



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2016/1

Speciale uitgave

De energetische renovatie van gebouwen



Prioriteiten
p8-9

Muren
p18-19

Innovaties
p22-23

Ventilatie
p30-31





Inhoud 2016/1

Energetische renovatie: een uitdaging en een opportuniteit	3
Prioriteiten van de uit te voeren werken	8
Wordt industrialisatie de nieuwe renovatietechniek?	10
Energetische renovatie van hellende daken	12
Renovatietechnieken voor platte daken met een afdichting	14
Renovatie van bestaande vensters	16
Technieken voor de energetische renovatie van muren	18
Technieken voor de energetische renovatie van vloeren	20
Energetische renovatie: trends en innovaties	22
Renovatie van ruimteverwarmingssystemen	24
Energetische renovatie van de sanitair-warmwaterinstallatie	28
Renovatieoplossingen voor ventilatie	30
De renovatie van de verlichting in het voetlicht	32



Het energiezuiniger maken van bestaande gebouwen staat al enkele jaren hoog op de agenda. Het Europese, nationale en regionale beleid ter zake is er immers op gericht om tegen 2050 het energieverbruik en de CO₂-uitstoot van gebouwen drastisch te reduceren. Deze WTCB-Contact wil de bouwprofessionelen – met het oog op deze belangrijke uitdaging – begeleiden in het renovatieproces en helpen bij het treffen van de meest geschikte renovatiemaatregelen op lange termijn door hen relevante informatie aan te reiken.

Energetische renovatie: een uitdaging en een opportuniteit

1 Op weg naar 2050

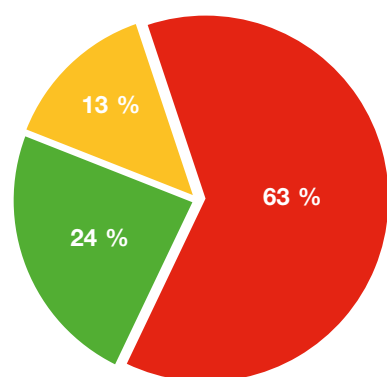
Aangezien onze oude gebouwen slechts met mondjesmaat door nieuwe vervangen worden, moet de energiebesparing hoofdzakelijk door het bestaande gebouwenpark gerealiseerd worden. Dit gebouwenbestand, dat in België ongeveer 4,4 miljoen gebouwen telt, bestaat voor het overgrote deel uit een-gezinswoningen (79 %, tegenover 4 % appartementsgebouwen en 17 % niet-residentiële gebouwen). Gelet op het feit dat de meeste bestaande woningen meer dan 35 jaar oud zijn (zie afbeelding 1) en gebouwd werden voordat

er isolatie-eisen golden, verbruiken ze – in vergelijking met andere Europese landen – veel energie (en dan vooral voor verwarming, zie afbeelding 2). Het renoveren en energiezuiniger maken van het bestaande patrimonium stelt de Belgische bouwsector de komende jaren dus voor een van de grootste uitdagingen.

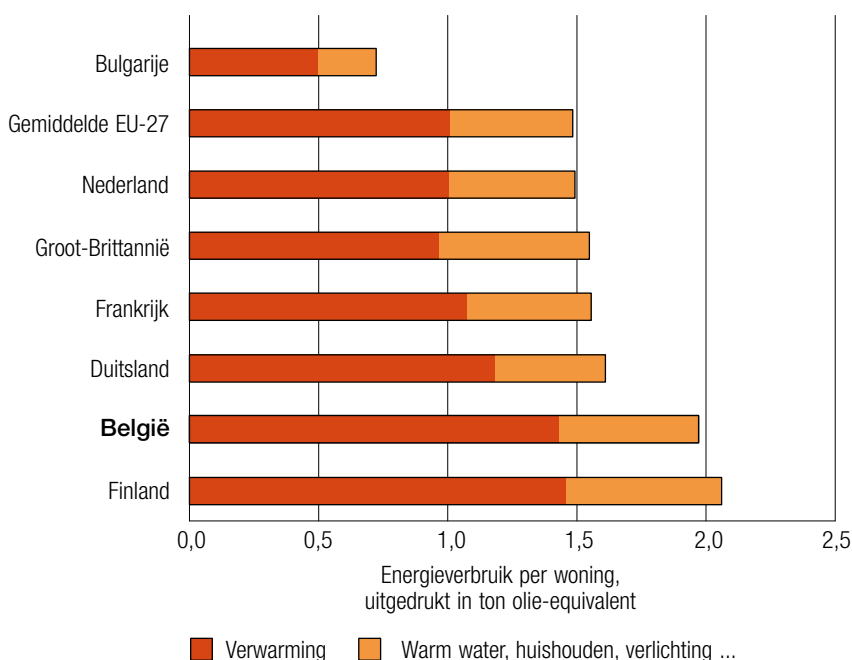
Vanuit de overheid worden er alsmaar meer concrete eisen opgelegd aan renovatiemaatregelen en -projecten. Zo gelden er in de drie Gewesten al minimale isolatie- en installatie-eisen voor vergunningsplichtige renovatie-ingrepen. Ook de totale bouwprestatie wordt

– wanneer het om zeer grondige of ingrijpende renovatiewerken gaat – steeds vaker onderworpen aan eisen. Voor een overzicht van de geldende energieprestatieregelgeving bij renovatie verwijzen we naar de Normen-Antenne 'Energie en binnenklimaat' (www.normen.be).

Er wordt ook al gewerkt aan concrete doelstellingen op langere termijn. In het kader van het Vlaamse Renovatiepact wordt bijvoorbeeld gedacht aan een minimumniveau waaraan alle bestaande woningen tegen 2050 zouden moeten voldoen. Deze langetermijndoelstelling kan vertaald worden naar een prestatie-



1 | De Belgische woningen, verdeeld volgens bouwjaar (vóór en na de invoering van de isolatie-eisen) (bron: AD Statistiek-2015)



2 | In vergelijking met de rest van Europa scoren Belgische woningen eerder slecht op het gebied van energieverbruik (bron: EEA Europa 2010).



eis op gebouwniveau (bv. een E-peil van om en bij E60) of naar eisen voor specifieke werkzaamheden (waarbij men streeft naar oplossingen die het niveau van de huidige nieuwbouw benaderen). Dit betekent dat zowel de schil als de installaties energiezuiniger zouden moeten zijn en dat men voor de wanden (muren, vloeren en daken) zou moeten streven naar U-waarden van om en bij de 0,15 à 0,25 W/m².K. Het gebouw zou eveneens voorzien moeten zijn van goed geïsoleerde, performante schrijnwerk-elementen en beglazingen ($U_w = 0,8$ à 1,5 W/m².K). Ook een goede luchtdichtheid, een gecontroleerde ventilatie, installaties met een hoog rendement en een efficiënte verlichting kunnen in deze context hiertoe bijdragen.

Gelet op het feit dat renovatie-ingrepen vaak een levensduur van meer

dan 30 jaar hebben, willen we erop wijzen dat elke maatregel die vanaf nu genomen wordt al in deze langetermijndoelstelling moet passen en bijgevolg voldoende energie-ambitieuze moet zijn.

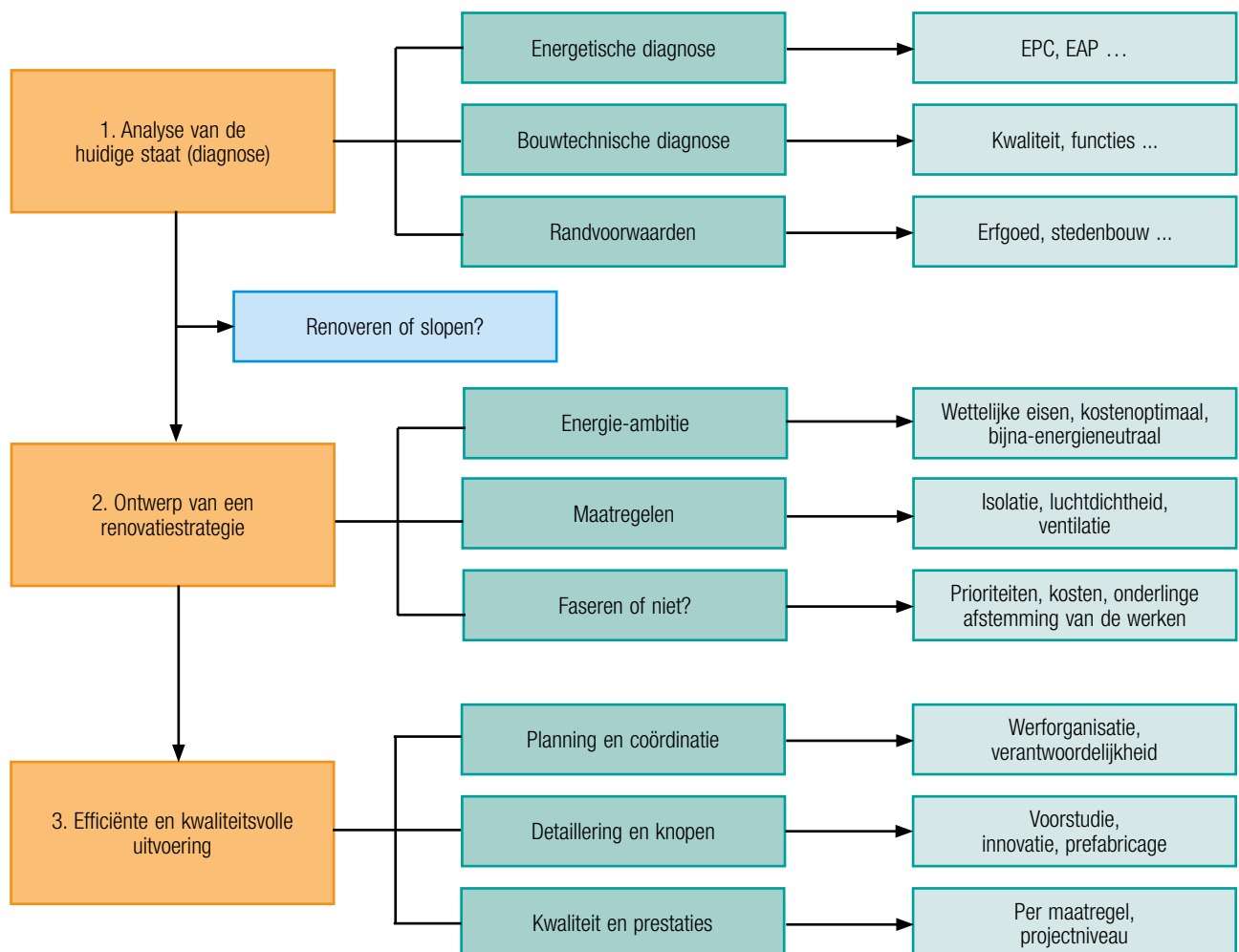
2 De rol van experts in een integrale aanpak

De groeiende aandacht voor renovatie geeft de ontwerpers en de aannemers de opportuniteit om hun kennis en ervaring aan te wenden. Deze projecten in goede banen leiden en een performant eindresultaat realiseren brengt immers de nodige uitdagingen met zich mee. Zo moet men – rekening houdend met de huidige staat van het gebouw – de juiste renovatiemaatregelen kiezen zonder het beperkte budget waarover een klant doorgaans beschikt, uit het oog te

verliezen. Hierdoor worden de renovatiewerken vaak in fasen uitgevoerd, met alle praktische problemen van dien: de renovatiestappen kunnen niet altijd even efficiënt uitgevoerd worden, de maatregelen moeten op elkaar afgestemd worden en er moet telkens een *ad hoc* oplossing gezocht worden. Daarnaast dient men zich de vraag te stellen welke maatregelen prioritair zijn en wat ze opleveren.

3 Renovatieproces

Men moet bij renovatiewerken doordacht te werk gaan en zich bij elke stap vooraf een goed beeld vormen van het gewenste eindresultaat. Het renovatieproces (zie afbeelding 3) begint met een grondige analyse van het bestaande gebouw (de 'diagnosefase'). Vervolgens moet men – aangezien de renovatiestappen onlos-



3 | Schematische weergave van het renovatieproces (bron: RenoFase)



makelijk met elkaar verbonden zijn – in het ontwerp voor een op deze analyse gebaseerde integrale aanpak kiezen. Zo vereist het isoleren van een gebouw dat er een luchtdichte afwerking voorzien wordt en moet er een gecontroleerde ventilatie geïnstalleerd worden om een comfortabel binnenklimaat te creëren en vochtproblemen te vermijden. Daarna moeten de renovatiemaatregelen correct in de praktijk omgezet worden om tot een efficiënt en kwaliteitsvol resultaat te komen. Een integrale aanpak en een globale visie zijn dus essentieel.

3.1 Analyse van de huidige staat

Om de juiste beslissingen te kunnen nemen, is het van primordiaal belang om de huidige staat van het gebouw te analyseren. Deze diagnose omvat ver-

schillende deelaspecten, die hieronder besproken worden.

3.1.1 Energieprestatie

Een energie-audit laat toe om inzicht te krijgen in het verbruik van het gebouw en in de opbouw van de verschillende schildelen en installaties. Op die manier kan men gemakkelijk de gebouwonderdelen identificeren die prioritair aangepakt moeten worden.

3.1.2 Bouwtechnische staat

Naast de energieprestaties van het gebouw, moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de algemene bouwtechnische staat ervan. Het is immers van groot belang dat proble-

men (bv. vocht, stabiliteit ...) eerst ter dege gedetecteerd en opgelost worden, alvorens men tot de renovatiewerken overgaat. Voor sommige ingrepen is het nodig om een detailanalyse uit te voeren, vooraleer men de toepassing ervan kan overwegen (bv. de toestand van het gevelmetselwerk bij na-isolatie langs de binnenzijde of via de spouw).

3.1.3 Randvoorwaarden en functionaliteit

Tot slot dient men vóór de opmaak van het plan en de uitvoering na te gaan wat wettelijk toegelaten is (stedenbouw, erfgoed). Ook andere belangrijke aspecten, zoals de gewenste gebouwfuncties, de daglichttoetreding, de brandveiligheid, de akoestiek, het zomercomfort en de wensen van de klanten (bv. een betere

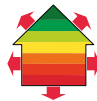
Renoveren of slopen?

Soms kan de initiële analyse leiden tot de vraag of het nog wel de moeite loont om het gebouw te renoveren, met andere woorden of het niet beter gesloopt kan worden. Uit statistische gegevens blijkt immers dat zowat 5 % van het gebouwenpark (zo'n 200.000 woningen) in een te slechte staat verkeert om nog eenvoudig tot een aanvaardbare basiskwaliteit te kunnen komen.

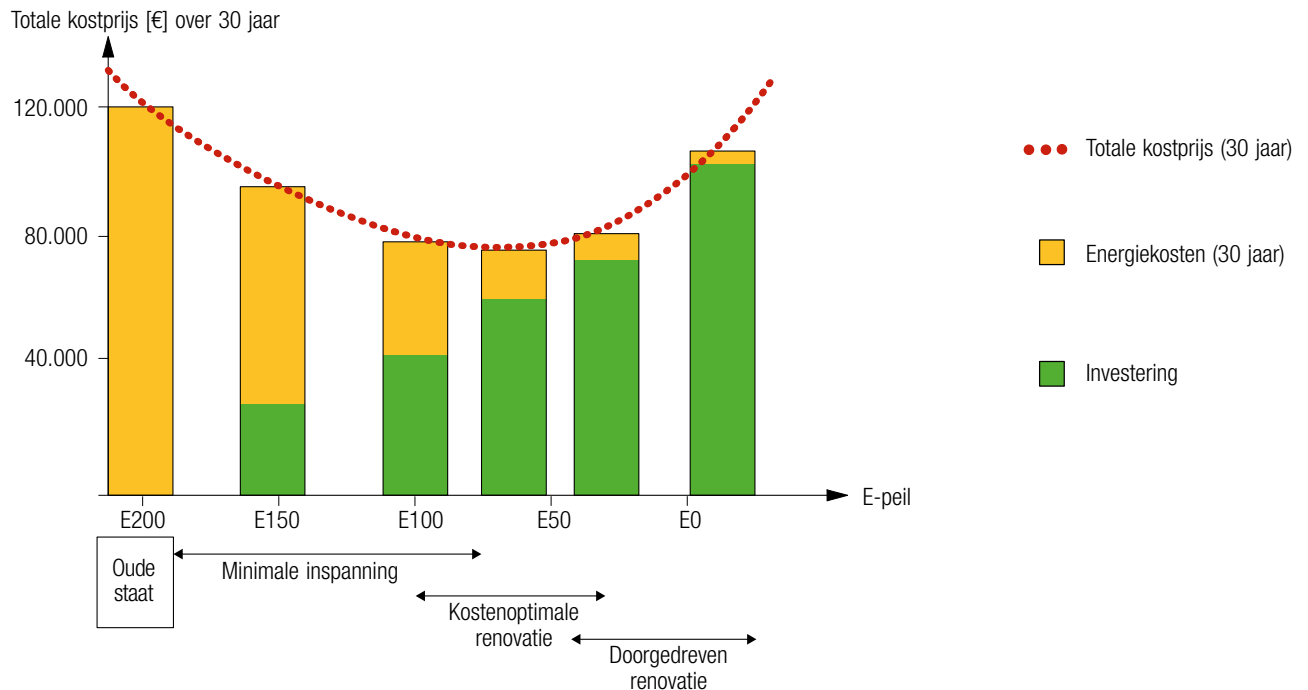
De afweging 'renoveren of slopen?' omvat doorgaans drie stappen (zie onderstaande tabel). In de eerste plaats moeten de (wettelijke) randvoorwaarden nagegaan worden: de erfgoedregels of stedenbouwkundige voorschriften kunnen bijvoorbeeld een verbod op slopen inhouden. Vervolgens kan er een kwalitatieve afweging gemaakt worden van een aantal belangrijke thema's, zoals de technische staat van het gebouw, de gewenste functionaliteiten (bv. ruimtegebruik, brandveiligheid, comfort ...) en de waardecreatie door renovatie of door het vrijmaken van grond. Tot slot kunnen er verschillende renovatie- en sloopscenario's met elkaar vergeleken worden (bv. op basis van de investeringskost of de levenscycluskosten).

A | Renoveren of slopen van woningen: aspecten die kunnen meespelen in de beslissingname

Stap 1: randvoorwaarden (deze kunnen de beslissing al in een bepaalde richting sturen)					
Erfgoed (slopen niet toegestaan)		Stedenbouw en ruimtelijke ordening (bv. bestendigen van de huidige staat)			
Stap 2: kwalitatieve analyse (afwegen van verschillende criteria)					
Technische toestand (beoordeling van de stabiliteit, vocht ...)	Gewenste functionaliteit (basiscomfort, extra functies ...)	Energie-ambitie (oriëntatie, compactheid, voorschriften)	Waardecreatie (grondwaarde vs. realiseerbare oppervlakte, waardestijging na renovatie)		
Stap 3: kwantitatieve analyse (gedetailleerde berekening van verschillende scenario's)					
Gerealiseerde oppervlakte kan verschillen naargelang het gaat om een renovatie of een nieuwbouwproject		Overeenkomstige investering	Btw, premies	Energiekost	Milieu-impact



4 | Vereenvoudigde voorstelling van een kostenoptimaliteitscurve voor een woningrenovatie, gebaseerd op de case 'Herenhuis' uit de VEA-studie uit 2013



ruimte-indeling, een beoogde waardeerhoming en de eventuele intentie om er levenslang te wonen) moeten op voorhand bestudeerd worden teneinde hier bij het ontwerp en de uitvoering rekening mee te kunnen houden.

3.2 Uitwerken van een renovatiestrategie tijdens het ontwerp

Gelet op het feit dat de verschillende renovatiemaatregelen onderling afhankelijk kunnen zijn, is het belangrijk dat elke ingreep past in een integrale aanpak. Daarom moet men in de ontwerp-fase eerst een renovatiestrategie of stappenplan uitwerken alvorens met de werken aan te vangen. Hiervoor moeten een aantal keuzes gemaakt worden.

3.2.1 Vastleggen van het ambitieniveau

Een belangrijke vraag bij renovatie is steeds hoe ver men wil en kan gaan in de energiebesparing. Het spreekt voor zich dat men op zijn minst aan de wettelijke verplichtingen moet voldoen (wat een minimale inspanning vereist). In het kader van een langetermijnvisie strekt het echter tot aanbeveling om

voldoende ambitieus te zijn en dus – in functie van het beschikbare budget – een stap verder te gaan.

Men kan in de eerste plaats een 'kostenoptimaal niveau' nastreven (zie afbeelding 4). Hierbij wordt de (hogere) initiële investering in renovatiemaatregelen (deels) terugverdiend door een lagere energiefactuur. De verscheidenheid in de projecten (bv. omvang, beginsituatie ...) maakt het echter onmogelijk om voor alle gebouwen één bepaald kostenoptimaal E- of K-peil naar voren te schuiven. Dit moet dus per project bepaald worden.

Indien men een hoger energieniveau ambieert, dient men over te gaan tot een zeer energiezuinige of doorgedreven renovatie. Hoewel de initiële investering hierbij hoger ligt, bedraagt de totale kostprijs over 30 jaar niet per se meer gelet op de hierdoor tweegebrachte energiebesparingen. Dit prestatieniveau komt in de buurt van de eisen die sinds 2016 van toepassing zijn op nieuwbouw en van het niveau dat tegen 2021 algemeen geldend zou moeten zijn (bijna-energie-neutraal). Wij bevelen aan om ten minste het prestatieniveau na te streven dat sedert 2016 van kracht is voor nieuwbouw.

Een zeer ambitieus einddoel is echter niet altijd haalbaar. Denken we hierbij maar

even aan gebouwen die een erfgoed-waarde hebben en waarbij de originele staat zo goed mogelijk bewaard moet worden. Hoewel er ook in deze gevallen energiebesparende ingrepen toegepast kunnen worden, is het niet eenvoudig om deze beide belangen met elkaar te verzoenen. Gelukkig werden er intussen reeds verschillende oplossingen ontwikkeld die ook in de erfgoedsector gebruikt kunnen worden, zoals superisolierende materialen (zie pp. 22-23).

3.2.2 Keuze van de maatregelen

Eens het ambitieniveau bepaald is, kunnen de verschillende renovatiemaatregelen op lange termijn vastgelegd worden. Hierbij moet er in het bijzonder rekening gehouden worden met de onderlinge invloed van de maatregelen (bv. isolatie-luchtdichtheid-ventilatie en het uitwerken van renovatiedetails). De andere artikelen van deze WTCB-Contact spitsen zich toe op de verschillende bouwonderdelen en de ermee gepaard gaande aandachtspunten.

3.2.3 Faseren of niet?

Bij de uitvoering van de renovatiewerken kan men enerzijds opteren voor een



B | Voor- en nadelen van een integrale en een gefaseerde renovatie

Implicaties van de renovatiewijze	Integrale renovatie (in één stap)	Gefaseerde renovatie (stap voor stap)
Voordelen	Eenvoudigere onderlinge afstemming van de maatregelen (bv. stelling gebruiken voor het dak, de gevel en de ramen)	Spreiding van de investeringskosten
	Eenmalige periode van hinder voor de bewoners	De woning kan tijdens de meeste werken bewoond blijven
	Minder schade door vervolgacties	Men kan de maatregelen treffen wanneer ze echt noodzakelijk zijn (en zodoende de levensduur van de onderdelen respecteren)
Nadelen	Hogere initiële investeringskost	Risico op <i>lock-in</i> -effecten (voor meer informatie, zie pp. 8-9)
	Vaak tijdelijke verhuis noodzakelijk	Gespreide uitvoering van de werken

integrale renovatie waarbij de maatregelen tegelijkertijd uitgevoerd worden of anderzijds voor een gefaseerde renovatie die stap voor stap verloopt. Beide keuzes hebben hun voor- en nadelen, die in tabel B samengevat worden.

Wanneer men beslist om gefaseerd te werk te gaan, is het ten stelligste aangeraden dat een coördinator (bv. architect, algemene aannemer of expert) in overleg met de klant een logische volgorde van de maatregelen vastlegt, vertrekkende vanuit de huidige staat van het gebouw. Het is immers van cruciaal belang om rekening te houden met de compatibiliteit van de verschillende maatregelen. Voor meer informatie over de onderlinge afhankelijkheid van verschillende renovatiemaatregelen en de ermee gepaard gaande aandachtspunten verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2012/4.2](#).

3.3 Uitvoering en eindresultaat

Ook bij de uitvoering zijn de coördinatie en de onderlinge afstemming van de werkzaamheden belangrijk, niet alleen voor het globale project, maar ook voor de knooppunten waar verschillende maatregelen samenkomen. Om een vlotte uitvoering en een gestroomlijnd renovatieproces te garanderen, dient men op de werf bijzondere aandacht te besteden aan de volgende aspecten.

3.3.1 Planning en coördinatie

De door de voornoemde coördinator opgestelde volgorde van de maatregelen

stelt de uitvoerende partijen in staat om zicht te hebben op de werken die voor en na hun taken uitgevoerd zullen worden en om hiermee rekening te houden. In de toekomst zou men hiervoor – zeker bij grotere gebouwen – bijvoorbeeld een BIM-model voor renovatie kunnen hanteren.

3.3.2 Detaillering

Het is tevens belangrijk om de detailleringen vooraf goed uit te denken teneinde iedere partij wegwijs te maken in de uit te voeren werken. In deze WTCB-Contact worden verschillende renovatierelateerde typedetails uitgewerkt (zie pp. 8-9).

Om bepaalde problemen te ondervangen of de uitvoering te vereenvoudigen, kan men terugrijpen naar meer innovatieve oplossingen, waarin verschillende functies geïntegreerd worden (zie pp. 10-11 en pp. 22-23).

3.3.3 Kwaliteit en prestaties

Tussentijdse controles laten toe om tijdig problemen te detecteren, een stand van zaken op te maken en een beter zicht te krijgen op het mogelijke eindresultaat.

Bij de uitvoering is het belangrijk om te waken over de kwaliteit. Zo zijn er voor verschillende maatregelen reeds kwaliteitssystemen voorhanden of in ontwikkeling (bv. de na-isolatie van spouwmuren, de buiten- en binnen-

isolatie van gevels, luchtdichtheidsmetingen ...). In de toekomst zou ook een integrale kwaliteitsbenadering van het hele renovatieproces nagestreefd kunnen worden.

4 Besluit en toekomstvisie

Gezien het grote aantal oude gebouwen in België wint de energetische renovatie aan belang. De uitdagingen op korte en lange termijn die deze met zich meebrengt, bieden de aannemers en de architecten de kans om hun kennis en inzicht in de verf te zetten. Bij een renovatie dient men immers telkens de huidige technische en energetische staat van het gebouw te analyseren en te bepalen wat het gewenste eindresultaat is op het gebied van energie, comfort, functies Bovendien moet men – met het oog op de langetermijndoelstellingen – een zo hoog mogelijk energie-ambitieniveau viseren. Vervolgens moeten de stappen en maatregelen bepaald worden om tot dit gewenste resultaat te komen. Hierbij dienen op basis van voldoende informatie en ervaring verschillende keuzes gemaakt te worden die ten slotte door middel van een efficiënte en kwaliteitsvolle uitvoering in de praktijk vertaald moeten worden. Het is belangrijk dat alle uitgevoerde werken kaderen in een wel-doordacht stappenplan en in overeenstemming zijn met een globale visie. ■

J. Vrijders, ir., adjunct-laboratoriumhoofd, laboratorium Duurzame ontwikkeling, WTCB

X. Loncour, ir., afdelingshoofd, afdeling Energie, WTCB



Gelet op het feit dat er voor de energetische renovatie van gebouwen voorsnog geen algemene regels in verband met de volgorde van de uit te voeren werken bestaan die voor alle gebouwen van toepassing zijn, spitst dit artikel zich toe op de aandachtspunten die vanaf de aanvang van het renovatieproject in aanmerking genomen moeten worden.

Prioriteiten van de uit te voeren werken

Langetermijnvisie voor het prioriteren van de werken

Er wordt vaak gezegd dat men met de isolatie moet beginnen om het vermogen van de verwarmingssystemen te kunnen verminderen. Voor bepaalde gebouwen is dit echter niet altijd het beste advies. Zo kunnen de systemen zodanig zwak presteren dat het meer zou renderen om ze meteen te vervangen in plaats van een volledige – eventueel gefaseerde – renovatie van de gebouwschil af te wachten. Het is eveneens mogelijk dat tijdelijke, kleinschalige maar energiebesparende werken rendabel zijn, aangezien ze goedkoop zijn en dadelijk uitgevoerd kunnen worden (eventueel door de gebruiker). Tot slot kan het dringende karakter van bepaalde werken de volgorde van de renovatiewerken bepalen.

Er treden tal van interacties op tussen de verschillende bouwelementen. Bijgevolg dient men de gebeurlijke invloed van een werkzaamheid op eventuele toekomstige renovatiewerken na te gaan. Zo moet men bij de renovatie van de thermische isolatie van de gevels anticiperen op de aansluiting met de ramen of het dak. Deze verschillende interacties worden in de [WTCB-Dossiers 2012/4.2](#) besproken.

De eigenaar van een gebouw kan zich daarom best laten bijstaan door een bouwprofessioneel (bv. een energie-

auditeur) om een globaal beeld te krijgen van de uit te voeren werken.

Thermische isolatie, luchtdichtheid en ventilatie: een onafscheidelijk trio

De energetische renovatie van een gebouw steunt idealiter op een globale aanpak die op drie pijlers berust: luchtdichtheid, ventilatie en thermische isolatie. In het geval van een gefaseerde renovatie is het echter niet altijd evident om deze drie aspecten gelijktijdig te behandelen.

Gelet op het feit dat de luchtdichtheid en de thermische isolatie meer verband houden met de gebouwschil, kunnen zij samen behandeld worden. Dit is met name het geval bij de renovatie van hellende daken. Hierbij zullen de plaatsing van de thermische isolatie langs de binnenzijde enerzijds, en van het luchtscherm anderzijds, gelijktijdig gebeuren (zie pp. 12-13). Bij de vervanging van de ramen moet men erop toezien een luchtdichte aansluiting met een doorlopend uitgevoerde thermische isolatie tot stand te brengen (zie pp. 16-17).

Wanneer men van plan is om de ventilatiesystemen te vernieuwen, kan het nuttig zijn om reeds de nodige openingen te voorzien door tijdens de renovatie van

bepaalde wanden bijvoorbeeld mantelbuizen aan te brengen.

Het is steeds van groot belang om te verzekeren dat de binnenlucht voldoende ververscht wordt door een ventilatiesysteem te installeren (zie pp. 30-31). Dit zou bij voorkeur vóór de verbetering van de luchtdichtheid moeten gebeuren om voorrang te geven aan de luchtkwaliteit.

Uiteindelijk maakt een luchtdichtheidsprestatie van $3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ (uitgedrukt in $\dot{V}_{50}$) een gemiddeld niveau uit. Bij doorgetreden renovaties is het mogelijk om betere prestaties te behalen. We willen erop wijzen dat deze waarden niet per se gelden voor bepaalde bouwtypologieën, zoals appartementen.

Renovatiedetails: lock-in vermijden

Net zoals bij nieuwbouw, is een goede planning en zorgvuldige uitvoering van de bouwdetails bij renovatieprojecten van primordiaal belang. De kwaliteit van de detaillering heeft immers een grote impact op het energieverbruik van een gebouw. Zo kan de reële U-waarde van een gevel met koudebruggen 2 tot 3 keer slechter zijn dan wanneer er geen koudebruggen aanwezig zijn. Het opdrijven van de warmteweerstand R van de na-isolatie tot meer dan $1,5 \text{ à } 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Voor elk gebouw zijn energieaudit

Voor de woningen geldt in Wallonië de Energieadviesprocedure EAP 2. In Vlaanderen en Brussel is de – minder toegepaste – EAP 1 voorhanden. De in het auditverslag vermelde beschrijving van de aanbevolen werken vormt een goede basis voor discussies tussen de eigenaar en de aannemer waarop een beroep gedaan werd om de werken uit te voeren. Voor andere bouwtypen bestaan er andere, minder gestandaardiseerde audits.



Onderverdeling van de courante bouwknopen

Bouwdetail	Prioriteit
Aansluiting van een hellend dak op een puntgevel	①
Integratie van het schrijnwerk in de ruwbouw	② → ③
Muurvoet	③ → ④
① Zeer aanzienlijke lekken ② Aanzienlijke lekken	③ Onbelangrijke lekken ④ Marginale lekken

zal vanuit een energetisch oogpunt dan ook enkel zin hebben wanneer ook de bouwknopen zorgvuldig behandeld worden (voor meer informatie, zie de [WTCB-Dossiers 2013/2.4](#)).

Voor meer informatie verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar het artikel ‘Energetische aspecten van bouwknopen’ (zie de [WTCB-Dossiers 2015/1.2](#)). Hierin wordt een overzicht gegeven van de verschillende behandelingen van de knoop ‘puntgevel-hellend dak’ in functie van hun thermische prestaties.

Een belangrijk aandachtspunt bij gefaseerde renovatiewerken is het vermijden van *lock-in*, dit zijn bouwkundige situaties die niet meer opgelost kunnen worden (bv. de aansluiting van de thermische-isolatielaag en het luchtscherm in het dak op dat in de aanpalende muur kan niet meer zonder meerkosten gerealiseerd worden). Hiertoe moet de aannemer vóór de aanvang van de werken een masterplan van het volledige renovatietraject voorzien. Dit stelt de dakwerker bijvoorbeeld in staat om – wanneer hij gevraagd wordt om dakisolatie te plaatsen – te weten of de aanpalende muren in een latere fase

nageïsoleerd zullen worden en welke isolatietechniek hiervoor overwogen wordt (bv. buitenisolatie, spouwvulling of binnenisolatie). Op die manier kan hij de dakisolatie ter hoogte van de dakvoet (zie fase A in afbeelding) zo plaatsen dat een latere aansluiting met de thermische isolatie en het luchtscherm van de gevel niet onmogelijk is (zie fase B). Indien dit masterplan niet voorhanden is, strekt het tot aanbeveling dat de aannemer de bouwheer wijst op het grote belang ervan voor de kwaliteit van het eindresultaat en dat hij voorstelt dat een architect een dergelijk plan opstelt.

In termen van actieprioriteiten stelt de [TV 255](#) met betrekking tot de luchtdichtheid van gebouwen een classificatie voor van de prioritair te behandelen bouwdetails in functie van hun impact op de globale luchtdichtheid van het gebouw. Dankzij op gebouwdetails gevoerde proeven was het mogelijk om de luchtlekken te berekenen en aldus de meest voorkomende bouwknopen in vier categorieën onder te verdelen (zie tabel).

De met ① aangeduide knopen worden als prioritair beschouwd in die zin dat

het gebrek aan behandeling doorgaans tot zeer aanzienlijke luchtlekken leidt. Deze tabel, die afhankelijk is van het bouwsysteem, kan een interessant hulpmiddel zijn om de luchtdichtheid van een gebouw op een pragmatische manier aanzienlijk te verbeteren.

Teneinde een goed gecoördineerde uitvoering te bekomen, is het van groot belang dat de verschillende betrokken aannemers vóór de aanvang van de werken de aansluitingen zorgvuldig bespreken.

De uitwerking van de bouwdetails is in principe de taak van de ontwerper. Daarom is het raadzaam dat de bouwheer – hoewel het slechts een kleine stap in een gefaseerde renovatie betreft – een architect bij de werken betreft.

Wanneer men bij complexe bouwkundige situaties twijfels heeft bij de keuzes voor de aansluitingsdetails, kan men een beroep doen op een bouw fysisch studiebureau. Deze kan bouwknopen met behulp van bijvoorbeeld thermische simulatieprogramma's onderzoeken om het schaderisico beter in te schatten en de detaillering met meer zekerheid uit te werken.

De enige algemene regels zijn dus: steeds een overzicht hebben en zodanig te werk gaan dat men niet in werken investeert die door latere interventies afgebroken of beschadigd kunnen worden. **I**

*C. Mees, ir., F. Dobbels, ir.-arch.,
en N. Heijmans, ir., afdeling Energie, WTCB*

De dakisolatie moet zo geplaatst worden dat het mogelijk is om in een latere fase een goede aansluiting met de gevelisolatie te verzekeren.

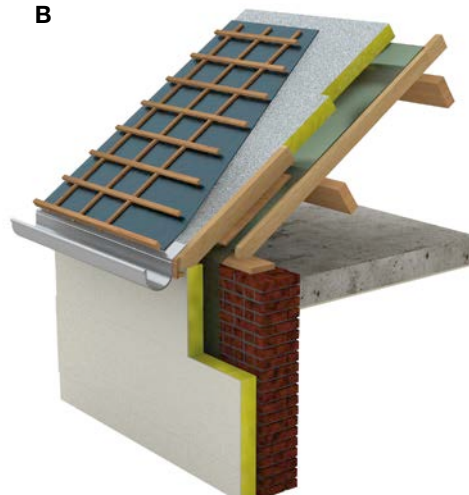
A1

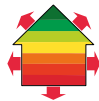


A2



B





De evolutie van de industriële processen, wat gepaard gaat met steeds performantere geautomatiseerde productielijnen, biedt nieuwe oplossingen voor gebouwrenovaties. Net zoals bij nieuwbouw, kunnen geprefabriceerde gebouwschilonderdelen tegenwoordig in het atelier geassembleerd worden en in een latere fase aan de draagstructuur van het bestaande gebouw bevestigd worden.

Wordt industrialisatie de nieuwe renovatietechniek?

Deze techniek laat in haar meest innovatieve vorm toe om het gebouw te 'omhullen' met een nieuwe schil die op de bestaande muren aangebracht wordt. Dit impliceert dat de bewoners hun woning tijdens de werken niet langer hoeven te verlaten. Bovendien zorgt dit procédé voor een snellere uitvoering, beperkt het de door de werken teweeggebrachte hinder en laat het een betere kwaliteitscontrole toe. Naast hun dubbele huidfunctie, kunnen bepaalde types geprefabriceerde gevelmodules eveneens gebruikt worden voor de verruiming van het bewoonde volume, bijvoorbeeld door de toevoeging van een verdieping of een horizontale uitbreiding (zie afbeelding 1). Desgevallend moeten deze modules een dragende functie uitoefenen.

De integratie van speciale technieken in de modules (bv. kanalen en kabels, thermische zonnepanelen, fotovoltaïsche zonnepanelen, vaste of beweegbare zonneweringen ...) effent het pad voor een meer globale aanpak van de renovatie, met behulp van wat we uiteindelijk geïndustrialiseerde en multifunctionele gevelsystemen of AIM-ES-elementen (*Architectural Industrialized Multifunctional Envelope Systems*) kunnen noemen. De laatste twee decennia werden er tientallen gebouwen in Europa met behulp van deze AIM-ES-methode gerenoveerd, waardoor het potentieel, de haalbaarheid en de voordelen ervan bewezen werden.

Implicaties

Dit renovatieprocedé noodzaakt een grondig vooronderzoek van het bestaande gebouw, waarbij de archi-



1 | Renovatieprincipe waarbij er gebruikgemaakt wordt van geprefabriceerde gevelelementen die op de bestaande muren aangebracht worden

tect een beroep moet doen op vakbekwame experts of studiebureaus. Een dergelijke doorgedreven prefabricage met geïntegreerde technieken vergt een diepgaande interactie tussen de bij het project betrokken ploegen. Bijgevolg is een nauwgezette planning van de interventies, de rolverdeling en de verantwoordelijkheden tijdens de verschillende projectfasen van primordiaal belang. De versnelde uitvoering en de kwaliteitsverbetering van de renovatiewerken moeten dus goed afgewogen worden tegen de eisen die gesteld worden door een dergelijke prefabricage.

Gelet op de aanzienlijke kosten die het ontwerp met zich kan meebrengen, wordt de AIM-ES-methode bij voorkeur

toegepast bij de renovatie van middelgrote tot grote gebouwen met weerkerende architecturale kenmerken, of van een geheel van identieke gebouwen zoals rijhuizen, waarbij het beslissingsproces een gelijktijdige interventie in meerdere gebouwen toelaat.

Ontwerp van de modules

De AIM-ES-modules kunnen op verschillende manieren ontworpen worden. De vijf belangrijkste parameters hierbij zijn:

- het type constructiemateriaal van de module
- de afmeting en de oriëntatie van een standaardmodule
- zijn samenstelling en het prefabricage-



niveau

- de aansluitingswijze met de bestaande muur
- de graad van integratie van technieken.

Deze laatste parameter heeft betrekking op de mogelijkheid om speciale technieken te integreren aan het oppervlak (bv. zonnepanelen) of doorheen de volledige module (bv. ventilatiekokers). Vooral grotere modules ⁽¹⁾ met een houtstructuur lijken in deze context interessant, aangezien het bouwprincipe ervan slechts weinig verschilt van het principe dat ook bij nieuwbouw veelvuldig toegepast wordt. De voornaamste technische uitdaging bestaat erin de aansluiting tussen de bestaande muur en de nieuwe schil, de zogenoemde aanpassingslaag (zie afbeelding 2), correct te ontwerpen. Zo moet men erop toezien dat er tussen deze twee elementen geen enkele luchtbeweging kan optreden, wat niet altijd even evident is wanneer de bestaande muren aanzienlijke onregelmatigheden vertonen.

Dankzij diverse onderzoeksprojecten is er tegenwoordig reeds heel wat technische informatie over de AIM-ES-systemen met een houtstructuur ⁽²⁾ voorhanden. Als we kijken naar de verschillende in Europa gerealiseerde werven, kunnen we hoofdzakelijk twee systeemtypes onderscheiden. Het eerste type, het gesloten TES-systeem ⁽³⁾, wordt gekenmerkt door een structuur die aan beide zijden afgesloten is door middel van platen (zie afbeelding 2). De isolatie wordt bijna altijd in het atelier geplaatst. Hierbij is het noodzakelijk om in een latere fase een aanpassingslaag aan te brengen. Hiertoe kan er op de bestaande muren ter hoogte van de vloerplaten een houten onderstructuur bevestigd worden. Dit latwerk zal dienstdoen als verankeringszone voor de modules. De ruimte tussen de latten wordt ofwel vóór de installatie van de modules opgevuld met een samendrukbare isolatie, dan wel na de installatie volgeblazen. Het is eveneens mogelijk om de achterzijde van de modules te voorzien van een ononderbroken samendrukbare isolatielaag.

Bij het open TES-systeem wordt enkel de structuur van de module – zonder isolatie – op de bestaande gevel aangebracht en wordt louter de voorzijde van het paneel voorzien van platen (zie afbeelding 2). De in een latere fase *in situ* aangebrachte isolatie (door inspuiting of inblazing) vult de onregelmatigheden tussen de gevelmodule en de bestaande muren op. Hoewel dit tweede systeemtype de uitvoering en de bevestiging van de modules vergemakkelijkt, beperkt het het prefabricageniveau, waardoor er meer bewerkingen op de werf ingepland zullen moeten worden.

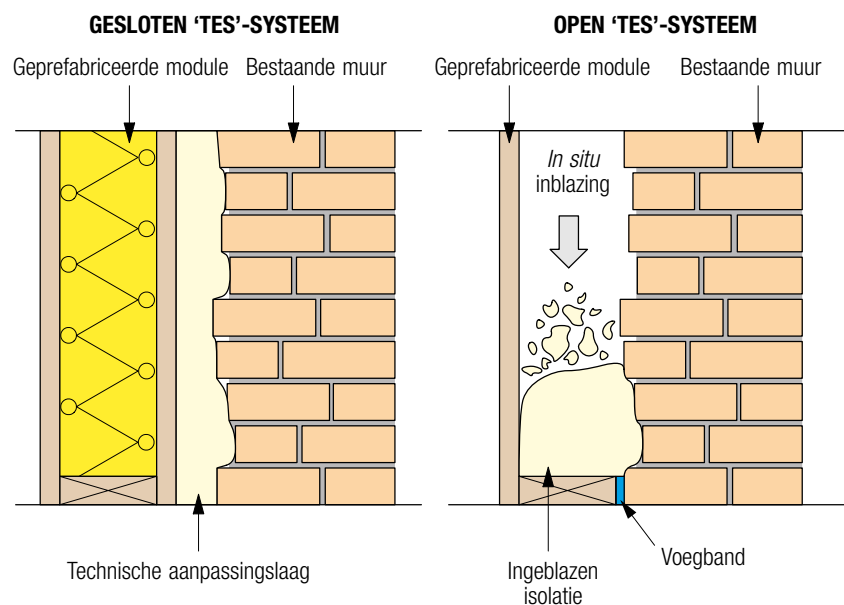
Omwille van het innovatieve karakter van de AIM-ES-methode, moesten er voor deze twee systeemtypes diverse ontwerpaspecten uitgediept worden. Denken we hierbij in eerste instantie maar even aan de aansluiting tussen de nieuwe gebouwschilonderdelen en de bestaande constructie. Hierbij is de geometrische studie van het gebouw van cruciaal belang en lijkt men niet om de recente meettechnieken, zoals 3D-scanners en 3D-fotogrammetrietechnieken, heen te kunnen. Er waren eveneens een aantal structurele vragen die beantwoord moesten worden, meer bepaald omtrent de

verankeringsmethode die gebruikt moet worden om de nieuwe structuur op de oude te bevestigen en de verdeling van de hierdoor teweeggebrachte belastingen. De brandveiligheid, de energieprestaties en het comfort van de gebruikers zijn evenzeer van belang. Al deze thema's dienen grondig onderzocht te worden in het licht van de Belgische regelgeving en context. Het WTCB legt zich momenteel toe op de beschrijving van de ontwerp- en uitvoeringsregels voor deze systemen.

Besluit

In het algemeen kan men stellen dat de AIM-ES-methode interessante perspectieven opent voor de doorgedreven renovatie van het bestaande gebouwenpark. Hoewel een prefabricage met integratie van speciale technieken niet voor elk projecttype geschikt is, wint deze techniek aan populariteit dankzij de uitvoeringskwaliteit en -snelheid die er onlosmakelijk mee verbonden zijn. ■

S. Dubois, dr. ir., en M. de Bouw, prof. dr. ir.-arch., projectleiders, laboratorium Renovatie, WTCB

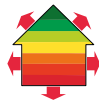


2 | De twee voornaamste systemen bestaande uit een houtstructuur

⁽¹⁾ De maximale afmetingen van een module worden omwille van transportredenen doorgaans beperkt tot 13 x 3,8 m.

⁽²⁾ Europees project TES EnergyFacade (<http://www.tesenergyfacade.com>), Annex 50-project van het Internationaal Energieagentschap (<http://www.ecbcs.org/annexes/annex50.htm>), Europees project EzRebuilt (<http://www.ezrebuild.eu/en/Sidor/default.aspx>), AIM-ES-project van het WTCB (<http://www.brusselsretrofitxl.be/projects/aim-es/>).

⁽³⁾ *Timber-based Element System*, terminologie ontleend aan het TES EnergyFacade-project.



De eerste maatregelen die een nieuwe eigenaar na de aankoop van een reeds bestaande woning zal treffen om zijn comfort te verbeteren en de leefruimte te vergroten, zijn de betrekking van de zolderruimten en de isolatie van het dak. Met de huidige energetische uitdagingen in het achterhoofd zal hij vaak ook de luchtdichtheid verbeteren en zonnepanelen installeren.

Energetische renovatie van hellende daken

Alvorens met de werken aan te vangen, moet de aannemer zich de volgende vragen stellen:

- kan de bestaande dakbedekking behouden worden? Verkeren de pannen of leien in goede staat? Is hun overlapping toereikend om de waterdichtheid van het dak te verzekeren?
- beschikt het dak over een onderdak? Is het al geïsoleerd? Is de aanwezige isolatie zichtbaar? Is deze niet vochtig of verzakt?
- zijn de te isoleren onderdelen makkelijk te bereiken of zijn er verschillende obstakels (timmerwerkelementen, kokers ...)?
- kan het bestaande timmerwerk behouden worden? Volledig of slechts gedeeltelijk? Verkeren de structurelementen in goede staat, zijn ze stabiel en is hun doorsnede groot genoeg?

Materialen en technieken

De warmtegeleidingscoëfficiënt (λ -waarde, uitgedrukt in W/m.K) is een van de belangrijkste keuzecriteria voor de isolatie: naarmate de λ -waarde lager is, zullen de thermische prestaties voor eenzelfde isolatiedikte beter zijn.

Vervolgens moet men de plaatsingswijze van de isolatie bepalen:

- **isolatie door middel van stijve platen** (kunststofschuim, cellenglas, houtvezel ...), boven of onder het timmerwerk, is vooral geschikt voor daken met een eenvoudige geometrie en een regelmatig, niet-gevormd timmerwerk
- **isolatie door middel van dekens** (minerale of plantaardige wol ...) laat – gelet op haar grotere soepelheid –

toe om de vorm van het timmerwerk te volgen

- **ingeblazen** (cellulosevlokken, perliet ...) of **gespoten isolatie** (kunststofschuim) biedt het voordeel dat er geen versnijdingswerken nodig zijn en dat alle – zelfs de moeilijk bereikbare – hoekjes van het dakvlak opgevuld kunnen worden. Dit isolatietype zal dus toegepast moeten worden in dakschilden met een stijf of zeer strak gespannen onderdak en zal doorgaans gebruikt worden om de vloer van de zolderruimten te isoleren.

Het is ten stelligste afgeraden om te isoleren zonder een onderdak te voorzien (een ersatz-onderdak kan in deze context een tijdelijke oplossing bieden). Het onderdak oefent immers verschillende functies uit (bescherming van het gebouw tijdens de werken, opname van het eventuele condensatiewater onder de dakbedekking, wind- en stofdichtheid) die de isolatie beschermen en de prestaties ervan veiligstellen. Het onderdak moet – ongeacht of het opgebouwd is uit een membraan, panelen of platen – dampopen zijn ($S_d \leq 0,5$ m). De oude, weinig

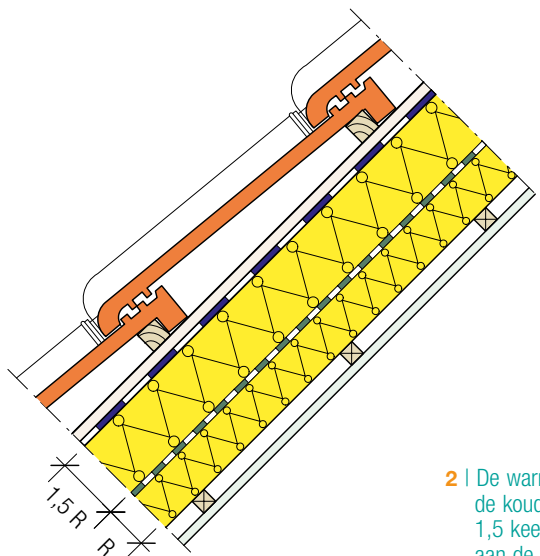
dampdoorlatende onderdaken mogen slechts behouden worden wanneer de dakbedekking niet vervangen wordt. Hierbij dient echter bijzondere aandacht besteed te worden aan de keuze en de uitvoering van het dampscherm.

Aan de binnenzijde moet er steeds een ononderbroken lucht- en dampscherm geplaatst worden: zelfs wanneer het isolatiemateriaal op zich zeer dampdicht is (bv. PUR- of PIR-platen), mag men niet vergeten dat een groot deel van het waterdamptransport door convectie plaatsgrijpt via de lekken tussen de isolatie-elementen.

De plaatsing van het dampscherm dient te gebeuren volgens de regels van de kunst, dat wil zeggen zonder zichtbare lekken ter hoogte van de aansluitingen. Om de goede uitvoering ervan te controleren, strekt het tot aanbeveling om het gebouw – zeker wanneer het slecht geventileerd is en het binnenklimaat relatief vochtig is – te onderwerpen aan een pressurisatieproef met het oog op de opsporing en herstelling van de gebeurlijke lekken.

1 | Längs de binnenzijde aangebrachte isolatie ter hoogte van de muurplaat over de volledige hoogte van de borstwering





2 | De warmteweerstand van de isolatie aan de koude zijde van het dak moet minstens 1,5 keer groter zijn dan die van de isolatie aan de warme zijde.

Beantwoorden aan de thermische prestatie-eisen

Volgens de reglementeringen moet de warmtedoorgangscoefficiënt van de wanden na elke volledige dakrenovatie voortaan kleiner zijn dan of gelijk zijn aan $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Teneinde aan deze eis te voldoen, moet men – naargelang van het beoogde onderdak (houtvezelplaten, dun paneel of membraan) – 18 tot 23 cm minerale of plantaardige wol tussen de kepers of ongeveer 12 cm polyurethaan op of onder de draagstructuur voorzien. Om te komen tot nog betere prestaties, is het uiteraard mogelijk om deze diktes te verhogen, verschillende technieken te combineren of terug te grijpen naar specifieke structuurelementen (houten balken met een smalle kern ...)

Uitvoering

Bij renovaties wenst men vaak de binnenafwerkingen te behouden. In voorkomend geval dient men langs de

buitenzijde te werk te gaan, door bijvoorbeeld stijve platen bovenop de kepers te plaatsen (sarkingmethode).

Om deze techniek met succes te kunnen toepassen, dient men een aantal specifieke uitvoeringsregels in acht te nemen:

- de structuurelementen moeten – zelfs wanneer men zelfborende schroeven gebruikt – minstens 50 mm breed zijn. Wanneer de draagstructuur opgebouwd is uit spantbenen (die doorgaans 36 mm breed zijn), is de sarkingmethode ten stelligste afgeraden
- om scheurvorming in het hout te vermijden, moet de doorsnede van de tengellatten groot genoeg zijn: minstens $30 \times 50 \text{ mm}$ voor schroeven met een diameter van 6 mm en minstens $40 \times 60 \text{ mm}$ voor schroeven met een diameter van 8 mm
- de schroeven moeten minstens tot op een diepte die overeenstemt met het zesvoud van hun diameter in de draagstructuur verzonken zijn (36, 42 of 48 mm voor schroeven met een respectievelijke diameter van 6, 7 en 8 mm)
- wanneer er geen schuin aangebrachte schroeven gebruikt worden, dient men

onderaan het dak een steunkeper te voorzien om het eigengewicht en de sneeuwbelastingen op te nemen.

Wanneer er verschillende isolatielagen gecombineerd worden (op én tussen de kepers), dient men er steeds op toe te zien dat het lucht- en dampscherm zich in het warme deel van de isolatie bevindt. Indien het dampscherm net onder de sarkingplaat ligt, dient de warmteweerstand van deze plaat minstens 1,5 keer groter te zijn dan die van de tussen de kepers geplaatste isolatie (zie afbeelding 2). Dit betekent dat men voor een tussen de kepers gelegen laag minerale wol van 9 cm ($\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) een PUR-plaat van minstens 10 cm dik ($\lambda = 0,024 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) moet voorzien.

Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid van de gevels en de puntgevels, ook ter hoogte van de details. Om de bouwknop aan de voet van het dakschild te behandelen, dient men – zowel wat de isolatie (zie afbeelding 1) als het dampscherm betreft (zie pp. 8-9) – een toereikende overlapping te voorzien.

Toekomstvisie

Bij een gefaseerde renovatie van de verschillende gebouwschilonderdelen (bv. eerst het dak en daarna de gevels) strekt het tot aanbeveling om reeds bij de aanvang van het project te anticiperen op de uitvoering van bepaalde details. Door de uitvoering van een uitsparing ter hoogte van de gevels en de puntgevels zal het in de latere renovatiefases bijvoorbeeld mogelijk zijn om de vereiste isolatiediktes te plaatsen, zonder zijn toevlucht te moeten nemen tot verbingsprofielen of de dakgoot en de dakranden te moeten demonteren. Hoewel deze werken zeker uitvoerbaar zijn, brengen ze immers een aanzienlijke meerkost met zich mee en kunnen ze leiden tot kleurverschillen in de dakbedekking (zie afbeelding 3).

3 | Gelet op het feit dat dit huis enkele jaren na de renovatie van het dak langs de buitenzijde geïsoleerd werd, zijn er kleurverschillen waarneembaar ter hoogte van de dakranden en de onderkant van het dak.



D. Langendries, ir., senior projectleider,
afdeling Energie, WTCB

Dit artikel werd opgesteld met de steun van de DG06, in het kader van de Technologische Dienstverlening COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'.



Voor de renovatie van een plat dak volstaat het niet om louter en alleen een nieuwe afdichtingslaag aan te brengen. De dakafdichter moet immers eerst de volledige dakopbouw onderzoeken op mogelijke probleempunten en hiervoor ook oplossingen voorstellen. Bovendien is het in de huidige energetische context ondenkbaar om een dak te renoveren zonder na te gaan of het wel voldoende thermisch geïsoleerd is. In dit artikel worden er dan ook een aantal specifieke renovatiescenario's voor verschillende dakopbouwen uit de doeken gedaan.

Renovatietechnieken voor **platte daken met een afdichting**

1 Analyse van de dakopbouw

Met het oog op de bepaling van de nodige renovatiewerken is het noodzakelijk om de samenstelling en de staat van de bestaande dakopbouw vooraf aan een grondige analyse te onderwerpen. Dit kan de uitvoering van een aantal sonderingen vergen. Indien nodig, kan men zich voor bepaalde aspecten van deze analyse (zoals de stabiliteit of de integratie van de werken in de globale renovatie van het gebouw) laten bijstaan door specialisten.

Het vooronderzoek dient onder meer betrekking te hebben op:

- de gebouwbestemming: tot welke binnenklimaatklasse behoort het of zal het na de renovatie gaan behoren?
- de eventuele toekenning van bijkomende functies aan het dak: worden er zonnepanelen of een groendak geïnstalleerd?
- de aanwezigheid van vocht in de dakopbouw: zijn er tekenen van infiltraties of condensatieproblemen?

- de hechting van de verschillende lagen: werden er hechtingsgebreken vastgesteld?
- de aard en de staat van de dakvloer: beschikt deze over een toereikende draagkracht (doorbuiging)?
- de aan- of afwezigheid van een hellingslaag: is er sprake van waterstagnaties?
- de aanwezigheid en de positie van de dampdichte lagen en isolatiematerialen in de dakopbouw: betreft het hier een warm dak, een omkeerdak of een koud dak?
- de aard en de dikte van de isolatielaag: is ze nog voldoende cohesief?
- de bevestigingswijze en de staat van de afdichtingslagen: kunnen deze behouden worden?
- de dakdetaileringen: hoe hoog zijn de dakopstanden en kunnen deze eventueel verhoogd worden?

Gelet op het feit dat de dakwaterafvoeren over het algemeen de meest delicate punten van het dak vormen en men niet kan garanderen dat deze over dezelfde

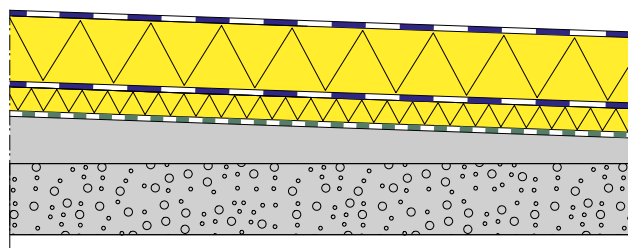
levensduur beschikken als de nieuwe dakafdichting, strekt het tot aanbeveling om ze steeds te vernieuwen.

2 Thermische isolatie

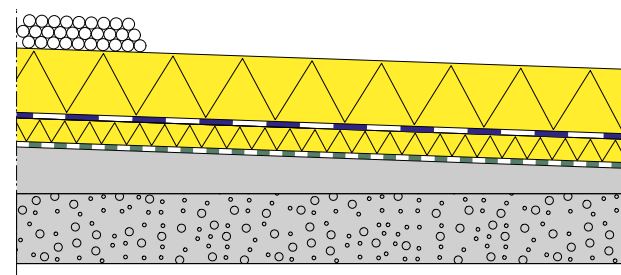
Om aan de huidige regelgeving te voldoen, zal het in de meeste gevallen noodzakelijk zijn om een bijkomende thermische isolatielaag met een dikte begrepen tussen 10 cm en 18 cm in de dakopbouw aan te brengen.

Teneinde dit op een technisch correcte wijze te realiseren en inwendige condensatieproblemen te vermijden, dient men – net zoals bij nieuwbouw – de voorkeur te geven aan dakopbouwen waarbij het dampscherm zich net onder de thermische isolatie en op een continue drager (de dakvloer of zijn hellingslaag) bevindt (zie de [TV 215](#)) (*). Aangezien de bijkomende isolatie in dit geval bovenop de bestaande dakopbouw aangebracht wordt, dienen de dakopstanden hoog genoeg te zijn of

1 | Thermische renovatie van een warm dak door toevoeging van een bijkomende thermische isolatie en dakafdichting



2 | Thermische renovatie van een warm dak door toevoeging van een omkeerdakisolatie met ballastlaag (duodak)



(*) Een dakopbouw waarbij de thermische isolatie zich onder de dakvloer bevindt, is daarentegen afgeraden, vermits het dampscherm in voorkomend geval niet over een continue drager kan beschikken (zie [Infofiche 26](#)).



verhoogd te kunnen worden om deze meerdikte te kunnen realiseren (zie de [WTCB-Dossiers 2011/2.6](#)).

Wanneer er zich geen vochtproblemen voordoen in de dakopbouw en de gebouwbestemming niet wijzigt, zal de toevoeging van een thermische isolatie aan de bovenzijde in de regel geen risico op condensatieproblemen met zich meebrengen. Indien echter niet aan deze voorwaarden voldaan wordt, moet de warmteweerstand (R) van de bijkomende isolatielaag boven de nu als dampscherm fungerende oorspronkelijke dakafdichting minstens 1,5 keer groter zijn dan deze van de reeds aanwezige isolatie (zie [Infociche 26](#)).

De aanwezigheid van ingesloten luchtlagen tussen het dampscherm en de dakafdichting is uit den boze. Luchtsponen in een dakopbouw kunnen immers aanleiding geven tot luchtcirculaties die de prestaties van de thermische isolatie verminderen en het risico op condensatieproblemen verhogen.

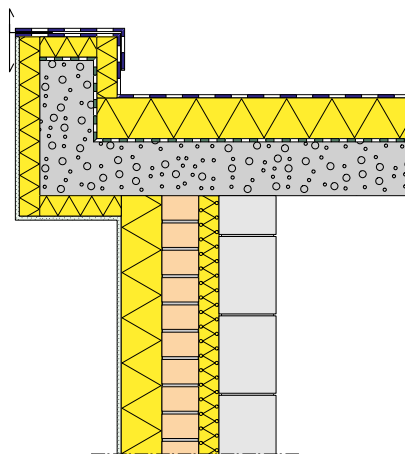
3 Renovatiescenario's

3.1 De thermische renovatie van een warm dak

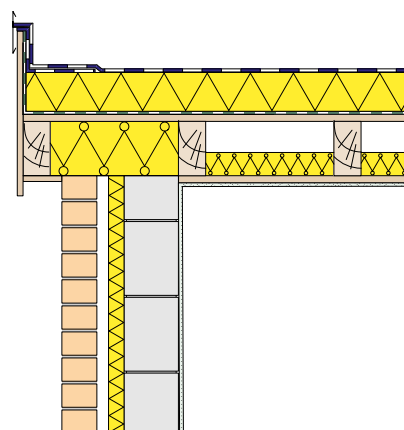
Wanneer uit de voorafgaandelijke analyse blijkt dat de bestaande dakopbouw behouden kan worden, kan men bovenop de aanwezige afdichtingslagen hetzij een bijkomende thermische isolatielaag en dakafdichting (warm dak, zie afbeelding 1), hetzij een omkeerdakisolatie met ballastlaag (zie afbeelding 2) aanbrengen. Bij deze laatste configuratie – die ook wel aangeduid wordt als een 'duodak' – dient men te verifiëren of de oorspronkelijke dakafdichting kwalitatief nog in orde is, omdat ze ook in de nieuwe dakopbouw de waterdichtheid moet blijven waarborgen. De dakvloer moet op zijn beurt in staat zijn om het bijkomende ballastgewicht te dragen.

3.2 De thermische renovatie van een koud dak

Koude-dakopbouwen zijn technisch onaanvaardbaar en dienen bijgevolg omgevormd te worden tot warme daken. Alle eventuele verluchtingsopeningen



3 | Renovatie van een dak met een dakoversteek en een betonnen dakvloer



4 | Renovatie van een dak met een dakoversteek en een houten dakvloer

moeten hiertoe afgedicht worden. Bij een dergelijke dakopbouw is het des te belangrijker om de staat van de dakvloer te controleren omdat er een groot risico op overmatige bevochtiging ten gevolge van condensatie bestaat.

De thermische isolatie onder de dakvloer moet bij voorkeur verwijderd worden. Indien deze echter nog in goede staat verkeert, kan ze eventueel behouden blijven. Hierbij moet er evenwel op toegezien worden dat de warmteweerstand van de boven de dakvloer toegevoegde isolatie 1,5 keer groter is dan die van de reeds aanwezige isolatie. De bestaande afdichting zal in het gerenoveerde dak als dampscherm fungeren.

Voor het specifieke geval van compactdaken verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2012/2.6](#) waarin de aandachtspunten, de uitvoeringsvoorwaarden en de risico's ter zake besproken worden.

4 Aandacht voor de detailleringen

Bij de energetische renovatie van een gebouw dienen de detailleringen vooraf goed uitgedacht te worden. De aangrenzende schilddelen kunnen de opvatting van deze bouwdetails immers sterk beïnvloeden.

Een van de belangrijkste aandachtspunten ligt in het verzekeren van de continuïteit van de thermische isolatie (EPB-aanvaardbare bouwknopen). Hier

toe zal het in de regel noodzakelijk zijn om de dakopstanden extra te isoleren.

Zo dient de renovatie van daken met een dakoversteek op een weldoordachte manier te gebeuren. Bij betonnen dakvloeren zal men – om een koudebrug te vermijden – heel de oversteek moeten isoleren (zie afbeelding 3). In het geval van houten dakvloeren kan men de dakvloer langsheen de dakranden openen om tussen de balken een bijkomende thermische isolatie aan te brengen (zie afbeelding 4).

Ten slotte willen we erop wijzen dat het verbeteren van de luchtdichtheid van de gebouwschil bij de renovatie van platte daken buiten de gebruikelijke taken van de dakafdicter valt. Voor daken met een betonnen dakvloer wordt er hiervoor immers gerekend op de luchtdichtheid van de dakvloer zelf en op deze van de binnenafwerking (beprestering). Bij daken met een lichte dakvloer, die bij de renovatie niet vervangen wordt, zal de dakafdicter dan weer niet meer bij machte zijn om de wachtfolies te plaatsen die toelaten om het luchtscherm van de buitenmuren te verbinden met het dampscherm of de dakafdichting. Deze folies dienen immers reeds voorzien te worden tijdens de uitvoering van de dakconstructie. In voorkomend geval kan men zich ertoe genoodzaakt zien om een bijkomend luchtscherm onder de dakvloer te plaatsen (zie de [WTCB-Dossiers 2012/1.7](#)). |

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



Een goede luchtdichtheid en een goede thermische isolatie kunnen het warmteverlies via de vensters beperken en bijgevolg ook hun energieprestaties en het comfort van de bewoners verbeteren. Afhankelijk van de keuze om de luchtdichtheid dan wel de thermische isolatie te verbeteren, moet respectievelijk het raamkader of de beglazing aangepast worden.

Renovatie van bestaande vensters

De te behalen thermische-isolatieprestaties van de vensters in nieuwe gebouwen of renovaties met een stedenbouwkundige vergunning zijn de volgende: $U_{w,max} = 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Vlaanderen en $1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Wallonië en Brussel. Voor de beglazing geldt een waarde van $U_{g,max} = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Deze prestaties moeten dus bij voorkeur nagestreefd worden indien het venster volledig vervangen of gedeeltelijk gerenoveerd wordt. De bestaande vensters vervangen door nieuwe vensters met performante beglazingen (hoogrendementsbeglazingen) of door vensters met hoge energieprestaties (zie de [WTCB-Dossiers 2014/2.7](#) en [2015/4.5](#)) is, louter energetisch gezien, de meest doeltreffende oplossing. Deze oplossing maakt duurzame prestaties mogelijk, die bovendien aangepast kunnen worden aan de behoeften van de bouwheer.

Er bestaan echter ook oplossingen (zie § 1) waarbij het bestaande venster niet vervangen hoeft te worden indien dat niet absoluut noodzakelijk of niet aangewezen is, bijvoorbeeld omwille van de prijs, hinder ten gevolge van de werken, moeilijkheden bij het vervangen van vensters van beschermde gebouwen ... Alvorens over te gaan tot de renovatie van het venster, moeten de profielen geëvalueerd worden. Het raamkader kan immers niet altijd behouden blijven, bijvoorbeeld omdat het niet meer in goede staat verkeert of omdat het niet aangepast is aan het beoogde gebruik of de beoogde prestaties. In het geval van vensters met enkele beglazing is het vaak niet mogelijk om energetisch gunstige prestaties te bekomen met het bestaande raamkader. Bovendien is het enerzijds vaak moeilijk om te voldoen aan alle aanbevelingen met betrekking tot de ontwatering van de glassponning van dubbele beglazing. Anderzijds is het risico op een concentratie van condensatie op niet-isolerende raam-

kaders zeer reëel. Het vervangen van enkele beglazing vormt dus slechts een tijdelijke oplossing die alleen op korte termijn toegepast kan worden. In desbetreffend geval is het vaak aangewezen om het venster volledig te vervangen.

Bij de energetische renovatie van een gebouw mag het aspect ventilatie niet over het hoofd gezien worden, met name om vochtproblemen te vermijden en het comfort van de bewoners te verzekeren (zie pp. 30-31).

Om op gebouwniveau goede energieprestaties te verkrijgen, ten slotte, volstaat het meestal niet om alleen de vensters te vervangen, maar moet dit in de toekomst gecombineerd worden met de isolatie van de gevel.

Dit artikel gaat dieper in op de renovatie van bestaande vensters die dateren van vóór 2000, met een dubbele beglazing. De oplossingen met betrekking tot het vervangen van enkele beglazing en het plaatsen van dubbele vensters komen hier niet aan bod (zie de [WTCB-Dossiers 2012/3.8](#)).

1 Alternatieve oplossingen voor het volledig vervangen van een venster

De meest courante oplossingen waarbij het niet noodzakelijk is om het venster volledig te vervangen, zijn:

- het verbeteren van de luchtdichtheid van het bestaande venster (zie de [WTCB-Dossiers 2012/3.8](#)), van grote naast elkaar gelegen schrijnwerkelementen en van de aansluiting van het schrijnwerk met de ruwbouw (zie § 3)
- het verbeteren van de prestaties van de beglazing:
 - het vervangen van de bestaande beglazing door een performante dubbele – of zelfs drieboudige –

beglazing, voor zover de sterkte van het profiel en het hang- en sluitwerk van het bestaande raamkader dit toelaten. We wijzen er echter wel op dat er dubbele beglazing met een U_g -waarde van $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ bestaat. Omwille van de geringe profieldikte is dit de ideale oplossing voor renovaties. Bovendien weegt deze beglazing minder dan een drieboudige beglazing

- het plaatsen van een folie over de beglazing, die bepaalde prestaties verbetert (zonwering, veiligheid, uv-bescherming ...), maar die de visuele transmissie vermindert. Deze folies verhogen echter het risico op thermische breuk en hebben een relatief kleine invloed op de U_g -waarde van de beglazing, indien het gaat om folies waarmee de zoninstraling geregeld kan worden (zie de [WTCB-Dossiers 2014/2.6](#) en [2012/4.9](#)).

2 Bestaand schrijnwerk: initiële criteria

Om de bestaande beglazing te vervangen, dient men rekening te houden met de verschillende criteria die we hierna bespreken.

2.1 De materialen

Het volstaat om houten schrijnwerk manueel te ponsen met behulp van een priem van 3 mm^2 om de kwaliteit ervan te beoordelen, op voorwaarde dat de priem niet in het materiaal indrukt. Hierbij is het noodzakelijk om het schrijnwerk op verschillende plaatsen te controleren, zowel op de buiten- en binnenkanten als op het centrale gedeelte (sponning-bodem). Het is namelijk goed mogelijk dat er een oppervlakkige onderhouds-



laag aangebracht werd, die bepaalde onvolkomenheden verbergt.

Bij staal- of aluminiumschrijnwerk kan corrosie de metalen wanden verzwakken. De ponsproef is ook hierbij van toepassing. Indien het metaalschrijnwerk geen thermische onderbreking vertoont, moeten de raamkaders (uit energetische overwegingen) vervangen worden bij de renovatie van het schrijnwerk.

Bij kunststofschrjnwerk kunnen verzwakte buitenwanden van het schrijnwerk de duurzaamheid van de raamkaders sterk, negatief beïnvloeden. Het is mogelijk om de verzwakking na te gaan aan de hand van een energieschok van 0,5 Nm (d.i. een hard lichaam van 500 g dat vanop een hoogte van 10 cm valt).

Indien er niet voldaan wordt aan de kwaliteitscriteria van de materialen, moeten de profielen vervangen worden. Bij houten schrijnwerk is gedeeltelijk vervangen alsnog een mogelijkheid.

2.2 Rechtheid en haaksheid

Om de voegen te kunnen aandrukken, moeten de profielen rechtlijnig zijn en de vleugels en het vaste kader haaks op elkaar staan. Afwijkingen op de diagonaal tot 12 mm, die bij de initiële diagnose vastgesteld worden, kunnen gemakkelijk gecorrigeerd worden door de beglazing opnieuw op te spannen. Indien het om grotere afwijkingen gaat, moeten de verbindingen aangepakt worden. Het is moeilijk om een goede dichtheid te bekomen met profielen die onder invloed van torsie, buiging of kromming vervormd zijn. Een ingreep – bij voorkeur de raamkaders vervangen – is in dit geval noodzakelijk.

2.3 Kwaliteit van de verbindingen

De renovatie van het schrijnwerk kan het gewicht van de beglazing opdrijven en dus ook de belasting ter hoogte van de verbindingen verhogen. In dat geval dient men deze verbindingen nauwkeurig na te kijken en indien nodig te verstevigen (pen, winkelhaak, schroefbout ...). De dichtheid van de verbindingen wordt gecontroleerd met behulp van een diktemaat van minder dan 0,2 mm (zie afbeelding). Bij metaalschrijnwerk dienen de verbindingen na de mechanische versteviging bijkomend afgedicht te worden. Bij kunststofschrjnwerk daarentegen dient het raamkader vervangen te worden indien de verbindingen scheurtjes vertonen.

2.4 Hang- en sluitwerk en voegen

Tijdens de initiële analyse dient men ook na te gaan of de ophang- en sluitpunten, alsook andere hang- en sluitwerkelementen niet aangetast of geoxideerd zijn en of ze nog steeds stevig bevestigd zijn. Aan de hand van deze analyse moet men eveneens bepalen of het aantal hang- en sluitwerkpunten volstaat om de aandrukking van de voegen en bijgevolg de gewenste dichtheid van het element te verzekeren. Bij schuiframen gaat men niet alleen de kwaliteit en de continuïteit van de voegen na, maar is de controle ook gericht op de schuimvoegen van het centrale deel.

2.5 Aansluiting en bevestiging

De initiële diagnose moet eveneens gericht zijn op de aansluiting en de bevestigingen van het raamkader. De bevestigingsankers of andere bevestigingsmiddelen dienen de continuïteit

van de mechanische prestaties te verzekeren en mogen in geen geval beschadigd zijn. Als een visuele controle niet mogelijk is, spitst de analyse zich toe op de bevestiging van het vaste kader. Een (manuele) kracht van 400 N op de vaste profielen, toont aan hoe onbuigzaam de bevestigingen zijn. Wat de aansluitingsvoegen betreft, verliezen de katten snel hun elastische herstelvermogen. Het is noodzakelijk om ze regelmatig te onderhouden en te vervangen.

3 Continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid

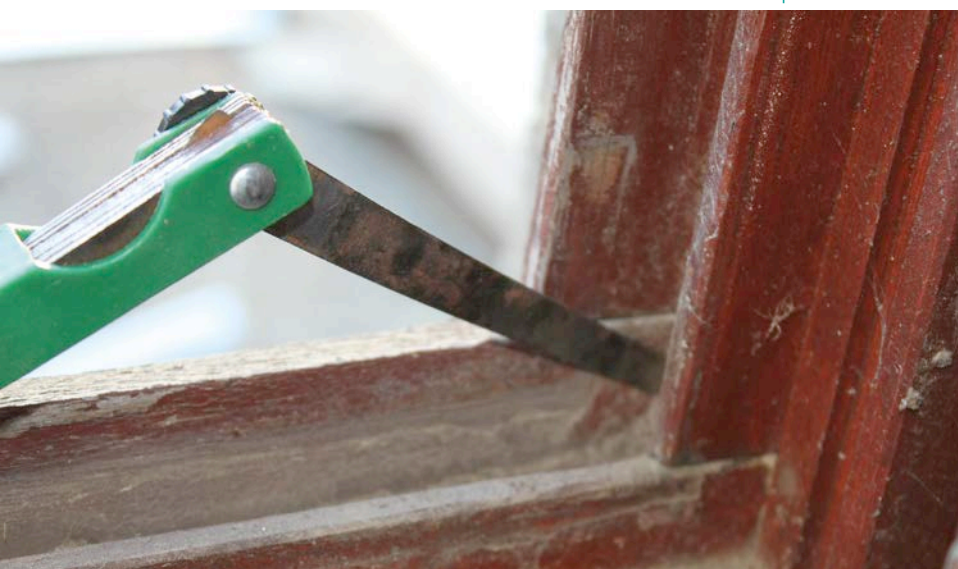
De continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid met de ruwbouw is van primordiaal belang. Indien in eerste instantie alleen de renovatie van het buitenschrijnwerk voorzien is, dient men rekening te houden met toekomstige interventies (buiten-, binnen- en spouwmuurisolatie ...). De plaats van het schrijnwerk, alsook de afmetingen van de profielen dienen waarschijnlijk aangepast te worden.

Als er in de toekomst een buitenisolatie voorzien wordt, moet men deze isolatie omplooien tegen het raamkader. Het vaste kader van de schijnwerkelementen dient dan wel rekening te houden met deze bijkomende neg. In de praktijk betekent dit, dat er minstens 2 cm extra vrij moet blijven naast het vaste kader ter hoogte van de latei en de zijkanten.

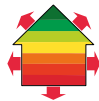
Ter hoogte van de dorpel zorgt een voordorpel of een bijkomend profiel ervoor dat deze makkelijker aangepast kan worden en dit, terwijl de continuïteit van de toekomstige isolatie onder de dorpel steeds verzekerd is.

Indien er in de toekomst een binnenisolatie uitgevoerd wordt, kan het openen van de vleugels de isolatiedikte van de dagkanten beperken. Bij de renovatie van het schrijnwerk dient men hiermee rekening te houden. Met behulp van een bovenprofiel of klossen kan de isolatie voldoende dik op de dagkant aangebracht worden, zodat men EPB-aanvaarde bouwknopen bekomt. **I**

Controle van de dichtheid met behulp van een diktemaat



V. Detremmerie, ir., en B. Michaux, ir.,
afdeling Gebouwschil en schrijnwerk, WTCB



De energetische renovatie van muren bestaat er doorgaans in hun thermische-isolatieprestaties te verbeteren en de graad van luchtdichtheid te verhogen, voornamelijk ter hoogte van de aansluitingen met het schrijnwerk. De luchtdichtheid van de lopende delen wordt in de regel verzekerd door de binnenbepleistering. Om met behulp van 'traditionele' isolatiematerialen het gewenste ambitieniveau te behalen, moeten er een of meerdere bijkomende isolatielagen van in totaal om en bij de 12 tot 20 cm dik toegevoegd worden.

Technieken voor de energetische renovatie van muren

Men kan verschillende thermische-isolatietechnieken onderscheiden in functie van hun typologie, de voorziene positie van de te renoveren draagmuur ten opzichte van het beschermde volume en de invloed op het uitzicht van de gevel. Een combinatie van verschillende isolatietechnieken is niet ondenkbaar en kan in bepaalde gevallen zelfs uiterst nuttig blijken.

1 Belangrijkste technieken

De **na-isolatie van een bestaande spouwmuur** door de opvulling van de luchtspouw wordt beschreven in de TV 246. Gelet op het feit dat deze techniek relatief goedkoop en rendabel is en voor weinig hinder zorgt tijdens de werken, is de toepassing ervan ten stelligste aangeraden. Doordat de ingespoten isolatie vaak slechts 5 tot 6 cm dik is en een invloed heeft op het gedrag van de gevel, vormt deze techniek doorgaans slechts een voorafgaandelijke stap in afwachting van de toepassing van een performanter isolatiemateriaal dat de overblijvende koudebruggen zal wegwerken. In deze context vormt het aanbrengen van een bijkomende isola-

tielaag op de buitenzijde van de gevel veelal de gunstigste oplossing.

Bij het **isoleren langs de binnenzijde** (zie de WTCB-Dossiers 2012/4.16 en 2013/2.4) wordt er een isolatielaag aangebracht langs de binnenzijde en tegen de muur (zonder luchtspouw). Deze techniek brengt niettemin een aantal risico's met zich mee die zorgvuldig beoordeeld moeten worden. De bouwknopen oefenen een niet te verwaarlozen invloed uit op het totale warmteverlies doorheen de wand. Een toename van de isolatiedikte met meer dan 6 tot 8 cm zal vanuit een energetisch oogpunt dan ook enkel zin hebben wanneer ook de aansluitingen zorgvuldig behandeld worden. Men dient bovendien rekening te houden met het feit dat de aanwezigheid van koudebruggen het risico op condensatie en schimmelvorming verhoogt. Hoewel deze vaststelling opgaat voor om het even welke gevelisolatietechniek, is het wel zo dat een isolatie langs de binnenzijde de behandeling van bepaalde knopen bemoeilijkt.

Isoleren langs de buitenzijde is een techniek die erin bestaat de gevels te beschermen door middel van geschikte isolatietechnieken, waaronder:

- geïsoleerde gevelbekledingen (TV 243, WTCB-Dossiers 2014/4.8)
- geïsoleerde verankerde natuursteenbekledingen (TV 146)
- ETICS, hetzij bepleisteringen (TV 209, in herziening) of harde bekledingen op buitenisolatie (WTCB-Dossiers 2015/4.9)
- nieuw gevelmetselwerk met geïsoleerde spouw (te verschijnen STS 22 en TV).

Met voornoemde technieken is de plaatsing van een voldoende dikke isolatie-

laag (12 tot 20 cm) gewoonlijk eenvoudig haalbaar. Bovendien zijn de esthetische keuzes zeer talrijk, waardoor het mogelijk wordt om aan de meest uiteenlopende wensen te beantwoorden.

Wanneer een isolatie langs de buitenzijde toegelaten is (bv. door de wetgeving op de ruimtelijke ordening en stedenbouw), geniet deze optie de voorkeur, aangezien zij op hygrothermisch vlak gunstiger is dan een isolatie langs de binnenzijde (behoud van de thermische massa van de muur in het beschermde volume, beperking van het condensatierisico ...). Bovendien beschermt zij de draagmuur tegen de klimatologische belastingen. Tot slot blijft de in de ruimten ondervonden hinder tijdens de werken beperkt (zie afbeelding 1).

Wanneer een isolatie langs de buitenzijde uitgesloten is, kan men teruggrijpen naar een isolatie langs de binnenzijde, eventueel in combinatie met de na-isolatie van de spouwmuur.

2 Technische diagnose

Teneinde de toepasbaarheid van de technieken voor de energetische renovatie na te gaan, dient men een voorafgaandelijke analyse van de muur en diens blootstelling uit te voeren. In de referentiedocumenten worden er hiervoor verschillende controlepunten vermeld, in het bijzonder met betrekking tot de stabiliteit van de muur en de aanwezigheid van vocht of andere schadevormen (vorst, barsten ...).

De muur moet eerst en vooral stabiel zijn en de toepassing van de isolatie en de afwerking toelaten zonder de functionele en esthetische prestaties in het gedrang te brengen. Actieve scheuren

1 | Isolatie langs de buitenzijde van bestaande muren





kunnen bijvoorbeeld een teken zijn van instabiliteit. Ook de luchtspouw van de spouwmuren moet onderzocht worden om zich er onder meer van te vergewissen dat de bestaande spouwankers nog steeds functioneel zijn (afwezigheid van corrosie).

Ongeacht de beoogde isolatietechniek, moeten de muurvoeten steeds voorzien zijn van de nodige vochtwerende schermen. Geen enkele isolatietechniek laat immers toe om het optreden van opstijgend vocht tegen te gaan. Gebruikelijke vochtproblemen mogen dus nooit louter weggemoffeld worden. In de plaats daarvan dient men over te gaan tot een precieze diagnose en te onderzoeken welke maatregelen eventueel getroffen moeten worden vóór de isolatie van de gevel.

De na-isolatie van een spouwmuur en de isolatie langs de binnenzijde vergen een systematische studie van de blootstelling van de gevel aan de weersomstandigheden. Deze technieken worden in de regel afgeraden wanneer er zichtbare vochtproblemen vastgesteld worden (vorstschade, zichtbare waterinfiltraties, bepaalde uitbloeiingen).

Het aanbrengen van een isolatie langs de buitenzijde kan een oplossing bieden voor vochtproblemen als gevolg van waterinfiltraties via de gevel en voor vorstschade.

3 Aansluitingen

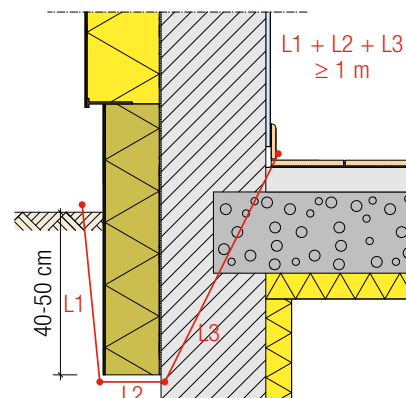
Hoewel bouwknopen volgens de regelgeving enkel in aanmerking genomen moeten worden bij nieuwbouw of

gelijkwaardige constructies, kan men niet ontkennen dat de zorg waarmee ze behandeld worden een aanzienlijke invloed heeft op de kwaliteit van de energetische renovatie. Het strekt dan ook tot aanbeveling om zich ook in dit kader te laten inspireren door de ontworpen en uitgevoerde details voor nieuwbouwwoningen. Waar mogelijk past men de vereenvoudigde regels uit de thermische regelgevingen toe. Hieronder worden enkele aansluitingen besproken ter illustratie.

3.1 Muurvoet

In het geval van een isolatie langs de buitenzijde van een bestaande muur, vereist de zorgvuldige behandeling van de bouwknop ter hoogte van de muurvoet de uitgraving van de grond die in contact staat met de muur tot op een diepte van zo'n 40 à 50 cm en de plaatsing van een aangepaste, vochtbestendige isolatielaag (zie afbeelding 2). Dit maakt het mogelijk om de warmteverliezen tussen de binnen- en de buitenomgeving te beperken dankzij een voldoende lange weg van de minste warmteweerstand (≥ 1 m).

Indien een isolatie langs de buitenzijde niet mogelijk is en men teruggrijpt naar een isolatie langs de binnenzijde, is de zorgvuldige behandeling van de knop niet zo vanzelfsprekend. Aandacht is dus geboden, aangezien we er reeds op gewezen hebben dat het aanbrengen van een bijkomende isolatie aan de binnenzijde van meer dan 6 à 8 cm slechts weinig zin heeft wanneer de bouwknopen onbehandeld blijven.



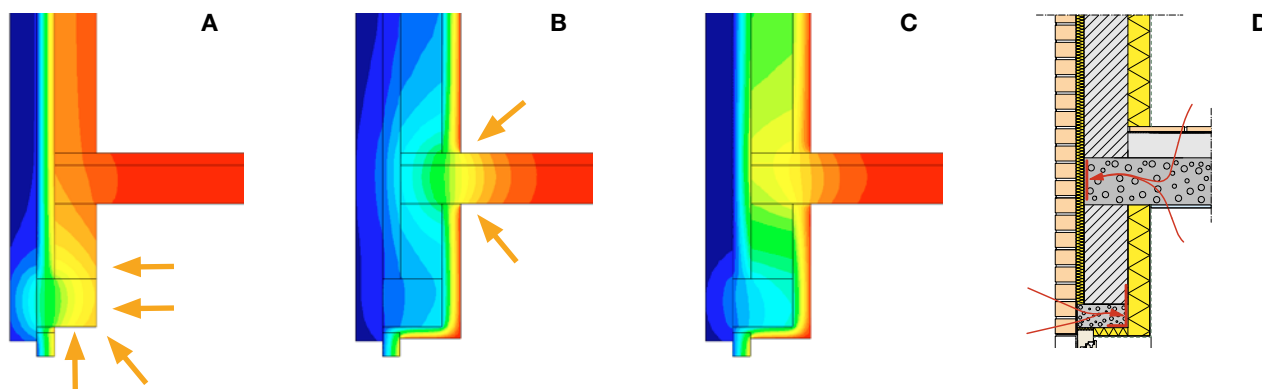
2 | Verlenging in de grond van de buiten-isolatielaag om de weg van de minste warmteweerstand langer te maken

3.2 Combinatie van technieken

Wanneer men geen isolatie langs de buitenzijde kan toepassen, zal de zorgvuldige thermische behandeling van de aanwezige bouwknopen zeer moeilijk zijn. Bij een spouwmuur kan de combinatie van de na-isolatie van de luchtspouw en het aanbrengen van een isolatie langs de binnenzijde echter een interessante oplossing vormen, aangezien beide technieken toelaten om verschillende koudebruggen weg te werken, zoals blijkt uit afbeelding 3.

Ter hoogte van de vloer compenseert de isolatie van de luchtspouw vaak de afwezigheid van isolatie langs de binnenzijde. Ter hoogte van de latei van de opening gaat deze redenering op in omgekeerde richting. |

Y. Grégoire, ir., A. Tilmans, ir., J. Wijnants, ing., afdelingen Materialen, Energie en Technisch advies, WTCB



3 | Temperatuurvelden: isolatie van de spouw met koudebrug ter hoogte van de latei (A), isolatie langs de binnenzijde met koudebrug ter hoogte van de vloer (B), combinatie van de twee technieken zonder overblijvende koudebrug (C) en de schematische weergave ervan (D)



In de Infofiche 69.4 werden de belangrijkste principes met betrekking tot de thermische isolatie van vloeren reeds in detail bestudeerd. Dit artikel spitst zich toe op de technieken voor de energetische renovatie van bestaande vloeren die een verwarmd volume van een niet-verwarmd scheiden. Tussenvloeren worden hierin echter niet aangehaald, omwille van de geringe thermische eisen die ervoor gelden en vooral de bijkomende akoestische eisen die een specifieke studie vereisen.

Technieken voor de energetische renovatie van vloeren

De huidige regelgevingen leggen voor elke volledige renovatie van de wand een maximale warmtedoorgangscoefficiënt van $0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ op in Brussel en Wallonië en zelfs van $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in Vlaanderen, wat een isolatiedikte begrepen tussen 10 en 20 cm vereist, naargelang van de gekozen isolatie.

Diagnose

Alvorens met de werken aan te vangen, dient men de bestaande vloeren zorgvuldig te onderzoeken om zo goed mogelijk de omvang van de uit te voeren werken en de kostprijs ervan te kunnen bepalen.

Elke abnormale vervorming van de ondergrond (doorbuiging) moet steeds grondig bestudeerd worden om de oorzaken ervan te achterhalen. De toelaatbare vervormingen van de vloeren worden in de norm NBN B 03-003 vermeld. Deze waarden begrepen tussen $1/250^{\circ}$ en $1/1000^{\circ}$ van de overspanning worden doorgaans vastgelegd in functie van de scheurgevoeligheid van de vloerbekledingen of de op de vloer rustende wanden. Hogere waarden zijn niet per se verontrustend – voornoemde norm aanvaardt voor platte-dakplaten een vervorming tot $1/125^{\circ}$ van de overspanning tussen steunpunten – en dit, voornamelijk voor houten vloeren en grote overspanningen waarbij het vervormingscriterium zwaarder opweegt dan het stabiliteitscriterium. Indien nodig moet men een studiebureau inschakelen dat, rekening houdend met de eventuele hinder door trillingen, bijkomende onderzoeken kan uitvoeren en

de te treffen maatregelen kan bepalen (bv. bijkomende steunpunten, gelijmde wapeningen ...).

Bij een vloerbekleding die rechtstreeks op een op de volle grond gestabiliseerd zandbed geplaatst werd of een vloerplaat op volle grond, dient men voornamelijk na te gaan of er vocht aanwezig is.

Wat vloeren boven een kelder, kruipruimte of buitenruimte betreft, dient men de staat van de ondergrond grondig te bestuderen (bv. corrosiesporen, pop-outs in beton, scheurvorming in de welfsels uit gebakken klei).

In het geval van houten vloeren is het van primordiaal belang om zich ervan te vergewissen dat er – voornamelijk ter hoogte van de inwerking van de vloerbalken – geen vochtsporen of aantasting door insecten dan wel door schimmels op te merken vallen. Men dient maatregelen te treffen om de gebeurlijke vochtbron bestendig te elimineren en de aangetaste delen van de vloerbalken te vervangen door behandeld hout (procedure A2 of te bepalen volgens de ingeschatte risico's).

De bijkomende thermische isolatie kan bovenop of onder de ondergrond aangebracht worden of – in het geval van houten vloeren – in zijn dikte. Men dient steeds in het achterhoofd te houden dat hoe dichter de thermische isolatie bij de vloerbekleding ligt, hoe lager de thermische inertie ervan zal zijn en hoe sneller zij zal reageren op temperatuurschommelingen in het binnenklimaat. De plaatsing van de isolatielaag bovenop

de ondergrond verzekert doorgaans de continuïteit van de thermische isolatie van de gevelmuren wanneer deze langs de binnenzijde geïsoleerd zijn.

We willen er eveneens aan herinneren dat, wanneer het afwerkniveau van de vloerbekleding slechts in beperkte mate verhoogd kan worden, de dikte van de thermische isolatie verminderd kan worden door platen met een zeer lage warmtedoorgangscoefficiënt aan te wenden, zoals nanogestructureerde isolatieplaten op basis van aërogels en VIP's (*Vacuum Insulating Panels*) (zie pp. 22-23). De vervorming bij belasting van deze platen moet echter conform zijn aan de criteria ter zake (zie de *WTCB-Dossiers 2010/4.12*). De plaatsing van een zwevende vloerbekleding op een beplating (indien nodig met een dubbele gekruiste plaatsing) laat toe om de totale overdikte sterk te verminderen.

Vloerbekleding op volle grond

Deze situatie kan men tegenkomen in oude woonhuizen waarvan de vloerbekleding – die meestal uit tegels van gebakken aarde of cementgebonden tegels bestaat – met mortel op een onderlaag van gestabiliseerd zand geplaatst werd die rechtstreeks op de voorafgaandelijk aangestampte vloer aangebracht werd.

Wanneer het afwerkniveau van de vloerbekleding verhoogd kan worden – wat impliceert dat de hoogte onder het plafond voldoende hoog is en dat het niveau van het binnen- en buiten-



schrijnwerk aangepast kan worden –, bestaat de meest economische oplossing erin de thermische isolatie op de bestaande vloerbekleding aan te brengen. Hiertoe kan men opteren voor stijve panelen die bij voorkeur op een vochtschermbekleding worden geplaatst of voor een gespoten polyurethaanschuim. De isolatie dient dan beschermd te worden door middel van een kunststoffolie en erbovenop moet een gewapende dekvloer aangebracht worden die bestemd is voor de plaatsing van de vloerbekleding.

Indien het niveau van de toekomstige vloerbekleding echter niet gewijzigd kan worden, moet men de vloerbekleding en haar dekvloer verwijderen, de vloer uitgraven tot op een diepte die overeenstemt met de totale benodigde dikte, een vochtschermbekleding plaatsen, deze platen beschermen door middel van een kunststoffolie en de betonplaat, de (gewapende) dekvloer en de gewenste vloerbekleding uitvoeren. De ontwerper dient in functie van de gewenste thermische inertie te bepalen of de plaat uit gewapend beton onder of boven de thermische isolatie geplaatst wordt.

Vloerplaat op volle grond

Ook hier kan men op verschillende situaties stuiten. Wanneer het afwerkniveau van de vloerbekleding verhoogd kan worden, volstaat het om de thermische isolatie op de bestaande vloerbekleding aan te brengen. Deze oplossing biedt het voordeel economisch te zijn.

Indien het afwerkniveau van de vloerbekleding slechts in beperkte mate verhoogd kan worden (bv. mogelijkheid om zeer hoge deuren te vervangen of te verkleinen), is het mogelijk om de vloerbekleding en haar dekvloer te verwijderen, de thermische isolatie op de vloerplaat te plaatsen en deze te beschermen met een kunststoffolie.

Tot slot, ingeval het afwerkniveau van de vloerbekleding niet gewijzigd kan worden (bv. omdat het niveau bepaald wordt door de hoogte onder het plafond of door het binnenschrijnwerk), moet de vloerplaat vernield en verwijderd worden en de grond tot op het gewenste niveau uitgegraven worden. De thermische isolatie kan in voorkomend geval onder of bovenop de vloerplaat geplaatst worden, al naargelang men al

dan niet een grotere thermische inertie wenst te bekomen.

Vloer boven een niet-verwarmde ruimte

De plaatsbepaling van de thermische isolatie zal allereerst afhangen van de intentie om de vloerbekleding van de betreffende ruimten al dan niet te vervangen, de gewenste thermische inertie en de mogelijkheid om de thermische isolatielaag van de vloer te verlengen met die van de belendende wanden.

De meest economische oplossing bestaat er doorgaans in de thermische isolatie onder de bestaande ondergrond aan te brengen. Het nadeel van deze situatie is echter dat zij, wanneer de gebouwgevels langs de binnenzijde geïsoleerd zijn, de continuïteit van de isolatielaag niet toelaat. In voorkomend geval is de meest logische oplossing om de vloeropbouw langs de bovenzijde te isoleren, aangezien het op deze manier gemakkelijker is om de continuïteit van het luchtschermbekleding te verzekeren. **I**

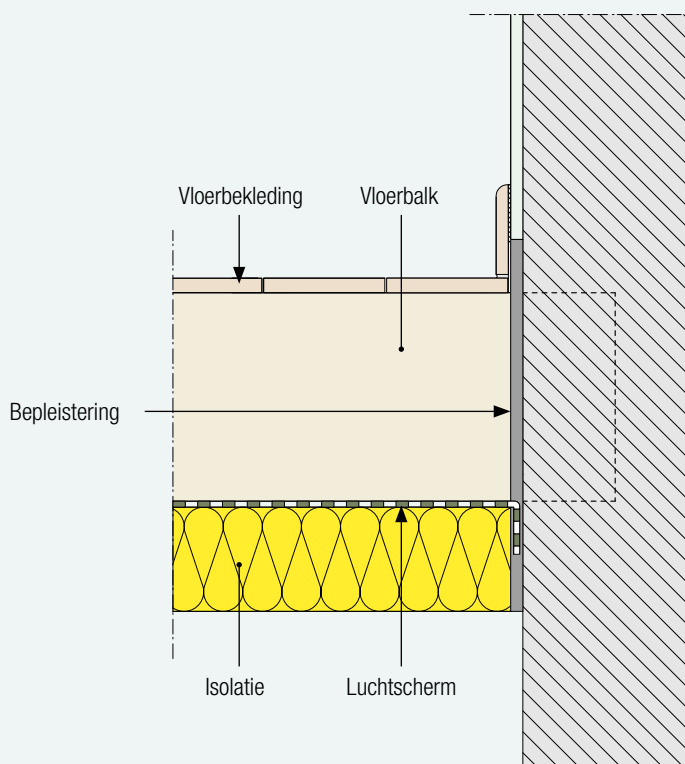
L. Firket, arch., adjunct-afdelingshoofd, afdeling Technisch advies, WTCB

De lucht- en dampdichtheid van de vloeren

Teneinde de ventilatieverliezen te beperken en de inwendige condensatierisico's in de vloeren na de isolatie ervan te vermijden, dient men de lucht- en dampdichtheid tussen de verwarmde en niet-verwarmde volumes te verzekeren.

Bijgevolg moet men – rekening houdend met het feit dat een vloer bestaande uit een betonnen vloerplaat of uit onderdelen die een tweedefasebeton bevatten (bv. breedplaten, holle elementen tussen liggers, bepaalde welfsels) luchtdicht is en dus dienst kan doen als luchtschermbekleding (voor de klimaatklassen I tot III) – voor elke situatie de positie van het luchtschermbekleding en zijn continuïteit onderzoeken.

Bij waardevolle vloerbekledingen die men wenst te behouden, kan men de thermische isolatie onder de ondergrond aanbrengen en daartussenin een lucht- en dampscherm voorzien. In voorkomend geval dient men bijzondere aandacht te besteden aan de vloerbalken die op een buitenmuur rusten, vermits een metselwerk zonder bepleistering niet als luchtdicht beschouwd kan worden. Hierbij zal het soms nodig zijn om het deel van de muur dat overeenkomt met de dikte van de vloerbalken te bepleisteren (zie schema).





Het streven naar steeds ambitieuzere energieprestaties (bv. passiefstandaard, bijna-energie neutraal) maakt dat er specifieke renovatie-oplossingen gezocht moeten worden voor complexere uitdagingen zoals koudebruggen, ventilatie, luchtdichtheid, beperkte ruimte en erfgoed. Dit artikel gaat dieper in op een aantal recent ontwikkelde innovatieve renovatie-oplossingen en beschrijft een aantal trends waarbinnen nog tal van mogelijkheden liggen voor de Belgische bouwbedrijven. We willen erop wijzen dat deze oplossingen louter ter inspiratie dienen voor de Belgische bouw- en renovatieprofessionals en dat we daarbij dus geen uitspraak doen over hun technische deugdelijkheid.

Energetische renovatie: trends en innovaties

1 Superisolerende materialen

Superisolerende materialen hebben tot doel om de dikte van de isolatielaag te reduceren zonder de thermische prestaties ervan in het gedrang te brengen.

Een eerste voorbeeld van superisolerende materialen zijn de reeds gekende vacuümisolatiepanelen (VIP's). Deze kunnen omwille van hun kostprijs en complexe installatie (risico op perforatie en onmogelijkheid om de panelen op maat te versnijden) echter slechts in bepaalde specifieke situaties aangewend worden.

Dit vacuümprincipe wordt eveneens toegepast in beglazingen (zie afbeelding 1): tussen twee glaslagen wordt een vacuüm gecreëerd waardoor de warmteweerstand aanzienlijk verhoogt.

De atmosferische druk wordt opgevangen door afstandshouders tussen de glasplaten. In theorie zou deze vacuumbeglazing een warmtedoorgangscoefficient (U-waarde) van $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ moeten bereiken. In de praktijk neemt men echter slechts U-waarden vanaf $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ waar. Hoewel drievoudige beglazingen dus betere thermische prestaties behalen, biedt de beperkte dikte van vacuümglas (6,5 mm, vergelijkbaar met enkel glas) tal van voordelen voor de renovatie van historische gebouwen.

Andere superisolerende materialen zijn de aërogels. Dit zijn nanoporeuze materialen (d.w.z. met extreem kleine poriën) die een warmtegeleidbaarheid (λ -waarde) tot $0,004 \text{ W/m.K}$ kunnen bereiken (tegenover waarden tussen $0,023$ en $0,045 \text{ W/m.K}$ voor courante isolatiematerialen). Ze

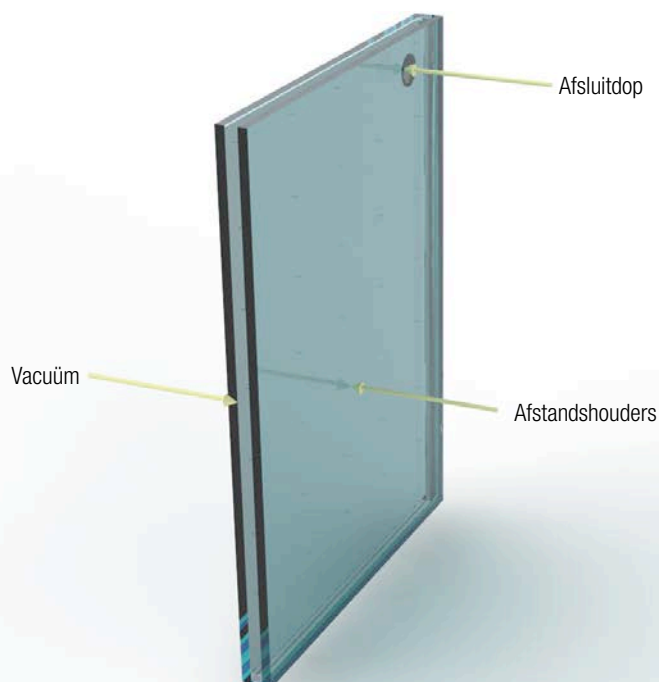
worden onder meer in isolatieplaten toegepast (λ tussen $0,014$ en $0,019 \text{ W/m.K}$) en in de vorm van korrels aan pleisters en mortels toegevoegd. Doordat aërogels lichtdoorlatend zijn, kunnen ze ook in (semitransparante) beglazingen aangebracht worden.

wen in te werken. Om dit probleem te omzeilen, kan men een beroep doen op decentrale ventilatiesystemen met warmteterugwinning. Bij deze systemen wordt er in elke afzonderlijke ruimte lucht aangevoerd. De units kunnen in een raamkozijn of een muur ingebouwd worden. Doordat de toe- en afvoeropeningen zich zowel binnen als buiten relatief dicht bij elkaar bevinden, dienen ze zodanig ontworpen te worden dat recirculatie (toe- of afvoerlucht die meteen weer aangezogen wordt door de ventilator) vermeden wordt. Er dient ook bijzondere aandacht besteed te worden aan mogelijke geluidshinder (zie pp. 30-31).

Een tweede mogelijkheid is de toepassing van een systeem waarbij de ventilatiebuizen zichtbaar aan het plafond bevestigd worden (bv. in de bovenhoeken, zie afbeelding 2). Doordat de afwerking in het systeem geïntegreerd is, zijn er geen verdere werken nodig om de kanalen te verbergen. Teneinde drukverliezen te beperken, dienen onnodige omwegen en bochten vermeden te worden en moet het debiet afgestemd zijn op de beperkte diameter van de kanalen.

Een alternatieve oplossing die echter nog volop in ontwikkeling is, bestaat erin de ventilatiekanalen in de buitenisolatie in te werken. Hiervoor kan men gebruikmaken van isolatieplaten waarin de ventilatiekanalen in een daartoe voorziene uitsparing geplaatst worden of van isolatieplaten waarin reeds gevormde kanalen aangebracht zijn (zie afbeelding 3). De ventilatiekanalen worden vervolgens via een muurdoorvoer of een aan de vensters voorziene aansluiting tot in de ruimte gebracht.

1 | Vacuumbeglazing



2 Mechanische ventilatie

Ventilatiesystemen zijn door de relatief volumineuze luchtkanalen soms moeilijk in bestaande gebou-



Bron: RenoPipe

2 | Ventilatiekanalen als sierlijst

Gelet op het feit dat deze systemen een aantal belangrijke nadelen met zich meebrengen (bv. de lokale reductie van de isolatiedikte, het risico op condensatie in de kanalen doordat ze aan lagere temperaturen blootgesteld worden, drukverliezen door de gemiddeld langere kanaallengte, het risico op bevuiling tijdens de plaatsing), zullen ze enkel onder strikte voorwaarden toegepast kunnen worden.

3 | Renovaties van de toekomst

Er zijn verschillende trends in opgang die energetische renovaties in de toekomst sterk zullen beïnvloeden, zoals drones en het *Internet of Things*.

3.1 Drones

Drones of onbemande luchtvaartuigen hebben tal van voordelen te bieden voor de bouwsector. Zo worden ze alsmaar vaker gebruikt om moeilijk bereikbare delen van gebouwen (bv. daken) te inspecteren en werven beter op te volgen.

Bij renovatieprojecten kunnen ze eveneens gebruikt worden om gebouwen nauwkeurig op te meten, bijvoorbeeld als voorbereiding op de installatie van geprefabriceerde renovatie-elementen (zie pp. 10-11).

In de toekomst zou men mogelijks zelfs autonome drones actief in het bouwproces kunnen inschakelen. Zo zouden ze ingezet kunnen worden bij het transport en de plaatsing van verschillende betrekkelijk lichte materialen, zoals isolatiematerialen, luchtdichtheidsfolies en tal van afwerkingsmaterialen. Hun beperkte draagvermogen maakt

ze echter minder geschikt om zware structurele materialen te transporteren.

3.2 Smart homes en het Internet of Things

De monitoring en regeling van de installaties in onze woningen en gebouwen is de dag van vandaag doorgaans zeer gebrekkig. Nochtans kan een optimale afstelling en regeling ervan – zeker in slecht tot matig geïsoleerde woningen – het energieverbruik sterk reduceren door bijvoorbeeld enkel te verwarmen of te verlichten waar en wanneer het echt nodig is. De huidige systemen schieten hierbij echter vaak tekort: enerzijds springen bewoners slordig om met manuele bedieningen en anderzijds worden programmeerbare thermostaten dikwijls ingesteld met het oog op comfort en zelden aangepast aan een veranderde situatie. Hierbij wordt bovendien vaak geen rekening gehouden met andere parameters zoals de binnenluchtkwaliteit en het visuele comfort.

Nieuwe technologieën bieden echter een oplossing voor dit probleem. Zo zal artificiële intelligentie toestellen en installaties zelflerend maken, waardoor ze niet meer door de gebruiker ingesteld moeten worden. Zelflerende thermostaten bijvoorbeeld vinden reeds hun weg naar de markt. Deze systemen zoeken zelf patronen in het gedrag van de gebruiker en passen zich daaraan aan om een optimaal evenwicht tussen energieverbruik en comfort te bekomen.

Lokale draadloze netwerken en vooral het *Internet of Things* maken het mogelijk om sensoren, toestellen en installaties met elkaar te laten communiceren waardoor ze slimmer geregeld kunnen worden.



Bron: Fraunhofer

3 | Isolatieplaten met ingebouwd ventilatiekanaal

Denken we hierbij maar even aan verwarmingsinstallaties die, wanneer het raam geopend is, naar een lagere stand schakelen om het energieverlies te beperken of aan smartphones die de verwarmingsinstallatie automatisch activeren wanneer de bewoner zich huiswaarts begeeft. In de toekomst zal een wasmachine eveneens een wasbeurt kunnen uitstellen wanneer uit de weersvoorspellingen blijkt dat de opbrengst van de lokale PV-installatie een paar uur later hoger zal zijn.

Andere, minder technische elementen die belangrijk zijn in renovaties, zoals klantenbenadering, financieringsmodellen, samenwerking en renovatieprocessen krijgen ook alsmaar meer aandacht. Deze aspecten komen in verschillende proeftuinen rond renovatie aan bod, zoals de Proeftuinen Woningrenovatie (zie www.kennisplatform-renovatie.be).

4 | Besluit

Teneinde tegemoet te komen aan de ambitieuzere energetische eisen, heeft de bouwsector nood aan aangepaste renovatie-oplossingen. De ontwikkeling van innovatieve systemen zal bijgevolg ook de komende jaren een belangrijke drijfveer zijn voor de bouwbedrijven. Het WTCB voorziet daarom in verschillende ondersteuningskanalen om de bedrijven bij te staan bij de uitwerking van nieuwe of de validatie van bestaande innovatieve systemen. Voor meer informatie hieromtrent, verwijzen we naar de vernieuwde *Technology Watch* (zie www.c-watch.be).

R. Decuyper, ir., onderzoeker,
laboratorium Duurzame ontwikkeling, WTCB



Teneinde de strenge energetische doelstellingen op middellange termijn te kunnen verwezenlijken, is het noodzakelijk om de oude ketels te vervangen door moderne warmtegeneratoren. Hiermee kunnen immers belangrijke besparingen gerealiseerd worden. In dit artikel worden de verschillende hiermee gepaard gaande aandachtspunten besproken.

Renovatie van ruimteverwarmings-systemen

Regelgeving en diagnose

Alvorens met de renovatie van een verwarmingssysteem aan te vangen, moet men de geldende regelgeving ter zake kennen. Deze kan immers verschillen naargelang van het gewest en van de eventuele aanwezigheid van een stedenbouwkundige vergunning. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de Normen-Antenne 'Energie en binnenklimaat' (www.normen.be).

Zelfs als de aannemer/installateur enkel gevraagd wordt om de verwarmingsinstallatie onder handen te nemen, is het belangrijk om rekening te houden met de globaliteit van de werken en de specifieke wensen of comfortbehoeften (voor verwarming en eventueel sanitair warm water) van de opdrachtgever. Er zijn immers diverse ingrepen die een aanzienlijke invloed kunnen hebben op de verwarmingsinstallatie, zoals

de verbetering van de isolatie of de luchtdichtheid van de gebouwschil, de verplaatsing van de stookruimte en uitbreidingen of afbraak.

Tot slot is het van primordiaal belang om de huidige staat van de installatie grondig te analyseren om eventuele problemen op te sporen en na te gaan welke delen ervan behouden kunnen worden.

Evaluatie van de verwarmingsbehoefte

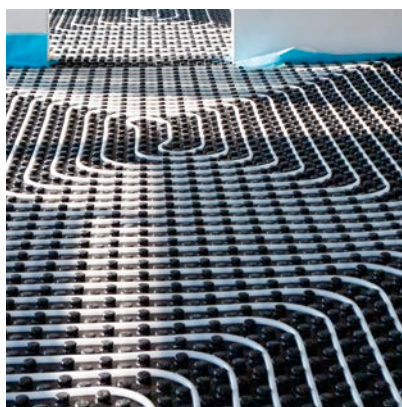
Voorafgaand aan de analyse van de bestaande verwarmingsinstallatie dient men het nodige verwarmingsvermogen te bepalen en dit, zowel op gebouwniveau (voor de keuze van een centrale warmtegenerator zoals een warmtepomp of een ketel, zie afbeelding 1) als op ruimteniveau (voor de keuze van de warmteafgiftetoestellen: radiato-

ren, convectoren, vloerverwarming, zie afbeelding 2, of plaatselijke toestellen zoals gasconvectoren en hout(pellet) kachels, zie afbeelding 3). Een gebouw dat energetisch gerenoveerd wordt, kan immers grondige wijzigingen ondergaan ten opzichte van de oorspronkelijke situatie waarvoor de bestaande verwarmingsinstallatie ontworpen werd. Indien ook de gebouwschil gerenoveerd wordt, zou dit bij voorkeur eerst moeten gebeuren, zodat men hiermee rekening kan houden bij de keuze van de verwarmingsinstallatie (bv. een veel lager vereist verwarmingsvermogen).

Een nauwkeurige warmteverliesberekening dient conform de norm NBN EN 12831 en haar nationale bijlage uitgevoerd te worden. Op de WTCB-website (www.wtcbe.be, rubriek 'Rekentools') worden hiervoor een rekentool en een catalogus van de indicatieve U-waarden ter beschikking gesteld.



1 | Centrale warmtegenerator: ketel



2 | Warmteafgiftesysteem: vloerverwarming



3 | Plaatselijke warmtegenerator: pelletkachel



Conventies voor de watertemperaturen in verschillende warmteafgiftesystemen

Warmteafgiftesysteem	Hogetemperatuurverwarming	Lagetemperatuurverwarming	Zeer-lagetemperatuurverwarming
	$\theta_{w,i} > 55 \text{ °C}^{(1)}$ $15 \leq \Delta\theta_w \leq 20 \text{ K}^{(2)}$	$40 \leq \theta_{w,i} \leq 55 \text{ °C}^{(1)}$ $10 \leq \Delta\theta_w \leq 15 \text{ K}^{(2)}$	$30 \leq \theta_{w,i} \leq 40 \text{ °C}^{(1)}$ $5 \leq \Delta\theta_w \leq 10 \text{ K}^{(2)}$
Radiator/Convactor	←————→		
Vloer-, plafond- of wandverwarming		←————→	
Thermoactieve bouwelementen			←————→

(¹) $\theta_{w,i}$: temperatuur van het vertrekwater.
 (²) $\Delta\theta_w$: temperatuurverschil tussen het vertrek- en het retourwater.

Vermogen van de warmtegenerator

Om te bepalen of de huidige warmtegenerator behouden kan worden, dient men zijn vermogen te evalueren. Indien dit vermogen ontoereikend is, de huidige ketel versleten is of niet meer beantwoordt aan de ‘stand der techniek’ (ketels van meer dan 20 jaar oud), dringt een directe vervanging zich op. Overdimensionering van de ketel is uit den boze. Dit brengt immers niet alleen een hogere investeringskost met zich mee, maar heeft ook ondermaatse prestaties tot gevolg (te krachtige warmtegeneratoren komen in hun laagste werkingsgebied terecht). Men mag evenmin rekenen op het modulatiebereik om de overdimensionering te compenseren. Hiervan mag immers enkel gebruikgemaakt worden voor de dagdagelijkse regeling in functie van de behoeften en de buitentemperatuur. Verder kan de werking van de warmtegenerator onder slechte omstandigheden leiden tot een voortijdige vervuiling en slijtage (herhaaldelijke aan- en uitschakeling), tot frequentere onderhoudsbeurten en tot een sterkere luchtvervuiling.

De situatie waarin de ruimteverwarming en de productie van sanitair warm water (SWW) door eenzelfde toestel gerealiseerd worden, vergt bijzondere aandacht (zie ook pp. 28-29). In geval van een niet-ogenblikkelijke warmwaterproductie (bv. een warmwaterbuffervat dat met een ketel of een warmtepomp op temperatuur gebracht wordt) is het extra vermogen voor de SWW-productie

beperkt. Ter bepaling van het volume van dit vat moet er rekening gehouden worden met het werkelijk geïnstalleerde vermogen. In geval van een ogenblikkelijke warmwaterproductie zal het vereiste SWW-vermogen echter meestal bepalend zijn (minstens 25-30 kW), waardoor de ketel minder optimaal is voor verwarming.

Een ander belangrijk aspect is het temperatuurregime waarin de warmtegenerator zal moeten werken (zie tabel). We spreken van het ontwerp temperatuurregime voor de – weliswaar weinig voorkomende – meest kritische situatie (-7 tot -12 °C, naargelang van de streek). In de praktijk wordt het temperatuurregime echter best aangepast aan de werkelijke omstandigheden (bv. met een weersafhankelijke of een andere performante regeling, zoals modulatie op binnenvoelers). Het ontwerp temperatuurregime wordt voornamelijk bepaald door het type warmteafgiftetoestel, het gewenste comfort, het hydraulische schema en de regeling. Zo zorgt een lage retourtemperatuur voor een hoog rendement van condenserende gas- of stookolieketels. Bij warmtepompen dient men de vertrektemperatuur te beperken. Het strekt tot aanbeveling om een ontwerp temperatuurregime te ambiëren van 65/55/(20) voor condenserende gasketels, van 55/45/(20) voor condenserende olieketels en van 40/30/(20) voor warmtepompen en deze te combineren met een weersafhankelijke regeling die bij gunstigere buitentemperaturen voor nog lagere vertrektemperaturen zorgt.

Vermogen en temperatuurregime van de warmteafgiftetoestellen

De warmteverliesberekening laat toe om per ruimte het vereiste vermogen van de warmteafgiftetoestellen te bepalen.

Indien men de bestaande radiatoren wenst te hergebruiken, kan men per ruimte een lijst opstellen van de aanwezige radiatoren en hun vermogen bij een temperatuurregime van 75/65/20 (of een andere binnentemperatuur, bv. 24 °C in een badkamer). Hiertoe dient men zich te baseren op de technische informatie van de installatie of de catalogus van de fabrikant. Vervolgens moet men aan de hand van de correctiefactoren uit tabel D.1 van het [WTCB-Rapport nr. 14](#) nagaan op welk temperatuurregime de betreffende radiatoren zouden moeten werken om het berekende vermogen te kunnen leveren. Indien het vereiste vermogen bij het gewenste ontwerp temperatuurregime niet gehaald wordt, moeten er radiatoren bijgeplaatst worden of moet er een hoger temperatuurregime vastgelegd worden. Voor de meeste monovalente warmtepompen is het echter eerder onwaarschijnlijk dat de gewenste lage-temperatuurregimes met radiatoren gerealiseerd zullen kunnen worden.

Voor vloerverwarming wordt de oppervlaktewarmteafgifte bepaald op basis van het berekende vermogen. Deze mag niet hoger zijn dan 100 W/m² voor leefruimten en 175 W/m² voor perifere zones.



4 | De aanwezigheid en de staat van de isolatie moeten nagegaan worden.

Technische evaluatie

Indien men bepaalde delen van de installatie wenst te behouden, is het noodzakelijk om hun algemene staat te evalueren. Hiervoor dienen – wat het distributiesysteem betreft – de volgende elementen nagegaan te worden:

- is het hydraulische concept nog functioneel of zijn er diverse wijzigingen aan doorgevoerd, zoals de toevoeging van radiatoren, de ombouw van een thermosifon- naar een pompcirculatie of de verplaatsing van de ketel? We willen erop wijzen dat complexe systemen een risico op circulatieproblemen met zich meebrengen
- verkeert de installatie nog in goede staat? Is er sprake van externe corrosie of lekken? Is de installatie geïsoleerd en in welke staat verkeert deze isolatie (zie afbeelding 4)? Is er asbestisolatie aanwezig? Beschikt de installatie over thermostaatkranen of kunnen deze eenvoudig geïnstalleerd worden?
- ongeacht de staat waarin ze verkeren, is het ten stelligste aangeraden om het expansievat en alle veiligheidsorganen (bv. veiligheidskleppen en manometers) te vervangen. Het nodige volume van het expansievat kan aan de hand van de rekentool op de WTCB-website (www.wtcb.be, rubriek 'Rekentools') berekend worden
- verloopt de circulatie goed en even-

wichtig? Warmen alle radiatoren even snel op? Worden de verschillende circuits uniform doorstroomd? Zo niet, moet de oorzaak hiervan nagegaan worden (bv. de hydraulische inregeling, verstoppingen door corrosie of slibbezinsel ...).

Hoewel men met de vervanging van oude ketels belangrijke energiebesparingen kan realiseren, kan de eigenaar er soms toch voor opteren om de bestaande warmtegenerator nog enige tijd te behouden. In voorkomend geval moet men de volgende elementen bekijken:

- de staat van het toestel: in de regel is een ketel na 15 à 20 jaar aan vervanging toe. Dit is echter afhankelijk van het werkelijke gebruik ervan. Een audit van de installatie kan in deze context nuttige informatie opleveren. We willen er niettemin op wijzen dat een verbrandingsattest enkel een rookgaszijdig rendement opgeeft en bijgevolg geen uitsluitsel geeft over het rendement van de ketel en de installatie als geheel
- het type verbrandingstoestel en de verbrandingsluchttoevoer: open toestellen (met atmosferische branders) onttrekken de nodige verbrandingslucht uit de ruimte waarin ze opgesteld zijn. Deze laatste moet steeds over een permanente, niet-afsluitbare opening naar buiten toe

beschikken, waarvan de afmetingen conform moeten zijn aan de in herziening zijnde normen NBN B 61-002 en NBN B 61-001 (voor vermogens vanaf 70 kW). De noodzaak van deze permanente luchttoevoeropening in de stookplaatsen staat echter in contrast met de eis van een voldoende luchtdichte gebouwschil. Daarom is het ten stelligste aangeraden om open toestellen te vervangen door hun gesloten tegenhangers

- de rookgasafvoerkanalen: hierbij dient bijzondere aandacht besteed te worden aan de luchtdichtheid, sporen van roetdoorslag, de staat van de dakdoorvoer en de stabiliteit van de schouw boven het dak. Men dient eveneens na te gaan of het rookgasafvoerkanaal geschikt is voor de nieuwe warmtegenerator. In het geval van condensatieketels zal dit kanaal wellicht aangepast moeten worden (zie de TV 235). Voor meer informatie over de collectieve schouwen in gebouwen waarin niet alle aangesloten toestellen gelijktijdig vervangen worden, verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2012/4.15](#) en [2013/4.12](#).

Wanneer men een deel van de bestaande installatie hergebruikt, is het steeds aanbevolen om een spoeling uit te voeren met het oog op de verwijdering van slib en additieven die mogelijks in het installatiewater terechtgekomen zijn. Bij zeer vervuilde installaties of nieuwe ketels met een gering watervolume zou men de plaatsing van een slijkvanger moeten overwegen.

Mogelijke warmtegeneratoren

Een van de voornaamste selectiecriteria voor de nieuwe warmtegenerator is de beschikbaarheid van een bepaalde brandstof (aardgas, propaan of butaan, stookolie of hout(pellets)) of energiedrager (elektriciteitsaansluiting met voldoende vermogen). Ook de keuze tussen centrale of decentrale warmteopwekking is van groot belang. In wat volgt gaan we dieper in op het eerstgenoemde type brandstof.

Wat gas- en stookolieketels betreft, opteert men best voor gesloten en condenserende toestellen, bij voorkeur in



combinatie met lagetemperatuurverwarming. Met een regeling die inwerkt op de watertemperatuur kan dit toesteltype echter ook in bijna elk bestaand warmte-emissiesysteem geïnstalleerd worden.

Tegenwoordig kan men ook een beroep doen op diverse al dan niet condenserende houtketels. Vooral de toestellen met een automatische houtpelletvoeding hebben tal van voordelen te bieden. Er moet dan wel steeds een voorraad pellets aanwezig zijn; hiervoor bestaan verschillende oplossingen. Bij de niet-condenserende toestellen moet men erop toezien dat de retourtemperatuur boven de in de voorschriften van de fabrikant vermelde minimale drempel blijft. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2010/3.14](#).

Ook warmtepompen kunnen als centrale warmtegenerator fungeren. Nog meer dan bij ketels moet er gestreefd worden naar een (zeer-)lagetemperatuurverwarming zoals vloer- en wandverwarming. De finale seizoensprestatiefactor (SPF, dit is de verhouding tussen de geleverde energie en de verbruikte elektriciteit) wordt immers sterk beïnvloed door deze afgiftetemperaturen.

Geothermische warmtepompen (warmtepompen met de bodem als warmtebron, zie afbeelding 5) vereisen de aanleg van een horizontale of verticale bodemwarmtewisselaar. Dit installatietype vereist evenwel veel plaats waaraan het soms ontbreekt. Indien deze er wel is, zijn deze systemen te verkiezen boven warmtepompen op lucht (zie afbeelding 6) vermits ze een hogere SPF kunnen realiseren. Ondanks het feit dat warmtepompen op lucht makkelijk toepasbaar zijn in een renovatiecontext, vertonen ze doorgaans minder goede prestaties omdat de buitenlucht in de regel kouder is dan de bodem. Voor meer informatie over geothermische warmtepompen verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2013/3.2](#) en de website van Smart Geotherm (www.smartgeotherm.be).

Voor situaties waarin de vereiste afgiftetemperaturen hoger zijn, kan men teruggrijpen naar hogetemperatuurwarmtepompen of hybride warmtepompen (zie de [WTCB-Dossiers 2014/3.11](#)). Deze laatste combineren doorgaans een warmtepomp met een gasketel (eventueel een reeds bestaande ketel) die bijspringt wanneer een hoge temperatuur of een groter vermogen nodig is (bv. voor sanitair warm water of bij lage buitentemperaturen).

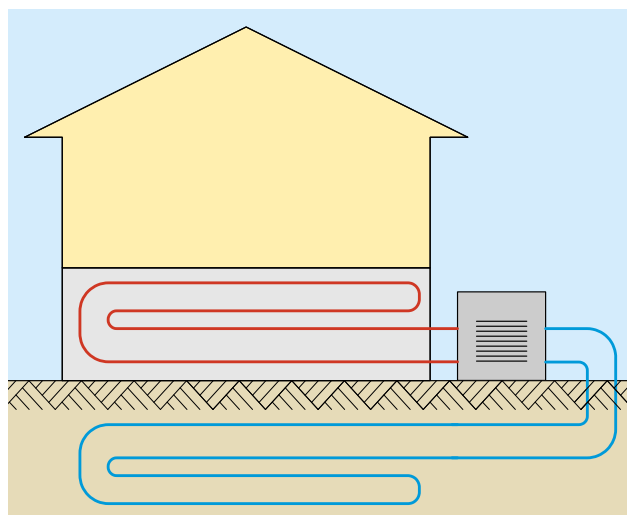
Regeling

Binnen een verwarmingsinstallatie zijn het gewoonlijk de regelementen (bv. kamerthermostaten, thermostaatkranen, weersafhankelijke regeling) die het snelst verouderen. Het is bijgevolg ten stelligste afgeraden om deze elementen bij renovaties te behouden en te gebruiken in combinatie met nieuwe installatie-onderdelen, temeer omdat er tegenwoordig diverse mogelijkheden voor een intelligente regeling bestaan, zoals de koppeling aan domotica of de besturing met behulp van apps.

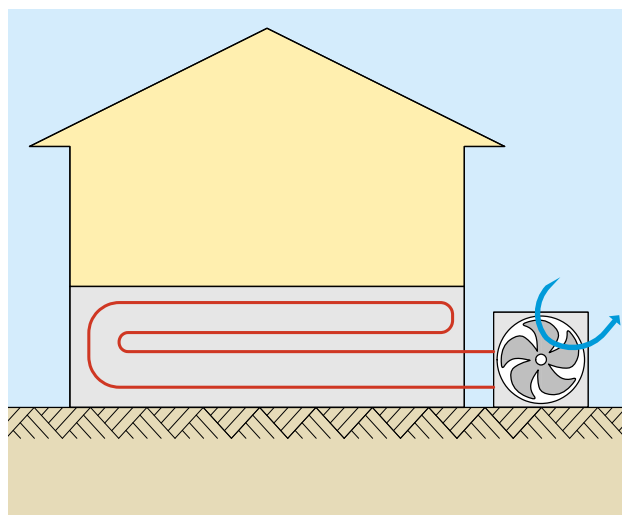
Besluit

De vervanging van oude ketels van het open type door gesloten condensatieketels kan belangrijke besparingen opleveren. Het is echter evenzeer mogelijk om goede prestaties te behalen bij een installatie waarvan bepaalde onderdelen behouden blijven, voor zover men overgaat tot een grondige analyse van het volledige systeem, al dan niet in combinatie met een aantal innovatieve technieken. **I**

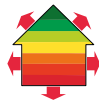
P. Van den Bossche, ing., laboratoriumhoofd, laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB



5 | Geothermische warmtepomp



6 | Warmtepomp met de buitenlucht als warmtebron



De toenemende verstrenging van de isolatieniveaus en de verminderde verwarmingsbehoefte die hieruit voortvloeit, hebben ertoe geleid dat de productie van sanitair warm water (SWW) zwaarder doorweegt op het energieverbruik van de woning. Aangezien de werkingstijd van een vernieuwde installatie in principe enkele tientallen jaren bedraagt, is het noodzakelijk dat de *trias energetica* gerespecteerd wordt: de behoefte beperken, het gebruik van hernieuwbare energie optimaliseren en fossiele energie zo efficiënt mogelijk benutten. Bij de vernieuwing van een sanitaire installatie wordt niet alleen de huidige EPB-regelgeving in acht genomen, maar speelt men tevens in op de toekomst, met als horizon 2030. De nadruk van dit artikel ligt op het energetische aspect, maar het is niet onbelangrijk om te weten dat er nog andere aspecten zijn waarmee men rekening dient te houden en die soms zelfs nog belangrijker zijn, zoals gezondheid en hygiëne.

Energetische renovatie van de sanitair-warmwaterinstallatie

Anders dan bij een nieuwe installatie, biedt een renovatie het voordeel dat het verbruik meetbaar is en de warmwaterbehoefte dus veel nauwkeuriger bepaald kan worden. Als de behoefte gekend is, kan de installatie uiterst nauwkeurig gedimensioneerd worden (vermogen van het productietoestel, eventuele opslagvolume en diameter van de leidingen) en kan men verliezen beperken doordat overdimensionering vermeden wordt (dit komt zeer vaak voor bij bestaande installaties, zeker bij collectieve installaties).

Productie

Als het productietoestel verouderd of aan vervanging toe is, geniet een efficiënt toestel, zoals een condensatie-

ketel of een warmtepomp, de voorkeur (zie de [WTCB-Dossiers 2015/3.15](#)). Een opslagtank dient, in de mate van het mogelijke, vermeden te worden, tenzij er een zeer grote behoefte op zeer korte tijd bestaat of indien de tank het gebruik van hernieuwbare energie kan optimaliseren (thermische of fotovoltaïsche zonnepanelen, elektriciteit opgewekt door windenergie of hydraulische energie, biomassa ...).

Nieuwe energie-efficiënte toestellen installeren heeft weinig zin als de rest van een verouderd systeem behouden blijft. Het is dus altijd raadzaam om de installatie voor de verdeling van warm water te evalueren in functie van de behoeften en wensen van de klant enerzijds en van het toekomstige gebruik anderzijds. Deze evaluatie wint aan

belang indien het een collectieve installatie betreft (bv. in appartementsgebouwen met centrale warmwaterproductie).

Kraanwerk

Het oude kraanwerk vervangen door kranen met een debietbeperking of een straalbreker, die een gevoel van comfort combineren met een verminderd debiet, zorgen eenvoudig en direct voor een verminderd verbruik van en een geringere behoefte aan warm water. Omwille van hun beperkte debiet, hebben deze nieuwe kranen onder andere een gunstige invloed op het benodigde vermogen van het productietoestel en dus op het energieverbruik.

De plaatsing van een regendouche kan de sanitair-warmwaterbehoefte daarentegen echter aanzienlijk doen toenemen. Deze behoefte zal dan ook eveneens in rekening gebracht moeten worden bij de dimensionering van de nieuwe installatie.

Verdeling

Om een toekomstige sanitair-warmwaterinstallatie te optimaliseren, dient men in de eerste plaats de compactheid van deze installatie in beschouwing te nemen. De vochtige ruimten (voornamelijk de keuken, de badkamer en de douche) bevinden zich idealiter in elkaars nabijheid en de gecentra-





liseerde SWW-productie zou zo dicht mogelijk bij de tappunten geplaatst moeten worden. Een niet-compact leidingennetwerk kan al snel zorgen voor aanzienlijke wachttijden en uittapvolumes van de verschillende tapleidingen (zie de [WTCB-Dossiers 2014/2.12](#)). Een gegalvaniseerde leiding van 1/2", met een lengte van 15 m, heeft een capaciteit van meer dan 3 l water. Gelet op de wachttijd, gaat er ook nog eens 4,6 l water verloren voordat er warm water uit de kraan komt. Op een jaar tijd komt dit neer op zo'n 1,6 tot 2 m³ water per leiding (bovenop de energie die verloren gaat bij het afkoelen). Indien men deze leiding na de herinrichting van de ruimten en de installatie vervangt door een koperen leiding van 3 m met een diameter van 12 mm (maximaal debiet van 7 l/min), zal er nog maar 120 l water per jaar verloren gaan (d.i. 14 keer minder).

In eengezinswoningen zijn circulatieleidingen voor sanitair warm water niet aangewezen. Een grondige renovatie is het ideale moment om een verplaatsing en hergroepering van de ruimten te overwegen. Indien er echter niet geopteerd wordt voor dit voorstel, kan men kiezen voor een performante (gedecentraliseerde) lokale SWW-productie. Indien geen enkel van deze voorstellen in overweging genomen kan worden en een circulatieleiding voorzien moet worden om de wachttijd te beperken, dient men deze laatste te isoleren.

We merken op dat de van kracht zijnde EPB-regelgeving voor nieuwe gebouwen of renovaties die een stedenbouwkundige vergunning vereisen, oplegt om de leidingen met gedwongen circulatie (circulatieleidingen) of verwarmingsleidingen te isoleren in overeenstemming met de in onderstaande tabel vermelde

dikten. Deze waarden moeten in de mate van het mogelijke in acht genomen worden. Het isoleren van de uittapleidingen tot aan de tappunten is niet verplicht.

Energiereducatie

We willen erop wijzen dat er tegenwoordig verschillende horizontale en verticale toestellen bestaan voor de warmteterugwinning uit afvalwater (zie de [WTCB-Dossiers 2015/4.13](#)). Mede dankzij de installatie van dergelijke systemen verminderen de behoeften en het benodigde vermogen van het productietoestel, kan de opslagtank drastisch verkleind of de autonomie van de bestaande tank verhoogd worden. ■

O. Gerin, ir., onderzoeker,
laboratorium Watertechnieken, WTCB

Minimale dikten voor de thermische isolatie van de warmwaterleidingen

Buitendiameter van de leiding [mm]	Minimale isolatiedikte na plaatsing [mm]				
	Omgeving I (¹): Buitenomgeving of buiten het beschermde volume		Omgeving II (²): Binnenomgeving in het beschermde volume, maar in een niet-verwarmde ruimte		Omgeving III (³): Binnenomgeving in het beschermde volume
	Isolatiemateriaal van klasse 1: λ < 0,035 [W/m.K]	Isolatiemateriaal van klasse 2: λ ≤ 0,045 [W/m.K]	Isolatiemateriaal van klasse 1: λ < 0,035 [W/m.K]	Isolatiemateriaal van klasse 2: λ ≤ 0,045 [W/m.K]	
Brussels Hoofdstedelijk Gewest					
20 ≤ D < 25	13	23	11	19	Geen vereisten, behalve voor bestaande of vervangen leidingen doorheen muren, vloeren en plafonds van het gebouw (zie regelgeving)
25 ≤ D < 30	17	29	13	22	
30 ≤ D < 40	22	35	16	26	
40 ≤ D < 61	27	42	21	32	
Vlaanderen (aanvoertemperatuur van het water > 55 °C)					
20	25	42	20	33	Geen vereisten, behalve voor bestaande of vervangen leidingen doorheen muren, vloeren en plafonds van het gebouw (zie regelgeving)
25	28	45	23	37	
30	30	48	25	39	
35	34	53	28	43	
Wallonië					
Bij het ter perse gaan van dit magazine was er nog geen regelgeving in Wallonië voorhanden.					
(¹) Omgeving I: de leidingen en hulpstukken bevinden zich buiten, in de vloer of buiten het beschermde volume.					
(²) Omgeving II: de leidingen en hulpstukken bevinden zich:					
• in een stookruimte of technische ruimte en in de technische kokers					
• zichtbaar opgesteld in niet-verwarmde ruimten, die al dan niet uitgerust zijn met airconditioning					
• zichtbaar opgesteld in ruimten die uitgerust zijn met airconditioning en een verwarmingssysteem					
• in valse plafonds, valse vloeren en permanente verticale wanden.					
(³) Omgeving III: de leidingen en hulpstukken bevinden zich op alle andere plaatsen binnen het beschermde volume.					



Een goede ventilatie is niet alleen noodzakelijk in nieuwe, maar ook in oudere, te renoveren woningen. Dit laat immers toe om bepaalde vochtproblemen te vermijden en een voldoende luchtkwaliteit te verzekeren om de gezondheid en het comfort van de gebruikers veilig te stellen. Zo voert een goede ventilatie-installatie niet alleen vocht af, maar ook de geurtjes en vervuilende stoffen die door de gebruikers, hun activiteiten en de in hun woning aanwezige materialen afgegeven worden (zie pp. 3-7). Een gecontroleerd ventilatiesysteem is dus onmisbaar.

Renovatie-oplossingen voor ventilatie

Voor nieuwbouw en renovatie gelden dezelfde ventilatieprincipes: er moet buitenlucht naar de droge ruimten toegevoerd worden en vervuilde lucht uit de vochtige ruimten naar buiten afgevoerd worden. Hoewel de reglementaire eisen niet altijd van toepassing zijn op renovatiewerken (zie de [WTCB-Dossiers 2011/2.14](#)), beschouwen men de EPB-eisen die betrekking hebben op nieuwe woningen en naar de norm NBN D 50-001 verwijzen ook in een renovatiecontext best als aanbevelingen.

Bij renovaties moet er evenwel rekening gehouden worden met de volgende aandachtspunten:

- de beschikbare ruimte is doorgaans beperkt, terwijl bepaalde ventilatiesystemen een omvangrijke opstellingsruimte kunnen vergen: voor de natuurlijke-afvoerkanalen (systemen A en B), voor de mechanische-ventilatiekanalen en voor de ventilatoren of ventilatiegroepen (systemen B, C en D) (*)
- de renovatiewerken worden vaak in meerdere fasen uitgevoerd (bv. per kamer). De installatie van een ventilatiesysteem betreft doorgaans echter de volledige woning, vermits elke ruimte in de regel over een luchttoevoer en/of -afvoer beschikt.

Bijgevolg is het van primordiaal belang om reeds bij de aanvang van het project (in het bijzonder vóór de eventuele vervanging van de ramen) rekening te

houden met de ventilatie en een globaal ventilatieconcept te bepalen.

De tabel op de volgende pagina bevat enkele geschikte renovatieoplossingen voor de ventilatiesystemen C en D. Hij geeft eveneens een overzicht van de criteria die men bij de uiteindelijke keuze in het achterhoofd dient te houden.

Beschrijving van de oplossingen

1. **Systeem C met plaatselijke afvoer:** elke vochtige ruimte wordt uitgerust met een individuele ventilator die de vervuilde lucht rechtstreeks naar buiten afvoert, waardoor er geen kanalen nodig is
2. **Klassiek systeem C met centrale afvoer vanuit de vochtige ruimten**
3. **Systeem C met centrale afvoer vanuit de vochtige ruimten en bijkomende afvoeren in de droge ruimten** (die dus eveneens voorzien zijn van natuurlijke toevoeropeningen): deze afvoeren verbeteren de controle van de debieten in de droge ruimten, zodat er hier een vraaggestuurde regeling mogelijk is
4. **Systeem D ruimte per ruimte:** in elke afzonderlijke ruimte wordt er een compacte unit met warmteterugwinning geïnstalleerd (zie pp. 22-23)
5. **Systeem D met plaatselijke toevoer en centrale afvoer:** in deze weinig voorkomende variant van systeem D die niettemin interessant kan zijn in

een renovatiecontext, wordt de toevoer van verse lucht bewerkstelligd door middel van individuele ventilatoren in de verschillende droge ruimten, eventueel in combinatie met een convector of radiator (zie de [WTCB-Dossiers 2011/2.14](#))

6. Klassiek systeem D met centrale toevoer en afvoer.

Het is eveneens mogelijk om verschillende oplossingen van hetzelfde systeemtype (C of D) in verschillende delen van de woning te combineren (bv. een systeem C met plaatselijke afvoeropeningen en een systeem C met centrale afvoer).

Mogelijkheden om de energetische impact te verminderen

Warmteterugwinning vormt de meest doeltreffende oplossing ter vermindering van de energetische impact van ventilatiesystemen (tot 80 % vermindering voor de beste systemen). Hiertoe kan men teruggrijpen naar een gecentraliseerd systeem D (6) dat echter een uitgestrekt kanalenet en een omvangrijke ventilatiegroep vereist. Gedecentraliseerde systemen D (4) behoren eveneens tot de mogelijkheden.

Ook vraaggestuurde ventilatie is een efficiënte oplossing (tot 50 % vermindering voor de beste systemen). Hierbij

(*) Systeem A: natuurlijke toevoer en afvoer; systeem B: mechanische toevoer en natuurlijke afvoer; systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer; systeem D: mechanische toevoer en afvoer.



dient evenwel opgemerkt te worden dat enkel systemen die de ventilatie in de droge ruimten regelen (bv. door middel van CO₂-sensoren) doeltreffend zijn, wat slechts met bepaalde systemen mogelijk en gemakkelijk te realiseren is (3, 4 en 5).

Ingenomen ruimte en fasering van de werken

Systemen die geen of slechts een weinig uitgebreid kanalennet vereisen, zijn uiteraard het meest geschikt voor renovaties waarbij de beschikbare ruimte beperkt is (1, 2 en 4). Er bestaan bovendien innovatieve oplossingen om de integratie van deze kanalen en de ventilatiegroepen te vergemakkelijken (zie pp. 22-23).

Een gefaseerde uitvoering van de werken is eenvoudiger door gebruik te maken van systemen die (gedeeltelijk) ruimte per ruimte geïnstalleerd kunnen worden. Dit is niet alleen mogelijk met de natuurlijke toevoer van alle systemen C (1, 2 en 3), maar ook bij de ven-

tilatoren of de individuele units van de oplossingen 1, 4 en 5.

Wat deze twee punten betreft, is het systeem C met plaatselijke afvoer (1) het meest voordelig: het is gemakkelijk en economisch te installeren bij kleinschalige en/of in de tijd gespreide renovaties. De prestaties op het vlak van de controle van de debieten en het energieverbruik zijn daarentegen eerder matig voor dat systeem.

Bijkomende aandachtspunten

Net zoals bij nieuwbouwwoningen, laten een goed ontwerp en een goede installatie van het ventilatiesysteem in een renovatiecontext toe om andere specifieke ongemakken te beperken.

Hoewel de toevoeropeningen bij de systemen C doorgaans ingewerkt worden in het raam, kunnen ze ook aangebracht worden in de gevels. In lawaaiërige omgevingen moet men opteren voor toevoeropeningen met geluiddemping. Voor de gecentraliseerde mechanische

systemen (C of D) zorgt de beperking van de drukverliezen in het kanalennet eveneens voor een vermindering van het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren en verlaagt de plaatsing van geschikte geluiddempers het risico op geluidsoverlast.

Bij de systemen met units of ventilatoren die rechtstreeks in de droge ruimten geplaatst worden (4 en 5), blijft er voorts nog een moeilijk te vermijden ongemak bestaan: het door deze ventilatoren geproduceerde lawaai. In dat geval moet men de gulden middenweg vinden tussen een zo groot mogelijk debiet en een aanvaardbaar geluidsniveau.

Tot slot dient er bijzondere aandacht besteed te worden aan de interactie tussen de ventilatie en de verwarmingssystemen met een open verbrandingskamer die eventueel in de woning aanwezig zijn (zie pp. 24-27).

S. Caillou, dr. ir.,
adjunct-laboratoriumhoofd,
laboratorium Verwarming en ventilatie, WTCB

Voor renovatie geschikte ventilatieoplossingen en keuzecriteria (groen: gunstig; rood: ongunstig; oranje: neutraal; zwart: kan opgelost worden door een goed ontwerp en/of een goede installatie).

Ventilatieoplossingen	Controle van de debieten	Mogelijkheden om de energetische impact te verminderen		Ingenomen ruimte	Mogelijkheid om de werken te faseren	Bijkomende aandachtspunten
		Warmteterugwinning	Vraaggestuurde regeling			
1. C: plaatselijke afvoer (vochtige ruimten)	Gemiddeld	Neen	Beperkt	Zeer beperkt	Ja	Lawaai (buiten)
2. C: centrale afvoer (vochtige ruimten)	Gemiddeld	Neen	Goed (moeilijk)	Beperkt: 1 net	Ruimten: • droog: ja • vochtig: neen (*)	Lawaai (buiten) Drukverliezen in het net
3. C: centrale afvoer (vochtige + droge ruimten)	Goed	Neen	Goed (gemakkelijk)	Gemiddeld: 1 uitgestrekt net	Neen	Lawaai (buiten) Drukverliezen in het net Lawaai (mechanisch)
4. D: ruimte per ruimte	Goed	Ja	Goed (gemakkelijk)	Beperkt: plaatselijke units	Ja	Lawaai (mechanisch)
5. D: plaatselijke toevoer, centrale afvoer	Goed	Neen	Goed (gemakkelijk)	Gemiddeld: plaatselijke units + 1 net	Ruimten: • droog: ja • vochtig: neen (*)	Lawaai (buiten) Tocht Drukverliezen in het net Lawaai (mechanisch)
6. D: centrale toevoer en afvoer	Goed	Ja	Goed (moeilijk)	Groot: 2 netten	Neen	Drukverliezen in het net Lawaai (mechanisch)

(*) Fasering is mogelijk in de droge ruimten (toevoeropeningen in elke ruimte), maar moeilijk in de vochtige ruimten (centrale afvoer).



Het elektriciteitsverbruik stijgt van jaar tot jaar en maakt tegenwoordig bijna een kwart van de in Europa verbruikte primaire energie uit, waarvan 30 % in de residentiële, 30 % in de tertiaire en 36 % in de industriële sector. Gemiddeld 10 % van het elektriciteitsverbruik van een huishouden – of ongeveer 400 kWh – gaat naar verlichting. In tertiaire gebouwen, zoals kantoorgebouwen en scholen, loopt dit cijfer op tot 20 % of zelfs tot meer dan 50 % in gebouwen met hoge energieprestaties.

De renovatie van de verlichting in het voetlicht

In België is 75 % van de binnenverlichtingsinstallaties ouder dan 25 jaar en dus verouderd. Gelet op hun veroudering en het gebrek aan onderhoud, verzekeren ze niet langer het visuele comfort van de gebruikers en zijn ze zeer energieverslindend. Zo komt men niet zelden installaties tegen met een geïnstalleerd vermogen van 20 tot 30 W/m² die niet goed verlichten. Jaarlijks wordt slechts 1 % van het gebouwenpark vernieuwd, terwijl dit eigenlijk 2 tot 3 % zou moeten zijn om onze verlichtingsinstallaties op punt te stellen. Zij bieden nochtans veel renovatiepotentieel, zowel voor de verbetering van het visuele comfort als voor de vermindering van het verbruik. Zo maakt de renovatie van de installatie het in veel gevallen niet alleen mogelijk om het verbruik met een factor 3 te verminderen maar ook om het verlichtingsniveau te verhogen.

Op dit ogenblik is er een ware revolutie aan de gang door de opkomst van de leds die zowel hoogwaardige functionele oplossingen met goede fotometrische (bv. lichtstroom, rendement,

kleur ...) en mechanische prestaties (bv. schokweerstand ...) als een verhoogde levensduur bieden.

Ingrepen voor de renovatie van verlichtingsinstallaties

Bij renovatie spreekt men vaak van 'herinrichting van de verlichting' of *relighting*. Deze algemene term omvat een hele reeks ingrepen zoals *relamping*, *uplam-ping*, *luminaire retrofit*, *luminaire replacement* en *lighting refurbishment*. Deze onderscheiden zich voornamelijk door de vereiste interventiegraad, die kan gaan van een eenvoudige onderhouds-ingreep tot een integrale renovatie.

De vervanging van de lampen (*relamping*) heeft tot doel om de lichtbron te vervangen door een lamp van hetzelfde type, zonder andere interventie op de armatuur of verlichtingsinstallatie. De vervanging maakt in dit geval deel uit van de gewone onderhoudswerkzaamheden. Deze ingreep verzekert wel het visuele comfort, maar levert geen energiebesparing op.

De verbetering van de lampen (*uplam-ping*) bestaat erin de lichtbron te vervangen door een efficiënter model. Hierbij is geen enkele andere interventie op de armatuur vereist: de optische elementen (reflector/diffusor), de hulpapparatuur (transformator/ballast) en de bekabeling blijven onveranderd.

De modernisering van de armatuur (*luminaire retrofit*) heeft als oogmerk om de efficiëntie ervan te verbeteren door de lichtbron (lamp), de hulpapparatuur (ballast) of de optische elementen (reflector/diffusor) te vervangen. Deze ingreep gaat vaak gepaard met een aanpassing van de elektrische bekabeling, wat echter impliceert dat de armatuur niet meer conform is (CE-markering) en niet langer onder de garantie van de fabrikant valt.

Bij de vervanging van de armaturen (*luminaire replacement*) wendt men efficiëntere armaturen aan die gebruikmaken van een recentere technologie. Hierbij worden enkel de armaturen gewijzigd en blijven het oorspronkelijke elektrische schema van de installatie alsook het aantal lichtpunten behouden.

Lampvermogen (in watt, W) in functie van de lichtstroom (in lumen, lm)

Lamptype	Lichtstroom				
	220 lm	400 lm	700 lm	900 lm	1.300 lm
Gloeilamp	25	40	60	75	100
Ecohalogeonlamp	18	28	42	53	70
Fluocompactlamp	6	9	12	16	20
Ledlamp	5	6	9	12	15



1 | Ledarmaturen met reflectoren

Bij de renovatie van de verlichtingsinstallatie (*lighting refurbishment*) herzielt men de volledige installatie. Het aantal lichtpunten wordt aangepast in functie van het aangewende type armaturen (bv. direct, indirect ...) en de omgeving (bv. positie van de werkvlakken ...). Deze interventie maakt het mogelijk om het visuele comfort van de gebruikers en de energieprestaties van de installatie te verbeteren. Gelet op het feit dat dit doorgaans gepaard gaat met een vernieuwing van de binneninrichting, is het noodzakelijk om rekening te houden met parameters zoals de kleur en de eigenschappen van de wanden.

De verbetering van de lampen is de meest eenvoudige ingreep om de energie-efficiëntie te verhogen. Deze is aangewezen bij energieverslindende halogeenspots die gemakkelijk vervangen kunnen worden door ledspots. Deze laatste bieden niet alleen hetzelfde visuele comfort, maar zijn bovendien ook vier tot vijf keer energie-efficiënter, wat een bewijs vormt van de rendabiliteit van de ingreep. Bij de modernisering van de armatuur is de grootste voorzichtigheid geboden, vermits deze ingreep ertoe leidt dat de armatuur niet meer onder de CE-markering valt (bv. de vervanging van fluorescentielampen van het type T8 door ledlampen).

Hoewel er performante oplossingen bestaan, dient men steeds de risico's en de mogelijke economische voordelen tegen elkaar op te wegen. In tal van situaties is het immers interessanter om de armaturen te vervangen (*luminaire replacement*). Deze middelgrote ingreep

zorgt enerzijds voor een verhoging van het visuele comfort en anderzijds voor een verlaging van het geïnstalleerde vermogen en bijgevolg ook van het energieverbruik. De renovatie van de verlichtingsinstallatie is op haar beurt de moeilijkst uit te voeren oplossing, die echter wel resulteert in een efficiënte installatie die op de juiste plaats en het juiste moment de juiste hoeveelheid licht verspreidt.

Technologische oplossingen en behaalde prestaties

Hoewel de performante ledoplossingen vroeger voorbehouden waren voor decoratieve en buitentoepassingen, zijn ze nu ook beschikbaar voor binnenverlichting en armaturen met een aanzienlijke lichtstroom (5.000 tot 8.000 lumen). De meest performante armaturen behalen tegenwoordig rendementen van 120 tot

125 lumen per watt, wat overeenkomt met een hoge energie-efficiëntie. Zo kan een verlichtingsinstallatie in een bureau een specifiek vermogen van 6 tot 7,5 W/m² bereiken voor een verlichtingsniveau van 500 lux, met andere woorden bijna de helft van de waarden die een tiental jaren eerder behaald werden. Gelet op het feit dat de door de EPB-regelgeving vermelde waarde bij ontstentenis 20 W/m² bedraagt, zal het ontwerp van een installatie die waarden van 6 tot 7,5 W/m² kan behalen de verlichting opwaarderen en de ontwerpers aanzetten om dergelijke installaties en hun prestaties nauwkeurig te definiëren.

De lichtkleur speelt een essentiële rol in de ledverlichting. Zo kan het gebeuren dat een installatie een vaal licht uitstraalt en geen goede kleurweergave verzekert, bijvoorbeeld wanneer de verouderde lichtbron vervangen wordt door een ledlamp van slechte kwaliteit. Teneinde dit risico te beperken, dient men zich ervan te vergewissen dat de kleurweergave-index (R_a) van de lampen hoger ligt dan 80 of zelfs meer voor specifieke toepassingen (bv. musea, kunstscholen, ziekenhuizen, winkels ...).

Bovendien moet men soms ook aandacht besteden aan het uitgestraalde lichtspectrum. De kleurweergave-index maakt immers een gemiddelde waarde van de weergave van de bron uit voor een beperkt aantal kleurstalen. Men dient bovendien ook de eigenschappen van het initieel door de bron uitgestraalde licht en de consistentie van zijn spectrum voor verschillende bronnen van eenzelfde gamma na te gaan en



2 | Ledarmaturen met lenzen



te controleren of er tijdens het gebruik geen aanzienlijke kleurverschuivingen optreden (*colour shift*). Teneinde zo veel mogelijk problemen in verband met de lichtkleur in eenzelfde ruimte te vermijden, strekt het tot aanbeveling om geen verschillende producten, noch technologieën te combineren.

Ledproducten hebben een lange levensduur (gemiddeld 20.000 tot 50.000 uur, zie afbeelding 4). Dit biedt tal van voordelen, voornamelijk wat betreft het onderhoud van intensief gebruikte (bv. ziekenhuizen) of moeilijk bereikbare (bv. hoge plafonds) verlichtingsinstallaties.

Aangezien leds zeer gevoelig zijn voor warmte, moet de afkoeling van de armatuur verzekerd worden. Zo dient men bij *downlights* (directe armaturen) te

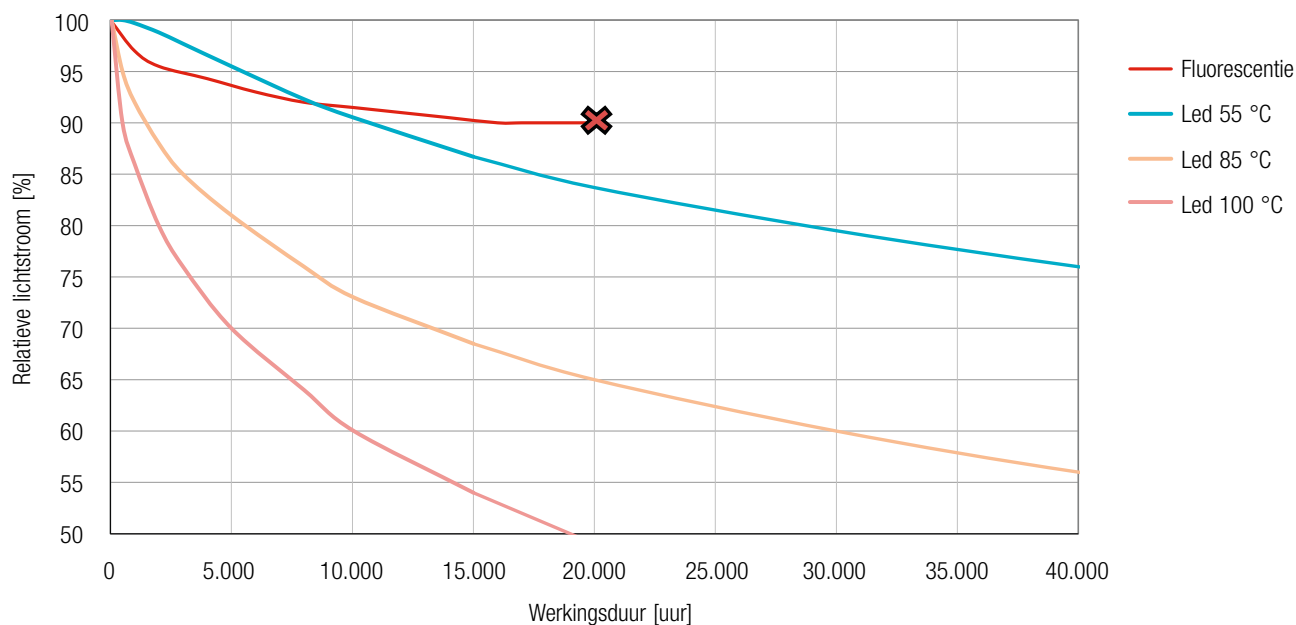
vermijden dat de metalen koelelementen met bijvoorbeeld thermische isolatie bedekt worden (typisch bij valse plafonds).

Ledarmaturen worden in drie groepen onderverdeeld in functie van de technologie van de optische elementen: reflector, lenzen of diffusor. De armaturen die werken met een reflector of lenzen bieden een gemakkelijkere regeling van de lichtstroom. Hoewel ze een hoge energie-efficiëntie vertonen, zijn de installaties die voorzien zijn van armaturen met reflectoren doorgaans meer verblindend dan hun tegenhangers die gebruikmaken van armaturen met lenzen of diffusoren. Deze laatste brengen over het algemeen een geringer verblindingsrisico teweeg, voornamelijk wanneer ze uitgerust zijn met getextureerde diffusieplaten.

3 | Ledarmaturen met diffusor

A. Deneyer, ir., laboratoriumhoofd,
en B. Deroisy, ir., adjunct-laboratoriumhoofd,
laboratorium Licht en gebouw, WTCB

Dit artikel werd opgesteld in het kader van
het SMART LED-project met de steun van
de Service public de Wallonie DG04.



4 | Vermindering van de lichtstroom in functie van de werkingsduur voor verschillende ledtemperaturen

WTCB-projecten

Om te beantwoorden aan de noden van de bouwsector lopen er binnen het WTCB momenteel verschillende onderzoeken en sensibiliseringsacties rond de energetische renovatie van gebouwen. We vestigen graag uw aandacht op de volgende projecten:



- RENOFASE – Stappenplan voor een kwaliteitsvolle energetische renovatie: gestroomlijnd en prestatiegericht werken
- GROEN LICHT – Innovatieve en duurzame lichtbronnen
- INSTAL2020 – Integraal ontwerp van installaties voor sanitair en verwarming
- Vlaams Kennisplatform Proeftuin Woningrenovatie
- TRAJECT METSELWERK IV – Innovaties in de metselwerksector: implementering door innovatievolgers
- TD Ecobouwen en duurzame ontwikkeling
- Brussels Retrofit XL – Strategic Platform Environment Retrofitting of the Built Environment (Housing)
- Living Labs Brussels Retrofit
- AIM-ES – Experience-based guidelines for Architectural Industrialized Multifunctional Envelope Systems
- Innov-ETICS – Buitengevelisolatiesystemen: technisch onderzoek naar en verspreiding van opkomende innovatieve oplossingen met hoge prestaties voor de renovatie van woningen

innoviris brussels
empowering research



Wallonie



Agentschap
Ondernemen



Nieuw
Industrieel
Beleid



NBN



economie



- GT COM-MAT – Matériaux et techniques de construction durables
- SMART-LED – Caractérisation des performances réelles des installations d'éclairage LED
- GEVISOL-ETICS – Buitengevelisolatie met ETICS
- Normen-Antennes Akoestiek, Brandpreventie, Energie en binnenklimaat, Afwerkingen, Gevelelementen, Bouwdetails (Smart Connect), Verlichting
- STAR – Sustainable Thermal Acoustic Retrofit (ERACOBUILD)

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). U kan ook steeds bij ons terecht per fax (02/529.81.10) of per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/655.77.11), per fax (02/655.79.74) 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 vijftig jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met het lidgeld 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 26.000 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. 011/22 50 65
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