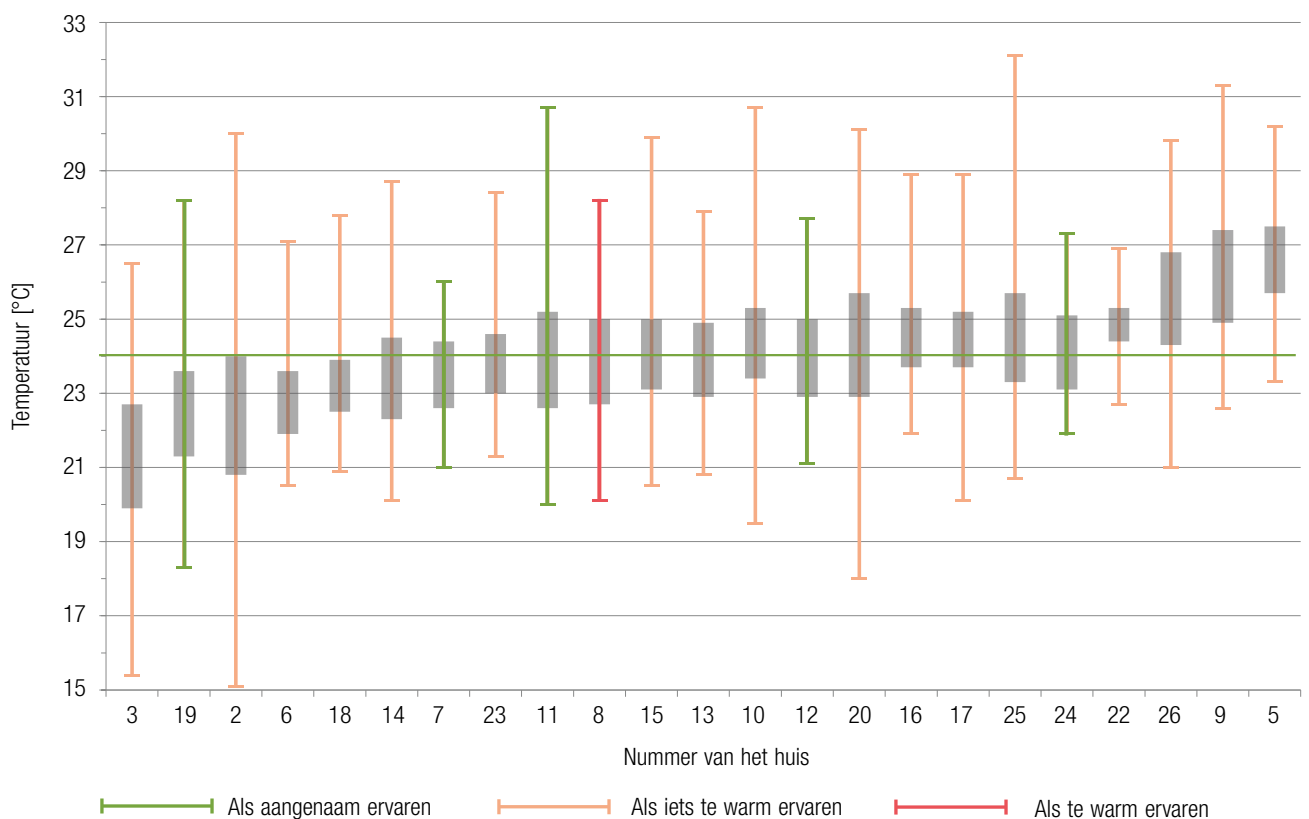
isolatiepeil K begrepen tussen 13 en 43). Daarnaast werden er ook een tiental passiefhuizen onderzocht en werden er verschillende bouwmethoden (houtskelet, metselwerk ...) en technische installaties (type ventilatie en warmteopwekking ...) in aanmerking genomen.

Uit deze enquête is gebleken dat er in de zomer voornamelijk in de woonkamer en de slaapkamers een zeker gevoel van discomfort heerst. Zo vindt meer dan 60 % van de eigenaars de binnentem-

peratuur op die plaatsen 'iets te warm' of zelfs 'te warm'.

De gevoeligheid van de bewoners heeft een invloed op het ondervonden discomfort

In 23 van de 149 in de enquête bestudeerde huizen werden er gedurende een jaar (2016) verschillende metingen van het binnenklimaat uitgevoerd (temperatuur, relatieve vochtigheidsgraad en



Binnentemperatuur die in de nachten van 21 juni tot 22 september 2016 om de vijf minuten gemeten werd.



Voorbeeld van de efficiëntie van een intensieve nachtelijke ventilatie voor twee aanpalende huizen (zie grafiek op de vorige pagina).

Eigenschap	Huis nr. 3	Huis nr. 5
Intensieve natuurlijke nachtventilatie	Ja	Neen
Beschermd volume	449 m ³	567 m ³
Globaal isolatiepeil K	13	
Inertie	Weinig massieve structuur	
Voornaamste oriëntatie van de beglazing	Zuiden	
Ventilatievoud bij n_{50}	0,64 h ⁻¹	0,57 h ⁻¹
Gemiddelde gemeten temperatuur	21,4 °C	26,7 °C

CO₂-concentratie). Bij de selectie van de onderzochte huizen werd er rekening gehouden met dezelfde criteria als in de eerste groep woningen. We willen er eveneens op wijzen dat geen enkel van de 23 huizen uitgerust was met een airconditioningsysteem.

De grafiek op de vorige pagina geeft de binnentemperatuur in de 23 ouderlijke slaapkamers weer die van 21 juni tot 22 september 2016 om de vijf minuten gemeten werd en dit, enkel 's nachts van 22 u tot 6 u.

De in de huizen nrs. 8, 13 en 12 gemeten temperaturen illustreren de verschillen in de gevoeligheid van de bewoners. Zo kunnen sommigen een bepaalde binnentemperatuur als 'aangenaam' ervaren, terwijl anderen deze 'iets te warm' of zelfs 'te warm' kunnen vinden.

Een te hoge binnentemperatuur kan de slaapkwaliteit in het gedrang brengen

Het Britse CIBSE (*Chartered Institution of Building Services Engineers*) raadt voor gebouwen die niet uitgerust zijn met een

airconditioningsysteem een maximale binnentemperatuur van 24 °C aan in de slaapkamers. Onderzoek heeft immers aangetoond dat dit de grens is waarop de slaapkwaliteit begint af te nemen.

Uit het door het WTCB gevoerde onderzoek is evenwel gebleken dat de grens van 24 °C in het merendeel van de huizen regelmatig overschreden wordt.

Eenvoudige maatregelen om te vermijden dat de temperatuur zou stijgen

Aangezien nieuwe gebouwen beter geïsoleerd en luchtdichter zijn, zou men ervan uit kunnen gaan dat ze ook beter beschermd zijn tegen oververhitting. Anderen stellen dan weer dat de warmte die zich overdag binnenshuis opstapelt 's nachts moeilijker zal wegtrekken, wat het risico op oververhitting doet toenemen.

Uit een diepgaandere analyse van de gemeten temperaturen is nochtans gebleken dat de binnentemperatuur sterk beïnvloed wordt door bepaalde fundamentele maatregelen en dit, ongeacht de bouwmethode, de gebouwschil

of zelfs het isolatieniveau. Deze maatregelen belangen zowel de ontwerper, de aannemer als de bewoner zelf aan:

- **vanaf de ontwerpfase moeten er buitenzonneweringen voorzien worden.** Slechts 15 % van de 149 eigenaars heeft geantwoord dat zijn huis uitgerust is met buitenzonneweringen die reeds in het ontwerp voorzien waren. Bovendien beschikten slechts 5 van de 23 bestudeerde huizen over buitenzonneweringen, terwijl er bij het ontwerp voorzien was dat dit bij de helft van de huizen het geval zou zijn
- de bewoners moeten erop **toezien dat de zonnwinsten die door de vensters binnendringen zo veel mogelijk beperkt worden.** Bij gebrek aan buitenzonneweringen kunnen lichtkleurige binnenzonneweringen een deel van de zonnwinsten tegenhouden
- tot slot wordt de **intensieve natuurlijke nachtventilatie nog te vaak over het hoofd gezien**, ondanks het feit dat haar doeltreffendheid tegen oververhitting in de zomer buiten kijf staat (zie bovenstaande tabel). Sommige huizen beschikken echter niet over de juiste uitrusting om een dergelijke ventilatie te kunnen waarborgen (bv. gebrek aan horren, risico op inbraak op het gelijkvloers ...). Daarnaast zijn sommige eigenaars zich er niet van bewust dat hun hygiënische-ventilatiesysteem niets afdoet aan de noodzaak van een intensieve natuurlijke nachtventilatie. Het is daarom essentieel om de gebruikers bij de oplevering van de werken hierover te informeren. **I**

V. Vanwelve, ir., projectleider,
laboratorium Licht, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van het MEASURE-project met de steun van de DGO4 van het Waalse Gewest.

Hoe deze grafiek interpreteren?

Bij wijze van voorbeeld gaan we uit van de slaapkamer van huis nr. 12, waarvan de eigenaars vinden dat er een aangename temperatuur heerst (weergegeven door de groene kleur). Tijdens de zomernachten van 2016 schommelde deze temperatuur tussen de 21 °C en 28 °C. Voor 25 % van de metingen lag de binnentemperatuur onder de 23 °C en voor een andere 25 % bedroeg ze meer dan 25 °C. Dit betekent dat de temperaturen voor 50 % van de metingen, dus de helft van de tijd, schommelden tussen de 23 °C en 25 °C (weergegeven door de grijze rechthoek).

In het WTCB-Tijdschrift 2001/1 werden de akoestische prestaties van houten vloeren reeds uitgebreid geanalyseerd. In voorliggend artikel gaan we dieper in op enkele courante en vernieuwende oplossingen om deze prestaties te verbeteren teneinde een normaal of een verhoogd akoestisch comfort tussen woningen te behalen.

Akoestische renovatie van houten vloeren

De lucht- en contactgeluidsisolatie van traditionele houten vloeren is vaak zeer zwak. Wanneer deze vloeren twee woningen scheiden, zullen hun prestaties nagenoeg steeds ontoereikend zijn om aan de huidige eisen uit de akoestische norm NBN S 01-400-1 te voldoen. De geluidsisolatie van dergelijke vloeren kan gelukkig wel aanzienlijk verbeterd worden door verhoogde vloersystemen en/of verlaagde plafondsysteem uit te voeren. Afhankelijk van de randvoorwaarden (bv. plaats, budget, eigendom ...) komen deze oplossingen soms echter niet in aanmerking. Daarom heeft het WTCB in het kader van verschillende projecten (AH+, STAR, Do-It Houtbouw ...) en in samenwerking met diverse fabrikanten in zijn akoestische laboratorium een aantal uitgebreide meetcampagnes gevoerd om hiervoor innovatieve oplossingen te vinden.

1 De lucht- en contactgeluidsisolatie van houten vloeren

In oude woningen staan de houten

vloeren vaak in verbinding met verticale, zware metselwerkwallen. Wanneer deze vloeren echter gerenoveerd worden met het oog op een akoestische verbetering, wordt de maximaal haalbare **luchtgeluidsisolatie** beperkt door de flankerende geluidstransmissie via deze wallen (zie pijl F-f in onderstaande afbeelding). Dit is te wijten aan het grote massaverschil tussen deze vloeren en de dragende wallen (zie WTCB-Tijdschrift 2001/1). Om een normaal akoestisch comfort te behalen, moeten doorlopende massieve wallen waarvan de oppervlakttemassa kleiner is dan deze van uit 30 cm dikke baksteen bestaande wallen (m.a.w. 390 kg/m²), op minstens één verdieping voorzien worden van een akoestisch efficiënte voorzetwand ($\Delta R_w \geq 12$ dB, zie de WTCB-Dossiers 2013/4.14). Wanneer men een verhoogd akoestisch comfort beoogt, moet er op beide verdiepingen een dergelijke voorzetwand geïnstalleerd worden.

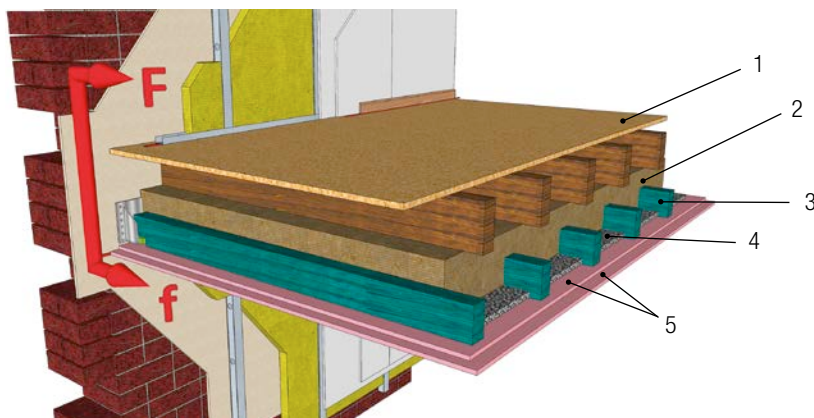
Wat de **contactgeluidsisolatie** van houten vloeren betreft, speelt de flanke-

rende geluidstransmissie een minder belangrijke rol en is de directe transmissie doorslaggevend. Bijgevolg kan een vloersysteem louter op basis van zijn in het laboratorium aangetoonde contactgeluidsisolatieprestatie geselecteerd worden.

2 Innovatieve oplossingen

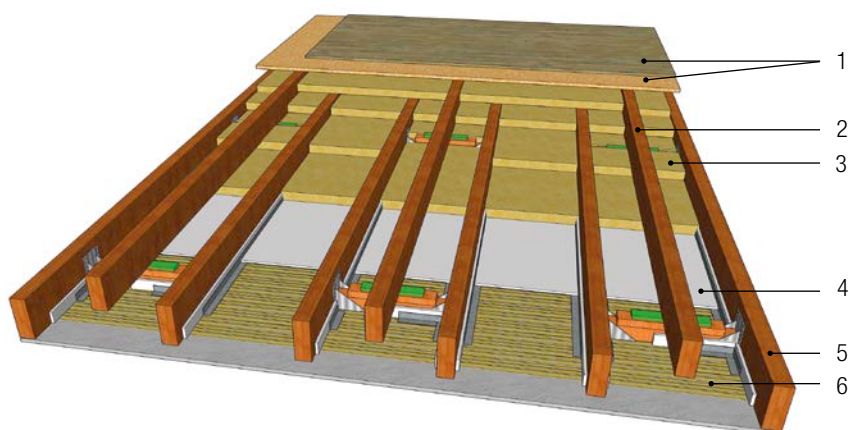
2.1 Bij vloeren met zichtbare draagbalken

Wanneer men enkel langs de bovenzijde kan ingrijpen, dan is het voor een basisvloer met zichtbare draagbalken praktisch onmogelijk om te voldoen aan de eisen voor een normaal akoestisch comfort tussen woningen. Wanneer men daarentegen enkel langs onder kan werken, dan heeft men de mogelijkheid om een volledig onafhankelijk verlaagd plafond te plaatsen en dit, door middel van een bijkomende balkenlaag (zie afbeelding 1) of een metalen regelwerk. In voorkomend geval zal men wel een bevredigend akoestisch comfort kunnen bereiken.



1 | Vloeropbouw met een onafhankelijk verlaagd plafond op een bijkomende balkenlaag waarmee men een verhoogd akoestisch comfort kan bereiken.

1. 22 mm dikke OSB-plaat op bestaande balken
2. Plenum ≥ 40 cm gevuld met ≥ 20 cm minerale wol
3. Bijkomende balkenlaag, trillingsontkoppeld van de wand via elastische pads
4. ≥ 25 mm steenslag (zonder deze laag kan men een normaal akoestisch comfort behalen)
5. Twee 15 mm dikke brandwerende gipsplaten (geen contact met de wand en de balkschoenen)



1. 18 mm dikke multiplex-plaat en 22 mm dikke OSB-plaat (geen contact met de bestaande balken)
2. Nieuwe balken op 15 mm dikke elastomeerpads op klossen, aangebracht tussen de bestaande balken
3. Plenum ≥ 20 cm volledig gevuld met minerale wol
4. Brandwerende platen op L-profielen tussen de bestaande balken
5. Bestaande balken
6. Bestaand plafond bestaande uit pleisterwerk op latjes

2 | Vloeropbouw met een bijkomende trillingsontkoppelde balkenlaag op houten klossen waarmee een normaal akoestisch comfort behaald kan worden.

2.2 Bij plafonds uit pleisterwerk op latjes

In herenhuizen bestaan de plafonds vaak uit pleisterwerk op latjes, waarvan de massa sterk kan variëren (van zo'n 20 tot 60 kg/m²) naargelang van de dikte en het type van de pleister of de mortel.

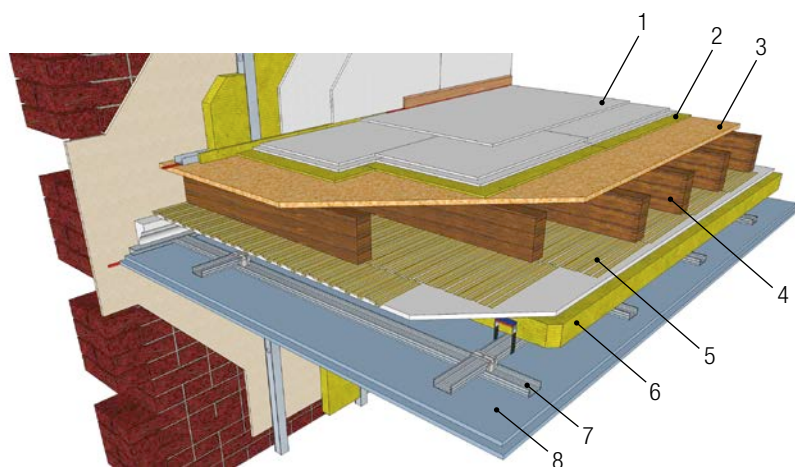
Indien er bij dergelijke vloerconstructies enkel langs boven ingegrepen kan worden, dan kan men een normaal akoestisch comfort bereiken door een ontkoppeld vloersysteem uit te voeren, bijvoorbeeld op basis van een bijkomende trillingsontkoppelde balkenlaag (zie afbeelding 2).

Wanneer men langs beide zijden aanpassingen kan doorvoeren, dan kan men een verhoogd akoestisch comfort bekomen door een 'zwaar' zwevend vloersysteem te combineren met een bijkomend afhangend plafond (zie afbeelding 3).

Ten slotte wensen we te benadrukken dat ervoor alle hier voorgestelde oplossingen vooraf een stabiliteitsstudie en een brandveiligheidsanalyse uitgevoerd dient te worden.

L. De Geetere, dr. ir., afdelingshoofd, afdeling Akoestiek, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Technologische Dienstverlening 'Duurzaam bouwen en duurzame ontwikkeling', gesubsidieerd door InnovIRIS, en van het project 'Innovatieve details in de binnenafwerking', gesubsidieerd door het VLAIO.



1. Drie 10 mm dikke vezelversterkte gipsplaten (*)
2. 10 mm dikke minerale wol met een hoge dichtheid
3. 18 mm dikke OSB-plaat op balken ≥ 45 cm hart-op-hart
4. Plenum ≥ 17 cm
5. Bestaand plafond bestaande uit pleisterwerk op latjes
6. Plenum gevuld met minstens 8 cm dikke minerale wol
7. Dubbel stalen regelwerk aan akoestische plafondhangers (*)
8. Twee 12,5 mm dikke akoestische gipsplaten (*)

(*) Bij gebruik van klassieke (brandwerende) gipsplaten aan een dubbel regelwerk met stijve plafondhangers wordt er doorgaans een normaal akoestisch comfort bereikt. Dit is ook het geval wanneer slechts twee vezelversterkte gipsvloerplaten gecombineerd worden met het in de afbeelding voorgestelde verlaagde plafond.

3 | Systeem bestaande uit een 'zware' zwevende vloer en een afhangend akoestisch plafond waarmee men een verhoogd akoestisch comfort kan behalen.

Gelet op het toenemende gebruik van BIM en de verhoging van de hoeveelheid informatie die beheerd moet worden binnen een project, is het noodzakelijk om de gegevens uit het digitale model zodanig te structureren dat ze geëxploiteerd en op het juiste ogenblik uitgewisseld kunnen worden. Het gebruik van een classificatiesysteem kan hierbij een handig hulpmiddel vormen en dit, des te meer indien de verschillende betrokkenen gedurende de volledige levensduur van het project dezelfde classificatie blijven hanteren.

Welke classificatie(s) voor BIM?

Door de onderdelen van het bouw-informatiemodel te classificeren, kunnen de projectpartners werken in een goed georganiseerde gemeenschappelijke omgeving, wat de onderlinge communicatie uiteraard ten goede komt.

Met deze uitdagingen in het achterhoofd hebben de werkgroepen van het Technisch Comité BIM & ICT (WG1 'Classificatie') en Cluster BIM een onderzoeks- en analyseproject op poten gezet dat tot doel heeft na te gaan welke bestaande classificatiesystemen het best geschikt zijn om gebruikt te worden in het BIM-verhaal.

Voorafgaandelijke vragen

Men dient zich eerst en vooral de volgende fundamentele vragen te stellen:

- waarom wil men classificeren?
- voor welk doel wordt deze classificatie gebruikt of zal deze gebruikt worden?
- wat moet er geclassificeerd worden en hoe moet dit gebeuren?

Om een antwoord te bieden op deze vragen, is de WG1 een kijkje gaan nemen in de normen ISO 22274:2013 en ISO 12006-2:2015. Eerstgenoemde norm bevat een aantal algemene aanbevelingen voor het uitwerken van een classificatiesysteem. Hierin wordt onder meer verduidelijkt dat de classificatie een verschillende structuur kan krijgen voor een zelfde geheel van elementen al naargelang van de gekozen onderverdelingscriteria (functies, loten ...) en de beoogde doelstelling. De tweede norm moet beschouwd worden als een internationale referentie voor de opstelling van classificatiesystemen in het domein

Finland: Talo200

Zweden: CoClass

Noorwegen: NS 3451
open standards IFD

Denemarken: CCS

Verenigd Koninkrijk: UniClass2015

Nederland: NL/SfB, STABU

België: BB/SfB, NL/SfB
VMSW, CCTB 2022, RGdB doc904

Luxemburg: UniFormat

Duitsland: DIN SPEC 91400

Italië: UNI 11337

Kaart van een aantal in Europa bestaande classificatiesystemen. (gecorrigeerd op 28 augustus 2018)

van de bouw. Hierin wordt met klem aanbevolen om een classificatiesysteem te gebruiken in **alle sectoren** (gebouwen, infrastructuur, landschapsinrichting) en **alle disciplines** (architectuur, structuren, speciale technieken) van de bouw, evenals gedurende **de volledige ontwikkeling en levensduur van een project** (programma, voorontwerp, definitief ontwerp, uitvoering, exploitatie).

In de bouwsector stelt men echter vast dat het gebruik van classificatiesyste-

men eerder gefragmenteerd is volgens de projectfasen. Zo wordt in België tijdens het voorontwerp en het ontwerp vaak gebruikgemaakt van tabel 1 van de BB/SfB ⁽¹⁾, terwijl de betrokkenen tijdens de latere fasen (uitvoering en exploitatie) doorgaans hun toevlucht nemen tot andere classificaties die aangepast zijn aan hun behoeften. Door deze manier van werken is het niet altijd mogelijk om gedurende het volledige BIM-proces de naspeurbaarheid van de projectelementen te waarborgen.

⁽¹⁾ De BB/SfB is een Belgisch classificatiesysteem dat specifiek is voor de bouwsector.



Controle van de overeenstemming van twee classificatiesystemen met de norm ISO 12006-2:2015.

Classificatie-systeem	Sectoren			Disciplines			Fasen				
	Gebouwen	Infra-structuren	Landschaps-inrichting	Architectuur	Structuren	Speciale technieken	Programma	Voorontwerp	Definitief ontwerp	Uitvoering	Exploitatie
CCTB	✓	✗	~	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	~
VMSW	~	✗	~	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	~

Stand van zaken en analyse van de bestaande classificaties

Om te bepalen of een bestaand classificatiesysteem op optimale wijze bruikbaar is in de BIM-context, is er een diepgaande analyse vereist. De leden van de WG1 en van Cluster BIM hebben een lijst opgemaakt van in Europa bestaande en in België vaak gebruikte classificaties.

Uit deze lijst werden de volgende classificatiesystemen weerhouden en vervolgens aan een analyse onderworpen (zie kaart op de vorige pagina):

- **CCS** (Cuneco Classification System) (DK) en **Uniclass 2015** (UK): het gaat hier om de recentste classificaties die gecreëerd werden in het BIM-kader
- **BB/SfB, NL/SfB, VMSW** (Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen) en **CCTB 2022** (Cahier des charges type-Bâtiments) (BE): het gaat hier om de classificaties die het vaakst gebruikt worden in België
- **STABU** (Standaardbestek Burger- en Utiliteitsbouw) (NL): het gaat hier om een classificatie die in Nederland heel dikwijls gebruikt wordt bij de opstelling van bestekken, maar die ook in België goed gekend is
- **ETIM**: het gaat hier om een classificatie die specifiek is voor het domein van de speciale technieken en het *facility management*
- **OmniClass** (USA): het gaat hier om een classificatie die veelvuldig toegepast wordt in de Verenigde Staten,

maar af en toe ook in Europa (bv. door bepaalde Franse en Luxemburgse bouwactoren).

Analysemethode

Om voor alle weerhouden classificatiesystemen te kunnen komen tot een objectieve en identieke werkwijze ⁽²⁾, werd er een analysemethode ontwikkeld die berust op de zes volgende aspecten:

- *Identity Card*
- *BIM Key Characteristics*
- *Use*
- *Implement in Software*
- *Plugins*
- *Websites*.

Eén van de *BIM Key Characteristics* of 'sleutelkarakteristieken' is de overeenstemming van het classificatiesysteem met de aanbevelingen uit de norm ISO 12006-2:2015. Deze overeenstemming wordt gecontroleerd door voor elk systeem na te gaan of het bruikbaar is voor alle sectoren, voor alle disciplines en in alle fasen. Bovenstaande tabel geeft een overzicht van de resultaten die behaald werden voor de CCTB- en VMSW-classificatie.

Ook het aspect *Use* is van essentieel belang. Hierbij wordt nagegaan in hoeverre het classificatiesysteem toepas-

baar is op de verschillende detailleringsgraden en dit, voor alle projectfasen.

Perspectieven

De resultaten van deze analyse en vergelijking van de bestaande classificatiesystemen zullen in de loop van 2018 gepubliceerd worden onder de vorm van fiches. Deze moeten de projectpartners in staat stellen na te gaan of de betreffende classificaties bruikbaar zijn in de BIM-context en beantwoorden aan hun behoeften.

Aanvullend op deze publicatie zullen de classificatiesystemen die het meest geschikt geacht worden binnen het BIM-verhaal uitgetest worden op een praktijkgeval om de conclusies van de theoretische analyse te valideren. Dit praktische onderzoek moet toelaten om de aspecten *Use* en *Implement in Software* (implementatie van het classificatiesysteem in een programma) verder uit te diepen, meer bepaald door de opstelling van een digitaal model en de classificatie van de onderdelen ervan.

Deze studie moet de werkgroep in staat stellen om aanbevelingen te formuleren omtrent de classificatiesystemen die het meest geschikt zijn binnen de Belgische BIM-context. |

M. Huerdo Fernandez, arch., hoofdadviseur,
en P. Dewez, ir.-arch., adviseur, dienst BIM en Informatietechnieken, WTCB

⁽²⁾ Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de volgende pagina op het BIMportal:
<https://www.bimportal.be/nl/projecten/tc/publicaties-resultaten/analyse-classificatiesystemen-kader-bim/>.



Om een project te doen slagen, is het onontbeerlijk om het op een bouwplaats uit te voeren materiaal goed te beheren. Hieronder vallen ook de bestellingen bij de leveranciers, het ontvangst van de leveringen en de opslag op de bouwplaats.

Naar een beter beheer van de bestellingen en de stock

Problematiek

Recentelijk werden er bij enkele bouwbedrijven een aantal enquêtes gevoerd, die drie grote problemen aan het licht gebracht hebben.

In de eerste plaats worden de **materiaal vaak te laat besteld** ten opzichte van de uitvoeringsplanning. Aangezien de leveranciers welbepaalde leveringstermijnen hanteren, is het belangrijk dat het bedrijf hier al op anticipeert door een planning van de bestellingen op te stellen. Een vertraging in de levering zal immers ook een vertraging in de uitvoeringsplanning met zich meebrengen en de bouwplaatskosten doen oplopen. Het is dus van essentieel belang om te anticiperen en te plannen.

Verder kan een **gebrek aan communicatie** tussen de projectpartners ook bepaalde problemen en bijgevolg een tijdsverspilling tot gevolg hebben, zoals:

- vertragingen in de levering ten gevolge van een gewijzigde toegang, een fout adres ...
- vertragingen bij het lossen omwille van gelijktijdige leveringen
- het stilliggen van een kraan in afwachting van de levering van de materialen.

Om onder meer vertragingen in de levering en verkeersdrukte aan de toegang van de bouwplaats te vermijden, is een goede

coördinatie tussen de verschillende partners onontbeerlijk (bv. de contactpersoon en de taal van de leverancier kennen).

Tot slot brengt ook de **opslag van de materialen op de bouwplaats** faalkosten teweeg. Zo kan de vroegtijdige levering van materialen op de bouwplaats die niet meteen verwerkt worden, meerkosten tot gevolg hebben (bv. beheer van de stock, diefstal op de bouwplaats, tijdverlies door een product te moeten zoeken). Bijgevolg moeten de materiaalhoeveelheden op de bouwplaats zo veel mogelijk beperkt worden.

Mogelijke oplossingen

Er bestaan verschillende oplossingen voor deze problemen. In wat volgt gaan we dieper in op twee daarvan.

De eerste oplossing bestaat uit de **planning van de bestellingen en leveringen**. De algemene planning van het project op middellange en lange termijn (bv. opge maakt met een software voor projectplanning) moet het mogelijk maken om de bestellingen te plannen, terwijl de resourceplanning op korte termijn (bv. opgesteld met een software voor resourceplanning of op een muurtabel in de bouwkeet; zie afbeelding) moet toelaten om de leveringen nauwkeurig te plannen. Bij omvangrijke bouwplaatsen zou de planning van de leveringen ook gebruikt kunnen worden om de samenwerking tussen de eventuele partners en onderaannemers te bevorderen teneinde onder meer gelijktijdige of overbodige leveringen te vermijden. Deze planning heeft als oogmerk om de leveringen volgens de *just-in-time*-methode te laten verlopen, dat wil zeggen dat de materialen pas op de bouwplaats geleverd worden op het moment dat ze uitgevoerd worden.

De tweede oplossing bestaat erin om **efficiënte communicatiemiddelen te ontwikkelen die door alle leveranciers gebruikt kunnen worden**. Hiertoe zou men gebruik kunnen maken van een platform voor documentenbeheer om alle informatie in verband met de bouwplaats te communiceren (bv. toegangsplan, adres, contactpersoon). Op die manier kan men de documenten in één keer voor alle leveranciers updaten en zodoende het verlies van informatie vermijden.

Op lange termijn

Er wordt momenteel onderzoek gevoerd naar de uitvoerbaarheid van een **digitaal collaboratief platform voor het beheer van de leveringen**. Dit platform heeft tot doel om de planning van de leveringen te centraliseren (door een verbeterde communicatie tussen de bedrijven en de leveranciers), de opvolging van de goederen tijdens de levering te organiseren of nog de ontvangst van de goederen op de bouwplaats te vergemakkelijken (*).

Ook de oprichting van **stedelijke distributiecentra** voor bouwplaatsmaterialen wordt in het kader van enkele Europese projecten bestudeerd. Hiermee wil men het vervoer van bouwmaterialen in een stedelijke omgeving optimaliseren en de *just-in-time*-leveringen op de bouwplaats vergemakkelijken door een bufferruimte voor de opslag te creëren. **I**

F. Suain, ing., senior hoofdadviseur, afdeling Beheer en kwaliteit, WTCB

(*) Het Urbanwise-project wordt gevoerd door de ULB in samenwerking met het WTCB, het OCV en Multitel en met de financiële steun van Wallonië (DGO6) en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.



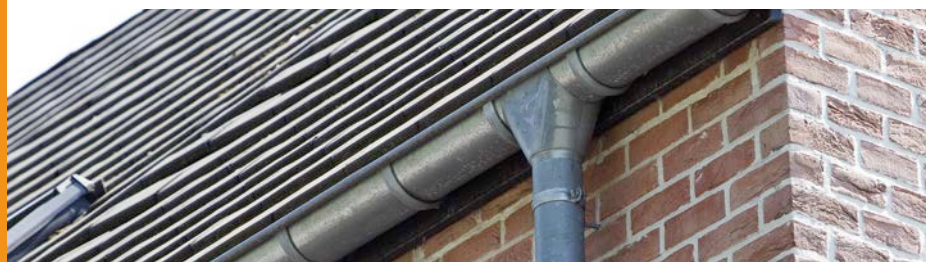
WTCB-wintercursussen



Hellende daken: metalen bedekkingen en plaatsing van zonnepanelen

Deze cursus bestaat uit twee avondsessies in:

Hasselt (Confederatie Bouw):	donderdag 18 en 25 januari 2018
Zwijnaarde (Confederatie Bouw):	dinsdag 30 januari en 6 februari 2018
Mechelen (Syntra):	donderdag 8 en 15 maart 2018
Kortrijk (Confederatie Bouw):	donderdag 19 en 26 april 2018



Afvoer van hemel- en afvalwater

Deze cursus bestaat uit twee avondsessies in:

Heusden-Zolder (Cedubo):	woensdag 31 januari en 7 februari 2018
Kortrijk (Confederatie Bouw):	dinsdag 27 februari en 6 maart 2018
Mechelen (Syntra):	woensdag 14 en 21 maart 2018
Sint-Niklaas (Confederatie Bouw):	dinsdag 17 en 24 april 2018

Bij voorkeur inschrijven via de website www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').

Publicaties

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar:

- op onze website:
 - gratis voor aannemers die lid zijn van het WTCB
 - via abonnementsformule voor andere bouwprofessionelen (registratie op www.wtcb.be)
- in gedrukte vorm en op usb-stick.

Voor bijkomende inlichtingen kan u ons telefonisch bereiken op het nummer 02/529.81.00 (van 8u30 tot 12u00) of kan u steeds bij ons terecht per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/716.42.11) als per e-mail (info@bbri.be) contact opnemen met S. Eeckhout.
- Nuttige link: www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').



Publicatie van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans, WTCB, Lombardstraat 42, B-1000 Brussel

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.

www.wtcb.be

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 85.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comités die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
website: www.wtcb.be

KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tel. 02/716 42 11
fax 02/725 32 12

- technisch advies – publicaties
- beheer – kwaliteit – informatietechnieken
- ontwikkeling – valorisatie
- technische goedkeuringen – normalisatie

PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
tel. 02/655 77 11
fax 02/653 07 29

- onderzoek en innovatie
- vorming
- bibliotheek

DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
tel. 011/79 95 11
fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincarélaan 79, B-1060 Brussel
tel. 02/529 81 29

BRUSSELS GREENBIZZ

Dieudonné Lef  vreststraat 17, B-1020 Brussel
tel. 02/233 81 00