



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2017/2



**Circulaire
economie**
p4-5

**Spontane
glasbreuk**
p14-15

Legionella
p26-27

3D-scanning
p32-33



Inhoud 2017/2

Neem uw **agenda** erbij! 3



De **circulaire economie**: veel meer dan recycleren..... 4



Nieuwe **TV** over de **betonwapening**:
meting en buigdoorns 6



Brandveiligheidseisen voor
hellende daken: vraag en antwoord 8



Vochtproblemen door **omgekeerde**
condensatie in warme platte daken 10



Brandveiligheid van **houten terrassen** op **platte daken** ... 12



Spontane glasbreuk door **NiS-insluitingen**..... 14



ETICS en de **brandveiligheid** van gevels 16

In de kijker + FAQ.....18



Waterdichting van inlopdouches
in eengezinswoningen 20



Rekenblad voor de beoordeling van **kleurcontrasten**
en de dimensionering van de **signalisatie**..... 22



De invloed van **ventilatie** op het **E-peil**:
vernieuwde EPB-rekenmethode 24



Legionella: nog steeds een
probleem in onze waterinstallaties 26



Dampopen wanden: een alternatief voor ventilatie? 28



Flankerende geluidstransmissie
bij het bouwen met **CLT** 30



3D-scanning ten dienste van de aannemer 32



Opticost: naar een optimalisatie van de bouwkosten.....34

Neem uw agenda erbij!

De bouwkosten trachten te verminderen? Het is dagelijkse kost voor alle bedrijven ... Niet alleen hun rendabiliteit, maar ook de toekomst van de hele sector hangen hier immers van af. Het spreekt voor zich dat de kosten zo laag mogelijk moeten blijven om potentiële klanten niet te ontmoedigen. De overgrote meerderheid van de bedrijven, zowel groot als klein, hebben al lang begrepen dat een goede organisatie noodzakelijk is om hun processen te optimaliseren.

Het **lean bouwen** is een nieuwe filosofie in de bouwsector. Deze aanpak bestaat er voornamelijk in om alle vormen van verspilling te beperken, gaande van tijdverlies tot nutteloze werkzaamheden. Andere sectoren, zoals de automobielsector, passen deze aanpak reeds langer toe en zijn er aldus in geslaagd om te komen tot een betere procesbeheersing. Nu is het onze beurt om hetzelfde te doen!

Vermits er in deze context recentelijk een aantal nieuwe initiatieven op poten gezet werden, hebben het WTCB en de Confederatie Bouw Brussel-Hoofdstad beslist om hun volgende **Summer University** aan het **lean** bouwen te wijden. Dit evenement, dat zal doorgaan op **12 september 2017**, heeft als oogmerk om de bouwprofessionelen te informeren over de algemene concepten van het **lean** bouwen, hen een aantal hulpmiddelen aan te reiken en de toepassing ervan in de praktijk voor te stellen. De opzet is om aan te tonen dat het **lean** bouwen geen louter theoretisch concept is. Integendeel! Elk bedrijf, klein of groot, heeft er baat bij en kan er zijn concurrentievermogen mee verbeteren.

Om te komen tot minder verspilling, is er eveneens een beter projectontwerp en een nauwkeurigere werfvoorbereiding vereist. In dit kader kan het gebruik van BIM en andere digitale oplossingen goed van pas komen. Dit heeft de Confederatie Bouw en het WTCB ertoe aangezet om het eerste grote Belgische sectorale salon omtrent BIM en de moderne communicatietools te organiseren: de **BIM Brussels Digital Construction Days**, die op **11 en 12 oktober 2017** zullen plaatsvinden in Brussel. Op dit evenement zullen er verschillende presentaties gegevens worden en workshops doorgaan die de bouwprofessionelen in staat moeten stellen om een beter beeld te krijgen van de opportuniteiten die de digitale revolutie in petto heeft. In de volgende WTCB-Contact zal het programma van dit evenement nader toegelicht worden.

Noteer deze data alvast in uw agenda. Deze evenementen vormen immers de ideale gelegenheid om tal van nieuwe horizons te ontdekken in een aangename sfeer.

De Belgische bouwsector produceert jaarlijks meer dan 15 miljoen ton afval. Hoewel het merendeel van dit afval gerecycleerd wordt, liggen er nog tal van uitdagingen in het verschiets. Zo wordt dit afval grotendeels gebruikt in laagwaardige toepassingen (downcycling). Anderzijds ontstaat er ook alsmaar meer niet-steenachtig afval waarvoor er vooralsnog geen goede oplossing bestaat.

De circulaire economie: veel meer dan recycleren

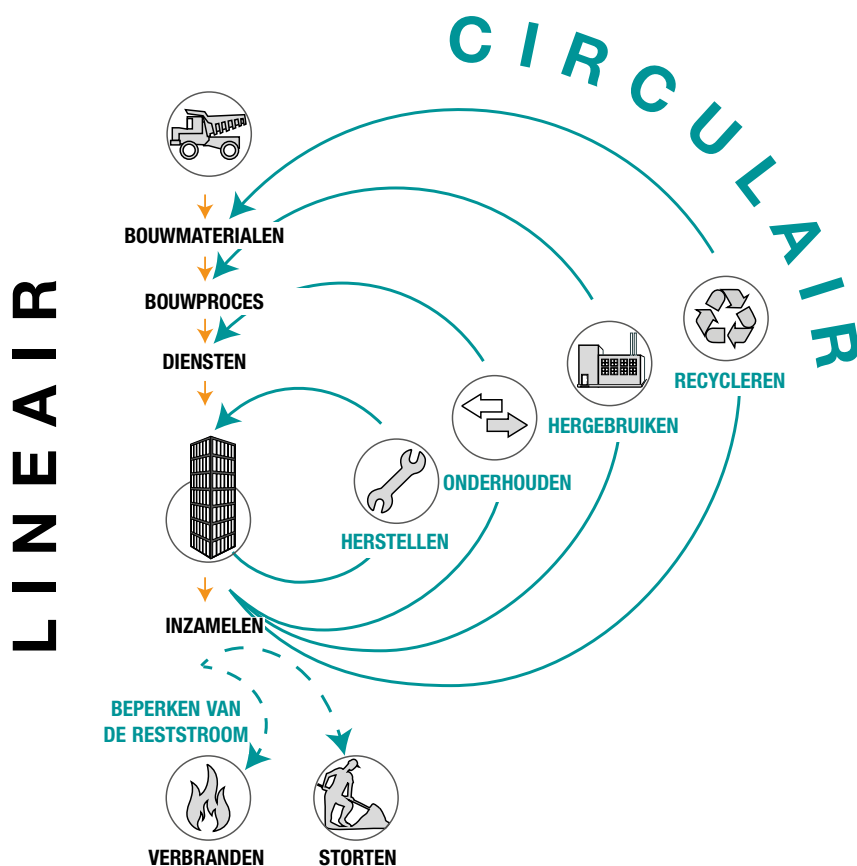
Het principe van de circulaire economie bestaat erin de waarde van de producten en materialen zo lang mogelijk te behouden. Dit principe staat dus in contrast met het lineaire economische model dat berust op ontginnen, produceren, consumeren en elimineren.

De circulaire economie streeft ernaar de afvalproductie te verminderen door de producten te herstellen, te onderhouden en te hergebruiken enerzijds en de materialen te recyclen anderzijds (zie nevenstaand schema). Deze aanpak bestaat er niet alleen in om technische oplossingen te vinden om de kringloop te sluiten, maar ook om na te denken over het ontwerp en de manier waarop producten samengebracht worden om hun levensduur te verlengen. Daarnaast zijn er nieuwe economische modellen in ontwikkeling die circulariteit ondersteunen.

Een circulaire economie kan tal van voordelen met zich meebrengen, zoals een lagere impact op het milieu, meer zekerheid over de beschikbaarheid van grondstoffen, de ontwikkeling van innovatieve oplossingen en de creatie van lokale werkgelegenheid.

In de bouwsector kunnen de principes van de circulaire economie vertaald worden in drie grote thema's, die niet alleen opportuniteiten bieden aan de bouwprofessionelen, maar hen ook voor uitdagingen stellen:

- het **ontwerpen en optrekken van gebouwen** waarvan de materialen op



Principe van de circulaire economie in de waardeketen van de bouwsector (aangepaste versie van een grafiek van het *World Economic Forum* (*)).

- het einde van hun levensduur gerecupereerd kunnen worden
- de **ontginning van de beschikbare grondstoffen** uit de bestaande gebouwen en de valorisatie ervan

- de **ontwikkeling van nieuwe economische modellen** met het oog op de creatie van een toegevoegde waarde gedurende de volledige levensduur van de gebouwen en de materialen.

(*) <https://www.weforum.org/agenda/2016/05/can-the-circular-economy-transform-the-world-s-number-one-consumer-of-raw-materials/>



Lopende projecten

Het WTCB voert een aantal onderzoeken omtrent de circulaire economie:

- **Pilootwerven Beheer van Bouwafval in Brussel**
- **BBSM:** Het Brusselse gebouwenpark: bron van nieuwe materialen
- **RecyBeton:** Gebruik van gerecycleerde granulaten in stortklaar beton
- **Sand2Sand:** Toepassing van gerecycleerd zand in beton
- **OVERS©HOT:** Valoriseren (Chemisch) Verontreinigd Sloophout.

Voor meer informatie: www.wtcb.be/go/projects.

in een gesloten kringloop gerecycleerd kunnen worden. Momenteel wordt meer dan 90 % van de steenachtige fractie gerecycleerd. Er dienen evenwel nog technische en rendabele oplossingen gevonden te worden voor meerdere materiaaltypes die in grote volumes voorkomen maar een lage waarde hebben, die aan elkaar gelijmd zijn of uit composieten bestaan.

Ontwikkeling van nieuwe economische modellen

Naast voornoemde technische ontwikkelingen, ontstaan er nieuwe economische modellen die moeten toelaten om waarde te creëren op een alternatieve wijze. De huidige tendens bestaat er immers in de functie of het gebruik van een goed te verkopen in plaats van het product zelf. Zo verkoopt een lampenproducent geen armaturen en lampen meer, maar wordt hij betaald om een bepaalde hoeveelheid verbruikt licht te voorzien. In dit geval blijft de producent eigenaar van het product en betaalt de gebruiker louter voor het gebruik ervan. Dit stelt de producent onder meer in staat om de producten beter te recyclen.

Andere materiaalproducenten stellen alsmaar vaker inzamelsystemen voor het afval van hun producten ter beschikking op de werf. Zo recupereren ze 'tweede-handse' grondstoffen waarvan ze de levensduur kunnen verlengen. |

A. Romnée, ir., projectleider, en
J. Vrijders, ir., adjunct-laboratoriumhoofd,
laboratorium Duurzame ontwikkeling, WTCB

Innovation Paper

Op de WTCB-website (zie Technologische Dienstverlening 'Ecobouwen') is er een **Innovation Paper** beschikbaar waarin de evoluties, de innovaties, enkele goede voorbeelden en de perspectieven van de circulaire economie in de bouwsector aan bod komen.

Circulair ontwerpen en bouwen

Van zodra men start met het ontwerp van nieuwe gebouwen, dient men na te denken over wat er met de gebouwen en de erin aanwezige materialen zal gebeuren en dit, zowel tijdens de gebruiksfase als op het einde van hun levensduur. Zodoende kan de levensduur van de gebouwen verlengd worden en kunnen de hierin gebruikte materialen gerecupereerd worden. De realisatie van een circulair gebouw steunt op de volgende basisprincipes:

- **de gebouwen moeten zo ontworpen worden dat ze aangepast kunnen worden** aan andere functies en aan een wijziging van de behoeften van de gebruikers. Zo zou een gebouw dat oorspronkelijk als kantoorgebouw fungeerde, omgevormd kunnen worden tot een appartementsgebouw, op voorwaarde dat de structuur een andere planindeling toelaat en de verdiepingshoogte toereikend is om de wooneenheden in te richten
- **vermits de samenstellende lagen van een gebouw (structuur, gebouwschil, ruimtelijke indeling, systemen) verschillende levensduren hebben**, kan men door **in onafhankelijke lagen te bouwen**, bepaalde onderdelen vervangen zonder andere te beschadigen
- **bij de keuze van de materialen geniet het de voorkeur om te opteren voor gerecycleerde materialen** (bv. beton met gerecycleerde granulaten ...) of voor materialen die aan het einde van hun levensduur gerecycleerd of hergebruikt kunnen worden
- **de materialen moeten op een toegankelijke en omkeerbare manier verbonden worden**, bijvoorbeeld door schroeven of klemmen, die het mogelijk maken om de samengevoegde

onderdelen en materialen te recupereren zonder ze te beschadigen.

Valorisatie van de materialen van bestaande gebouwen

De circulaire economie beschouwt de bestaande gebouwen als een 'mijn van materialen' (*urban mining*) en het afval als grondstof. Door materialen uit de bestaande gebouwen te recupereren, kan men onder meer de ontginning van nieuwe grondstoffen vermijden.

Bijgevolg moet men vóór de renovatie of de afbraak informatie inwinnen over de bouwcomponenten en de toegepaste materialen. Door gebruik te maken van een 'pre-sloopinventaris' kan men het valorisatiepotentieel beoordelen: overzicht van de hoeveelheden en de kwaliteit van de materialen, identificatie van de contaminanten ...

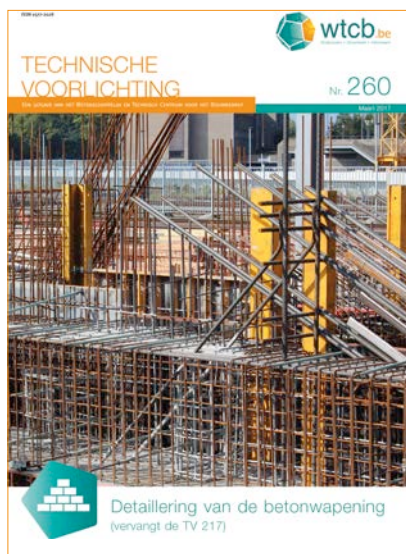
Vervolgens kan men overgaan tot de selectieve ontmanteling met twee doelen voor ogen:

- **het hergebruik van bouwelementen**, dat wil zeggen het proces waarbij producten opnieuw gebruikt worden voor hetzelfde doel als dat waarvoor ze ontworpen zijn. Hergebruik maakt momenteel slechts een klein aandeel uit ten opzichte van recyclage (het blijft beperkt tot bepaalde waardevolle materialen uit het typische bouwpatrimonium, zoals blauwe steen, keramische tegels, antieke bakstenen ...). Dit brengt tal van uitdagingen met zich mee, zoals het garanderen van de prestaties van de voor hergebruik bestemde elementen en het afstemmen van vraag en aanbod
- **de creatie van homogenere afvalstromen**, die eenvoudiger en bij voorkeur



Het ontwerpen en uitvoeren van bouwwerken uit gewapend beton is vaak heel complex omdat men hiervoor tal van documenten moet raadplegen, zoals de Eurocode 2 (NBN EN 1992) voor de dimensionering, de norm NBN EN 13670 voor de uitvoering, de norm NBN EN 10080 voor de betonstaalkarakteristieken, de norm NBN EN ISO 3766 voor de tekenwijze van de betonwapening ... Bovendien wordt het merendeel van deze normen aangevuld met een nationale bijlage die zich toespitst op het gebruik in België. Men stelt echter vast dat deze documenten vaak nog niet genoeg gekend zijn, hoewel ze dikwijls verplicht worden door de bestekteksten.

Nieuwe TV over de betonwapening: meting en buigdoorns



Teneinde de aannemers en de ontwerpers doorheen het kluwen van referentiedocumenten te loodsen, heeft het WTCB in 2000 de Technische Voorlichting nr. 217 'Vlechtwerk voor gewapend beton' gepubliceerd. Vermits de normatieve context sindsdien aanzienlijk veranderd is, werd dit document grondig herzien en verbeterd. Deze herziening werd recentelijk gepubliceerd als de TV 260.

Deze nieuwe TV bespreekt alle stappen van het wapeningsproces: de keuze van de staalsoort, de bewerking, de rationalisering van het vlechtwerk, de opslag, de aanduiding op de plannen, de uit te voeren controles, de toleranties, de prijsberekening en de uitvoering zelf.

Dit artikel gaat dieper in op twee specifieke onderwerpen uit de TV die om meer toelichting vragen: de meting van de staaflengte en de bepaling van de buigdoordiameter van de staven.

Meting van de staven

Er heerst vaak discussie tussen de wapeningscentrale, de aannemer en de bouwheer omtrent de in de prijsberekening in aanmerking te nemen staaflengte. Om hieraan te verhelpen, heeft de werkgroep die de TV opgesteld heeft, vastgelegd hoe deze lengtes precies gemeten moeten worden. Zo moet men een onderscheid maken tussen de werkelijke staaflengte (m.a.w. de lengte gemeten volgens de langsas) en de theoretische staaflengte (d.i. de som van de in de buigstaat vermelde deelmaten). De deelmaten (d.w.z. de lineaire afmetingen van de staafdelen die begrensd worden door een ombuiging, een haak of een staafeinde) houden geen rekening met de buigstraal. Deze

verschillen worden weergegeven in de afbeelding op de volgende pagina. De theoretische lengte is steeds groter dan de werkelijke lengte. Het verschil tussen beide waarden wordt de 'bochtverkort' genoemd.

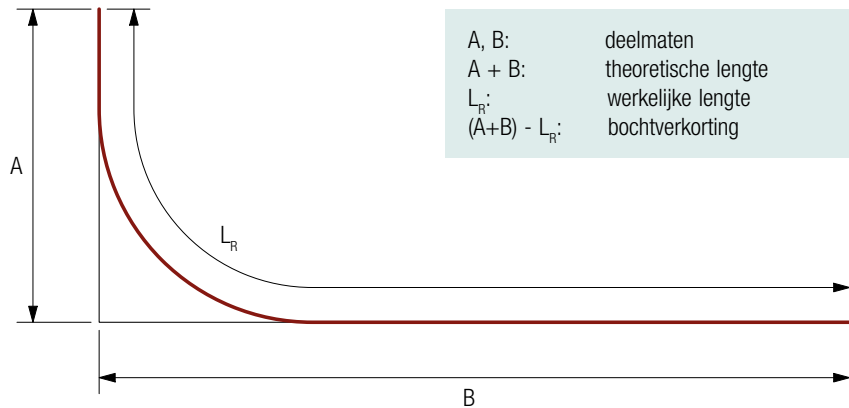
De kostprijs van de wapening wordt berekend op basis van de theoretische staaflengtes en de theoretische volumieke massa van het staal (7.850 kg/m^3). Indien de bochtverkort in uitzonderlijke gevallen wel in rekening gebracht wordt, moet men dit vermelden in de contractuele documenten (bestek, prijs-offerte en contract).

De bouwheer en de aannemer moeten een duidelijk akkoord sluiten over de hulpwapening (die enkel dienstdoet voor de montage of de uitvoering en niet bijdraagt tot de structurele sterkte van het bouwelement). In het ideale geval wordt er in een clause van het bestek aangegeven of de hulpwapening al dan niet het voorwerp uitmaakt van een aparte post. Indien het bestek geen andersluidende gegevens bevat of voorziet dat de hulpwapening niet apart betaald wordt, moet de aannemer hiermee rekening houden in zijn offerte, door de voorziene prijs voor de hulpwapening te verrekenen in zijn eenheidsprijs voor de post van de wapening.



Buigdoorn

De wapeningsstaven moeten gebogen worden volgens bepaalde minimale buigstralen en dit, om te vermijden dat er in het staal buigscheuren zouden ontstaan enerzijds en dat de wapening te grote spanningsconcentraties in het beton zou teweegbrengen wanneer ze op trek belast wordt anderzijds. Deze spanningsconcentraties kunnen immers aanleiding geven tot de plaatselijke verbrijzeling van het beton.



Om het optreden van buigscheuren te vermijden, moet de minimale buigdoordiameter:

- vier keer de staafdiameter bedragen voor staafdiameters van kleiner dan of gelijk aan 16 mm
- zeven keer de staafdiameter bedragen voor grotere staafdiameters.

Opdat het beton niet zou gaan bezwijken ter hoogte van de buiging, vermeldt de Eurocode 2 een formule die rekening houdt met de trekkracht in de staaf, de

Deelmaten, theoretische lengte en werkelijke lengte van een staaf.

betonsterkte, de tussenafstand van de wapeningsstaven en de betondekking. Ter vereenvoudiging kan men aan de hand van onderstaande tabel uit de TV 260 snel bepalen welke buigdoordiameter vereist is in het geval van een hoofdwapening die tot aan haar vloeigrens belast wordt.

G. Zamati, ir., projectleider, en
B. Parmentier, ir., afdelingshoofd,
afdeling Structuren, WTCB

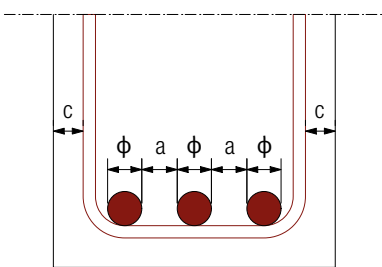
Dit artikel werd opgesteld in het kader van
de Normen-Antenne Constructieve
Eurocodes, met de financiële steun van
de FOD Economie.

Te gebruiken buigdoordiameters in functie van de projectvoorwaarden om te vermijden dat het beton zou verbrijzelen wanneer de constructie mechanisch belast wordt.

min (a/2;c) (*)	Buigdoordiameter ϕ_m							
	Sterkteklasse van het beton							
	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	≥ C55/67
0,5 ϕ	38 ϕ	31 ϕ	26 ϕ	22 ϕ	19 ϕ	17 ϕ	15 ϕ	14 ϕ
1 ϕ	30 ϕ	24 ϕ	20 ϕ	17 ϕ	15 ϕ	13 ϕ	12 ϕ	11 ϕ
1,5 ϕ	26 ϕ	20 ϕ	17 ϕ	15 ϕ	13 ϕ	11 ϕ	10 ϕ	9 ϕ
2 ϕ	23 ϕ	18 ϕ	15 ϕ	13 ϕ	12 ϕ	10 ϕ	9 ϕ	8 ϕ
2,5 ϕ	21 ϕ	17 ϕ	14 ϕ	12 ϕ	11 ϕ	9 ϕ	9 ϕ	8 ϕ
3 ϕ	20 ϕ	16 ϕ	13 ϕ	12 ϕ	10 ϕ	9 ϕ	8 ϕ	7 ϕ
≥ 3,5 ϕ	19 ϕ	15 ϕ	13 ϕ	11 ϕ	10 ϕ	9 ϕ	8 ϕ	7 ϕ

(*) Minimale waarde tussen a/2 en c, waarbij:

- a: tussenafstand van de staven
- c: betondekking.



Toepassingsvoorbeeld

Indien:

- staafdiameter: 12 mm
- betondekking c: 25 mm

tussenafstand van de staven a: 30 mm
sterkteklasse van het beton: C30/37

- $\min(a/2;c) = \min(30/2;25) = 15 \text{ mm}$, dus $\pm 1 \phi$

dan bedraagt de buigdoordiameter 20 keer de staafdiameter: 240 mm (20 x 12 mm).

Dit artikel bespreekt de belangrijkste punten omtrent de brandveiligheid van hellende daken aan de hand van de vragen die ons regelmatig voorgelegd worden en vormt een aanvulling op de desbetreffende informatie uit de TV 251. De antwoorden zijn gebaseerd op de voorschriften voor nieuwe gebouwen uit het Koninklijk Besluit 'Basisnormen inzake brandpreventie'. De in dit artikel vermelde voorschriften zijn echter niet van toepassing op de daken van eengezinswoningen, die niet onderhevig zijn aan brandveiligheidseisen.

Brandveiligheidseisen voor hellende daken: vraag en antwoord

1 Volgens het brandpreventie-verslag moeten de structurele elementen van het dak van een laag gebouw een brandweerstand R30 vertonen. Wat wordt er verstaan onder 'structurele elementen'? Wat betekent 'R30' en hoe kan men hieraan beantwoorden?
Allereerst willen we eraan herinneren dat het Koninklijk Besluit 'Basisnormen inzake brandpreventie' een onderscheid maakt tussen lage gebouwen ($h < 10$ m), middelhoge gebouwen (tussen 10 en 25 m) en hoge gebouwen ($h > 25$ m). Vervolgens willen we preciseren dat de brandweerstand omschreven kan worden als het vermogen van een bouwelement om gedurende een bepaalde tijdsduur te blijven voldoen aan de eisen in verband met de brandstabiliteit (criterium R), de vlamdichtheid (criterium E), de thermische isolatie (criterium I) en/of om het even welke andere vereiste functie.

De brandweerstandseis R30 staat dus voor een brandstabiliteit R gedurende 30 minuten. We willen er evenwel op wijzen dat deze eisen strenger zijn voor de middelhoge gebouwen (R60) en de hoge gebouwen (R120) en dat ze niet gelden voor daken van niet-ingerichte zolders, voor zover de onderdakvloer,

de deuren en de zolderluiken zelf voldoende brandwerend zijn.

Het dient opgemerkt te worden dat deze eis van toepassing is op de zogenoemde structurele elementen (zie de [WTCB-Dossiers 2011/4.4](#)). Dit zijn de dragende elementen die de stabiliteit van het geheel of van een gedeelte van het gebouw verzekeren (kolommen, dragende wanden, hoofdbalken ...) en die bij het bezwijken ervan aanleiding geven tot een voortschrijdende instorting. In deze context moeten de elementen die deel uitmaken van de hoofdconstructie, meer bepaald de spanten en de gordingen, de vereiste brandstabiliteit vertonen. De elementen die deel uitmaken van de secundaire constructie, zoals de sporensparanten, kepers, latten, tengelatten of zelfdragende panelen, worden doorgaans niet als structurele elementen beschouwd en moeten dus niet over een bepaalde brandweerstand beschikken.

Teneinde aan de geldende brandstabiliteitseis te voldoen, moeten de structurele elementen (d.w.z. de spanten en gordingen) gedimensioneerd worden in geval van brand ⁽¹⁾. Voor houten structurele elementen zal dit voornamelijk

afhangen van de houtsoort, de uitgevoerde sectie, de bij brand op te nemen belastingen (eigengewicht van het dak, windbelasting) en de overspanning. Zo voldoen gordingen met een sectie van 100 x 300 mm, een maximale tussenafstand van 2 m en een maximale overspanning van 6 m doorgaans aan de eis R30. Bij strengere eisen (R60 of R120) bestaat het alternatief erin de structurele elementen te beschermen (bv. door middel van gipsplaten waarvan de dikte en het aantal proefondervindelijk gevalideerd zijn).

2 Volgens het bestek moet de dakbedekking tot de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ behoren. Wat houdt dit in? Beantwoorden de leien en de dakpannen van een hellend dak aan deze eis?

De klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ geeft de prestatie van een dak weer bij blootstelling aan een externe brand en wordt toegekend na een laboratoriumproef ⁽²⁾. Een beschikking van de Commissie van de Europese Gemeenschappen (2000/553/EG) vermeldt echter een aantal dakbedekkingsproducten waarvan men mag veronderstellen dat ze voldoen aan de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ zonder dat men dient

⁽¹⁾ Volgens de Eurocodes, onder meer de norm NBN EN 1995-1-2, omtrent de dimensionering van houten elementen bij brand.

⁽²⁾ Deze proef moet uitgevoerd worden volgens de norm NBN CEN TS 1187. De classificatie moet gebeuren volgens de norm NBN EN 13501-5. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2014/4.6](#) omtrent het brandgedrag van platte daken.

over te gaan tot proeven. Natuurleien en dakpannen uit beton, gebakken aarde, keramiek of staal behoren tot deze categorie.

3 Moeten – naast de dakbedekking – ook de andere dakcomponenten (binnenafwerking, isolatie, onderdak) aan bepaalde brandveiligheidseisen voldoen?

De isolatie en het onderdak zijn niet rechtstreeks onderhevig aan de reglementaire eisen. Wanneer de dakbedekking echter geen product is waarvan men mag veronderstellen dat het aan de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ voldoet (zie hierboven), dient men over te gaan tot een laboratoriumproef op de

dakopbouw zoals hij uitgevoerd zal worden (dakbedekking, onderdak, isolatie, dakvloer, bevestigingen ...).

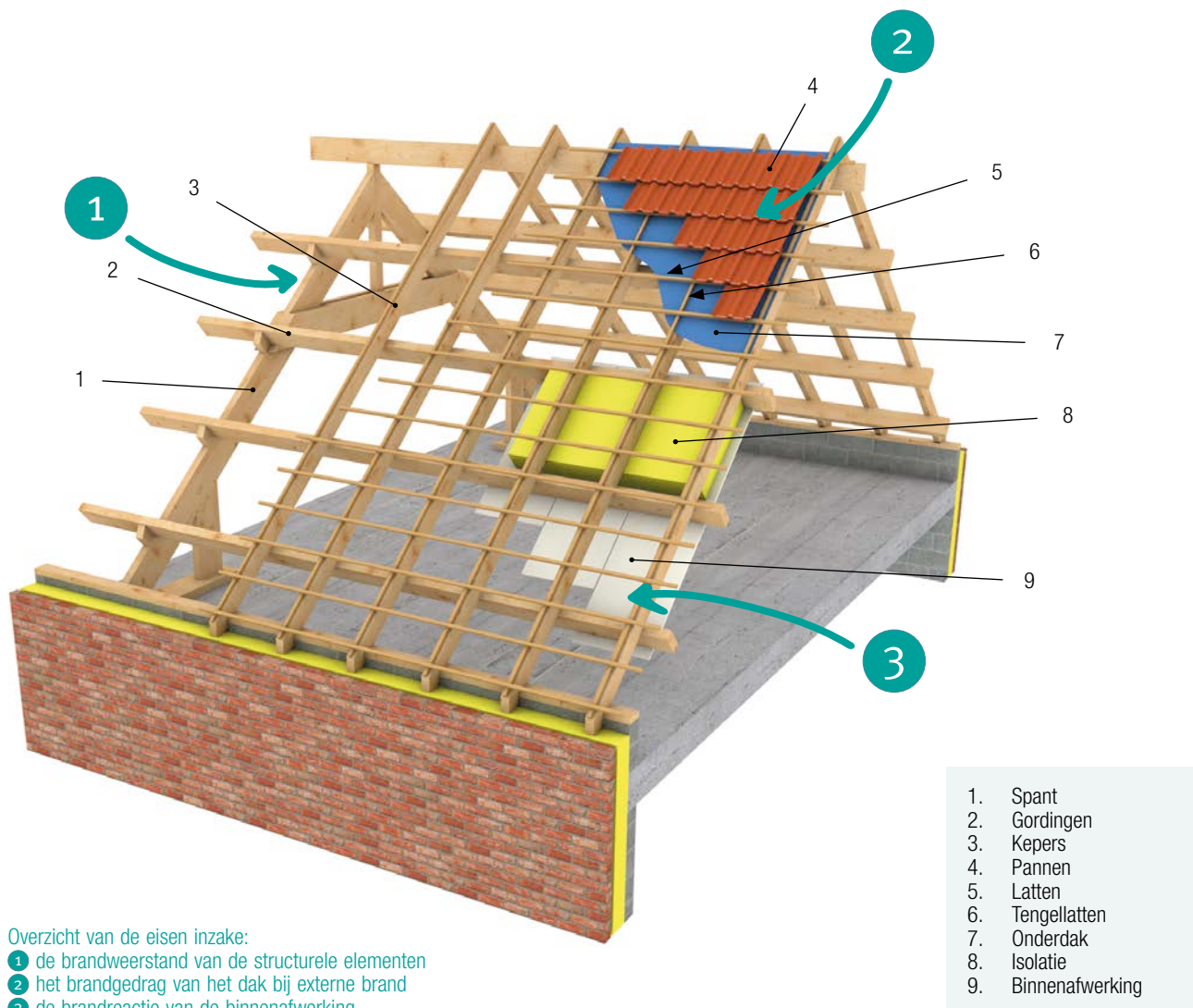
Voor de binnenafwerking van het dak kan er daarentegen wel een brandreactieklasse geëist worden.

De brandreactie is het gedrag van een bouwproduct dat – door zijn eigen ontbinding – het vuur waaraan het blootgesteld is, aanwakkert. De Europese brandreactieclassificatie onderscheidt zeven hoofdklassen (A1, A2, B, C, D, E en F – in stijgende volgorde van brandbaarheid), met toevoeging van de klasse s voor de rookontwikkeling en de klasse d voor de vorming van brandende druppels.

Deze eisen zijn afhankelijk van het gebouwtype (laag, middelhoog of hoog) en het gebruikerstype (3). De plafondbekleding van een technisch lokaal van een laag, middelhoog of hoog gebouw moet bijvoorbeeld aan de klasse A2-s3, d0 voldoen (bv. gipsplaat, vezelcementplaat ...).

*Y. Martin, ir., afdelingshoofd,
afdeling Gebouwschil en schrijnwerk, WTCB*

*Dit artikel werd opgesteld in het kader van
de Normen-Antenne Brandpreventie,
met de financiële steun van
de FOD Economie.*



Overzicht van de eisen inzake:

- 1 de brandweerstand van de structurele elementen
- 2 het brandgedrag van het dak bij externe brand
- 3 de brandreactie van de binnenafwerking.

(3) Type 1 (niet-zelfredzame gebruikers: rusthuizen, ziekenhuizen ...), type 2 (slapende zelfredzame gebruikers: appartementsgebouwen, hotels ...) en type 3 (wakende zelfredzame gebruikers: kantoorgebouwen, sportcentra, winkelcentra ...).

Wanneer men geconfronteerd wordt met vocht in platte daken, wordt er vaak in eerste instantie gedacht aan infiltraties (zie de WTCB-Dossiers 2016/4.6). Aan de onderzijde van platte daken kunnen echter ook vochtproblemen optreden die geen verband houden met regenweer. In voorkomend geval is condensatie veelal de boosdoener. In dit artikel wordt dieper ingegaan op het verschijnsel van omgekeerde condensatie en op de manieren waarop men de hierdoor teweeggebrachte problemen in warme platte daken kan vermijden.

Vochtproblemen door omgekeerde condensatie in warme platte daken

1 Inwendige en omgekeerde condensatie

Inwendige condensatie in platte daken ontstaat vooral tijdens de koudere periodes van het jaar (winter), meer bepaald wanneer er warme, vochtige binnenlucht tot voorbij de thermische isolatie kan geraken om aldaar tegen een koude en dampdichte laag (meestal de afdichting) te condenseren. Om dit probleem te vermijden, wordt er in de dakopbouw doorgaans een damp scherm voorzien dat tevens dienst doet als luchtscherm (zie TV 215, § 6).

Bij koud weer is de dampspanning ⁽¹⁾ in de binnenruimten doorgaans groter dan de dampspanning in het dak en de buitenomgeving, waardoor het damptransport van binnen naar buiten optreedt (via het dakcomplex). Bij warm weer verloopt dit damptransport veelal omgekeerd.

Wanneer er zich een zekere hoeveelheid vocht in de dakopbouw bevindt, zou dit ten gevolge van het omgekeerde damptransport naar de binnenomgeving kunnen migreren ⁽²⁾. Indien de temperatuur van de dakvloer en/of het dampscherm lager is dan de dauwpunttemperatuur in

de dakopbouw kan het aldus verplaatste vocht op deze plaats gaan condenseren. Dit verschijnsel wordt aangeduid als omgekeerde condensatie.

Dit condensatievocht kan problemen veroorzaken wanneer het via de onderbrekingen in het dampscherm en/of de dakvloer (bv. ter hoogte van de lichtpunten of de voegen) naar binnen sijpelt. Vermits ook infiltraties vaak op deze plaatsen tot uiting komen, is het niet altijd evident om een onderscheid te maken tussen beide fenomenen. De weersomstandigheden waarbij de vochtproblemen optreden, kunnen – zoals reeds toegelicht werd in de WTCB-Dossiers 2016/4.6 – in deze context uitsluitend geven.

2 Randvoorwaarden voor het optreden van omgekeerde condensatie

Opdat er omgekeerde condensatie zou kunnen optreden in een plat dak, moeten er drie randvoorwaarden vervuld zijn:

- er moet een zekere hoeveelheid ingesloten (bouw)vocht aanwezig zijn
- het dampdrukverschil over de vochtige lagen van de dakopbouw moet groot genoeg zijn

- de temperatuur van de dakvloer en/of het dampscherm moet voldoende laag zijn.

2.1 Ingesloten (bouw)vocht

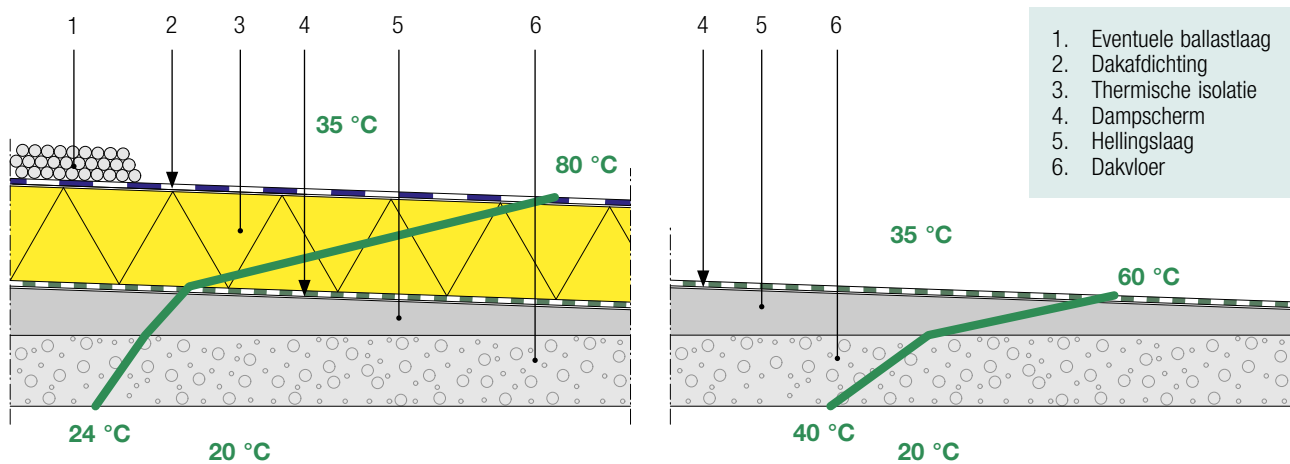
Het in het platte dak aanwezige vocht kan van verschillende bronnen afkomstig zijn.

Zo kan er een zekere hoeveelheid vocht in de dakopbouw terechtkomen als gevolg van infiltraties of inwendige condensatie. Dit vocht kan zich onmiddellijk manifesteren in de binnenruimten onder het dak, maar kan zich tevens opstapelen rond en in de thermische isolatielaag. Deze laatste kan overigens ook bevochtigd raken vóór of tijdens de plaatsing (wat uiteraard te vermijden is).

Een tweede vocht oorzaak ligt in het gebruik van materialen onder de isolatielaag die zeer veel bouwvocht bevatten. Denken we hierbij bijvoorbeeld maar even aan cementgebonden hellingslagen (bv. uit schuimbeton; zie ook de WTCB-Dossiers 2014/2.5). Om het optreden van inwendige condensatie tijdens de koudere periodes van het jaar te vermijden, dient men op dergelijke

⁽¹⁾ De dampspanning is de druk die de waterdamp op zijn omgeving uitoefent in een waterdamp/lucht-mengsel. Deze druk is afhankelijk van de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht (zie TV 153).

⁽²⁾ Bij 'compactdaken' wordt op dit fenomeen gerekend om de droging van het dakcomplex tot stand te brengen. Dit is echter niet risicoloos: er zijn tal van randvoorwaarden die vervuld dienen te worden (zie de WTCB-Dossiers 2012/2.6).



Indicatief temperatuurverloop in een dakopbouw met (links) en zonder (rechts) thermische isolatie.

hellingslagen en draagvloeren steeds een dampscherm aan te brengen (zie TV 215, § 6).

Bij dakvloeren met holle welfsels of geprofileerde staalplaten kan erten slotte tijdens de bouwphase vocht in de kanalen terechtgekomen zijn. Om dit vocht in de mate van het mogelijke te verwijderen, dient men deze dakvloeren op hun laagste punt van boorgaten te voorzien.

2.2 Omgekeerd damptransport

Omgekeerde condensatie kan alleen maar optreden indien het dampdrukverschil over de vochtige lagen van de dakopbouw (d.w.z. de hellings- of isolatielagen) groot genoeg is.

Bij hellingslagen met ingesloten bouwvocht zal de temperatuurgradiënt – en bijgevolg ook het dampdrukverschil – afnemen naarmate de isolatiegraad van het dak stijgt (zie afbeelding). Hierdoor zal de uitdroging langzamer verlopen en het risico op omgekeerde condensatie dalen (tenzij er koudebruggen in de dakopbouw aanwezig zijn). Het bouwvocht in de hellingslagen zal in principe enkel in dakopbouwen met een beperkte thermische isolatie aanleiding geven tot omgekeerde condensatie. Bij daken die geïsoleerd werden conform de huidige energiewetgeving, is de kans op omgekeerde condensatie daarentegen gering.

Indien de thermische isolatie vóór of tijdens de plaatsing bevochtigd werd,

dient men echter wel beducht te zijn voor dit probleem. De temperatuurgradiënt over het isolatiemateriaal kan in voorkomend geval immers dermate groot worden dat het ingesloten vocht naar de binnenzijde diffundeert en aldaar tegen het dampscherm of de draagvloer condenseert.

2.3 Temperatuur van de draagvloer en/of het dampscherm

Naarmate de temperatuur van de draagvloer en/of het dampscherm lager wordt, zal het risico op condensatie toenemen.

Bij verwarmde gebouwen met een thermisch geïsoleerd dak kan men ervan uitgaan dat de dakvloer zich nagenoeg constant op hetzelfde temperatuurniveau bevindt. Indien dit niet het geval is, dient men voldoende rekening te houden met de thermische inertie van de draagvloer. Bij zware dakvloeren (bv. uit beton) duurt het immers redelijk lang alvorens er een evenwicht met de omgevingstemperatuur bereikt wordt. Bij niet-verwarmde gebouwen gebeurt het bijvoorbeeld niet zelden dat de temperatuur van de betonnen draagvloer langere tijd lager blijft dan deze van de omgevingslucht.

Dit werkt in aanwezigheid van bouwvocht niet alleen het optreden van omgekeerde condensatie in de hand, maar kan tijdens warmere en vochtigere periodes eveneens aanleiding geven

tot oppervlaktecondensatie tegen de onderzijde van de draagvloer (bv. in onverwarmde garages), wat zich uit in een veralgemeende druppelvorming.

3 Besluit

Om het optreden van omgekeerde condensatie in platte daken te vermijden, dient men ze correct thermisch te isoleren en erop toe te zien dat de isolatielaag geen onderbrekingen (koudebruggen) vertoont. Bovendien dient men vóór, tijdens en na de plaatsing te voorkomen dat de thermische isolatie bevochtigd raakt. In een plat dak zal zelfs het voorzien van een dampscherm met een lage of variabele dampdiffusieweerstand de overmatige bevochtiging van de isolatie niet kunnen verhinderen.

In een plat dak dat onderhevig is aan omgekeerde condensatie, maar waarbij er geen nieuwe vochttoevoer (bv. door inwendige condensatie en/of infiltratie) meer optreedt, mag men verwachten dat dit verschijnsel na verloop van tijd spontaan verdwijnt. Het is echter onmogelijk te voorspellen hoeveel tijd dit precies in beslag zal nemen, omdat dit afhankelijk is van de hoeveelheid ingesloten vocht en de drogingsomstandigheden. Het toevoegen van een isolatielaag op de dakopbouw kan in sommige gevallen een oplossing bieden.

E. Mahieu, ing., adjunct-afdelingshoofd, afdeling Interface en consultancy, WTCB

Dit artikel gaat dieper in op de geldende eisen inzake het brandgedrag van dakbedekkingen en meer in het bijzonder van op daken geplaatste houten terrassen bij een externe brand. In het kader van het onderzoeksproject Do-It Houtbouw werd er een proefprogramma uitgevoerd om te bepalen of de plaatsing van een houten terras op een plat dak een negatieve invloed heeft op de prestaties van dit dak bij blootstelling aan een externe brand. Dit artikel bespreekt de oplossingen die toelaten om aan de voorschriften te voldoen en die in de loop van dit proefprogramma gevalideerd werden. Dit gebeurde in samenwerking met de onderneming Thomas & Piron, die de proefstukken aangeleverd heeft.

Brandveiligheid van houten terrassen op platte daken

Het Koninklijk Besluit 'Basisnormen inzake brandpreventie' legt de brandveiligheidseisen vast waaraan alle nieuwe gebouwen moeten voldoen (met uitzondering van eengezinswoningen). Zo legt het ondermeer de volgende eis op aan de gebouwen in kwestie (lage, middelhoge, hoge en industriële gebouwen): 'De producten voor de dakbekleding vertonen de kenmerken van de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ '. Zoals in de [WTCB-Dossiers 2014/4.6](#) omtrent het brandgedrag van platte daken reeds aangehaald werd, geeft de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ de prestatie van een dak weer bij blootstelling aan een externe brand. Deze klasse moet de ontwikkeling van secundaire brandhaarden op het dak voorkomen door te vermijden dat het doorboord zou worden of dat de brand zich aan het dakoppervlak zou kunnen verspreiden.

Vermits een houten terras op een plat dak in het kader van voornoemd

Koninklijk Besluit beschouwd wordt als een dakbedekking, moet het de eigenschappen van de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ vertonen. Dit moet **aangeaald worden door een classificatieverslag** dat gebaseerd is op laboratoriumproeven ⁽¹⁾. Tijdens deze proeven wordt het dak gedurende 30 minuten onderworpen aan een brandbelasting (onder de vorm van een korf houtwol) (zie foto's op de volgende pagina). Teneinde te bepalen of de dakopbouw al dan niet onder de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ valt, werden de volgende criteria beoordeeld:

- **beperking van de externe vlamuitbreiding** (op het niveau van de buitenbekleding, in dit geval de houten terrasplanken)
- **beperking van de interne vlamuitbreiding** (op het niveau van de afdichting en de isolatie)
- **afwezigheid van brandende materialen of druppels** die van de maquette vallen of het dak doorboren

- **afwezigheid van openingen die het dak doorboren.**

We willen erop wijzen dat de proeven niet uitgevoerd werden op afzonderlijke bekledingen, maar op volledige dakopbouwen, die representatief zijn voor deze die in de praktijk geplaatst worden. In het kader van de beoordeling van houten terrassen op platte daken, werden de proeven verricht op proefstukken (afmetingen 1,8 x 0,8 m) van de dakopbouw (afdichtingsmembraan, isolatie en dakvloer) en het houten terras (houten planken, voegen tussen de planken, bevestigingen, draagstructuur (onderliggers en polypropyleen terrasdragers) ...).

Het spreekt voor zich dat het niet haalbaar is om alle bestaande varianten van houten terrassen op platte daken te beproeven. Om toch een zo groot mogelijk aantal terrasconfiguraties te kunnen beoordelen voor wat betreft hun

Een houten terras op een plat dak beantwoordt onder bepaalde voorwaarden aan de eigenschappen van de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$, die de prestatie van een dak weergeeft bij blootstelling aan een externe brand.

⁽¹⁾ Volgens de classificatienorm NBN EN 13501-5, de proefnorm NBN CEN/TS 1187 en de norm CEN/TS 16459 voor de uitbreiding van het toepassingsgebied van de proefresultaten.

overeenstemming met de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$, werden er oriënterende proeven uitgevoerd op verschillende dakopbouwen. Dit gebeurde door bepaalde hoofdparameters te wijzigen (bv. toegepaste houtsoorten, afmetingen van de houten planken, breedte van de voegen tussen de planken ...). Op basis van de resultaten werd er vervolgens een 'kritieke' configuratie geïdentificeerd, beproefd en gevalideerd door officiële proeven, die *de facto* alle andere minder kritieke configuraties omvat.

Dit artikel heeft niet als oogmerk om de details van de beproefde configuraties, noch de resultaten van de uitgevoerde proeven uit de doeken te doen, maar wil vooral benadrukken dat er tijdens de oriënterende en validerende proeven aan alle criteria uit de norm voldaan werd. Zo kan men dankzij het proefprogramma garanderen dat een houten terras op een plat dak aan de geldende Belgische brandreglementering voor nieuwe gebouwen, met andere woorden

aan de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$, beantwoordt, op voorwaarde dat er aan de volgende voorwaarden voldaan wordt:

- **houten terrasplanken:** dichtheid van 750 tot 1.050 kg/m³ (robinia, padoek, itauba, ipé, bilinga, jatoba ...), dikte van 21 tot 40 mm, minimale breedte van 120 mm, mechanische bevestiging op een houten draagstructuur, evenwijdig met of loodrecht op de dakhelling
- **breedte van de voegen tussen de planken:** 4 tot 6 mm
- **houten draagstructuur:** houten onderliggers (minimale dichtheid van 750 kg/m³, sectie van 60 x 40), rechtstreeks op het dak geplaatst of met tussenplaatsing van polypropyleen terrasdragers (max. 6 per m²)
- **daken onder het houten terras:** alle bitumineuze platte daken (helling van 0 tot 20°) die tot de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ behoren.

We willen erop wijzen dat de huidige Europese normen het strikt genomen

niet mogelijk maken om de proefresultaten uit te breiden naar andere dan bitumineuze daken ⁽²⁾. Uit de proeven is evenwel gebleken dat de houten terrassen volgens de onderzochte parameters het gedrag bij een externe brand niet verslechterden, maar dat ze veeleer een zekere bescherming boden aan het onder het terras gelegen dak. Hoewel ze niet onder de huidige extrapolatieregels vallen, zou men dus wel kunnen stellen dat de voorgestelde oplossingen ook gelden voor andere daken waarop een houten terras geïnstalleerd is, voor zover deze zelf tot de klasse $B_{\text{roof}}(t_1)$ behoren. **I**

Y. Martin, ir., afdelingshoofd, afdeling
Gebouwschil en schrijnwerk, WTCB
Kurt De Proft, dr. ir., manager
Research & Technology, WOOD.BE

Dit artikel werd opgesteld in het kader van
de Normen-Antenne Brandpreventie, met de
financiële steun van de FOD Economie.



Illustratie van de proef van het begin (ontvlaming van de met houtwol gevulde korf) tot het einde (beperkte beschadiging van de houten bekleding).

⁽²⁾ Het beproefde onder het houten terras gelegen dak was een standaard renovatieopbouw volgens de norm CEN/TS 16459: het bestond uit een dakvloer uit houtspaanderplaten, een isolatie van het type EPS (10 cm, brandreactieklasse E, mechanische bevestiging aan de dakvloer) en een tweelagig afdichtingsmembraan uit geoxideerd bitumen. Ook de combinatie met een PIR-isolatie werd beproefd (10 cm, brandreactieklasse E, mechanische bevestiging aan de dakvloer).

De afdeling Technisch advies van het WTCB wordt wel eens geconfronteerd met schadegevallen door spontane glasbreuk bij geharde beglazingen. Dit fenomeen is te wijten aan nikkelsulfide-insluitingen (NiS-insluitingen) in de beglazing. Hoewel het niet mogelijk is om dit schaderisico volledig te vermijden, kan het wel sterk beperkt worden met behulp van het *heat soak*-procedé.

Spontane glasbreuk door **NiS-insluitingen**

De toepassing van een geharde beglazing heeft tal van voordelen te bieden ten opzichte van haar basisproduct uitgegloeid glas. Zo heeft gehard glas een beduidend grotere mechanische sterkte en schoksterkte, alsook een verhoogde weerstand tegen thermische glasbreuk (zie de [WTCB-Dossiers 2012/4.9](#)). Daarnaast wordt ook het snijgevaar beperkt doordat het glas in niet-snijdende stukjes breekt.

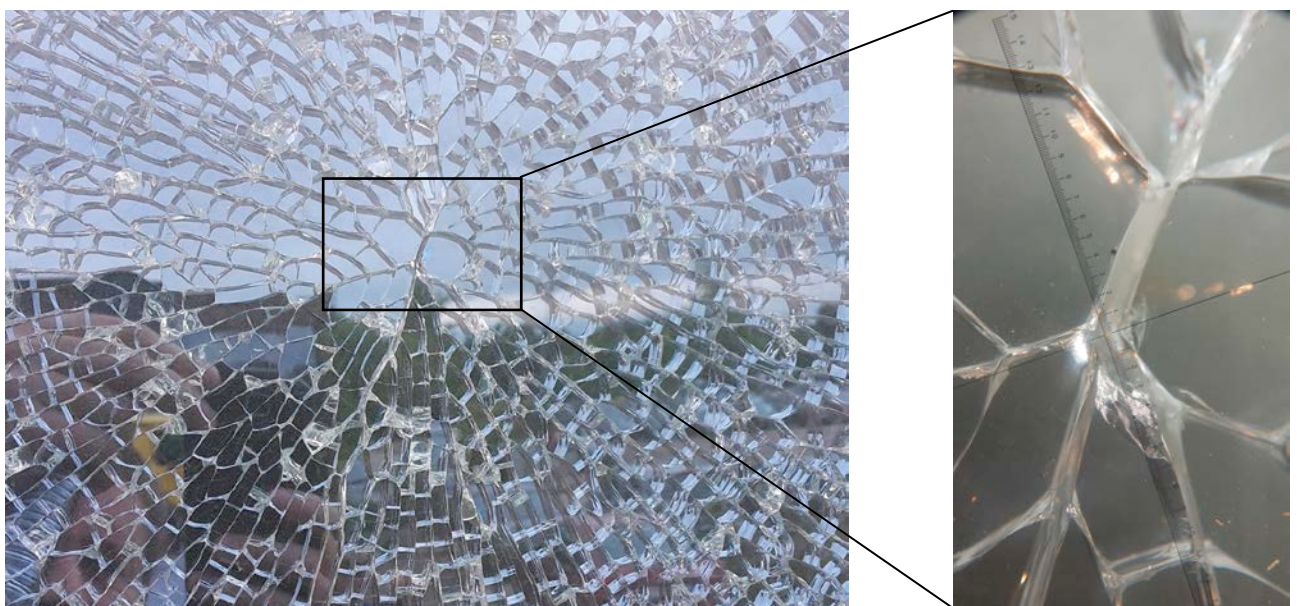
Soms kan er in geharde beglazingen

echter spontane glasbreuk ontstaan. Hoewel deze schade zich vaak eerder snel na de plaatsing voordoet, is het niet uitgesloten dat er jaren na de uitvoering alsnog glasbreuk optreedt.

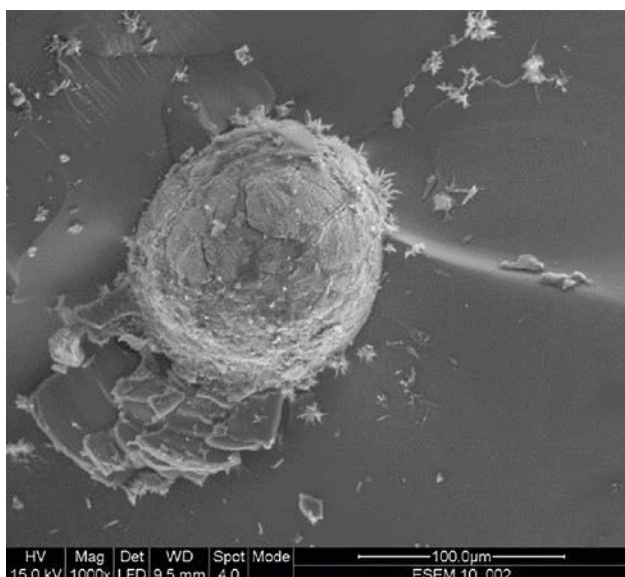
Oorzaak

Men dient zich bewust te zijn van het feit dat uitgegloeid glas insluitingen van nikkelsulfide kan bevatten, zij het vaak in een zeer beperkte hoeveelheid

(grootteorde van 1 op 300 m²). Deze verontreinigingen, die gewoonlijk een sferische vorm hebben, zijn inherent aan het productieproces van uitgegloeid glas, waaraan onvermijdelijk onzuiverheden van sulfide en nikkel te pas komen, en kunnen onder meer afkomstig zijn uit het basismateriaal voor de glasproductie, de gebruikte brandstof of de roestvast stalen productie-elementen. Doordat deze NiS-insluitingen een verschillende kristallijne structuur hebben bij lage en hoge temperaturen, is het ingenomen



1 | De oorsprong van de glasbreuk bij gehard glas vertoont een vliegendvormig patroon.



2 Met behulp van een elektronen-microscop kan men NiS-insluitingen opsporen.

volume bij een lage temperatuur groter. Indien de beglazing tijdens de productie een trage temperatuurdaling ondergaat, zullen deze NiS-insluitingen terug hun oorspronkelijke kristallijne structuur aannemen en geen gevaar vormen voor de beglazing.

Het hardingsproces, waarbij de beglazing opgewarmd wordt tot een temperatuur van circa 650 °C en vervolgens snel afkoelt, zorgt er evenwel voor dat de NiS-deeltjes gevangen geraken voordat zij hun oorspronkelijke kristallijne structuur hebben kunnen hernemen, wat tot lokale spanning en mogelijk zelfs tot glasbreuk leidt.

Het schadebeeld dat optreedt bij een overschrijding van de weerstand is gelijkaardig aan het breukpatroon van gehard glas: het glas valt uiteen in kleine scherfjes. Indien de geharde beglazing echter aangewend wordt in gelaagd glas, kan men waarnemen dat de oorsprong van de glasbreuk een vlindervormig patroon vertoont (zie afbeelding 1). De breuk treedt op ter hoogte van de

spanningsconcentratie aan de insluiting en het glas vertoont geen sporen van een mechanische impact.

Vaak kan men de NiS-insluiting, waarvan de diameter veelal zo'n 50 à 550 microns bedraagt, met behulp van een vergrootglas waarnemen aan het breukvlak tussen de twee glasdelen van het vlinderpatroon (zie afbeelding 1).

Er bestaan tal van technieken om na de breuk van geharde beglazingen de aanwezigheid van NiS-insluitingen te achterhalen, zoals een XRD-analyse (x-stralendiffractie), een elektronenmicroscop (zie afbeelding 2) en een chemische analyse. Verder wordt er gewerkt aan technieken die naar de toekomst toe zullen toelaten om NiS-insluitingen tijdens de productie of zelfs na de plaatsing van het geharde glas op te sporen.

Heat soak-procedé

Om het risico op spontane breuk te beperken, kan men teruggrijpen naar het

zogenaamde *heat soak*-procedé volgens de norm NBN EN 14179-1. Hierbij wordt het glas gedurende een aantal uren op een oventemperatuur van circa 290 °C gebracht. De in de norm voorziene tijdsduur van twee uur laat toe om ongeveer 98,5 % van de beglazingen met NiS-insluitingen te identificeren.

De efficiëntie van het *heat soak*-procedé is tevens afhankelijk van de glasdikte en de oppervlakte van de te beproeven beglazing. Door deze beproeving wordt een groot deel van de geharde beglazingen met een latent breukrisico uit de productielijn gesorteerd. Dit impliceert echter wel dat deze glasbladen opnieuw vervaardigd moeten worden.

De toepassing van het *heat soak*-procedé is voornamelijk aangewezen voor beglazingen die aangewend worden in dragende constructiedelen en die moeilijk bereikbaar zijn met het oog op hun vervanging, en meer nog wanneer het een dikke beglazing betreft. Tot slot wensen we op te merken dat dit procedé een meerprijs met zich meebrengt en dat het de kwaliteit van de beglazing in bepaalde situaties in het gedrang brengt omwille van het temperatuurverloop dat het geharde glas opnieuw ondergaat.

Zoals in de TV 214 reeds aangehaald werd, is het de taak van de opdrachtgever of diens vertegenwoordiger om te bepalen of voornoemd procedé al dan niet voorzien dient te worden. Hij moet dan in het bijzondere bestek aangeven welke glaspanelen dit procedé moeten ondergaan.

F. Caluwaerts, ing., senior hoofdadviseur,
afdeling Technisch advies, WTCB

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

Wanneer de NiS-deeltjes gevangen geraken in de beglazing, kunnen ze leiden tot lokale spanning en mogelijk zelfs tot glasbreuk.

Dit artikel geeft een kort overzicht van de geldende eisen inzake de brandveiligheid van gevels. Hierbij wordt er ook dieper ingegaan op de eisen en de bijkomende constructieve maatregelen ter beperking van het risico op brandoverslag via de gevels voor het bijzondere geval van buitengevelisolatiesystemen met pleisterwerk, ook wel ETICS genoemd. Er heerst tegenwoordig heel wat discussie over deze maatregelen binnen een werkgroep van de Hoge Raad voor beveiliging tegen brand en ontploffing.

ETICS en de brandveiligheid van gevels

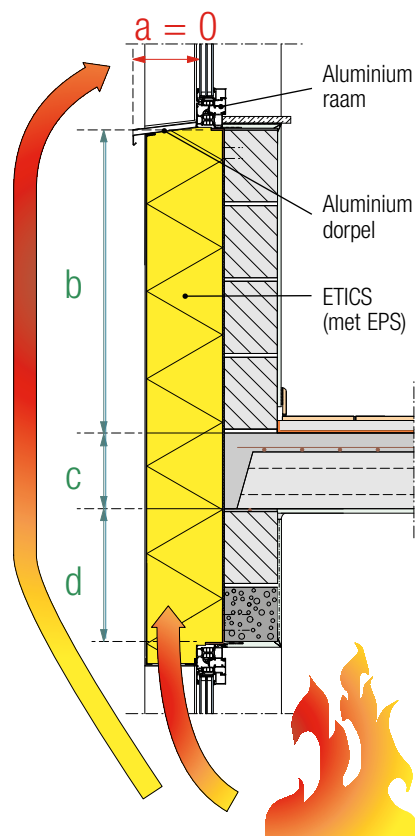
Met uitzondering van de eengezinswoningen, die niet onderhevig zijn aan brandveiligheidseisen, moeten alle nieuwe gebouwen beantwoorden aan de reglementaire eisen met het oog op de beperking van het risico op brandoverslag via de gevels.

Deze eisen hebben enerzijds betrekking op de brandreactie van de gevelbekleding ⁽¹⁾ (minimale klasse D-s3, d1 voor lage gebouwen en B-s3, d1 voor middelhoge en hoge gebouwen), en anderzijds op de brandweerstand van het gevelelement en zijn aansluiting met de vloer ⁽²⁾. In het geval van middelhoge en hoge gebouwen, moet het gevelelement een brandweerstand E60 vertonen (vlamdichtheid gedurende 60 minuten) over een minimale ontwikkelde lengte van 1 m ($a + b + c + d$, zie afbeelding 1), die berekend moet worden volgens het Koninklijk Besluit 'Basisnormen inzake

brandpreventie'. Enkel elementen met een brandweerstand E60 worden hierbij in rekening genomen, wat dus onder meer de aluminium dorpels en ramen, alsook de bepleisteringssystemen op EPS uitsluit.

De laatste jaren werden gekenmerkt door een toename van de langs buiten geïsoleerde geveloppervlaktes, van de toegepaste isolatiediktes en bijgevolg ook van de brandbare massa van de gevels. Dit brengt echter ook een risico met zich mee op de migratie van de brand tot in het gevelsysteem, met name via de brandbare isolatie van een ETICS (zie afbeelding 1). De brand zou immers de door het E60-element geboden bescherming kunnen omzeilen en zich over een aanzienlijk deel van de gevel kunnen verspreiden. In tegenstelling tot bepaalde buurlanden, houdt de huidige Belgische reglementering echter geen

1 | Ontwikkelde lengte van 1 m van het E60-element ($a + b + c + d$) en het risico op brandoverslag in de gevel ($a = 0$, vermits de aluminium dorpel en de ETICS geen E60 vertonen).



Het gevelelement moet een brandweerstand E60 vertonen over een minimale ontwikkelde lengte van 1 m.

⁽¹⁾ De brandreactie van ETICS wordt gedeclareerd door de fabrikant (zie ETA- en ATG-goedkeuringen).

⁽²⁾ Deze voorschriften komen uitgebreid aan bod in verschillende WTCB-Dossiers (de WTCB-Dossiers 2010/4.8, 2013/3.8 en 2015/1.5) en de TV 257 omtrent ETICS.



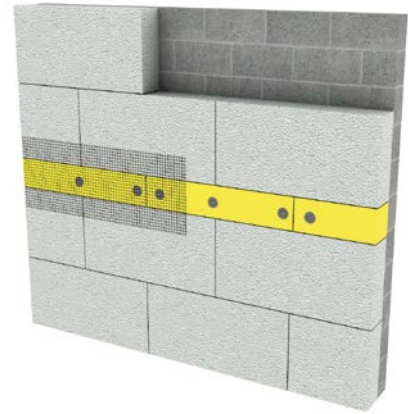
rekening met dit risico. Desondanks raden vele brandweerdiensten in hun bij de stedenbouwkundige vergunning gevoegde brandpreventieverslag enkele constructieve oplossingen aan om dit risico te beperken.

Een werkgroep van de Hoge Raad voor beveiliging tegen brand en ontploffing legt zich momenteel toe op de opstelling van eensluidende regels. Zij stellen reeds de volgende voorlopige aanbevelingen voor ⁽³⁾:

- **voor lage gebouwen ($h < 10$ m):** geen bijkomende eisen naast de geldende reglementering
- **voor zeer hoge gebouwen ($h > 36$ m):** onbrandbaarheid (klasse A2-s3, d1) van de buitenbekledingen en de substantiële gevelcomponenten
- **voor de andere gebouwen (h tussen 10 en 36 m):** typeoplossingen gebaseerd op een regelmatige onderbreking van de brandbare isolatie (bij ETICS) of van de luchtsponw (bij een gevelbekleding met een geventileerde luchtsponw).

De typeoplossingen voor deze laatste gebouwen zouden gebaseerd zijn op de principes die in Duitsland en Frankrijk van kracht zijn.

In dit artikel beperken we ons tot de bespreking van de Franse regels, die in de *Instruction technique* IT 249 omtrent gevels vermeld worden en aangevuld worden met een leidraad voor ETICS met EPS-isolatie. Het hoofdprincipe bestaat erin de brandbare EPS-isolatie te onderbreken door middel van onbrandbare stroken (zie afbeelding 2). Deze stroken



2 | Stroken uit rotswol van 200 mm hoog aan de gevelvoet en per bouwlaag.

uit rotswol (brandreactieklasse A1 en minimale densiteit van 90 kg/m^3) worden mechanisch bevestigd en volledig verlijmd op de ondergrond uit beton of metselwerk. Ze zijn even dik als de EPS-isolatie en zijn minstens 200 mm hoog. Ter beperking van het risico op scheurvorming in de bepleistering, wordt er een bijkomend wapeningsweefsel aangebracht. Om uitzichtsgebreken te voorkomen, moet men vermijden om een te dik grondpleister aan te wenden en moet de onderliggende wapening dieper aangedrukt worden ter hoogte van de overlapping door bij de plaatsing een grotere druk uit te oefenen (zie TV 257, § 6.7.4.2). De stroken moeten zowel aan de gevelvoet als per bouwlaag aangebracht worden. Deze oplossing kan toegepast worden op ETICS met dunne ($\leq 10 \text{ mm}$) of dikke ($> 10 \text{ mm}$)

bepleseringssystemen (grondpleister en afwerkpleister) op een EPS-isolatie van hoogstens 200 mm dik of met dikke bepleisteringen op een EPS-isolatie van hoogstens 300 mm dik.

Teneinde het risico op brandoverslag via de gevels te beperken en de eisen van de brandweerdiensten te harmoniseren, zou de werkgroep van de Hoge Raad aanbevelingen moeten voorstellen die op termijn ook in de Belgische brandreggeving opgenomen zouden worden.■

Y. Martin, ir., afdelingshoofd,
afdeling Gebouwschil en schrijnwerk, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne Brandpreventie, met de financiële steun van de FOD Economie.

Normen-Antenne

Teneinde zijn weg te vinden in het kluwen aan brandveiligheidsregels, stelt de website van de Normen-Antenne Brandpreventie (www.normen.be/brand) een databank ter beschikking waarin alle in België geldende reglementeringen op het federale, gewestelijke en communautaire niveau opgenomen worden. De reglementaire teksten kunnen per Gewest en per gebouwtype opgezocht worden.

⁽³⁾ Het alternatief bestaat erin dat het gevelsysteem slaagt voor een brandproef op ware grootte (volgens te preciseren proefmethoden).



IN DE KIJKER

CPRO-ON-WEB: de ideale tool voor uw prijsoffertes

Een correcte offerte opstellen is een belangrijke taak van de aannemer. Met **CPRO-ON-WEB** kan u offertes, vorderingsstaten en facturen opmaken voor al uw bouwprojecten. Deze tool biedt u dus de luxe om alles in één programma op te maken, waardoor u uw projecten snel en eenvoudig kan opvolgen van offerte tot oplevering.

Deze tool is volledig gratis voor WTCB-leden. Om ermee aan de slag te gaan, dient u zich eenmalig te registreren via cpro.wtcb.be. U vult uw e-mailadres in en kiest zelf een paswoord (geen logingegevens voor de WTCB-website!). Na registratie ontvangt u een bevestigingsmail. Klik op de link en u bent klaar om **CPRO-ON-WEB** te ontdekken.

Hulp nodig? Raadpleeg op elke pagina de helpfunctie rechts bovenaan via het vraagteken. Graag persoonlijk advies? Volg dan binnenkort een van de geplande opleidingen in samenwerking met de beroepsorganisaties. Voor meer informatie, contacteer ons via cpro@bbri.be of 02/716.42.11.

Aarzel niet en registreer u vandaag nog!
U zal zien dat CPRO-ON-WEB uw professionele leven zal vergemakkelijken.

Batibouw-wedstrijd

U bent in groten getale naar Batibouw gekomen om onze nieuwe stand te ontdekken, een van de presentaties bij te wonen tijdens de professionele dagen en deel te nemen aan onze wedstrijd.

De winnaars van deze wedstrijd werden persoonlijk op de hoogte gebracht: het gaat om de bedrijven **BETONADVIES GIJKO** uit Temse en **BOUTRIBATI** uit Doornik. Zij hebben allebei een werfradio in ontvangst mogen nemen.

Het WTCB bedankt alle aannemers die deelgenomen hebben aan de wedstrijd en feliciteert de winnaars.





 Meer info

NBN EN 806-2 (§ 3.6)
WTCB-Dossiers 2014/2.12

Wat is de aanvaardbare wachttijd voor sanitair warm water aan een tappunt?

In de norm NBN EN 806-2 wordt aangegeven dat de watertemperatuur minimum 60 °C moet bedragen binnen de 30 seconden na het openen van de kraan. Uit sommige enquêtes is echter gebleken dat het merendeel van de gebruikers voor het bekomen van water van ongeveer 40 °C eerder een wachttijd van 5 à 10 seconden aanvaardbaar vindt. Het is dus aangewezen om te opteren voor een ontwerp van de installatie dat de wachttijd redelijkerwijze beperkt. De wachttijd kan ingeschat worden in functie van het waterdebiet en van de lengte, de diameter en het materiaal van de leiding.

Mag men beton storten tijdens de winterperiode?

Aangezien de verharding van beton vertraagd of zelfs verhinderd wordt bij koude temperaturen (meer bepaald wanneer het kouder is dan 5 °C op het moment van het betonstorten of gedurende de 72 eerstvolgende uren), dient men in deze omstandigheden beschermingsmaatregelen te treffen.



 Meer info

WTCB-Digest nr. 12

Is het economisch rendabel om energetisch te renoveren?

In het kader van renovatiewerken dient men steeds de energiebesparingsmogelijkheden van het gebouw te onderzoeken. Men dient hierbij echter ook voldoende rekening te houden met het feit dat er een gezond binnenklimaat verzekerd moet worden. Aan de hand van een goede analyse van de investeringskosten, de uitgespaarde energiekosten en de onderhoudskosten, kan geval per geval nagegaan worden wat de meest interessante optie is (vervanging van de ramen en/of van de stookketel, isolatie van het dak en/of van de muren, plaatsing van een 10 of 20 cm dikke isolatielaag ...). In de WTCB-Dossiers 2012/3.18 is een voorbeeld van een dergelijke analyse opgenomen.



 Meer info

WTCB-Dossiers 2012/3.18

De term inloophdouche dekt alle douches zonder drempel of met een drempel met zeer beperkte hoogte (max. 2 cm). De ondergrond bestaat doorgaans uit een dekvloer, betegelbare bouwplaten of een geprefabriceerde douchebak. Dergelijke douches hebben definitief hun plaats veroverd in de moderne badkamer. In dit artikel wordt dieper ingegaan op de manier waarop de waterdichting ervan tot stand gebracht moet worden.

Waterdichting van inloophdouches in eengezinswoningen

1 Waterdichting: aandacht voor de details!

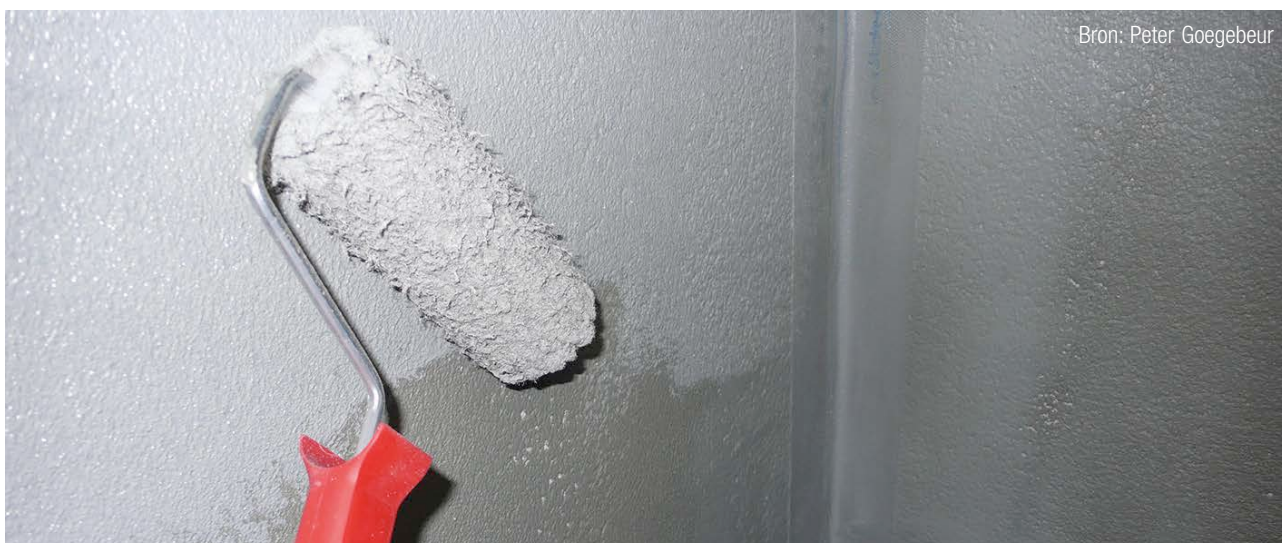
Voor betegelde inloophdouches mag er niet gerekend worden op de waterdichtheid van de betegeling. De ondergrond moet steeds beschermd worden tegen een mogelijke vochtindringing via de vloer, de verticale wanden en de aansluitingen. Zelfs bij gebruik van plaatsings- en voegproducten met een hoge waterbestendigheid, zoals lijmen van het type R volgens de norm NBN EN 12004 en voegmiddelen van het type RG volgens de norm NBN EN 13888, kan het risico op een vochtinfiltratie via de scheurtjes tussen de tegels en het voegmateriaal nooit volledig uitgesloten worden.

De wijze waarop de douchewanden, de douchevloer en hun onderlinge aansluitingen waterdicht gemaakt moeten worden, is voornamelijk afhankelijk van de opbouw van de inloophdouche. In de volgende paragrafen bespreken we de drie belangrijkste types.

1.1 Inloophdouches met betegelbare bouwplaten

De bouwplaten die als ondergrond dienen voor de betegeling van de inloophdouche moeten verwerkt worden volgens de richtlijnen van de fabrikant. Daar waar de platen zelf normaal gesproken over een toereikende intrinsieke waterbestendigheid beschikken, is dit niet het geval voor de aansluitingen en de voegen tussen de platen. Voor de onderlinge aansluiting van de platen wordt er in de regel gebruikgemaakt van lijmkiten. Om de voegen tussen de platen waterdicht af te werken, wordt er dan weer voornamelijk teruggegrepen naar afdichtingsbanden. Het is van groot belang dat de afdichting gebeurt met de juiste producten. Dit geldt zowel voor wat de aansluitingen tussen de bouwplaten en de badkamer- vloer betreft, als voor wat de aansluiting aan de afvoer, de aansluitingen tussen de bouwplaten en de verticale wanden en de aansluitingen tussen de wanden onderling aangaat. Het strekt dan ook tot aanbeveling om zijn toevlucht te

heid beschikken, is dit niet het geval voor de aansluitingen en de voegen tussen de platen. Voor de onderlinge aansluiting van de platen wordt er in de regel gebruikgemaakt van lijmkiten. Om de voegen tussen de platen waterdicht af te werken, wordt er dan weer voornamelijk teruggegrepen naar afdichtingsbanden. Het is van groot belang dat de afdichting gebeurt met de juiste producten. Dit geldt zowel voor wat de aansluitingen tussen de bouwplaten en de badkamer- vloer betreft, als voor wat de aansluiting aan de afvoer, de aansluitingen tussen de bouwplaten en de verticale wanden en de aansluitingen tussen de wanden onderling aangaat. Het strekt dan ook tot aanbeveling om zijn toevlucht te



Bron: Peter Goegebeur

1 | Aanbrengen van een vloeibaar afdichtingsproduct.



nemen tot bouwplaten, afdichtingsbanden, afdichtingshoeken en lijmen die deel uitmaken van eenzelfde systeem waarop de fabrikant garanties biedt.

1.2 Inloophouches met een geprefabriceerde douchebak

Voor het waterdicht maken van inloophouches met een geprefabriceerde douchebak gelden dezelfde aanbevelingen als voor de afdichting rondom badkuipen. Men dient erop toe te zien dat de waterdichting van de wanden rondom de douchebak goed op de douchebak aansluit. Zodoende kan men voorkomen dat het afstromende water tussen de douchebak en de wand zou terechtkomen. De voeg tussen de douchebak en de wand kan op verschillende manieren afgedicht worden: met een profiel of met een rugvulling die verder afgewerkt wordt met een soepele voegkit. Indien de douchebak fabrieksmatig voorzien werd van een voorverlijmd afdichtingsdoek (een wachtslab), dient deze verbonden te worden met de waterdichting van de verticale wand.

1.3 Inloophouches met een betegelde dekvloer

Om de ondergrond bij dit type inloophouche tegen vochtinfiltraties te beschermen, zijn er verschillende types producten voorhanden. Deze komen uitgebreid aan bod in de [WTCB-Dossiers 2010/2.11](#). Daarnaast zijn er tegenwoordig ook een aantal andere innovatieve materialen zoals gespoten, vernevelde en/of zelfklevende waterdichtingsproducten op de markt te vinden.

Indien er gewerkt wordt met een vloeibaar aangebrachte of pastavormige waterafdichting (zie afbeelding 1), dient men de kritieke plaatsen (bv. ter hoogte van de hoeken en rondom de kranen en afvoeren) na het drogen van de primer te voorzien van afdichtingsbanden (zie afbeelding 2), voorgevormde hoeken, moffen of manchetten. Pas daarna kan men overgaan tot het aanbrengen van het waterdichtingssysteem over het hele oppervlak.

Ook indien het waterdichtingssysteem van de inloophouche uit membranen

bestaat, vormt de aansluiting met de aanliggende bouwdeelen een kritiek punt. In dit geval wordt het membraan veelal in de lijmlaag op vloer aangebracht en hierin aangedrukt. Vervolgens worden de randen van het membraan tot ongeveer 10 cm boven de afgewerkte betegeling opgetrokken, waardoor er als het ware een kuip gevormd wordt. Daarna worden de membranen op de wanden aangebracht, waardoor ze dakpansgewijs bovenop het opgetrokken vloermembraan komen te liggen.

Een alternatieve techniek bestaat erin om eerst de wanden en de vloer waterdicht te maken en vervolgens over te gaan tot het plaatsen van kimbanden en voorgevormde hoeken ter hoogte van de aansluitingen tussen de vloer en de wanden.

Ook de aansluiting tussen de dekvloer en de afvoer verdient bijzondere aandacht. De vloer rondom de afvoerput of de afvoergoot wordt in de regel waterdicht gemaakt met behulp van een pasta of een membraan en een geschikte lijm. Er bestaan ook doucheafvoeren met vloer- of muurflenzen waarop het waterdichtingssysteem aangebracht kan worden.

2 Bijkomende aandachtspunten voor de opbouw en de afwerking

Om de correcte plaatsing van de doucheafvoer te kunnen waarborgen, moet er steeds een minimale dekvloerhoogte aanwezig zijn. De dekvloer moet immers niet alleen het waterslot – dat bij voorkeur minstens 5 cm hoog is – kunnen herbergen, maar dient tevens voor het inwerken van de horizontale afvoerleidingen die met een helling van 1 % geplaatst worden en ook grote debieten (regendouche) moeten aankunnen. Een te kleine doucheafvoer kan leiden tot een overstrooming van de doucheruimte. Het afvoersysteem moet bovendien regelmatig gereinigd worden om verstoppingen te voorkomen. In de norm NBN EN 1253-1 omtrent afvoerputten voor gebouwen worden onder meer de minimale debieten vermeld die afgevoerd moeten kunnen worden. Bij gebruik van een vloerkolk die in overeenstemming is met deze norm zou

het door de douchekop geproduceerde debiet in principe correct afgevoerd moeten kunnen worden.

De dekvloer en de betegeling zouden een minimale helling van 1,5 % in de richting van de doucheafvoer moeten vertonen om een gebeurlijke waterstagnatie op de tegels te vermijden.

3 Afwerkingsmaterialen

De keuze van de muur- en vloerafwerkingsmaterialen is dikwijls in de eerste plaats een esthetische kwestie. Voor inloophouches – en dan vooral voor de douchevloer – dient men er echter ook op toe te zien dat deze materialen geschikt zijn voor gebruik in vochtige ruimten. Het komt erop neer dat de muur- en vloerafwerking onderhoudsvriendelijk, slipvast, weinig waterabsorberend en spatbestendig moet zijn. Mozaïek, keramische tegels en natuursteen zijn in deze context de materialen bij uitstek. De specifieke aandachtspunten bij deze materialen zullen in de lange versie van dit artikel aan bod komen. **I**

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

D. Nicaise, dr. wet., laboratoriumhoofd, laboratorium Mineralogie en microstructuur, WTCB

2 | Aanbrengen van afdichtingsbanden op kritieke plaatsen.



Bron: Blanke





De 'Design for all'-aanpak streeft naar een maximale toegankelijkheid van gebouwen. Hieronder valt ook de toegankelijkheid van visuele informatie (zie afbeeldingen 1 en 2). In dit artikel wordt een door het WTCB uitgewerkte rekentool voorgesteld die ondersteuning biedt bij de beoordeling van kleurcontrasten en de dimensionering van de signalisatie (waaronder beletteringen).

Rekenblad voor de beoordeling van kleurcontrasten en de dimensionering van de signalisatie

Contrast

Er zijn tal van factoren die een rol spelen bij de waarneming van contrast: de positie van de waarnemer, de aard van het oppervlak, de verlichting, de afmetingen van het voorwerp en de visuele mogelijkheden van de waarnemer. Hoewel er op het gebied van toegankelijkheid meerdere normen voorhanden zijn die eisen opleggen voor contrasten, vertonen ze een grote variatie, zowel wat de contrastformule en de gebruikte grootheden als het acceptatiecriterium betreft. Dit wordt geïllustreerd door

onderstaande tabel, waarin:

- **C staat voor het contrast**
- **L staat voor de luminantie**. Deze fundamentele fotometrische grootheid is een maat voor de schijnbare helderheid van oppervlakken. De luminantie heeft een direct verband met de visuele waarneming van de omgeving. Elk oppervlak in het gezichtsveld, zowel een lichtbron als een verlicht oppervlak, heeft een bepaalde luminantiewaarde (uitgedrukt in cd/m^2). De luminantie van oppervlakken kan slechts bepaald worden door gebruik te maken van simulatiesoftware

(bv. DIALux of Radiance) of na voltooiing van de werken (met behulp van een luminantiemeter)

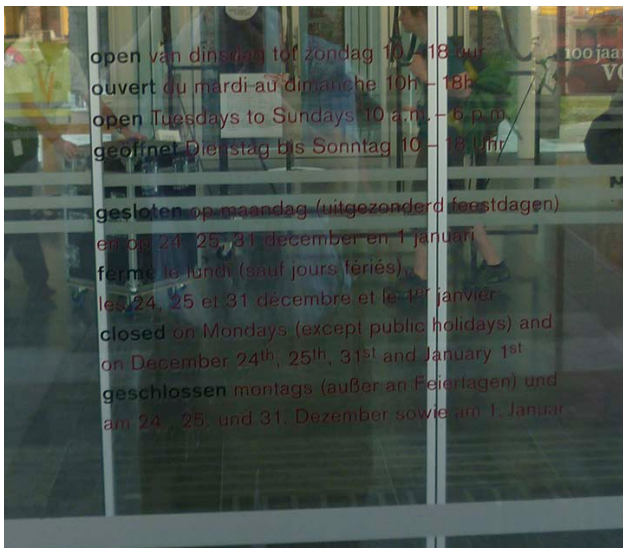
- **LRV staat voor de Light Reflectance Value**. Dit is het aandeel zichtbaar licht dat door een oppervlak gereflecteerd wordt. Deze waarde wordt gewogen in functie van de genormaliseerde spectrale ooggevoeligheid $V(\lambda)$. De definitie en meetprocedure voor deze reflectiecoëfficiënt werden overgenomen uit de Britse norm BS 8493. De LRV-waarde is afhankelijk van het materiaal, de kleur en de textuur van een oppervlak en kan vooraf gemeten worden.

Overzicht van enkele contrastformules en acceptatiecriteria in verschillende landen.

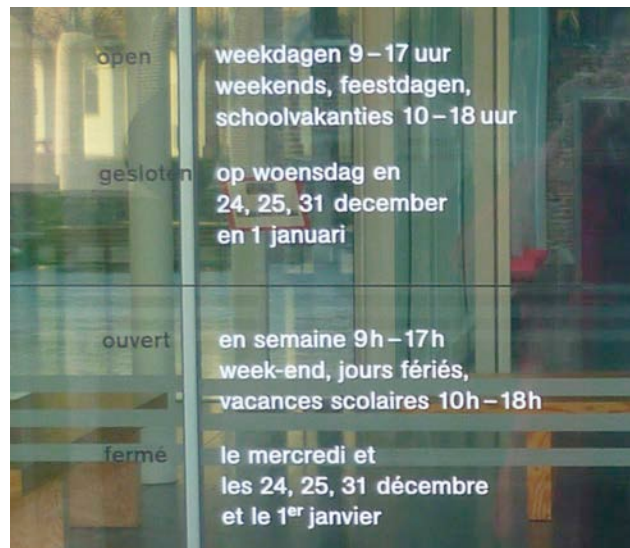
Referentienorm of -document	Land	Contrastformule	Acceptatiecriterium ⁽¹⁾
ISO 21542 (2011)	INT	$C = \text{LRV}_1 - \text{LRV}_2$ [punten]	$C \geq 15$; $C \geq 30$; $C \geq 60$
BS 8300 (2009) en BS 8493 (2010)	VK	$C = \text{LRV}_1 - \text{LRV}_2$ [punten]	$C \geq 15$; $C \geq 20$; $C \geq 30$; $C \geq 70$
DIN 32975 (2009) en DIN 18040-1 (2010)	DUI	$C = [(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)] * 100$ [%]	$C \geq 40$ ⁽²⁾ ; $C \geq 70$; $C \geq 80$
Guide des bonnes pratiques de mise en couleur (2009)	FR	$C = [(L_1 - L_2)/L_2] * 100$ [%]	$C \geq 50$; $C \geq 70$
Ontwerpgids voor toegankelijke gebouwen (2013)	BEL	$C = [(L_1 - L_2)/L_2] * 100$ [%]	$C \geq 70$
Handboek Toegankelijkheid Publieke Gebouwen (geraadpleegd in april 2017)	BEL	$C = \text{LRV}_1 - \text{LRV}_2$ [punten]	$C \geq 30$

⁽¹⁾ Het acceptatiecriterium wijzigt in functie van de toepassing. Zo vergen kleinere elementen (bv. signalisatie) of elementen waar een veiligheidsaspect aan verbonden is (bv. tredeneuzen) een groter contrast.

⁽²⁾ Om te verhinderen dat een te donkere kleurcombinatie gebruikt zou worden, stelt men als bijkomende eis een minimale reflectiecoëfficiënt van 0,5 voor de lichtste kleur.



1 | Ontoereikend contrast tussen de tekst en de achtergrond.



2 | De witte tekst staat in contrast met de achtergrond.

Het WTCB heeft in deze context een rekenblad ontwikkeld dat beschikbaar is onder de rubriek '**Rekentools**' op www.wtcb.be. Dit rekenblad bevat de gemeten LRV-waarden van verschillende courante kleurcommunicatie- en kleurclassificatiesystemen. Zo kan men voor verschillende toepassingen nagaan of de combinatie van twee kleuren een toereikend contrast oplevert volgens de eisen uit de norm ISO 21542. Deze kleuren kunnen vervolgens overgenomen worden in een lastenboek of meetstaat. We willen er echter wel op wijzen dat er in het rekenblad uitgegaan wordt van opake, diffuus reflecterende oppervlakken (zoals de meeste bouwmaterialen) die voldoende, uniform en achromatisch verlicht zijn. Bij de meting van contrast op de bouwplaats zelf komen er nog een aantal bijkomende factoren kijken, zoals de verandering van de kleur in de tijd (vervuiling, droging/bevochtiging, slijtage, uv-straling ...). Hier houdt het rekenblad evenwel geen rekening mee.

De aldus gekozen contrasterende kleuren moeten eveneens op correcte wijze aangebracht worden (bv. op voldoende grote oppervlakken, op de meest geschikte plaats op het bouwelement). De desbetreffende aanbevelingen uit het rekenblad werden onttrokken uit de norm ISO 21542, waarin er voor alle mogelijke toepassingen (bv. tredeneuzen bij trappen, zichtbaarheid van deuren ...) een omschrijving gegeven wordt.

Leesbare beletteringen

Een tweede mogelijkheid van het rekenblad bestaat erin de minimale lettergrootte voor beletteringen te bepalen volgens de methode uit het CIE-rapport 196. Deze methode gaat uit van een zwarte tekst op een witte achtergrond (dit komt bij benadering overeen met de eis van 60 LRV-punten voor signalisatie) en laat toe om de tekst te dimensioneren in functie van:

- **de observatie-afstand:** d.w.z. de afstand tussen de waarnemer en de signalisatie
- **de visuele karakteristieken van de waarnemer:** d.w.z. zijn leeftijd of gezichtsscherpte
- **de luminantie:** het volstaat niet om te kiezen voor goed contrasterende kleuren. Er moet immers ook een toereikende verlichtingssterkte zijn, waardoor de effectieve luminanties volstaan
- **het lettertype** (met of zonder schreef) en **de schaalfactor** die de leesbaarheid kunnen verhogen.

In de basisversie van het rekenblad (versie 1.0) kan de gebruiker enkel de observatie-afstand en het lettertype ingeven, die bepalend zijn voor het bekomen resultaat. Om het gebruik ervan in goede banen te leiden, werden er op de WTCB-website een document met achtergrondinformatie en een handleiding ter beschikking gesteld.

Er wordt ook een opleiding aangeboden. Via een meer flexibele versie van het rekenblad zal de cursist dan toegang krijgen tot meer opties die hij zelf kan instellen. Zodoende kan het rekenblad ook gebruikt worden om de criteria uit andere normen of richtlijnen af te toetsen (zie tabel op de vorige pagina).

S. Danschutter, ir.-arch., senior projectleider, afdeling Duurzame ontwikkeling en renovatie, WTCB

Dit rekenblad kwam tot stand binnen het VIS-traject 'Groen Licht Vlaanderen 2020' met de steun van het VLAIO.

Toekomstperspectieven

Het is de bedoeling om het rekenblad in de toekomst verder uit te breiden met andere materialen en kleursystemen. Producenten die interesse hebben om hieraan bij te dragen, kunnen contact opnemen met de afdeling Duurzame ontwikkeling en renovatie van het WTCB.

Gebouwen worden steeds energie-efficiënter. En dat is maar goed ook, aangezien de gewestelijke eisen met betrekking tot de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen (EPB) alsmaar strenger worden. Teneinde een goede luchtkwaliteit te verzekeren, is er echter ook een performante ventilatie-installatie vereist. De energie-impact van de ventilatiesystemen wordt steeds belangrijker ten opzichte van de andere energieprestatieparameters (isolatie, luchtdichtheid ...). Ventilatie speelt dan ook een cruciale rol in het verlagen van het E-peil (*). Dit artikel gaat dieper in op de aanpassingen die in deze context doorgevoerd werden in de EPB-rekenmethode.

De invloed van **ventilatie** op het **E-peil**: vernieuwde EPB-rekenmethode

Er bestaan tal van mogelijkheden om de invloed van ventilatie op het E-peil te verlagen. Deze werden reeds uitvoerig besproken in de [Infofiche 42.3](#). Denken we hierbij maar aan het ontwerpen van een kanalennetwerk met lage drukverliezen, het kiezen van een zuinige ventilator, het correct afstellen van de debieten of het meten van de mechanische debieten, het opgenomen vermogen of de luchtdichtheid van de kanalen. Men kan dus zowel tijdens het ontwerp en de installatie als tijdens de indienststelling maatregelen treffen om E-punten te winnen. De aldus gewonnen E-punten stellen de bouwheer niet alleen in staat om aan de steeds strengere energieprestatie-eisen te voldoen, maar bieden ook een belangrijke economische meerwaarde aan het gebouw.

De installateur kan bovendien energie-efficiëntere alternatieven voorstellen en ervoor opteren om oplossingen die een negatieve impact kunnen hebben op het E-peil te mijden.

Sinds de publicatie van de [Infofiche 42.3](#) in 2010 werden er in de EPB-rekenme-

thode een aantal aanpassingen doorgevoerd op het vlak van ventilatie. In dit artikel wordt alvast dieper ingegaan op deze met betrekking tot de vraaggestuurde systemen, de warmteterugwinning en het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren.

1 Vraaggestuurde systemen

In woningen wordt de vraagsturing in de E-peilberekening in aanmerking genomen via de reductiefactor f_{reduc} .

Vroeger werd deze factor in residentiële gebouwen bepaald aan de hand van de gelijkwaardigheidsmethode. Hierbij konden de fabrikanten hun producten op individuele basis laten erkennen. De aldus erkende individuele reductiefacto-

ren werden vervolgens vastgelegd in een ATG-E (d.i. een verslag van energetische karakterisering).

In de nieuwe rekenmethode wordt er daarentegen gebruikgemaakt van een forfaitaire tabel met f_{reduc} -waarden waarin een breed gamma van vraaggestuurde systemen opgenomen is, zelfs systemen met een beperkt aandeel aan vraagsturing.

De f_{reduc} -factor is afhankelijk van:

- de lokale, semi-lokale of centrale detectie van CO₂ (zie afbeelding 1) of de aanwezigheid van personen in de droge ruimten
- de lokale, zonale of centrale regeling van de toevoer in de droge ruimten
- de lokale detectie van de relatieve vochtigheid in de natte ruimten (en



1 | Regelklep met geïntegreerde CO₂-sensor.

(*) We willen erop wijzen dat de term 'E-peil' enkel in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest gebruikt wordt. In het Waalse Gewest spreekt men eerder van het 'niveau E_w' om het primaire-energieverbruik aan te geven. In dit artikel zal er echter gebruikgemaakt worden van de term 'E-peil'.



2 | Meting van het opgenomen elektrische vermogen met een vermogensmeter.

Deze nieuwe methode verschilt van de oude in die zin dat het geïnstalleerde vermogen gecorrigeerd wordt naar een representatief werkpunt en dat er voortaan via de reductiefactor f_{reduc} rekening gehouden wordt met de vraagsturing.

3.2 Methode 3: gemeten opgenomen vermogen

De derde methode bestaat erin het elektrische vermogen te berekenen bij een representatief werkpunt door het in nominale stand gemeten vermogen te vermenigvuldigen met reductiefactoren.

Deze nieuwe methode biedt het voordeel dat het opgenomen vermogen gemeten wordt in plaats van het drukverschil, dat in de praktijk eerder moeilijk te bepalen was. Bovendien vereist deze nieuwe methode geen gedetailleerde ventilatorgegevens meer en neemt ze ook de vraagsturing in beschouwing (via de f_{reduc} -factor).

Door het opgenomen vermogen te meten (zie afbeelding 2), worden zowel de efficiëntie van de ventilator als het te overwinnen drukverschil in rekening gebracht. Vermits het gemeten vermogen afhankelijk is van het debiet, is het bij deze methode wel verplicht om de nominale debieten te bepalen om hun conformiteit aan te tonen.

4 Besluit

De aanpassingen die in de EPB-rekenmethode doorgevoerd werden, laten toe om de invloed van ventilatie op het E-peil te verlagen.

Het zou echter verkeerd zijn om zich bij het ontwerp en de installatie van het ventilatiesysteem louter en alleen te laten leiden door beschouwingen omtrent het E-peil. Men dient er in eerste instantie op toe te zien dat de ventilatieinstallatie voor de gebruikers een toereikend comfort en een bevredigende luchtkwaliteit oplevert. |

*R. Van Gaeve, ir., projectleider,
laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB*

de aanwezigheid van personen in toiletten)

- de lokale of niet-lokale regeling van de afvoer in de natte ruimten.

2 Warmteterugwinning

Zowel voor residentiële als niet-residentiële gebouwen kan het E-peil verlaagd worden door de warmteterugwinning in aanmerking te nemen.

Met de vroegere EPB-rekenmethode was het niet evident om het thermische rendement van de warmteterugwinapparaten op maat te bepalen, onder meer door de hoge kostprijs van de metingen. Bijgevolg werd het rendement veelal als 0 % beschouwd en werd er in de berekening van het E-peil geen rekening gehouden met de warmteterugwinning.

Dankzij de nieuwe rekenmethode kan het thermische rendement van de warmteterugwinapparaten op maat toch bepaald worden. Hiertoe baseert men zich op het gemeten rendement van een referentietoestel waarop bepaalde reductiefactoren toegepast worden.

Door deze manier van werken kan voortaan ook het rendement van de volgende toesteltypen in rekening gebracht worden:

- toestellen waarvan het debiet groter is dan dat van het beproefde referentietoestel
- toestellen die tot dezelfde serie behoren als een ander beproefd toestel
- toestellen waarvoor er enkel meetresultaten beschikbaar zijn voor de

warmtewisselaar (en dus niet voor het gehele toestel)

- toestellen waarvoor er enkel meetresultaten beschikbaar zijn voor de warmtewisselaar van een ander toestel uit dezelfde serie.

3 Elektriciteitsverbruik van de ventilatoren

Voor residentiële gebouwen dient men in de EPB-rekenmethode ook het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in te vullen. Dit verbruik is afhankelijk van de efficiëntie van de ventilator en het kanalenetwerk (lage drukverliezen), alsook van de wijze van debietregeling en vraagsturing.

Er bestaan drie methodes om het elektriciteitsverbruik van de ventilator te berekenen. Aangezien de eerste methode, die gebaseerd is op een waarde bij ontstentenis afhankelijk van het type ventilator (AC of DC), ongewijzigd bleef, wordt ze in dit artikel niet behandeld.

3.1 Methode 2: geïnstalleerd vermogen

Met de vernieuwde tweede methode berekent men het elektrische vermogen bij een representatief werkpunt door het geïnstalleerde maximale vermogen te vermenigvuldigen met reductiefactoren. Door te werken met het geïnstalleerde vermogen – dat een productgegeven is – komt de nadruk te liggen op de efficiëntie van de ventilator.

Hoewel de beschikbaarheid van proper en drinkbaar stromend water in onze gebouwen door iedereen als vanzelfsprekend beschouwd wordt, kan het toch voorkomen dat de kwaliteit van het water niet goed en zelfs ziekmakend is. Dit kan te wijten zijn aan de legionellabacterie (zie de WTCB-Dossiers 2009/2.13), een ziekteverwekker die vooral bij zwakkere personen aanleiding kan geven tot longontstekingen. Dit artikel brengt een aantal te weinig gekende aandachtspunten in herinnering, die meer in detail beschreven werden in de Infofiche 38.

Legionella: nog steeds een probleem in onze waterinstallaties

Er zijn tal van factoren die bevorderlijk zijn voor de ontwikkeling van de legionellabacterie. Zo gedijt de bacterie het best in watertemperaturen gelegen tussen 25 en 50 °C. Daarnaast kan de groei gestimuleerd worden door een stagnatie van het water. Tot slot wordt de bacterie voornamelijk teruggevonden in grotere installaties met een gecentraliseerde warmwaterproductie. Er dient bij het ontwerp, de plaatsing en het gebruik van de installatie dan ook alles aan gedaan te worden om dergelijke situaties te vermijden ⁽¹⁾.

Koud water moet koud blijven

Koud water komt het gebouw meestal binnen op een temperatuur van minder dan 20 °C. Wanneer er geen water afgetapt wordt, zal de temperatuur van de binnenleidingen echter oplopen tot de omgevingstemperatuur. Indien deze leidingen zich in een verwarmde omgeving bevinden, zoals in een stookplaats of in een technische koker waarin er ook verwarmingsbuizen gelegen zijn, kunnen de temperaturen tot boven de 25 °C uitstijgen. Het plaatsen van koude leidingen in verwarmde kokers is dus zeker uit den boze. In stookplaatsen moet hun lengte bovendien tot het strikte minimum beperkt worden en heeft men er alle belang bij om de temperatuurstijging in het lokaal te limiteren. Men mag er dan

ook in geen geval koudwaterverdeelcollectoren, buffertanks, opvoerpompen of waterverzachters in opstellen.

Men dient er eveneens op toe te zien dat de verdeelleidingen niet overgedimensioneerd worden omdat dit tot onvoldoende doorspoeling leidt. Uit recente WTCB-metingen (zie de WTCB-Dossiers 2015/2.15) is gebleken dat men de beste resultaten bekomt door de richtlijnen uit de norm DIN 1988-300 te volgen. Daarnaast moet men absoluut vermijden om de leidingen te dimensioneren op basis van eventuele toekomstige uitbreidingen.

Warm water moet warm zijn

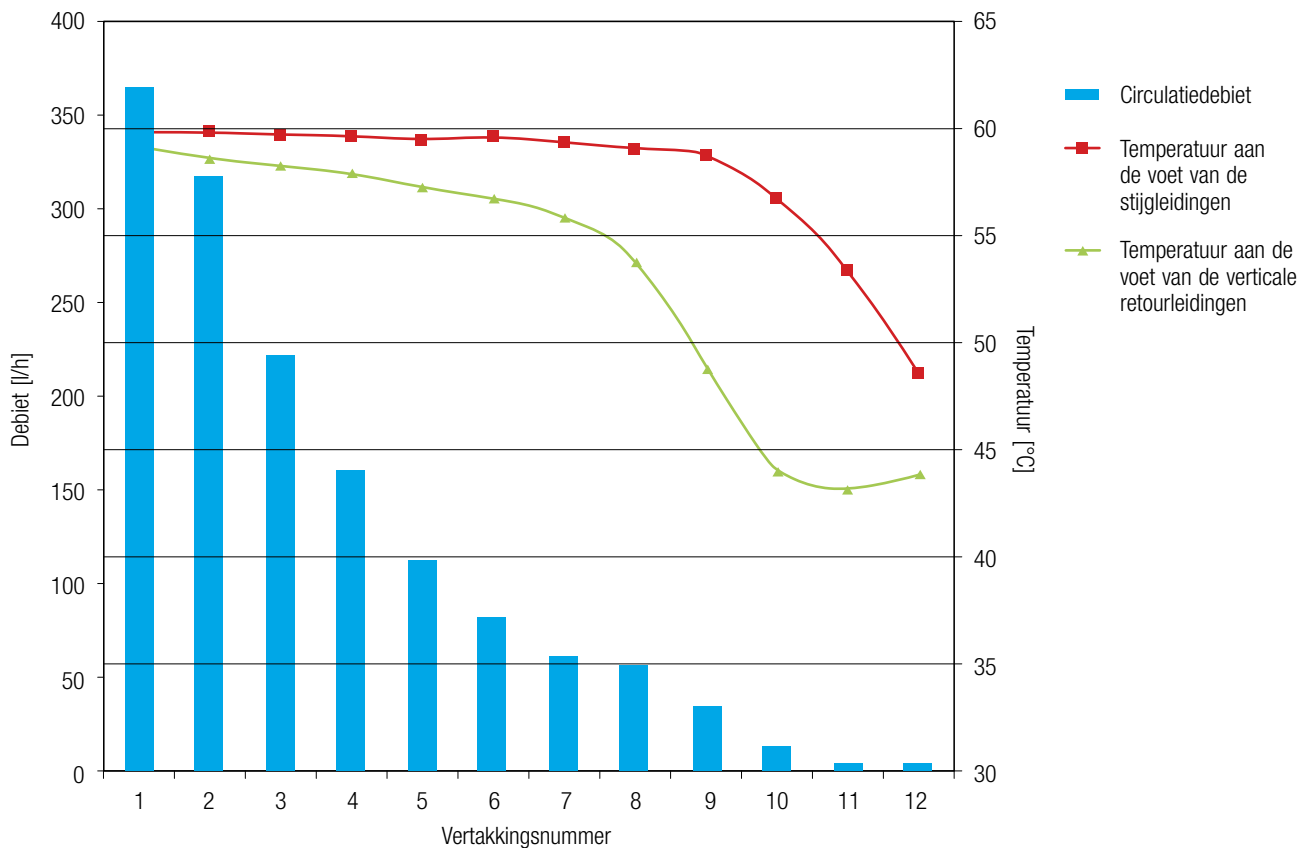
Volgens nagenoeg alle aanbevelingen moet de temperatuur waarop sanitair warm water geproduceerd en verdeeld wordt, 60 °C bedragen. Bij de kringvormige verdeling die men meestal toepast in grotere installaties met centrale warmwaterproductie moet men er bovendien voor zorgen dat de temperaturen nergens onder de 55 °C zakken.

De gebeurlijke legionellaproblemen in deze installaties zijn doorgaans te wijten aan een slechte doorstroming van de verschillende parallelle lusvormige vertakkingen tijdens de aftaplusperiodes. Dit is het gevolg van het feit dat de

installatie hydraulisch niet ingeregeld is. In tegenstelling tot bij de verwarmingsinstallaties, blijkt de noodzaak van het hydraulisch uitbalanceren bij sanitaire systemen niet voldoende gekend te zijn. Dit is nochtans een van de belangrijkste oorzaken van legionellabesmettingen. Bijgevolg dienen zowel de ontwerper als de installateur hier vanaf het ontwerp de nodige aandacht aan te besteden.

Zo moet de ontwerper de verdeelkring zo eenvoudig mogelijk ontwerpen en complexe kringen (met onderverdelingen) vermijden. Na de correcte dimensionering van de kring moet het debiet bepaald worden dat in de periodes zonder aftap het geheel op temperatuur moet houden. Dit moet zo berekend worden dat het de warmteverliezen van de circulatiekring compenseert, zonder dat de temperatuur van het water meer dan 5 °C daalt (vertrek op 60 °C, retour op 55 °C). Men heeft er dan ook alle belang bij om de leidingen goed thermisch te isoleren. Vervolgens moet er een aangepaste circulatiepomp gekozen worden en moet er op elke parallelle vertakking een aangepaste inregelafsluiter voorzien worden. Het drukverlies dat op de afsluiter ingesteld moet worden, dient voor elke vertakking berekend te worden (ook bij thermostatisch gestuurde regelventielen) en na de plaatsing correct ingesteld te worden. Tot slot moet de uitbalancering gecontroleerd en zo nodig bijgesteld worden.

⁽¹⁾ In Vlaanderen is het wettelijk verplicht om de best beschikbare technieken (zie <http://emis.vito.be/nl/bbt-voor-legionella-beheersing-nieuwe-sanitaire-systemen> en http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_h2o&doc=Addendum_%20BBT_Legionella.pdf&lang=nl) toe te passen in de gebouwen die onder de legionellawetgeving vallen (zie http://www.wtcb.be/index.cfm?dtype=services&doc=Besluit_09_02_2007.pdf&lang=nl).



Circulatiedebiet en temperatuurverloop van de 12 lusvormige verticale vertakkingen van een typische niet-uitgebalanceerde warmwaterkring (zie ook Infofiche 38.11). Vanaf de retour van vertakking 8 is er kans op legionellagroei.

De tappunten moeten gebruikt worden

Een legionellabesmetting kan evenzeer te wijten zijn aan een gebrekkig gebruik van de tappunten, bijvoorbeeld omdat bepaalde ruimtes in onbruik geraakt zijn (bv. gemeenschappelijke personeelsdouches). Indien dergelijke tappunten niet afgekoppeld kunnen worden, moet men overgaan tot een manuele spoeling (minstens eenmaal per week). Dit is echter zeer kostelijk en wordt meestal niet lang volgehouden. De ontwerper kan evenwel maatregelen treffen die toelaten om waterstagneringen te vermijden, zoals het voorzien van automatische spoelkranen, het in serie schakelen van de tappunten van de badkamer (waarbij de meest gebruikte punten op het einde van de open kring komen te staan) of

het opnemen ervan in een kringleiding rond een venturivoorziening (zie de WTCB-Dossiers 2009/4.16).

Wat met antilegionella-behandelingen?

Wanneer men een legionellaverontreiniging vaststelt die niet verholpen kan worden door een aanpassing aan de installatie, kan men zijn toevlucht nemen tot een antilegionellabehandeling (doorgaans een chemische of elektrochemische desinfectie) ⁽²⁾. Hiermee dient men echter zeer voorzichtig om te gaan: de aan het water toegevoegde stoffen moeten immers aan bepaalde concentraties beantwoorden om geen gezondheidseffecten teweeg te brengen en geen leidingsschade te veroorzaken ⁽³⁾. Het geniet

bijgevolg steeds de absolute voorkeur om de installatie correct te ontwerpen en te gebruiken alvorens terug te grijpen naar antilegionellabehandelingen.

Besluit

Legionella is nog steeds een probleem, zeker in grotere waterverdeelinstallaties. De toepassing van een aantal reeds lang gekende basisregels bij het ontwerp en het gebruik van deze installaties kan dit probleem verhelpen, zodanig dat men het gebruik van alternatieve legionellabehandelingen achterwege kan laten.

K. De Cuyper, ir., coördinator van de Technische Comités, WTCB

⁽²⁾ In Vlaanderen moet men over een ministeriële goedkeuring beschikken om deze behandelingen te mogen toepassen (zie <https://www.zorg-en-gezondheid.be/alternatieve-maatregelen-voor-legionellabeheersing>).

⁽³⁾ Men dient steeds bij de fabrikanten (bv. van de buisleidingen) na te vragen of de behandeling verenigbaar is met de gebruikte materialen.



Doordat bepaalde wandopbouwen ‘ademend’ of dampopen zijn, zouden zij onder meer een gezond binnenklimaat kunnen waarborgen door het vochtgehalte in het gebouw te regelen. Maar hoeveel vocht kunnen zij afvoeren in vergelijking met de vochtoverdracht door ventilatie of door luchtdichtheidsgebreken?

Dampopen wanden: een alternatief voor ventilatie?

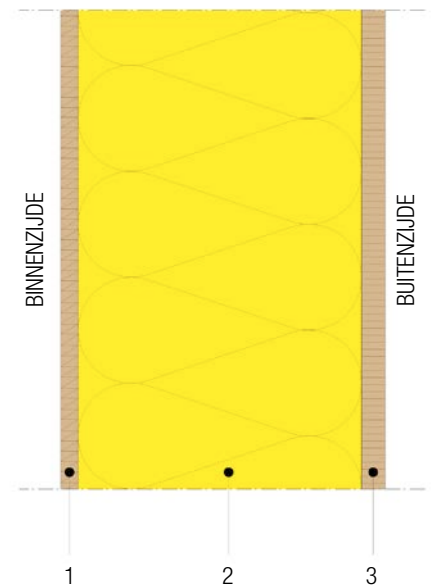
Een dampopen wand, ook wel ‘ademende wand’ genoemd (houtskeletwand, hellend dak ...), wordt doorgaans voorgesteld als een structuur die opgebouwd is uit een opeenvolging van dampopen materialen (dat wil zeggen waarvan de equivalente dampdiffusiedikte of s_d -waarde kleiner is dan 3 m). Hoewel hun naam doet uitschijnen dat er lucht door deze wanden heen kan gaan, willen we erop wijzen dat de gebouwwanden steeds voldoende luchtdicht moeten zijn om aanzienlijke energieverliezen te vermijden. Welke rol kunnen dergelijke wanden dan nog spelen in de afvoer van het vocht dat onvermijdelijk in een gebouw geproduceerd wordt? Kunnen ze een ventilatiesysteem vervangen zoals bepaalde technische documenten suggereren?

Teneinde een antwoord te kunnen formuleren op deze vragen, heeft het WTCB de vochtoverdracht vergeleken van een gemiddelde eengezinswoning met een beschermd volume van 450 m³ en een gebouwschil van 320 m². Hierbij werden er twee luchtdichtheidsniveaus in beschouwing genomen: een lucht-

1. OSB-plaat (15 mm)
2. Isolatie (175 mm)
3. Houtvezelplaat (16 mm)

1 | Wandopbouw met een lage dampdiffusieweerstand.

doorlatendheid v_{50} van 3 m³/(h.m²), wat overeenkomt met een gemiddeld niveau, en een luchtdoorlatendheid v_{50} van 1 m³/(h.m²), wat overeenkomt met een hoog luchtdichtheidsniveau. Het gebouw was uitgerust met een efficiënt mechanische-ventilatiesysteem dat zorgt voor een vrij droog binnenklimaat (klimaatklasse II). Bij een goed ontworpen en uitgevoerd gebouw (dat met andere woorden bijvoorbeeld geen waterinfiltraties of opstijgend grondvocht vertoont) grijpt de vochtuitwisseling met de buitenomgeving louter plaats door diffusie doorheen de wanden, door ongewenste infiltratie en exfiltratie door luchtdichtheidsgebreken en door de ventilatie.



Om in elk gebouw een gezond binnenklimaat te kunnen waarborgen, is een **hygiënische ventilatie** onontbeerlijk. Zo moeten de polluenten die afgegeven worden door de personen zelf (bio-effluenten), door de aanwezige mate-

Een ventilatiesysteem blijft onmisbaar om een gezond binnenklimaat te garanderen, ongeacht de wandopbouw.

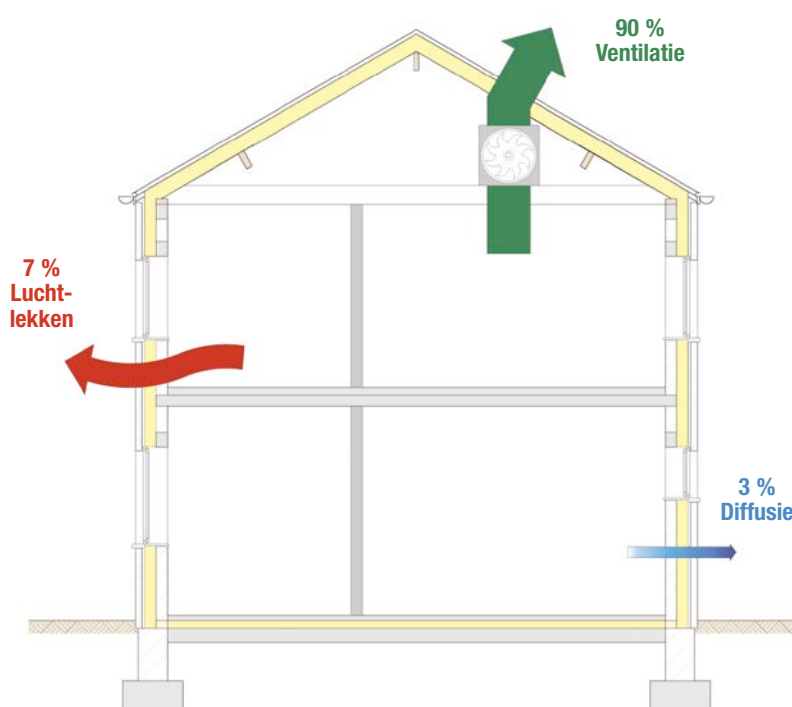


Omwille van hun willekeurige ligging en hun variabele en oncontroleerbare karakter kunnen de luchtlekken in geen geval een ventilatiesysteem vervangen.

rialen en door het meubilair afgevoerd worden met het oog op het comfort, de cognitieve prestaties en de gezondheid van de gebruikers. Het debiet dat hiervoor nodig is, ligt doorgaans hoger dan het debiet dat nodig is om het vocht af te voeren (zie TV 258). Een ventilatiesysteem blijft dus onmisbaar om een gezond binnenklimaat te garanderen, ongeacht de wandopbouw. Voor het in dit artikel beschouwde gebouw werd het benodigde gemiddelde jaarlijkse ventilatiedebiet geschat op 184 m³/h. Dit debiet voert een grote hoeveelheid vocht af, die als referentie zal dienen voor de vergelijking van de luchthoeveelheden die via de luchtlekken of door dampdiffusie geëvacueerd worden.

Indien de wanden (gevels en dak) van het gebouw opgebouwd zijn uit materialen met een lage dampdiffusieweerstand (bv. een houtskeletwand waarvan de binnenzijde uit een OSB-plaat bestaat die dienstdoet als dampscherm en een s_d -waarde heeft van 3 m, zie afbeelding 1 op de vorige pagina), kan er een aanzienlijke hoeveelheid waterdamp doorheen deze wand passeren. Bij correct ontworpen en uitgevoerde wanden zal deze beheerste vochtdiffusie geen duurzaamheidsproblemen veroorzaken ten gevolge van bijvoorbeeld inwendige condensatie. In ons voorbeeld zal de hoeveelheid waterdamp die in winterse omstandigheden door diffusie doorheen de 213 m² aan muren en dak (hetzij 66 % van het oppervlak van het beschermde volume) gaat, slechts 3 % van het door de ventilatie geëvacueerde vocht bedragen.

De aan luchtdichtheidsgebreken te wijten luchtlekken zullen eveneens een zekere hoeveelheid waterdamp naar buiten toe transporteren. We willen er echter aan herinneren dat deze luchtlekken omwille van hun willekeurige ligging en hun variabele en oncontroleerbare karakter in geen geval een ventilatiesysteem kunnen vervangen (zie TV 255). In



2 | Verdeling van de vochtstromen naar de buitenomgeving (bij een gebouw met een goede luchtdichtheid).

de beschouwde situatie kan men stellen dat het gemiddelde lekdebiet over het hele oppervlak van het beschermde volume 26 m³/h bedraagt in gebouwen met een gemiddelde luchtdichtheid ($v_{50} = 3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$) en 9 m³/h in performantere gebouwen ($v_{50} = 1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$). Deze lekdebieten zullen respectievelijk 21 en 7 % van het door de ventilatie geëvacueerde vocht in de vorm van waterdamp afvoeren. Deze waarden liggen veel hoger dan de debieten die door diffusie doorheen de wanden gaan, wat de mogelijke impact van de luchtdichtheidsgebreken op het vochtgehalte in de wanden en de hiermee gepaard gaande risico's op beschadiging benadrukt.

We kunnen besluiten dat zelfs vrij dampopen wanden slechts een minieme rol

spelen in de vochtuitwisseling tussen de binnen- en de buitenomgeving (zie afbeelding 2). Zo bedroeg het door dampdiffusie geëvacueerde vocht in de bestudeerde situatie slechts 3 % van het door ventilatie geëvacueerde vocht. Het gebruik van dampopen materialen kan echter wel een gunstige impact hebben op de droging van de wand, wat in bepaalde situaties de vochtigheidsduur van de wand kan verkorten en aldus het risico op de beschadiging van de vochtgevoelige materialen kan verminderen.

*A. Tilmans, ir., adjunct-laboratoriumhoofd,
en T. De Mets, ir., onderzoeker,
laboratorium Hygrothermie, WTCB*

De toepassing van wanden en vloeren uit *Cross Laminated Timber* (CLT, d.i. een houtbouwproduct dat samengesteld is uit minstens drie lagen verlijmd en/of vernagelde houten planken) wint alsmaar meer aan belangstelling. Dit product heeft immers tal van voordelen te bieden, zoals een snelle en eenvoudige uitvoering, het uitzicht van een natuurlijk houten materiaal en een relatief grote vrijheid voor de ontwerper. Deze vloeren en wanden dienen echter zorgvuldig opgebouwd te worden, vermits een traditionele assemblage van de panelen een aanzienlijke flankerende geluidstransmissie met zich meebrengt. Dit artikel gaat dieper in op deze problematiek en bespreekt enkele mogelijke oplossingen hiervoor.

Flankerende geluidstransmissie bij het bouwen met CLT

Nood aan een innovatieve opbouw

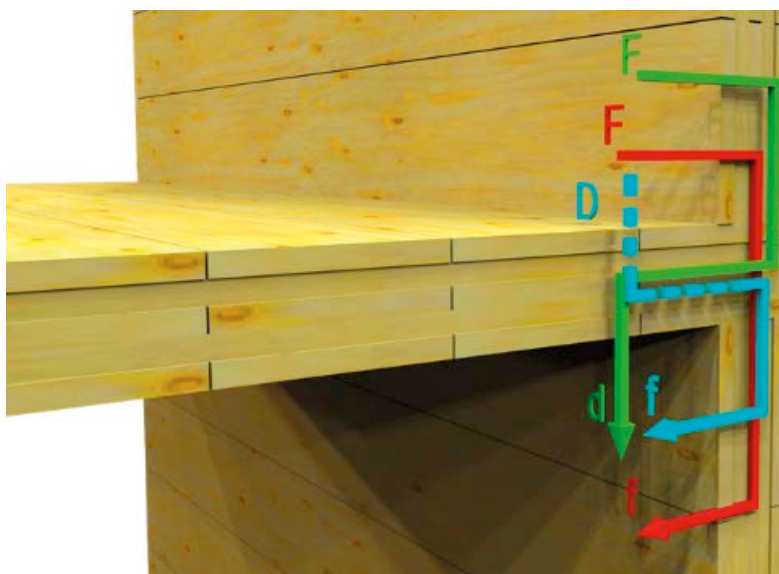
De traditionele assemblage tussen de vloer en de verticale wanden, in combinatie met een zwevende dekvloer, levert veel te zwakke in-situresultaten op. Zo bedroeg de luchtgeluidsisolatie waarde bij een concrete meting tussen twee appartementen slechts 45 dB ($D_{nT,w}$), terwijl de norm NBN S 01-400-1 minstens 54 dB eist. De contactgeluidsisolatie scoort zowaar nog slechter. Bij

metingen met een gestandaardiseerde klop geluidmachine liep deze waarde ($L'_{nT,w}$) immers op tot 70 dB, terwijl deze volgens voornoemde norm beperkt moet blijven tot 58 dB en zelfs tot 54 dB in slaapkamers waarbij de aangrenzende ruimte geen slaapkamer is. De eisen voor een verhoogd akoestisch comfort zijn bovendien nog 4 dB strenger. Er is dus nood aan innovatieve opbouwen die een goede akoestische bescherming bieden.

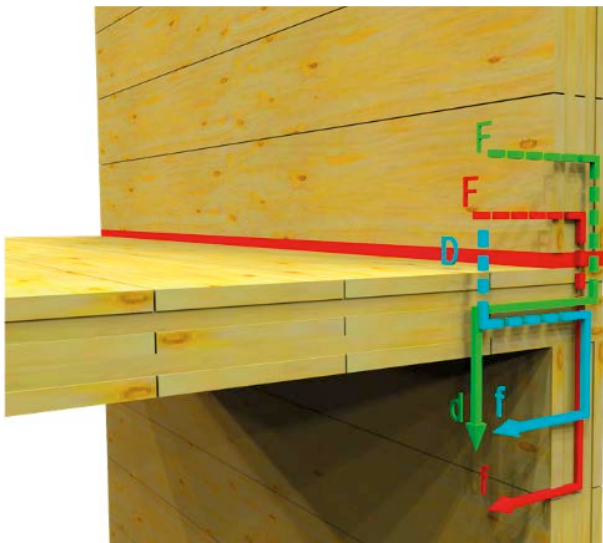
De luchtgeluidstransmissie tussen twee boven elkaar gelegen ruimten

De geluidstransmissie die optreedt naar de onderliggende ruimte bestaat niet alleen uit de directe geluidstransmissie doorheen de woningscheidende vloer, maar ook uit de flankerende geluidstransmissies. Deze ontstaan wanneer luchtgeluidsbronnen (bv. tv, gesprekken, muziek ...) trillingen in de lucht (geluidsgolven) opwekken, die met de omringende bouw delen van de ruimte botsen, waardoor deze op hun beurt gaan trillen. Deze trillingen worden dan via de bouwknopen tussen de vloer en de muren doorgegeven aan de eraan vastgekoppelde bouw delen.

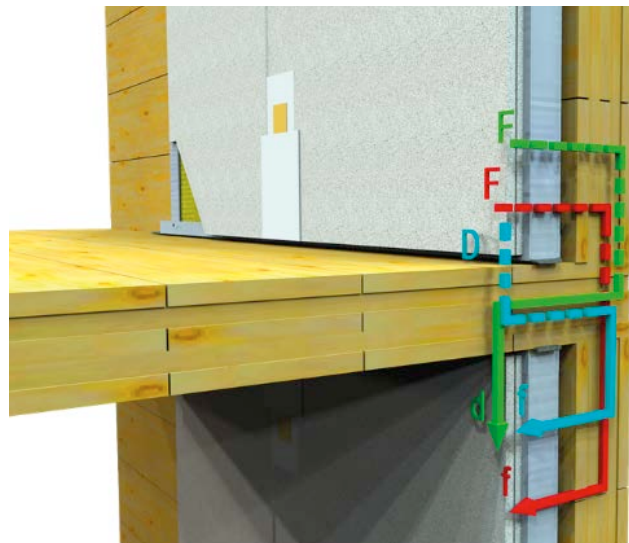
Tussen twee boven elkaar gelegen balkvormige ruimten kunnen er – naast de directe geluidstransmissieweg D_d (niet voorgesteld op de afbeeldingen) – twaalf flankerende transmissiewegen onderscheiden worden. Er zijn in dit geval immers vier bouwknopen met elk drie flankerende transmissiewegen Ff , Fd en Df (zie afbeelding 1). Hierbij stellen F en D respectievelijk de flankerende en de directe scheidingswand (vloer) aan de zenzijde voor en f en d respectievelijk de flankerende wand en de directe scheidingswand (plafond) aan de ontvangstzijde.



1 | De luchtgeluidstransmissiewegen in een bouwknop.



2 | Toepassing van continue elastische stroken tussen de vloerplaten als opbouwoplossing.



3 | Toepassing van voorzetwanden als opbouwoplossing.

Een akoestisch optimale CLT-vloeropbouw (die in een volgend artikel behandeld zal worden) elimineert grotendeels de directe geluidstransmissie D_d en de vier flankerende geluidstransmissies D_f . Bijgevolg wordt de geluidsisolatie nagenoeg volledig bepaald door de flankerende wegen F_f en F_d , die zoveel mogelijk beperkt moeten worden.

Opbouwoplossingen

Een mogelijke opbouwoplossing bestaat erin tussen de vloer en de muur continue elastische stroken aan te brengen (zie de rode strip in afbeelding 2) en speciale akoestische bevestigingshaken toe te passen. Hoewel deze techniek de flankerende geluidstransmissies van midden- en hoogfrequente geluiden aanzienlijk vermindert, schiet ze nog tekort op het vlak van de lagere frequenties.

Een andere mogelijkheid is de toepassing van voorzetwanden (bv. twee gipsplaten met een met minerale wol gevulde spouw van 8 cm of equivalent) (zie afbeelding 3). Deze oplossing leidt echter tot een meerkost, het verlies van het uitzicht van de houten wanden en een mogelijk plaatsverlies.

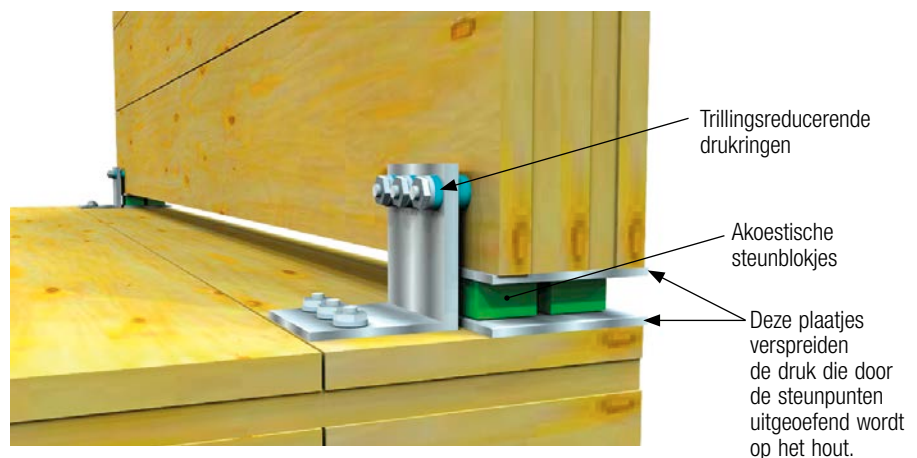
De meest efficiënte en innovatieve oplossing komt echter voort uit een door het WTCB gevoerd onderzoek (patent in aanvraag). Hierbij worden

de vloerplaten hard bevestigd op de onderliggende wanden (stijve, omgekeerde doosconstructie) en worden de bovenliggende wanden op speciale, akoestische steunpunten geplaatst (zie afbeelding 4), zodat er een spleet ontstaat tussen de bovenliggende wanden en de vloerplaten. Dit heeft tot gevolg dat de laagfrequente flankerende trillingen de spleet enkel nog kunnen overbruggen via deze akoestische steunpunten. Deze steunblokjes moeten door de leverancier gedimensioneerd worden in functie van de stabiliteit en de akoestische eisen. Dit betekent

dat het benodigde aantal blokjes kan variëren.

Deze bouwwijze levert een trillingsverzwakkingsindex K_{ij} op van minstens 30 dB en de acht hoger beschouwde flankerende geluidstransmissies worden verwaarloosbaar. Een geoptimaliseerde vloerconstructie zal bovendien zorgen voor een bijzonder goede verticale geluidsisolatie.

B. Ingelaere, ir., departementshoofd, departement Akoestiek, energie en klimaat, WTCB



4 | Omgekeerde doosconstructies die door middel van speciale akoestische steunpunten puntvormig aan elkaar bevestigd worden.

Recente technologieën maken het mogelijk om een gebouw en zijn omgeving in hoge resolutie te scannen, met andere woorden om automatisch een 3D-model te genereren dat de relevante zones op een realistische en getrouwe manier weergeeft. Wanneer het project bestaande infrastructuur betreft, vormen de 3D-digitaliseringsmethoden dus een belangrijk hulpmiddel tijdens de modelleringsfase. Dit artikel gaat dieper in op de verschillende technieken en oplossingen die in deze context toegepast kunnen worden.

3D-scanning ten dienste van de aannemer

3D-digitalisering in hoge resolutie

Een laserscanner tast met behulp van een laserstraal zijn omgeving af en registreert de positie van duizenden punten. De aldus gescande objecten worden vervolgens opgeslagen onder de vorm van een 'puntenwolk' in hoge resolutie (zie afbeelding 1). Elk punt wordt nauwkeurig in de ruimte geplaatst (soms tot op de millimeter) en kan zelfs automatisch ingekleurd worden. Op die manier beschikt de aannemer over een getrouw model voor de opstelling van zijn prijsopofferte en de werkvoorbereiding.

Naast de laserscanner bestaan er nog andere polyvalente 3D-digitaliseringstechnologieën die afgestemd zijn op de werkzaamheden van de aannemer. Zo levert de fotogrammetrische reconstruc-

tie op basis van meerdere beelden een getrouw 3D-model op van een object door er vanuit verschillende hoeken foto's van te nemen. Deze software creëert een 3D-model van de gefotografeerde zone door tussen de verschillende genomen beelden gelijke punten te identificeren. De *time-of-flight*-camera voegt op zijn beurt informatie over de diepte aan de genomen beelden toe. Het gefilmde element wordt in real time in 3D gedigitaliseerd, wat een belangrijk voordeel biedt bij de werkzaamheden in situ.

Ook de steeds populairder wordende drones zijn vermeldenswaard. Hoewel zij op zich niet als een digitaliseringstechnologie beschouwd kunnen worden, gaat het hier om hulpmiddelen die de 3D-digitalisering sneller kunnen doen verlopen, moeilijk toegankelijke of gevaarlijke zones

kunnen bereiken of zeer omvangrijke oppervlaktes kunnen behandelen.

De opportuniteiten

3D-scanning vormt een brug tussen de werkelijke en de virtuele wereld. Het grote voordeel ten opzichte van een conventionele geometrische opmeting ligt hem voornamelijk in de uiterste gedetailleerdheid en de beschikbaarheid van colorimetrische informatie. De gegenereerde 3D-modellen of -bestanden bevatten tal van handige gegevens voor de aannemer. Zo levert de 3D-digitalisering niet alleen een mooi driedimensionaal beeld op, maar is zij ook een handig hulpmiddel bij de visuele inspectie, de nauwkeurige opmeting van de afmetingen (bv. tabelwaarden



1 | A. Gebouw dat men in 3D wenst te digitaliseren.
B. Door een laserscanner gegenereerd 3D-model van het gebouw.
C. Zoom op de duizenden punten die het model vormen.



2 | Voorstelling van de verticaliteit van de gevel in de vorm van een beeld en een kleurcode. De kleur duidt de afstand ten opzichte van een verticaal vlak aan.

voor de afmetingen voor het schrijnwerk in een te renoveren gevel) of de volumeberekening (bv. schatting van het volume dat vrijgemaakt moet worden door de grondwerkers) en dit, zonder het aantal ritten van en naar de bouwplaats te vermeerderen. Een 3D-scan kan dus voor een groot deel van de actoren van een project van pas komen.

Teneinde een geschikte weergave voor de betrokken aannemer te genereren, kunnen er op de door de 3D-scans bekomen 3D-modellen of -bestanden tal van digitale filters of transformaties toegepast worden. Zo kan de ontwerper van een gevelrenovatiesysteem langs de buitenzijde veel baat hebben bij de weergave van de vlakheid van een

bestaande gevel in de vorm van een kleurcode (zie afbeelding 2). Andere zeer relevante toepassingen zijn de 3D-scans als hulpmiddel bij *Computer Aided Design* (CAD) of als aanvulling op het BIM-model. Deze zullen in de lange versie van dit artikel gedetailleerd aan bod komen.

Het spreekt voor zich dat de digitalisering in hoge resolutie doordacht bestudeerd moet worden. Het is voor de aannemer essentieel om precies te bepalen waarvoor hij 3D-bestanden wenst te gebruiken. De keuze van de digitaliseringsmethode en de van de landmeter te verkrijgen bestanden zal immers afhangen van de beoogde doelstellingen.

S. Dubois, dr. ir., projectleider, en M. de Bouw, prof. dr. ir.-arch., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Renovatie, WTCB
O. Vandooren, ing., directeur Informatie en bedrijfs ondersteuning, WTCB

Voorbeelden van mogelijke wensen en oplossingen voor 3D-digitalisering.

	Wens van de aannemer	Mogelijke oplossingen voor de 3D-digitalisering	Bijkomende digitale transformaties
In situ, binnen	3D-model van een sierlijst om deze via een industrieel procedé na te maken	• Terrestrische laserscanner • 3D-reconstructie op basis van foto's (op voorwaarde dat de kleur van de sierlijst niet uniform is)	Omvorming van de puntenwolk in een bestelbestand dat door de productiemachine gebruikt kan worden
	As <i>built</i> -documentatie van technische installaties (bv. een ventilatie-installatie in een industrieel gebouw)	• Terrestrische laserscanner • <i>Time-of-flight</i>-camera	Annotatie van de uitrustingen en dimensionele metingen op het model met behulp van een gespecialiseerde software
	As <i>built</i> -plannen van de binnenruimten van een gebouw van 5.000 m ²	Op een rijdend platform geïnstalleerde mobiele laserscanner	CAD op basis van horizontale sneden in de puntenwolk
In situ, buiten	Gevelaanzicht van een geklasseerde gevel met gedetailleerde opmeting van elke steen van het metselwerk	• Terrestrische laserscanner • 3D-reconstructie op basis van op de grond genomen foto's	CAD op basis van een georthonormeed aanzicht van de puntenwolk
	Opmeting van een geplaatst dakbedekkingssysteem om de uitvoeringskwaliteit te controleren	• Terrestrische laserscanner, indien het dak toegankelijk is • Op een drone geïnstalleerde laserscanner (zeer recente techniek) • 3D-reconstructie op basis van door een drone genomen foto's (op voorwaarde dat de precisie gewaarborgd kan worden)	Analyse van de vlakheid of vergelijking van de puntenwolk met een referentiemodel
	Simulatie van de energieverliezen doorheen de gebouwschil voor een gebouw met een complexe vorm	3D-reconstructie op basis van op de grond genomen foto's	Creatie van een 3D-energiemodel op basis van de vereenvoudigde puntenwolk



Het door Wallonië gesubsidieerde onderzoeksproject Opticost heeft als doel om enerzijds de technische aspecten te bestuderen die een invloed zouden kunnen hebben op de bouwkosten, en anderzijds de organisatorische aspecten te onderzoeken die de werkingskosten van de onderneming zouden kunnen verminderen.

Opticost: naar een optimalisatie van de bouwkosten

Technisch-economische aspecten

Dit luik van het onderzoek maakt een gedetailleerde vergelijking van de kosten van verschillende bouwsystemen. Uit een studie van de huidige bouwgewoonten voor collectieve woongebouwen in Wallonië konden een gebouwtypologie en een eerste systeem afgeleid worden. Op basis van dit bouwsysteem werden er door de leden van de stuurgroep (bestaande uit aannemers, vertegenwoordigers van huisvestingsmaatschappijen en WTCB-ingenieurs) zeven andere systemen geselecteerd. Aan de hand van het **CCTB 2022**-typebestek werden voor elk van deze systemen de beschrijvende documenten en de meetstaten opgesteld die minstens aan de eisen uit de **EPB 2017**-regelgeving en de regelgevingen inzake brand en akoestiek moesten voldoen. Dankzij deze documenten konden de kosten in detail berekend worden.

We willen erop wijzen dat deze berekening niet op alle projecten toegepast mag worden, aangezien elk project in de eerste plaats gekenmerkt wordt door zijn omgeving, zijn architectuur en zijn specifieke eisen. Daarnaast is de berekening in het kader van dit onderzoek louter gebaseerd op de bouwkosten. De onderhoudskosten werden bijvoorbeeld niet in rekening genomen.

De analyse van de totale directe kosten en van de kostprijs van de verschillende bouwsystemen levert de volgende resultaten op (vergelijking met S1):

- **S1** (kalkzandsteenblokken): 100 %
- **S2** (betonblokken): 102 %
- **S3** (baksteenblokken): 101 %
- **S4** (geprefabriceerde elementen uit baksteenblokken): 101 %

- **S5** (geprefabriceerde kolommen en balken uit beton en betonblokken): 111 %
- **S6** (geprefabriceerde kolommen en balken uit beton en elementen uit kalkzandsteen): 106 %
- **S7** (houtbouwconstructie): 111 %
- **S8** (CLT-constructie (massief hout)): 111 %.

Deze analyse laat eveneens toe om de impact te meten van de verschillende bouwsystemen op de verdeling van de kosten van de verschillende loten en van de middelen (zie onderstaande grafiek).

Uit de kostenanalyse blijkt dat er voor het bestudeerde geval weinig verschil bestaat tussen de acht bouwsystemen. De keuze van een bouwsysteem zou dus

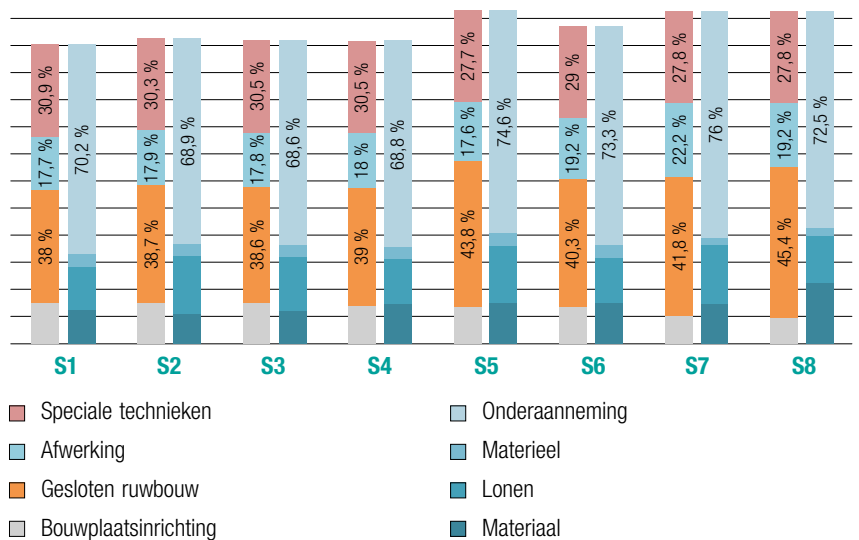
niet alleen gebaseerd moeten worden op de kostprijs, maar ook op andere factoren, zoals de uitvoeringstermijn, de milieu-impact, de modulariteit en de onderhoudskosten.

Organisatorische aspecten

De kosten van een bouwproject kunnen ook op het vlak van de bedrijfsorganisatie geoptimaliseerd worden. Zo werd er op basis van vaak voorkomende inefficiënties, een lijst van organisatorische oplossingen opgesteld waarmee men de beheerskosten kan optimaliseren.

Meer details over de onderzoeksresultaten zullen binnenkort terug te vinden zijn op de WTCB-website.

M. Huerdo Fernandez, arch., hoofdadviseur, dienst BIM en informatietechnieken, WTCB
F. Suain, ing., senior hoofdadviseur, en D. Pirlot, m.s.c.f., afdelingshoofd, afdeling Beheer en kwaliteit, WTCB



De verschillende bouwsystemen en de kostenverdeling per lot en per middel.

WTCB-publicaties

WTCB-Dossiers

- 2016/2.10** Innovatieve vloerverwarmingssystemen.
- 2016/2.13** De afvoercapaciteit van hanggoten.
- 2016/3.6** Groendaken: opgedane ervaringen.
- 2016/4.10** Snijtechnieken voor keramische tegels.

Technische Voorlichtingen

- TV 260** Detaillering van de betonwapening (vervangt de TV 217).
- TV 261** Bijzondere bouwwerken uit glas. Deel 2: niet-structurele toepassingen (uitstalramen, deuren en gehelen uit gehard glas).

Monografieën

- Nr. 21** Compatibiliteit van vervangingslampen met hun dimsysteem. Classificatie, problematiek en oplossingen.
- Nr. 22** Handboek soilmix-wanden. Ontwerp en uitvoering.

Jaarverslag 2016



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 (02/655.77.11) als per e-mail (info@bbri.be) contact opnemen met J.-P. Ginsberg.
- 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