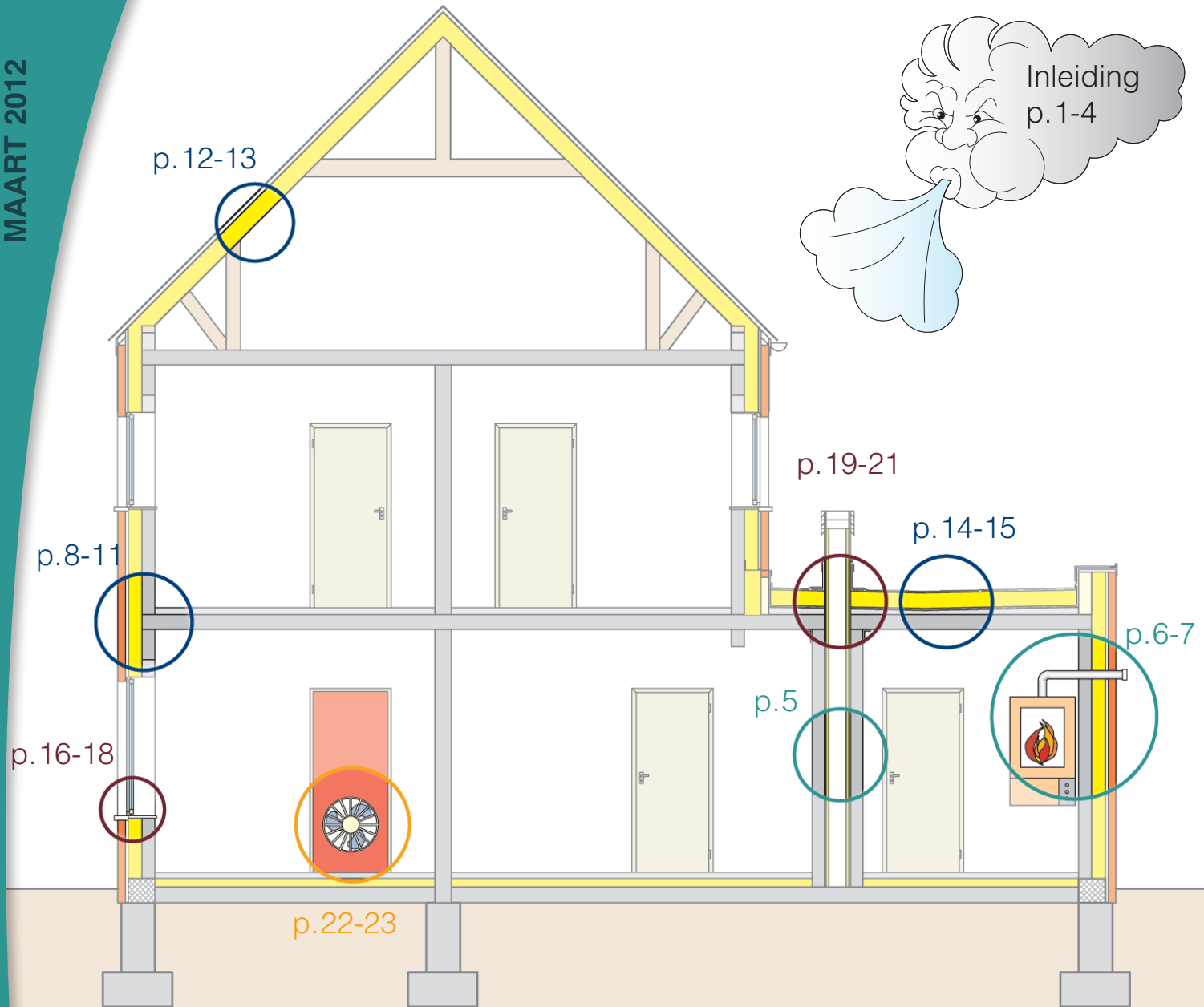




Speciale uitgave : **luchtdichtheid**



- 1 Luchtdichtheid van gebouwen : een grote uitdaging voor alle bouwberoepen
- 5 De ventilatie van technische kokers en liftschachten beheersen
- 6 Technische installaties en de luchtdichtheid van gebouwen
- 8 Luchtdicht bouwen : aandachtspunten in de ruwbouwfase
- 10 Houtskeletbouw en luchtdichtheid
- 12 Luchtdichtheid van hellende daken : de details maken het verschil
- 14 Luchtdichtheid van de gebouwschil bij platte daken
- 16 Luchtdichtheidsprestatieklassen voor buitenschrijnwerk
- 18 Mogelijke oplossingen voor de plaatsing van het schrijnwerk
- 19 De doorboringen van het luchtscherm beheersen
- 22 Controle van de luchtdichtheid
- 24 Men mag geen stappen overslaan

De artikels uit deze speciale uitgave werden opgesteld door : A. Acke, S. Caillou, K. De Cuyper, C. Delmotte, F. Dobbels, O. Gerin, L. Lassoie, X. Loncour, E. Mahieu, Y. Martin, C. Mees, B. Michaux en J. Schietecat

Luchtdichtheid van gebouwen : een grote uitdaging voor alle bouwberoepen

De gewestelijke EPB-regelgevingen (energieprestaties van gebouwen) verstrengen aan een razendsnel tempo. Naast een doorgedreven thermische isolatie van de gebouwschil en het gebruik van performante technische installaties (bv. ventilatiesysteem) zal ook een goede luchtdichtheid binnenkort onontkoombaar worden : deze kan de energieprestatie van een gebouw immers met 15 % verhogen. Dat het mogelijk is om uiterst luchtdicht te bouwen, blijkt uit de gestage opkomst van de passiehuizen. De hierin gehanteerde principes zouden echter veralgemeend moeten worden tot de volledige nieuwbouwsector.

Een dergelijke verandering is niet zonder gevolg voor de aannemers en de andere bouwprofessionelen, aangezien zij hun manier van ontwerpen, coördineren en uitvoeren grondig zullen moeten aanpassen.

Ondanks het feit dat de luchtdichtheidsproblematiek van gebouwen al jaren gekend is, bestaat er in ons land tot op heden geen enkel document dat aangeeft hoe men dient te komen tot een luchtdicht ontwerp en een luchtdichte uitvoering. Dit is niet zonder reden. De luchtdichtheid kan namelijk onmogelijk berekend worden tijdens de ontwerpfase. Ze moet gemeten worden op het einde van de werken, in een stadium waarin het zeer moeilijk is om nog grootschalige verbeteringen door te voeren. Indien de metingen onbevredigende resultaten opleveren, zal het bovendien zeer moeilijk zijn om te bepalen wie hiervoor verantwoordelijk is. Dit leidt vaak tot eindeloze discussies met betrekking tot de fase waarin de lekken precies tot stand kwamen.

Er bestaan niettemin verschillende aanbevelingen voor het ontwerp, de uitvoering en de coördinatie van de werken die, voor zover ze correct opgevolgd worden, toelaten om prestaties te bereiken die een stuk hoger liggen dan deze die men vandaag de dag nog al te vaak aantreft. Deze thematische WTCB-Contact heeft tot doel om voornoemde aanbevelingen, die van belang zijn voor alle aannemers, kort samen te vatten. De hierin opgenomen teksten zullen eveneens de grondslag vormen voor een toekomstige Technische Voorlichting en een databank met bouwdetails.

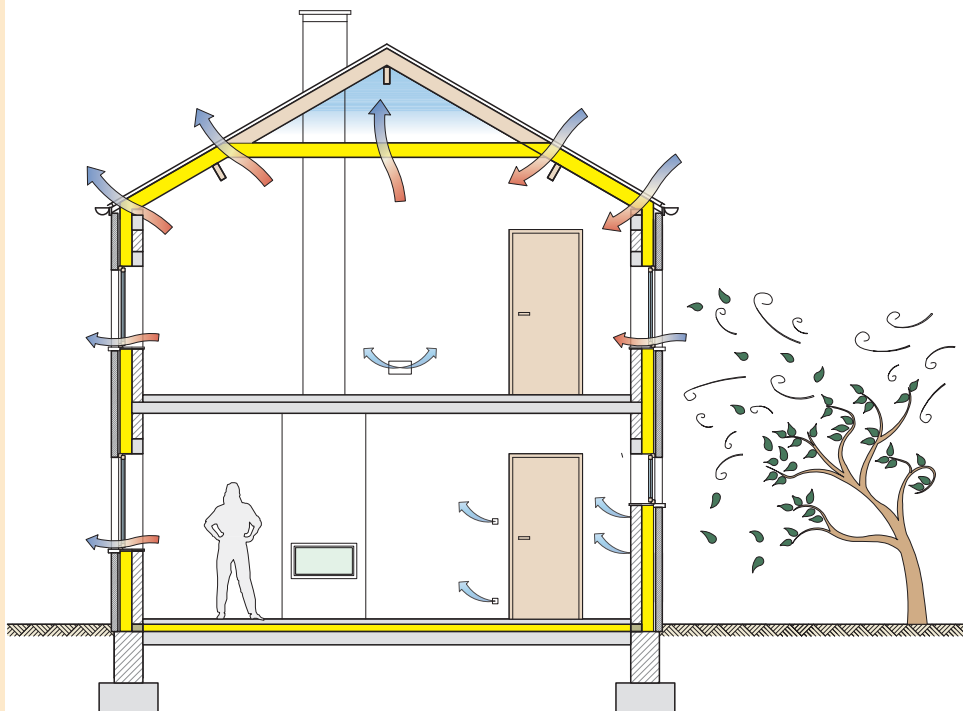
LUCHTDICHT MAKEN EN VENTILEREN TEGELIJKERTIJD... IN TEGENSTRIJD ?

De luchtlekken ten gevolge van een gebrekkige luchtdichtheid zijn sporadisch, oncontroleerbaar en op ongelijke wijze in het gebouw verdeeld. Ze leiden tot een overmatige luchtverversing in bepaalde ruimten, waardoor deze soms 'onverwarmbaar' worden. Daarnaast gebeurt het niet zelden dat bepaalde andere ruimten van ditzelfde gebouw zeer luchtdicht zijn, waardoor er hierin zo goed als geen luchtverversing meer optreedt. In een gebouw met een geringe globale luchtdichtheid zal het dus onmogelijk zijn om een goede luchtkwaliteit in alle ruimten te waarborgen.

Hygiënische-ventilatiesystemen worden zodanig ontworpen en geïnstalleerd dat ze de binnenluchtkwaliteit in alle ruimten verzekeren, zonder dat het energieverbruik hierbij de pan uitschiet. Bovendien bieden ze de gebruikers bepaalde controlemogelijkheden. Net zoals alle andere technische installaties van het gebouw vereisen deze systemen echter ook een correct en regelmatig onderhoud.

Het luchtdicht maken van een gebouw en de gecontroleerde ventilatie ervan zijn dus duidelijk twee complementaire aspecten die zeker niet met elkaar in tegenspraak zijn.





Afb. 1 De luchtdichtheid van een gebouw is zijn vermogen om de luchtstromingen van buiten naar binnen toe – maar ook omgekeerd – binnen de perken te houden.

1 LUCHTDICHTHEID, EEN LOUTER REGLEMENTAIRE KWESTIE ?

Naast het puur reglementaire aspect en de ermee gepaard gaande energiebesparingen, laat een goede luchtdichtheid toe om inwendige condensatieproblemen in de wanden te vermijden en het thermische en akoestische comfort binnenin het gebouw te verbeteren.

Een gebrekkige luchtdichtheid kan aanleiding geven tot het ontstaan van inwendige condensatie. In het voorbeeld uit afbeelding 2 (voorstelling van een hellend dak) blijkt dat er convectie optreedt op de plaatsen waar de aansluitingen niet correct afgedicht werden, meer bepaald tussen de banen van het luchtscherm en tussen de dakbanen en de gordingen. De warme en vochtige binnenlucht kan aldus doorheen de wand migreren en condenseren op de onderzijde van het koude onderdak, wat op zijn beurt kan leiden tot een beschadiging van de isolatie.

De luchtdichtheid van een gebouw is zijn vermogen om de luchtstromingen van buiten naar binnen toe – maar ook omgekeerd – binnen de perken te houden (zie afbeelding 1). Deze eigenschap wordt gekwantificeerd door het lekdebiet ($\dot{V}$) doorheen de gebouwschil bij een gegeven drukverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving. In België wordt de luchtdichtheid uitgedrukt bij een drukverschil van 50 Pa.

De luchtdichtheid wordt meestal weergegeven met één van de volgende grootheden :

- $\dot{V}_{50}$: het lekdebiet doorheen de gebouwschil [m^3/h]
- n_{50} : het luchtverversingsdebiet [vol/h]

(lekdebiet in verhouding tot het binnenvolume van het gebouw)

- $\dot{V}_{50}$: de luchtdoorlaatbaarheid van de gebouwschil [$\text{m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$] (lekdebiet in verhouding tot de oppervlakte van de gebouwschil).

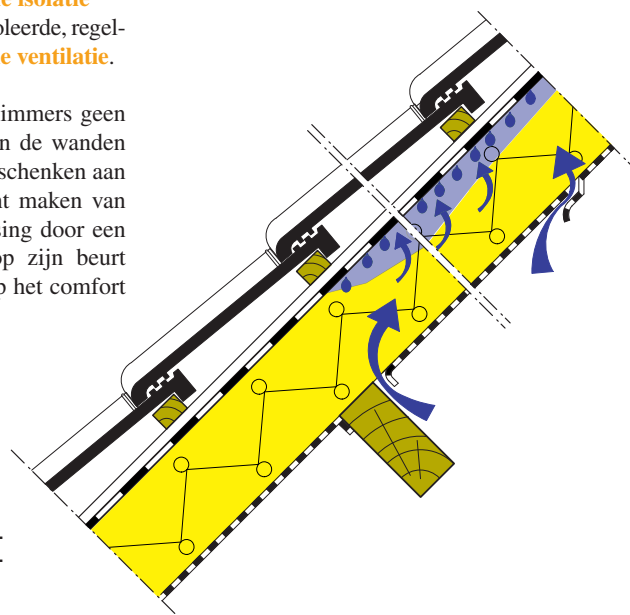
2 EEN ONAFSCHEIDELIJK TRIO

De luchtdichtheid van de gebouwschil maakt deel uit van een globale strategie die tot doel heeft om een comfortabel en energiezuinig gebouw te creëren. Deze strategie omvat :

- het waarborgen van de **luchtdichtheid** van de gebouwschil
- het voorzien van een voldoende dikke en correct uitgevoerde **thermische isolatie**
- het verzekeren van een gecontroleerde, regelmatig onderhouden **hygiënische ventilatie**.

In termen van energie heeft het immers geen enkele zin om de isolatiedikte in de wanden op te drijven zonder aandacht te schenken aan de luchtdichtheid. Het luchtdicht maken van een gebouw zonder luchtverversing door een gecontroleerde ventilatie kan op zijn beurt een nadelige weerslag hebben op het comfort

Afb. 2 Voorstelling van het condensatierisico in een dak met een gebrekkige luchtdichtheid.



en de gezondheid van de gebruikers. Hieruit blijkt duidelijk dat de drie voornoemde aspecten onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn.

Dit principe is uiteraard van toepassing op alle nieuwbouwconstructies, maar moet ook aangewend worden in het geval van renovatiewerkzaamheden.

3 DE EPB-REGELGEVING EN LUCHTDICHTHEID

De reglementeringen evolueren tegen een alsmaar sneller tempo. Zo zorgt de herziening van de Europese Energieprestatierichtlijn ervoor dat onze drie Gewesten maatregelen moeten treffen om vanaf 2020 te komen tot een bijna energieneutraal nieuwbouwwoningpark (*). In de beleidsverklaring van het Waalse Gewest staat vermeld dat alle nieuwe gebouwen vanaf 2017 passief (of equivalent) moeten zijn. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zou dit het geval moeten zijn vanaf 2015. In Vlaanderen zal het E-peil vanaf 2014 beperkt worden tot maximum E60. Met deze ambitieniveaus in het achterhoofd is de luchtdichtheid – of deze nu expliciet geëist wordt of niet – een thema waar men niet langer omheen kan.

Op dit ogenblik bevatten de reglementeringen nog geen rechtstreekse luchtdichtheidseis. Deze parameter wordt echter wel in aanmerking genomen bij de berekening van het peil van primair energieverbruik, meer bepaald door de beoordeling van de verliezen door infiltratie (koude lucht die het gebouw binnendringt en die verwarmd moet worden) en exfiltratie (warme lucht die het gebouw verlaat en die vervangen moet worden). Deze verliezen worden duidelijk onderscheiden van de verliezen die gepaard gaan met de hygiënische ventilatie.

(*) 'Uiterst energiezuinig leren bouwen : 10 jaar om een revolutie waar te maken'. D. Van Orshoven en P. D'Herdt. Brussel, [WTCB-Dossiers nr. 2011/3.15](#).

De tabel hiernaast geeft een overzicht van de belangrijkste verschillen tussen de huidige EPB-regelgevingen en het passieflabel.

Een gevoeligheidsstudie in het kader van het project 'Construire avec l'énergie' met de steun van het Waalse Gewest, heeft aangetoond dat een luchtdoorlaatbaarheid $\dot{V}_{50}$ van $2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ toelaat om, naargelang van de configuratie, 10 tot 15 E-punten te winnen in vergelijking tot de waarde bij ontstentenis die gebruikt wordt in afwezigheid van een infiltrimetrische proef. De reële energetische (en economische) winsten die hieruit voortvloeien, kunnen oplopen tot niet minder dan 10 %.

De huidige gebouwen, opgetrokken zonder bijzondere aandacht voor de luchtdichtheid, vertonen in de regel een $\dot{V}_{50}$ die begrepen is tussen de 6 en de $12 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$. **Dankzij een doordacht ontwerp en een verzorgde uitvoering zou deze waarde kunnen verbeteren tot zo'n $2 \text{ à } 6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$. Om een waarde van minder dan $2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ te kunnen bereiken, is er evenwel een grondige expertise vereist en dit, zowel op het niveau van het ontwerp als de uitvoering.** Hierbij moeten alle bouwknopen het voorwerp uitmaken van een aangepaste studie en dringt zich een sensibilisering van alle betrokken bouwvakkers op. Ook een pressurisatieproef in de werffase (oriënterende proef) kan in deze context goed van pas komen (zie het artikel op p. 22).

4 HOE KAN MEN HOGE LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIES BEREIKEN ?

4.1 HET ONTWERP, EEN ESSENTIËLE STAP

De ontwerper kan in de contractuele bepalingen niet alleen de te behalen luchtdichtheidsprestatie opleggen, maar dient ook aan te geven hoe men deze kan bereiken. Verder moet hij zich vergewissen van de haalbaarheid ervan en dient hij de kritieke punten te minimaliseren door een nauwkeurig vooronderzoek. Hij dient eveneens te zorgen voor een goede keuze van de materialen en de afdichtingsproducten

Vergelijking tussen de EPB-regelgevingen en het passieflabel.

EPB-regelgevingen	Passieflabel
Verplicht karakter	Vrijwillige demarche : label gevraagd door de bouwheer
De luchtdichtheidseis wordt uitgedrukt in $\dot{V}_{50}$ met als eenheid de $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	De luchtdichtheidseis wordt uitgedrukt in n_{50} met als eenheid het vol/h
Nog geen expliciete eis. Een meting die aan toont dat de resultaten beter zijn dan de waarde bij ontstentenis ($12 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$) laat echter toe om het E-peil te verbeteren (10 tot 15 E-punten)	Een expliciete eis : $n_{50} \leq 0,6 \text{ vol/h}$
Berekening met behulp van de EPB-softwarepakketten	Berekening met behulp van de PHPP-software (passiehuizen)

en voor een efficiënte communicatie tussen de verschillende bouwberoepen. Door een oriënterende luchtdichtheidsproef vóór de eindmeting zal het ten slotte mogelijk zijn om sommige uitvoeringsaspecten te corrigeren. Dergelijke ingrepen zijn echter vaak tijdrovend en/of duur. Gelet op het feit dat bepaalde dichtheidsgebreken in ontoegankelijk geworden delen (bv. dampscherm van een dak waarvan de binnenafwerking aangebracht werd) of die inherent zijn aan het ontwerp (bv. integratie van een garage in het beschermde volume) achteraf niet meer weggewerkt kunnen worden, is het bovendien noodzakelijk om hierop te anticiperen.

4.1.1 BEPALING VAN HET AF TE DICHTEN VOLUME

De ontwerper bepaalt niet alleen welke ruimten deel uitmaken van het thermisch geïsoleerde en verwarmde volume, maar ook de positie van het luchtscherm. Het gaat hierbij niet alleen om de afbakening van het beschermde volume ten opzichte van de buitenomgeving (of een aangrenzend volume), maar ook om de precieze situering van het luchtscherm in de wand (zie afbeelding 4, p. 4). De positie van het luchtscherm in de wand kan namelijk een belangrijke invloed hebben op de ononderbroken uitvoering ervan ter hoogte van de bouwknopen. De aannemer kan voorstellen om de positie van het luchtscherm te wijzigen met het oog op de verbetering van zijn uitvoering, de kosten of de resultaten.

4.1.2 PLAATSING VAN DE TECHNISCHE INSTALLATIES

Doorboringen van het luchtscherm kunnen aan de bron liggen van lekken en moeten dan ook tot een minimum beperkt worden. Om dergelijke doorboringen te vermijden, dient men voldoende aandacht te besteden aan de keuze en de plaatsing van de technische installaties.

Ruimten die omwille van de brandveiligheid of de luchtkwaliteit een permanente ventilatie vereisen (liftkokers, technische kokers, garages, stookplaatsen, ...) en die de luchtdichtheid bijgevolg negatief beïnvloeden, zouden niet in het beschermde volume (verwarmd en geïsoleerd) opgenomen mogen worden of vergen een aangepaste oplossing (zie het artikel op p. 5). Zo moeten de stookplaatsen waarin een open verbrandingstoestel (type B) opgesteld is, steeds geventileerd worden. Het is dan ook beter om te kiezen voor een gesloten verbrandingstoestel (type C) of om de stookplaats niet op te nemen in het beschermde volume (zie het artikel op p. 6).

Ondanks het feit dat er voor de meeste leidingen (ventilatie, verwarming, elektriciteit, telecommunicatie, sanitair, gas, ...) speciale mantelbuizen en moffen bestaan waarmee het mogelijk is om de wanddoorvoeringen af te dichten (zie het artikel op p. 19), zal het bij bepaalde opbouwen, zoals de doorvoering van kabelgoten, quasi onmogelijk zijn om

VERSCHILLENDE FUNCTIES

Luchtscherm

Het luchtscherm moet vermijden dat er buitenlucht zou binnendringen in het gebouw en omgekeerd dat er binnenlucht zou ontsnappen naar buiten toe. Het wordt langs de warme zijde van de isolatie geplaatst. Vermits een dampscherm ook luchtdicht is, kan het de rol van luchtscherm vervullen.

Onderdak

Het onderdak wordt langs buiten geplaatst, d.w.z. langs de koude zijde van de isolatie. Het kan fungeren als regen- en windscherm, maar mag niet gebruikt worden als luchtscherm.



Afb. 3 Opsporing van luchtlekken wanneer het gebouw in onderdruk geplaatst wordt tijdens een pressurisatieproef.

verzorgd tewerk te gaan. Het is dus essentieel om vanaf het ontwerp de positie van de leidingdoorvoeringen te bepalen met het oog op de goede uitvoering ervan. Hiertoe moeten de bouwvakkers die verantwoordelijk zijn voor de realisatie van een mof vooraf ingelicht worden over de aard van het luchtscherm, zodanig dat ze een correcte aansluiting tussen de mof en het luchtscherm kunnen verwezenlijken en zodoende de continuïteit ervan kunnen veiligstellen. Dit aspect illustreert het belang van een goede communicatie tussen de verschillende partijen.

Voor wat betreft de in de muren geïntegreerde uitrustingen (elektrische kabels, spots, waterleidingen, ...) dient men de nodige aandacht te besteden aan hun positionering en de gekozen technologieën (zie p. 8 voor de behandeling van contactdozen en p. 10 voor het gebruik van technische voorzetwanden).

4.1.3 KEUZE VAN DE AARD VAN HET LUCHTSCHERM

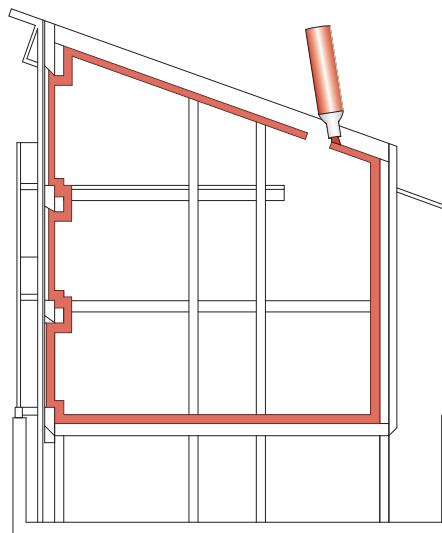
De ontwerper dient geschikte materialen te kiezen om de luchtdichtheid van de meest courante wanden tot stand te brengen :

- dampschermen (indien het gaat om houtskeletbouw en timmerwerk)
- een bepleistering (indien het gaat om muren uit metselwerk)
- platen (indien het gaat om houtskeletbouw)
- ter plaatse gestort beton
- geïndustrialiseerde systemen.

Verder is het noodzakelijk om ook de aansluitingen tussen de platen en/of de wachtfolie lucht dicht af te werken. Bij de keuze van het buitenschrijnwerk dient men ten slotte vol-



Afb. 5 Detail dat een aangepaste coördinatie vereist : de wachtfolie wordt op de gordingen geplaatst, waarna het timmerwerk gemonteerd wordt. Vervolgens sluit men deze wachtfolie aan op het damp-scherm om de continuïteit van het luchtscherm over het volledige dakschild te waarborgen.



Afb. 4 Principe- en detailschema ter illustrering van de positie van het luchtscherm (rode lijn).

doende rekening te houden met het gewenste prestatieniveau (zie het artikel op p. 16).

4.1.4 ONDERZOEK VAN DE UITVOERINGSDETAILS

De ontwerper dient zo snel mogelijk de details die een risico inhouden voor de luchtdichtheid te identificeren (aansluiting schrijnwerk-muur, muurvoet, aansluiting tussen de dampschermen van het dakschild en de puntgevel, ...). Verder moet hij bij de offerteaanvraag een volledig en gedetailleerd overzicht geven van de mogelijke oplossingen (eventueel met een verwijzing naar referentiedocumenten waarin beproefde standaardoplossingen opgenomen zijn) en hierbij eveneens aangeven welke elementen een invloed kunnen hebben op de luchtdichtheid. Verder is het van groot belang dat deze informatie overgemaakt wordt aan de betrokken partijen op de bouwplaats.

4.1.5 COMMUNICATIE EN PLANNING

De uitvoering van energetisch performante gebouwen vergt strenge luchtdichtheidseisen. Dit zal aanleiding geven tot een grondige wijziging van de huidige bouwmethoden.

De coördinatieverantwoordelijke heeft in deze context een belangrijke rol te spelen : zo dient hij alle personen die betrokken zijn bij het project in te lichten over het belang van het luchtscherm. Voor bepaalde details (zie de artikels op de pp. 10, 12 en 18) zal het nodig zijn om de opeenvolging van de verschillende taken te herzien. Deze herziening moet grondig bestudeerd worden en vervolgens geïntegreerd in de planning door de coördinatieverantwoordelijke.

4.2 LUCHTDICHT BOUWEN : DE LOGISCHE VOLGORDE

Los van een ontwerp, aangepast aan de beoogde prestaties, dient men ook toe te zien op

een verzorgde uitvoering. Naast de luchtdichtheid van de lopende delen, die bij 'zware' en 'lichte' constructies respectievelijk verzekerd wordt door de binnenbepleistering en een specifiek membraan, dient men eveneens aandacht te schenken aan de details. De coördinatie van de werken is hierbij cruciaal. Men moet immers niet alleen waarborgen dat het luchtscherm correct gerealiseerd wordt (bv. bepleistering ter hoogte van de technische kokers), maar ook dat de betrokken bouwvakkers geen schade zouden toebrengen aan de reeds uitgevoerde werken. Luchtdichtheid is dus een zaak voor iedereen en het spreekt voor zich dat een permanente dialoog nodig is om conflicten te vermijden.

In de volgende artikels wordt dieper ingegaan op de uitvoering van het luchtscherm en wordt de aandacht toegespitst op de details die een bijzondere coördinatie vereisen. De aspecten die aan bod komen, zijn de volgende :

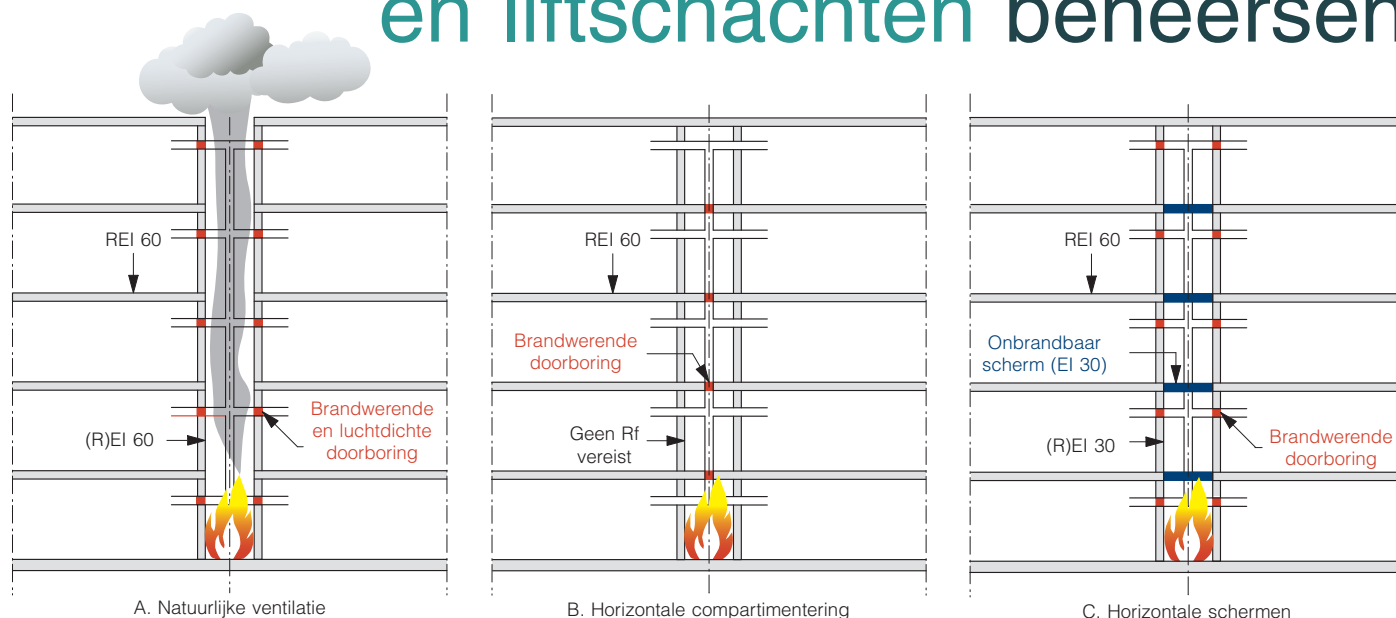
- zogenoemde zware constructies : **metselwerk en betonnen wanden** → p. 8
- lichte wanden (bv. **houtskeletbouw wanden**) → p. 10
- **hellende daken** → p. 12
- **platte daken** → p. 14
- het **schrijnwerk** en de aansluiting ervan op de ruwbouw → p. 16
- de beheersing van de **doorboringen** → p. 19.

4.3 CONTROLE VAN HET RESULTAAT EN TUSSEN-TIJDSE METINGEN

Eens de werken ten einde zijn, dient men de werkelijk verkregen luchtdichtheid op te meten. Vermits het in dit stadium zeer moeilijk is om nog verbeteringen door te voeren, is het aanbevolen om vooraf over te gaan tot één of meerdere oriënterende proeven. Deze laatste dienen niet noodzakelijk uitgevoerd te worden volgens de voorschriften uit de norm, maar moeten wel toelaten om eventuele lekken op te sporen met het oog op hun behandeling (zie het artikel p. 22). ■

De constructieve evoluties die opgelegd worden door de EPB-reglementeringen kunnen op een aantal obstakels stuiten die verband houden met de wettelijke brandveiligheidsvoorschriften. Dit artikel gaat dieper in op de natuurlijke ventilatie van technische kokers en liftschachten, wat volgens verschillende reglementeringen verplicht is. Deze eis staat het verkrijgen van een goede luchtdichtheidsprestatie echter dikwijls in de weg.

De ventilatie van technische kokers en liftschachten beheersen



Drie oplossingen om de luchtdichtheid, de ventilatie en de brandveiligheid van technische kokers met elkaar te verzoenen (middelhoge gebouwen).

Deze verplichting is van kracht voor alle gebouwen die onderworpen zijn aan het koninklijk besluit tot vaststelling van de basisnormen inzake brandpreventie : kantoorgebouwen, appartementsgebouwen, openbare gebouwen, ... maar niet voor eengezinswoningen die buiten het toepassingsgebied van voornoemd besluit vallen. De eisen uit dit besluit hebben tot doel om :

- in normale omstandigheden een **toereikende verluchting** van de liftkooi te waarborgen met het oog op het comfort van de gebruikers
- in geval van brand een **toereikende rook- en warmteafvoer** te verzekeren.

Daar waar de technische kokers bij eengezinswoningen bij voorkeur binnen het beschermde volume zouden moeten liggen, is het tegengestelde waar voor de technische kokers en liftschachten van de gebouwen die onder de basisnormen vallen. In dit geval is de natuurlijke ventilatie van de kokers niet langer onverenigbaar met een goede globale luchtdichtheidsprestatie van het gebouw. Dit kan echter wel gepaard gaan met een aantal moeilijkheden op technisch vlak en op het gebied van het ontwerp en de uitvoering. Zo zullen alle doorboringen van de koker door de technische installaties, door de toegangsluiken, maar ook door de liftdeuren – voor zover deze het verwarmde volume afschermt – luchtdicht afgewerkt moeten worden. Hierna volgen nog enkele andere oplossingen die zowel tegemoet komen aan de brandveiligheids- als de luchtdichtheidseisen.

TECHNISCHE KOKERS

Om de natuurlijke ventilatie van de technische kokers (d.m.v. een opening die overeenstemt met 10 % van de totale horizontale kokersectie met een minimum van 400 cm²) achterwege te mogen laten (zie afbeelding A), stelt het koninklijk besluit tot vaststelling van de basisnormen inzake brandpreventie voor om :

- de koker te **compartimenteren** door de vloer te laten doorlopen en een brandwerende inrichting te voorzien aan elke doorboring door een leiding of een kanaal (zie afbeelding B)
- de opening te **verdelen** met behulp van horizontale schermen uit een onbrandbaar materiaal (A1, volgens de norm NBN EN 13501-1), die de volledige vrije ruimte tussen de kanalen innemen en een brandweerstand EI 30 (Rf ½ h) voor lage en middelhoge gebouwen vertonen en een brandweerstand EI 60 (Rf 1 h) voor hoge gebouwen. In de praktijk gaat het erom de ruimte tussen de kanalen en de koker op te vullen met mortel en/of rotswol (zie afbeelding C).

Als de technische koker gasleidingen bevat, moet men volgens de normen NBN D 51-003 en D 51-006 :

- in het geval van een niet-gecompartimenteerde koker op het hoogste punt een opening van 150 cm² naar buiten toe voorzien
- in het geval van een gecompartmenteerde

koker op elke verdieping een opening van 150 cm² naar binnen toe voorzien.

Deze eis is niet van toepassing indien de leidingen verbonden werden door lassen (staal) of hardsolderen (koper).

Als het gaat om een koker die verbrandingsgasafvoerleidingen bevat, moeten deze laatste zich in een afzonderlijk compartiment binnenin de koker bevinden. De twee compartimenten van de koker moeten elk afzonderlijk geventileerd worden door een hoge en een lage verluchtingsopening (zie de norm NBN B 61-002 en het herzieningsontwerp van de norm NBN B 61-001). Deze koker dient dus buiten het beschermde volume geplaatst te worden.

LIFTSCHACHTEN

Een alternatief voor de natuurlijke ventilatie van de liftkoker door een opening met een minimale sectie van 1 of 4 % van het horizontale kokeroppervlak (zie koninklijk besluit) bestaat erin om de ventilatieopening uit te rusten met een gemotoriseerde klep die automatisch opengaat als er nood is aan ventilatie voor het comfort van de gebruikers, in geval van brand of bij een defect aan de energiebron. Men dient eveneens een manuele opening voor de brandweerdiensten te voorzien. Vandaag moet er voor deze oplossing een afwijkingaanvraag ingediend worden. ■

Het is een feit dat er in onze gebouwen alsmear meer technische installaties (water, gas, elektriciteit, telecommunicatie, verwarming, ventilatie, koeling, ...) geïntegreerd worden. In dit artikel trachten we dan ook een aantal aangepaste oplossingen aan te reiken om de ongunstige weerslag van deze installaties op de luchtdichtheid van de gebouwschil binnen de perken te houden.

Technische installaties en de luchtdichtheid van gebouwen

Het is een goede gewoonte om de leidingen, kanalen en kabels in de mate van het mogelijk in het beschermde volume van het gebouw te integreren. In vele gevallen zal het echter noodzakelijk zijn om ook de ruimten die niet tot het beschermde volume behoren (zolders, kelders, kruipruimten, ...) van een aantal leidingen en kanalen te voorzien. De kans is dan ook reëel dat deze het luchtscherm van het gebouw zullen doorboren, waardoor de beoogde luchtdichtheid in het gedrang kan komen.

Men dient ook rekening te houden met het feit dat bepaalde toestellen voor hun goede werking een directe toevoer van buitenlucht vereisen (bv. stookketels, kachels, gasfornuizen, ...). Als gevolg van de hiertoe te voorzien niet-afsluitbare openingen zal het in voorkomend geval onmogelijk zijn om te komen tot een lage globale permeabiliteit van de gebouwschil.

Indien het gebouw dient te beantwoorden aan hoge luchtdichtheidseisen, zal men bij het ontwerp ervan meer dan ooit de volgende aspecten in het achterhoofd moeten houden :

- de positionering van de onderdelen van de technische installaties (leidingen, kanalen, ...) teneinde de doorboring van het luchtscherm te vermijden of toch tot een minimum te beperken
- de noodzaak om specifieke voorzieningen aan te brengen om de luchtdichtheid ter plaatse van de doorboringen te waarborgen
- het feit dat men bij de keuze van de installatieonderdelen ook de luchtdichtheidsprestatie in aanmerking dient te nemen.

VERWARMINGSINSTALLATIES

De warmteproductie voor de verwarming van gebouwen en/of de opwarming van sanitair water, geschiedt vandaag de dag nog vaak door de verbranding van fossiele brandstoffen (aardgas, stookolie, hout, steenkool, ...). Hierbij kunnen twee types warmtegeneratoren (stookketels) onderscheiden worden : apparaten met een open verbrandingskamer en toestellen met een gesloten verbrandingskamer.

In het eerste geval haalt de warmtegenerator de nodige verbrandingslucht uit de ruimte waarin hij opgesteld is en worden de verbrandingsgassen afgevoerd door een verticaal afvoerkanal (schoorsteen). In het tweede geval wordt de verbrandingslucht rechtstreeks uit de buitenomgeving ontnomen en worden de rookgassen rechtstreeks naar buiten afgevoerd via een gesloten circuit.

De goede werking van stookketels of **individuele verwarmingsapparaten met een open verbrandingskring** vereist dus een voldoende aanvoer van verbrandingslucht in de opstellingsruimte. Concreet betekent dit dat er in het onderste deel van de opstellingsruimte een niet-afsluitbare opening aanwezig dient te zijn, die rechtstreeks uitgaat op de buitenomgeving (zie afbeelding 1) en waarvan de doorsnede afhankelijk is van het toesteltype en het verwarmingsvermogen. In het geval van een gasketel met een atmosferische brander die voorzien is van een valwind-/trekonderbreker (toestel van het type B1) dient men volgens de normen NBN B 61-001, B 61-002 en D 51-003 bijvoorbeeld rekening te houden met een opening van 6 cm² per kW vermogen (d.w.z. een opening van 120 cm² voor een ketel van 20 kW), terwijl er in het geval van een houtketel voor eenzelfde vermogen een opening van 600 cm² nodig zal zijn (d.w.z. een opening van 30 cm² per kW).

De aansluiting van een ketel van het type B1 op een schoorsteen vergt niet alleen een toevoeropening voor de verbrandingslucht, maar tevens een bijkomende afvoer van de omgevingslucht naar de buitenomgeving, wat met andere woorden een extra doorboring van het luchtscherm teweegbrengt.

Volgens bovenvermelde normen is het evenzeer nodig om de opstellingsruimte van de warmtegenerator van een hoge ventilatie te voorzien, teneinde een ongewenste verhoging van de ruimtetemperatuur ten gevolge van het warmteverlies van de ketel en diens uitrustingen (leidingen, kraanwerk, wisselaars, ...) te vermijden. Deze ventilatie geschiedt doorgaans op een natuurlijke wijze, via een niet-



Afb. 1 Ventilatie van de opstellingsruimte.

afsluitbare opening die aan de bovenzijde van de ruimte uitgaat op de buitenomgeving (zie afbeelding 1). Voor sommige generatoren kan men eveneens een beroep doen op een mechanische afzuiging.

Het spreekt voor zich dat de opstelling van generatoren met een open verbrandingskring een zeer ongunstige invloed heeft op de luchtdichtheid van de gebouwschil. Het is dan ook aanbevolen om dergelijke generatoren buiten het beschermde volume te plaatsen.

Het is evenzeer belangrijk te weten dat er inzake de toevoer van verbrandingslucht en de schoorsteentrek gelijkaardige voorschriften van toepassing zijn voor individuele verwarmingstoestellen met een open verbrandingskring (kachels, inzettoestellen, open haarden, ...) die aangesloten zijn op een schoorsteen en zich in een ruimte met menselijke bezetting binnen het beschermde volume bevinden. Deze eisen dienen strikt nageleefd te worden teneinde de goede verbranding te verzekeren, de kwaliteit van de binnenlucht te waarborgen en het risico op een CO-vergiftiging te vermijden.

Algemeen kan men stellen dat de veiligste oplossing erin bestaat om te opteren voor toestellen met een **gesloten verbrandingskring** (type C), die hun verbrandingslucht rechtstreeks uit de buitenomgeving halen zonder een beroep te doen op niet-afsluitbare openingen in de buitenwanden van de opstellingsruimte. Ondanks het feit dat de opstellingsruimte ook in dit geval een bijkomende hoge ventilatie vereist, kan deze gemakkelijk gerealiseerd worden door het verplicht aanwezige ventilatiesysteem van het gebouw. Toestellen van het type C vertonen bovendien het belangrijke voordeel dat ze probleemloos in het merendeel van de ruimten van het beschermde volume opgesteld kunnen worden (zie afbeelding 2).

GASTOESTELLEN VAN HET TYPE A

Er bestaan ook gastoestellen met een open verbrandingskring die niet aangesloten zijn op een schoorsteen en die volgens de norm NBN D 51-003 aangeduid worden als toestellen van het type A. Het gaat hier om apparaten zoals keukengeisers voor plaatselijke aftappunten (aanrecht, lavabo), wasmachines, huishoudelijke droogkasten, koelkasten, ... Dergelijke apparaten vereisen niet alleen een luchttoevoeropening, maar ook een verluchting in het bovenste deel van hun opstellingsruimte. Om de luchtdichtheid van de gebouwschil niet in het gedrang te brengen, is het dan ook aanbevolen om deze buiten het beschermde volume te plaatsen.

Deze aanbeveling is moeilijk te realiseren in het geval van gasgestookte kookfornuizen (toestellen van het type A), die zich normaal gesproken altijd binnen het beschermde volume bevinden. In principe zal er voor dergelijke toestellen dus steeds een aparte luchttoevoeropening noodzakelijk zijn. Om de goede werking van de ventilatie-installatie in de keuken te waarborgen, dient men bij het ontwerp ervan voldoende rekening te houden met de aanwezigheid van deze opening.

Opmerking : mobiele verwarmingstoestellen (bv. op vloeibare petroleum of commercieel butaan) vergen een permanente luchttoevoer. Als men de goede luchtdichtheid van het gebouw wil vrijwaren, zijn dergelijke toestellen dan ook afgeraden.

GASMETERS EN DRUKREDUCEERPOSTEN VOOR AARDGAS

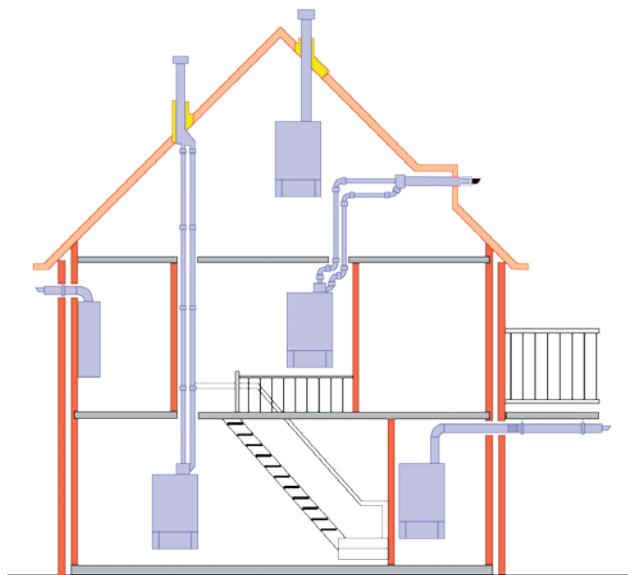
Er zijn eveneens ventilatievoorschriften van kracht voor de vertrekken of kasten binnenin het gebouw die de gasmeters en/of drukreducerposten voor aardgas bevatten. Deze eisen zijn opgenomen in de norm NBN D 51-001, die van toepassing is voor installaties met grotere vermogens (nominaal gasdebiet > 100 m³/h). De eisen uit deze norm zijn evenwel weinig expliciet, zodanig dat de KVBG een aantal meer gedetailleerde regels van goede praktijk opgesteld heeft, die hierna kort samengevat zijn.

De gasmeter moet zich bevinden in een droge ruimte die minstens uitgerust is met een hoge niet-afsluitbare natuurlijke-verluchtingsopening met een minimale sectie van 150 cm² voor een gasdebiet van minder dan 100 m³/h en van 500 cm² indien het gasdebiet groter is.

Teneinde de luchtdichtheid van de gebouwschil niet in het gedrang te brengen, is het ten stelligste aanbevolen om de ruimten die de gasmeters en de drukreducerposten bevatten, buiten het beschermde volume te houden.

MECHANISCHE VENTILATIESYSTEMEN EN ANDERE KANALEN- EN LEIDINGNETTEN

In het geval van een mechanisch ventilatiesysteem zou het volledige kanalenet bij voorkeur binnen het beschermde volume geplaatst moe-



Afb. 2 Opstellingsmogelijkheden voor toestellen met een gesloten verbrandingskring (type C).

ten worden. Daarnaast zou men ervoor moeten zorgen dat de wanden van de gebouwschil enkel doorboord worden door het aanvoerkanal voor de verse lucht en het afvoerkanal voor de bezoedelde lucht.

Ook voor de andere kanalen- en leidingnetten (bv. waterleidingen, gasleidingen, elektriciteitsleidingen, telecomunicatieleidingen, ...) blijft de stelregel om alle overbodige doorboringen van het luchtscherm te vermijden en om binnen het beschermde volume voldoende kokers, spouwen en technische ruimten te voorzien waarin deze kanalen en dergelijke ingewerkt kunnen worden.

BESLUIT

Teneinde te vermijden dat de hierboven aangehaalde technische installaties een negatieve invloed zouden uitoefenen op de luchtdichtheid van de gebouwschil, zou men moeten toetsen of deze beantwoorden aan het criterium van de aanbevolen plaatsing ten opzichte van het beschermde volume, dat in onderstaande tabel samengevat is onder de vorm van een aantal eenvoudige stelregels. ■

Aanbevolen plaatsing van technische installaties ten opzichte van het beschermde volume.

Technische installatie	Aanbevolen plaatsing ten opzichte van het beschermde volume
Centrale of individuele verwarming met generatoren met een gesloten verbrandingskring	Binnen het beschermde volume, voor zover het vermogen kleiner blijft dan 70 kW
Centrale of individuele verwarming met generatoren met een open verbrandingskring	Buiten het beschermde volume. De doorboringen kunnen beperkt worden door de collectoren binnen het beschermde volume te plaatsen
Opslag en productie van warm water (onafhankelijk van de stookketel)	- Toestellen met een open verbrandingskring : buiten het beschermde volume. De doorboringen kunnen beperkt worden door de collectoren binnen het beschermde volume te plaatsen - Toestellen met een gesloten verbrandingskring en elektrische boilers : binnen het beschermde volume
Gasmeter en drukreducerpost voor aardgas	Buiten het beschermde volume
Mechanisch ventilatiesysteem	Bij voorkeur binnen het beschermde volume. Uit plaatsgebrek worden dergelijke systemen echter dikwijls in een onverwarmde ruimte geplaatst. In voorkomend geval is het aanbevolen om het aantal doorboringen te beperken
Elektriciteitsmeter	Binnen of buiten het beschermde volume (het aantal doorboringen blijft gelijk)
Elektriciteitsbord en domotica	Binnen het beschermde volume

Luchtdichtheid speelt een belangrijke rol in elke fase van het bouwproces, zo ook tijdens de ruwbouw. In dit artikel wordt de luchtdichtheid van de lopende wand- en vloerdelen besproken. Hierbij bestaat de moeilijkheid erin om de continuïteit van de luchtdichtheid ter hoogte van de aansluitingsdetails te verzekeren. Dit wordt op het einde van dit artikel geïllustreerd door de bouwknop 'vloer op de volle grond-gevel'.

Luchtdicht bouwen : aandachtspunten in de ruwbouwfase

1 LUCHTDICHTHEID VAN DE LOPENDE WANDELEN

Om de luchtdichtheid van metselwerk te waarborgen, zal er gewoonlijk een traditionele binnenbepleistering (doorgaans op basis van gips) noodzakelijk zijn. De loutere opvoeging ervan (ongeacht de aard van de metselstenen of -blokken) laat immers niet toe om hoge luchtdichtheidsprestaties te bereiken. De rechtstreekse beschikking van het metselwerk levert bovendien een minder goede luchtdichtheid op dan de voorafgaandelijke bepleistering ervan. De luchtdoorlatendheid van een bepleisterde muur ligt namelijk een factor 10 tot 20 lager dan deze van een geschilderde muur.

De luchtdichte afwerking van zichtbaar metselwerk kan gebeuren door het aanbrengen van een cementering aan de spouwzijde van het dragende metselwerk. Hierbij dient men echter rekening te houden met het feit dat de spouwankers het luchtscherm veelvuldig zullen doorboren. Bovendien zal het luchtscherm achteraf niet meer toegankelijk zijn voor de uitvoering van eventuele herstellingen (bv. het afdichten van scheuren). Een luchtscherm langs de spouwzijde van het dragende metselwerk kan daarenboven de luchtdichte aansluiting met het schrijnwerk en de muurvoeten bemoeilijken. Een dergelijke uitvoering is dan ook niet aangewezen wanneer men een performante luchtdichtheid wenst te bekomen.

Bij toepassing van een voorzetwand dient men het metselwerk eerst luchtdicht af te werken, vermits dit achteraf niet langer toegankelijk zal zijn.

2 AANDACHTSPUNTEN

De zekeringkast wordt bij voorkeur binnen het beschermde volume geplaatst om luchtlekken via de elektriciteitsleidingen te vermijden (zie het artikel op p. 6). Het is ook aangewezen om zo min mogelijk stopcontacten, schakelaars en leidingdoorvoeren in de buitenmuren te voor-



Afb. 1 Contactdoos met een verbeterde luchtdichtheid.

zien, omdat deze het luchtscherm plaatselijk kunnen perforeren. Wanneer men toch beslist om een stopcontact of schakelaar aan te brengen in een buitenmuur of om de zekeringkast buiten het beschermde volume te plaatsen, kan men gebruik maken van **contactdozen** met een verbeterde luchtdichtheid (zie afbeelding 1). Men dient steeds toe te zien op de luchtdichte aansluiting tussen de bepleistering en de contactdoos.

Als er leidingen aangebracht dienen te worden tegen een buitenmuur uit metselwerk, wordt het muuropervlak – gelet op het feit dat dit achteraf moeilijker bereikbaar zal zijn – bij voorkeur vooraf bepleisterd (zie afbeelding 2).

Indien er in de buurt van een gevel een binnendeur in een dwarsmuur aangebracht wordt (zie afbeelding 3, p. 9), dient men toe te zien op de luchtdichte afwerking van het metselwerk dat zich in de deuropening bevindt. Dit kan onder meer verwezenlijkt worden door er een binnenbepleistering op aan te brengen. In voorkomend geval dient men bij de maatvoering van de deuropening voldoende rekening te houden met de dikte van deze bepleistering.

De bepleistering ter hoogte van de aansluiting

van de muur met het plafond kan ingesneden worden en vervolgens afgewerkt met behulp van een soepele voeg (zie afbeelding 1 uit het artikel op p. 14).

3 LUCHTDICHTHEID VAN DE LOPENDE VLOERDELEN

De luchtdichtheid van de lopende vloerdelen wordt in principe gewaarborgd door een ter



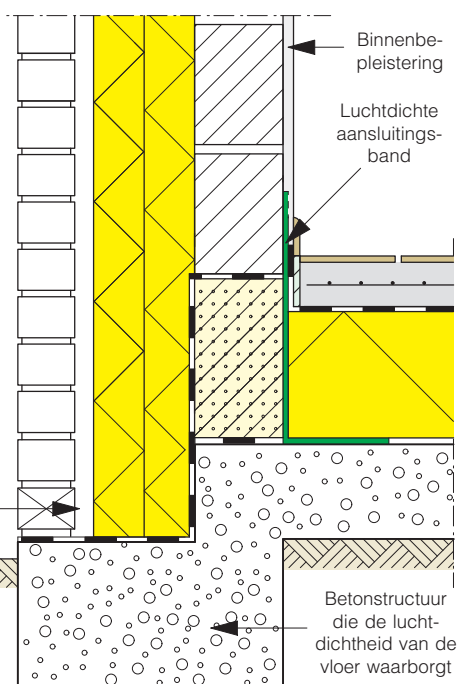
Afb. 2 Het luchtscherm zou bij voorkeur geplaatst moeten worden vóór de bevestiging van de leidingen tegen een buitenmuur uit metselwerk.

4 BOUWKNOOP 'VLOER OP DE VOLLE GROND-GEVEL'

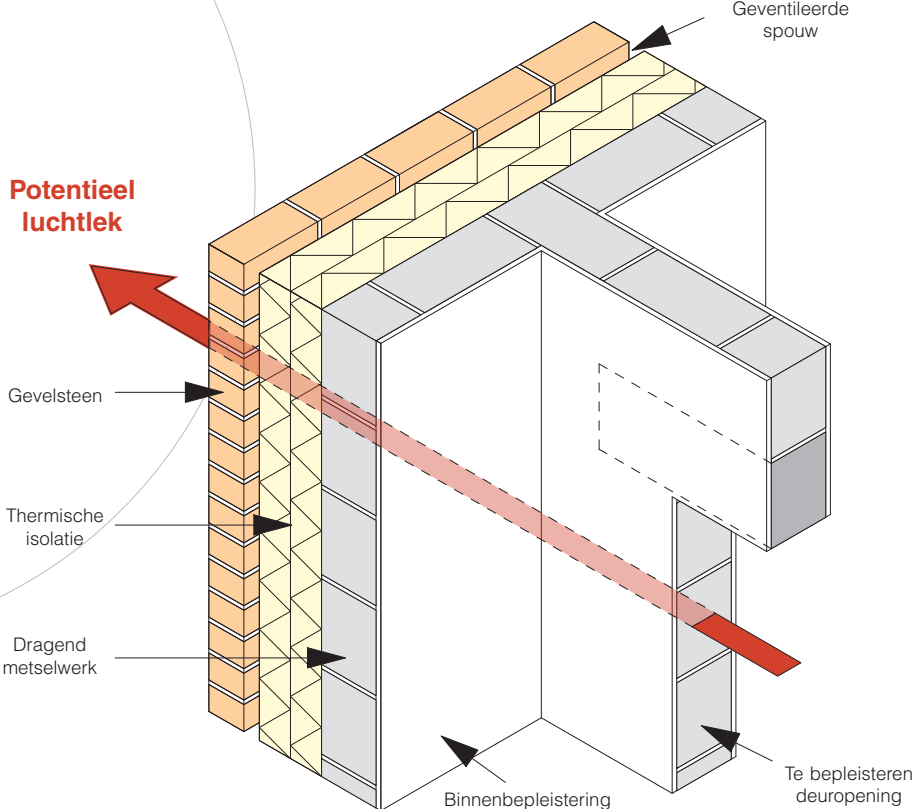
Om de luchtdichte aansluiting van de vloer op de volle grond met de gevel tot stand te brengen, kan men gebruik maken van speciaal hiertoe ontwikkelde **aansluitingsbanden**, die aan de ene zijde voorzien zijn van een wapeningsnet en aan de andere zijde van een folie. Dergelijke aansluitingsbanden worden met de foliezijde op de dragende betonvloer verlijmd alvorens de thermische isolatie en de dekvloer erop aangebracht worden. Om te komen tot een goede hechting tussen de folie en de betonnen ondergrond, dient de vloer droog en stof- en vetvrij te zijn. De aansluiting tussen de vloer en de folie wordt gerealiseerd door een ononderbroken lijmsnoer dat verkregen wordt door gebruik te maken van een voldoende grote hoeveelheid lijmkit. De aansluitingsband wordt vervolgens tegen de wand omhoog geplooid, waarna het wapeningsnet in de binnenbepleistering ingebed wordt.

Als alternatief zou men tevens gebruik kunnen maken van een folie die zowel op de draagvloer als op de bepleistering verlijmd wordt. Het spreekt voor zich dat ook hier de basisprincipes voor de opvatting van de muurvoet nageleefd dienen te worden om vochtproblemen te vermijden (zie afbeelding 4).

Indien er leidingen in de buitenmuur ingewerkt zijn, kan men de continuïteit van het luchtscherm ter hoogte van de vloer ofwel verzekeren door de leidingen te integreren in een uitvullingslaag, ofwel door een plaatselijke mortelbrug te voorzien, dan wel door de folie te doorboren en toe te zien op de luchtdichte aansluiting ervan met de leidingen. ■



Afb. 4 Basisprincipes voor de opvatting van de muurvoet.



Afb. 3 Binnendeur in de buurt van een gevel.

plaatse gestorte betonnen draagvloer. Men dient in dit geval echter wel de nodige aandacht te schenken aan de aansluiting ervan met de gevels (zie § 4).

Ook de aanwezigheid van constructievoegen in de draagvloer kan aanleiding geven tot luchtlekken. Om dit te verhelpen, zou men ter hoogte van deze voegen een luchtdichtingsfolie met een bewegingsmogelijkheid op de ondergrond kunnen verlijmen. Men maakt in deze context meestal gebruik van elastomere afdichtingsmembranen.

Ondanks het feit dat geprefabriceerde betonvloeren normaalgesproken over een toereikende intrinsieke luchtdichtheid beschikken, dient men niettemin de nodige zorg te besteden aan de luchtdichte afwerking van de voegen tussen de vloerelementen. Dit wordt doorgaans

gerealiseerd met behulp van een tweedefasebeton, dat aangewend wordt als voegvulling of als druklaag. Daarnaast dient men erop toe te zien dat de holten in de welfsels bij het storten van de druklaag correct afgedicht worden (zie afbeelding 1 uit het artikel op p. 14).

Om de luchtdichte aansluiting van de vloer met de wand op de verdieping te realiseren, zou men ervoor kunnen opteren om de binnenbepleistering tot vlak tegen de draagvloer uit te voeren of een luchtdichte folie te plaatsen die de verbinding tussen deze twee elementen tot stand brengt. Men eindigt hierbij met de uitvoering van de dekvloer en de vloerafwerking. Het spreekt evenwel voor zich dat de alternatieve oplossingen, die ontwikkeld werden voor toepassing op het gelijkvloers, eveneens in overweging genomen kunnen worden voor de verdiepingvloer.

COÖRDINATIE VAN DE WERKEN

Het verkrijgen van goede luchtdichtheidsprestaties vergt niet zelden een aanpassing van onze bouwgewoonten en van de volgorde waarin de verschillende taken uitgevoerd moeten worden. De coördinatie van de werken en de correcte informering van de verschillende betrokkenen zijn in deze context van zeer groot belang. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de bepleistering van de wanden van de technische kokers. Deze taak moet immers niet alleen voorzien worden in de contractuele documenten, maar moet tevens uitgevoerd worden vóór de plaatsing van de leidingen, wat in de huidige bouwpraktijk doorgaans niet het geval is. Teneinde te komen tot een hoge graad van luchtdichtheid moeten er bijgevolg verschillende taken herzien worden.

In dit artikel nemen we de luchtdichtheid van de buitenwanden uit houtskeletbouw onder de loep. De houten beplating die aangebracht wordt ter verstijving van de constructie speelt hierbij vaak een belangrijke rol. Daarnaast dient men de nodige aandacht te besteden aan de luchtdichte afwerking van de eventuele voegen en perforaties. Ook de correcte aansluiting met de andere gebouwelementen mag hierbij niet uit het oog verloren worden.

Houtskeletbouw en luchtdichtheid

LUCHTDICHTHEID VAN DE HOUTEN BEPLATING

De luchtdichtheid van een houtskeletwand wordt doorgaans gerealiseerd door de beplating die de verstijving van de constructie verzekert. Tegenwoordig gebruikt men hiervoor meestal OSB-platen, spaanplaten of houtvezelcementplaten.

Bij de keuze van het plaattype dient men zich bij de fabrikant goed te informeren omtrent de luchtdichtheid ervan. Platen waarvan de luchtdoorlatendheid bij een drukverschil van 50 Pa minder dan $0,1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ bedraagt, worden als voldoende luchtdicht beschouwd.

De luchtdichtheid van de platen is afhankelijk van het fabricageproces en kan dus in sterke mate verschillen. Zo is de voorbije jaren op diverse bouwplaatsen gebleken dat een deel van de aangewende OSB-platen een ontoereikende luchtdichtheid vertoonden. Indien de fabrikant hun luchtdichtheid niet kan waarborgen, dient er bijgevolg een extra luchtscherm aangebracht te worden. Dit geldt met name voor gebouwen waaraan zeer hoge luchtdichtheidseisen gesteld worden. Indien er in dergelijke gebouwen tijdens de uitvoering van de pressurisatieproef twijfels rijzen omtrent de luchtdichtheid van het plaatmateriaal (bv. indien het beoogde luchtdichtheids-

niveau niet behaald wordt ondanks het feit dat alle details correct uitgevoerd werden), kan men de proef op de som nemen door een deel van de buitenwand af te kleven met een stuk luchtdichte folie. Als deze folie bij het in onderdruk plaatsen van het gebouw al na enkele minuten bol komt te staan, wijst dit erop dat de luchtdichtheidsprestaties van de plaat ontoereikend zijn.

LUCHTDICHTE AFWERKING VAN DE EVENTUELE VOEGEN EN PERFORATIES

De voegen tussen de platen moeten afgedicht worden. Dit geschiedt meestal met kleefband (zie afbeelding 1). Bij de keuze van het type kleefband is het belangrijk om rekening te houden met de aard van de ondergrond (hout, beton, ...). Een duurzame verkleving vereist bovendien dat het oppervlak stofvrij en droog is. Om de luchtdichtheid ter plaatse van de eventuele doorboringen te garanderen, kan men gebruik maken van hulpmiddelen zoals geprefabriceerde manchetten (zie het artikel op p. 19).

Teneinde doorboringen door leidingen te vermijden, is het aangeraden om een leidingsspouw te voorzien. De breedte van deze spouw zou minstens 50 mm moeten bedragen, opdat er voldoende ruimte zou zijn om de plaatsing van stopcontacten toe te laten. In deze holle ruimte kan ook een bijkomende thermische isolatie aangebracht worden, met mogelijke positieve effecten op de geluidsisolatie.



Afb. 1 De voegen en perforaties in de houten binnenbeplating worden afgedicht met kleefband.



Afb. 2 Aansluiting van een houtskeletwand op een betonnen vloerplaat door middel van een strook kunststoffolie.

AANSLUITINGEN OP DE ANDERE GEBOUWELEMENTEN

Om een goede luchtdichtheid te bereiken, dient men tevens toe te zien op de correcte aansluiting van de houtskeletwanden op de andere gebouwelementen.

Teneinde de luchtdichte aansluiting van een houtskeletwand op een betonnen vloerplaat te waarborgen, wordt er doorgaans gebruik gemaakt van aansluitingsstroken uit kunststof (zie afbeelding 2) die door een kit- of kleefverbinding bevestigd worden op de houten platen enerzijds en via een ononderbroken kitvoeg op de betonvloer anderzijds. Ook de eventu-

OPMERKING

Bij traditionele houtmassiefbouw zijn de houten wanden op zich meestal niet voldoende luchtdicht en dient men desgevallend een extra luchtscherm aan te brengen. Geprefabriceerde massieve houten panelen vertonen doorgaans wel een toereikende luchtdichtheid, op voorwaarde dat ze samengesteld zijn uit op elkaar verlijmd planken. Het spreekt voor zich dat ook de voegen tussen deze elementen luchtdicht afgewerkt moeten worden.

ele doorboringen doorheen deze aansluitingsstroken (bv. door leidingen) moeten luchtdicht afgewerkt worden (bv. met een geschikte kleefband).

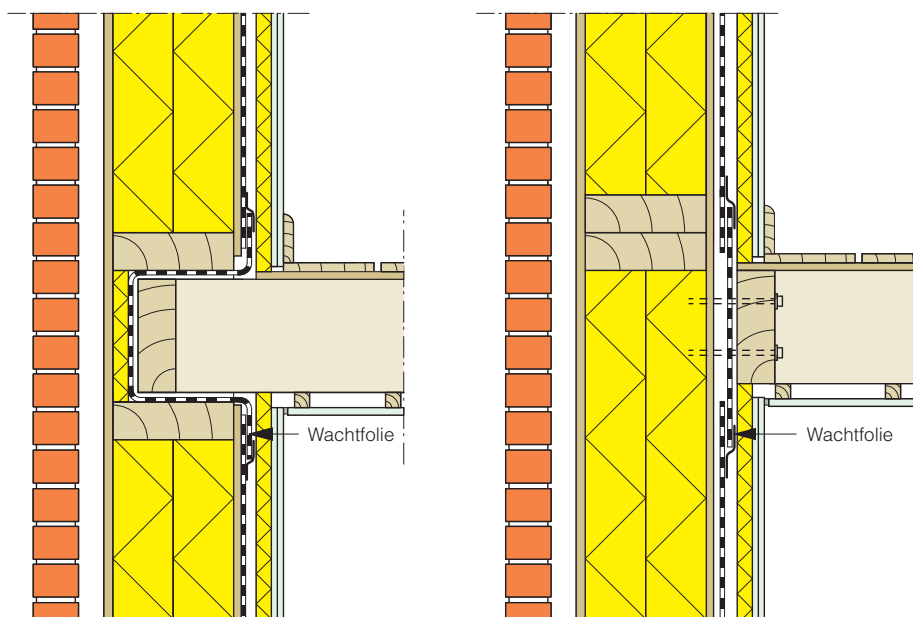
De luchtdichte aansluiting tussen een hout-skeletwand en een houten verdiepingsvloer gebeurt in de regel met behulp van een wachtfolie die aangebracht wordt vóór de plaatsing van de vloer (zie afbeelding 3, links). Deze wachtfolie wordt in een latere fase op de binnenbeplating of op het luchtscherm gekleefd. Wanneer de vloerstructuur tussen de verticale wanden aangebracht wordt (zie afbeelding 3, rechts) en de beplating de rol van luchtscherm vervult, is een wachtfolie strikt genomen niet noodzakelijk, voor zover de voegen tussen de platen luchtdicht afgewerkt werden.

Ook ter plaatse van de aansluiting van de binnenmuren op de buitenmuren dient men voldoende aandacht te schenken aan de luchtdichtheid. De continuïteit van deze aansluiting kan enerzijds gegarandeerd worden door een wachtfolie aan te brengen die later aangesloten wordt op het luchtscherm van de wanden (zie afbeelding 4, links), of anderzijds door toe te zien op de continuïteit van de binnenbeplating van de gevels. De voegen tussen deze platen moeten luchtdicht afgekleefd worden vóór de uitvoering van de binnenwanden (zie afbeelding 4, rechts).

AANSLUITING OP BUITENSCHRIJNWERKELEMENTEN EN DAKEN

De aansluiting van houtskeletwanden op buitenschrijnwerkelementen en daken gebeurt volgens de principes, beschreven in het artikel op p. 12. Bij hellende daken wordt het luchtscherm meestal met kleefband op het plaatmateriaal van de houtskeletwanden bevestigd.

Om de correcte plaatsing van vensters in een houtskeletwand te waarborgen, kan gebruik gemaakt worden van vooraf in het plaatmateriaal geïntegreerde kaders uit multiplex. Men kan in deze context echter ook zijn toevlucht nemen tot andere methoden, zoals het afdichten van de voeg tussen de raamprofielen en de houten wand met kleefband of een elastisch blijvend PUR-schuim. ■



Afb. 3 Aansluiting van een houtskeletwand op een houten verdiepingsvloer.



Afb. 4 Luchtdichte aansluiting van een binnenwand op een buitenwand met een wachtfolie (links) en met een doorlopende beplating (rechts).

LUCHTSCHERM OF WINDSCHERM ?

Ongeacht de uitvoeringswijze van het luchtscherm, is het ten stelligste aanbevolen om aan de buitenzijde van de isolatielaag een folie aan te brengen die bescherming biedt tegen vocht en luchtstromen van buitenaf. Deze fenomenen kunnen de thermische weerstand van de isolatielaag immers sterk verminderen. De bescherming aan de buitenzijde van de houtskeletbouw wand speelt daarom steeds de rol van windscherm, terwijl men aan de binnenzijde (de warme zijde) van de isolatielaag meestal een luchtscherm voorziet.

Teneinde begripsverwarring te voorkomen, zullen wij de term 'luchtscherm' voorbehouden voor de materiaallagen die tot doel hebben om luchtstromingen (luchtlekken) doorheen de constructie tegen te gaan (van de buitenomgeving naar de binnenzijde van het gebouw of omgekeerd). Een 'windscherm' heeft daarentegen voornamelijk tot doel om de stroming van buitenlucht in of rond de warmte-isolatielaag (en de hiermee gepaard gaande warmteverliezen) tegen te gaan.

Het windscherm en het luchtscherm hebben dus verschillende functies.

De luchtdichte uitvoering van hellende daken is bijzonder belangrijk, vermits deze laatste door hun positie aan de bovenzijde van het gebouw uiterst gevoelig zijn voor vochtproblemen (bv. door de exfiltratie van lucht vanuit de binnenruimten) (zie [Infofiche 12](#)). De ontwerper en de aannemer moeten dus, in samenspraak met de andere betrokken bouwpartners, de nodige maatregelen treffen om een aanvaardbaar niveau van luchtdichtheid te bereiken. Hiertoe dienen ze niet alleen te zorgen voor een goed ontwerp en een zorgvuldige uitvoering, maar tevens de nodige aandacht te besteden aan de aansluitingsdetails.

Luchtdichtheid van hellende daken : de details maken het verschil

HET BELANG VAN EEN GOED ONTWERP

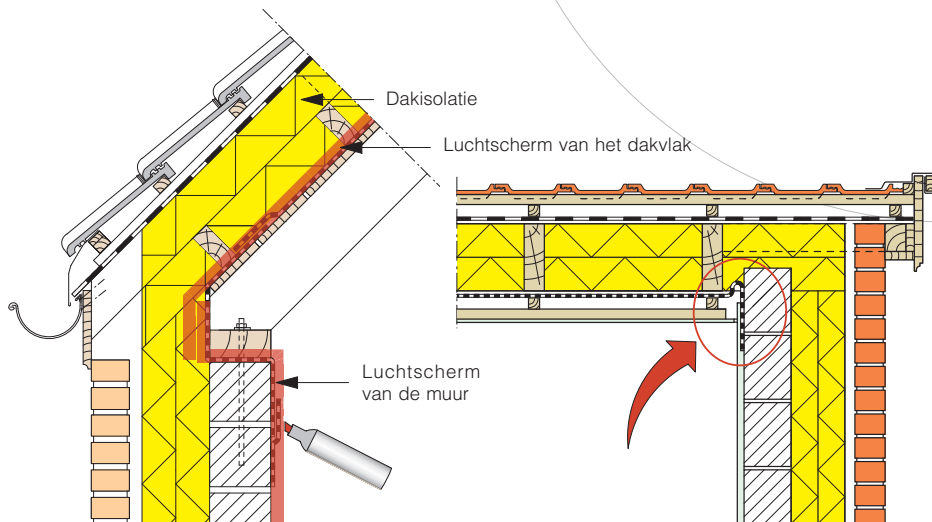
Het luchtscherm in hellende daken is meestal opgebouwd uit een specifiek hiervoor bestemd product (gewoonlijk een membraan of een folie), dat doorgaans ook de rol van damp-scherm vervult. In het merendeel van de gevallen wordt het dan ook langs de onderzijde (d.i. de warme zijde) van de isolatielaag aangebracht. De loutere plaatsing van een luchtscherm (zoals voorgesteld in afbeelding 1) is evenwel niet voldoende. Ook de verschillende aansluitingsdetails moeten luchtdicht afgewerkt worden en dit, zowel bij nieuwbouw als bij renovatie.

Het gaat hierbij voornamelijk om :

- de aansluiting van het dakvlak op de omliggende bouwcomponenten (gevels, andere dakvlakken, het platte dak, de vloer, ...)
- de onderbreking of doorboring van het luchtscherm door de timmerwerkelementen (gordingen, spanten, nokbalken, muurplaten, ...)
- de doorboring van het dakvlak door ventilatiebuizen, schoorstenen, leidingen, ...
- de randen van de dakvlakvensters



Afb. 1 Voorbeeld van een onvoldoende luchtdichte dakconstructie in een rijwoning als gevolg van een onzorgvuldige uitvoering.



Afb. 2 en 3 Mogelijke posities van het luchtscherm in het dakvlak en de muur.

- de randen van de zolderluiken (indien het luchtscherm zich ter hoogte van de zoldervloer bevindt).

In de [WTCB-Dossiers 2005/4.10](#) en [2007/3.9](#) wordt voor een aantal van deze aansluitingsdetails uiteengezet hoe de luchtdichtheid gerealiseerd kan worden. Voor het luchtdicht maken van de doorboringen van het dakvlak verwijzen we naar het artikel op p. 19.

GEVELAANSLUITING

Het aantal en de complexiteit van de aansluitingsdetails zouden tot een minimum beperkt moeten worden. Dit kan gebeuren door een geschikte keuze van het daktimmerwerk (gordingen- of sporensantendak) enerzijds en door de plaatsingswijze van het luchtscherm van het dakvlak hierop af te stemmen anderzijds, rekening houdend met de positie van het luchtscherm in de aanpalende muren (zie afbeeldingen 2 en 3). Dit impliceert dat de luchtdichtheid reeds vanaf de ontwerpfase en de stabiliteitsstudie in aanmerking genomen dient te worden.

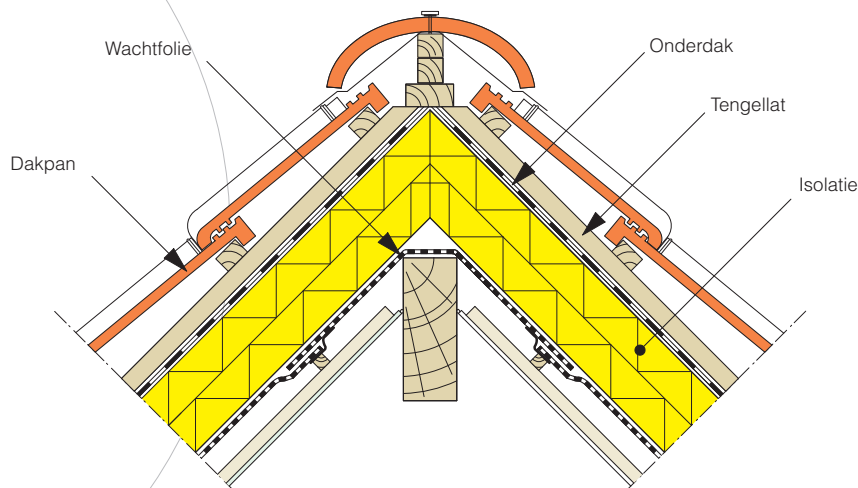
In deze context willen we erop wijzen dat een isolatie volgens het **sarkingprocedé** toelaat om een ononderbroken luchtdichte laag te

realiseren over het volledige dakvlak. Ook in dit geval zal het echter noodzakelijk zijn om oplossingen uit te werken voor de randaansluitingen. Luchtdicht bouwen start met andere woorden met een goed ontwerp, dat de aannemer in staat stelt om de aansluitingsdetails op een pragmatische en efficiënte manier uit te voeren.

NOK- EN GORDINGAANSLUITING

Hierna beschouwen we de situatie waarbij de isolatie aangebracht wordt tot tegen de nokbalk (zoals gebruikelijk bij een gordingendak en voorgesteld in afbeelding 4, p. 13). Het luchtscherm moet in dit geval continu doorlopen over dit aansluitingsdetail. Het volstaat met andere woorden niet om het luchtscherm vast te nieten op de nokbalk : ook de naden tussen de folie en het hout moeten afgekleefd worden. Gelet op het feit dat deze plaats moeilijk bereikbaar is (vooral bij steile hellingen), zal dit in de praktijk niet altijd eenvoudig te realiseren zijn. Hierdoor is het mogelijk dat de kleefband die de luchtdichte verbinding moet waarborgen, onvoldoende aangedrukt kan worden en na verloop van tijd loskomt.

Het is bijgevolg pragmatischer om een wachtfolie te plaatsen tussen de nokbalk



Afb. 4 Voorbeeld van een nokaansluiting.

en de kepers en deze achteraf aan te sluiten op het luchtscherm van het dakvlak (zie afbeelding 4). Dit principe kan zowel bij nok- als bij gordingbalken toegepast worden. Men dient er echter wel op toe te zien dat de gebruikte wachtfolie breed genoeg is om de correcte aansluiting ervan op het luchtscherm van het dakvlak toe te laten. In deze context kan het eveneens nuttig zijn om zijn toevlucht te nemen tot een transparante wachtfolie. Zodoende zullen de eventueel op het timmerwerk aangebrachte merktekens immers zichtbaar blijven. Verder is het belangrijk om voldoende rekening te houden met de compatibiliteit tussen de verschillende toegepaste materialen.

AANSLUITING BINNENMUUR-DAKVLAK

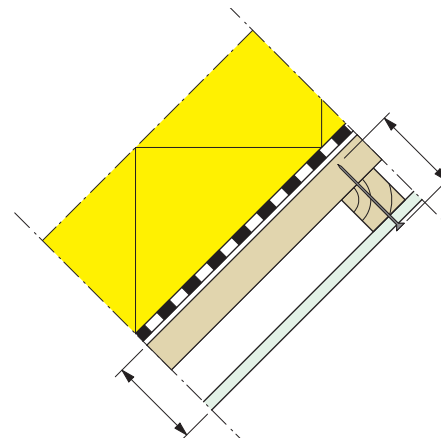
Gelet op het feit dat er luchtstromingen kunnen optreden in de holle ruimten van een hout-skeletbouwwand of doorheen het poreuze en op zich niet-luchtdichte metselwerk van een gemetselde muur, kan het enerzijds raadzaam zijn om de binnenmuren door de timmerman te laten voorzien van een wachtfolie, of ander-

zijds om de binnenmuren – indien het niet-dragende wanden betreft – pas uit te voeren na het aanbrengen van een luchtscherm over het volledige dakvlak (zie afbeeldingen 6 en 7). Dit principe geldt zowel voor skeletbouw- als massiefbouw wanden.

Ter plaatse van de aansluiting van het luchtscherm van het dakvlak op het luchtscherm van de aanpalende bouwcomponenten (bv. de muren), is het aangeraden om een plooi te voorzien, teneinde de eventuele differentiële bewegingen van de structuur toe te laten, zonder de kleefverbindingen aan de omtrek los te trekken (zie afbeelding 3, p. 12).

HET NUT VAN EEN LEIDINGSPOUW

Hellende daken worden vaak langs onder afgewerkt met een beplating (bv. uit gipskarton). Deze platen worden doorgaans door schroeven op een dragende onderstructuur aangebracht. De breedte van de leidingspouw en het gekozen bevestigingssysteem zijn hierbij zeer belangrijk. Deze moeten namelijk zodanig zijn dat het risico op doorboring vermeden wordt



Afb. 5 Leidingspouw in een hellend dak. Het bevestigingssysteem moet zodanig ontworpen worden dat het luchtscherm – zelfs indien het beweegt onder invloed van de wind – niet doorboord wordt.

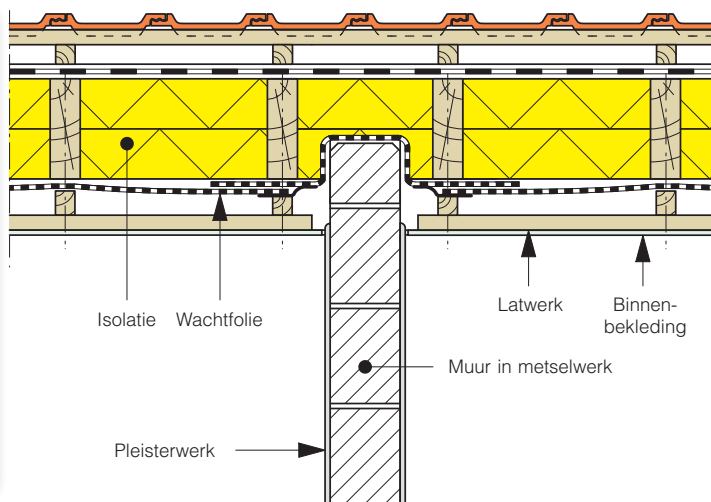
(en dit, zelfs indien het luchtscherm beweegt onder invloed van de wind). De plaatselijke doorboring van het luchtscherm om ruimte te maken voor inbouwspots, leidt niet zelden tot een sterke verzwakking van het luchtscherm (en de isolatielaag) en wordt daarom niet toegestaan. ■

COÖRDINATIE VAN DE WERKEN

Voornoemde werken vergen een uitstekende coördinatie tussen de verschillende bouwberoepen. Zo moet de timmerman de wachtfolie aangebracht hebben op de gordingen of nokbalken en de binnenmuur vóór de plaatsing van de kepers en moet de dakdekker het dak ter hoogte van de binnenmuren voorzien hebben van de nodige isolatie vóór de plaatsing van het onderdak, vermits deze plaats naderhand niet langer toegankelijk is. De metser of houtskeletbouwconstructeur moet er op zijn beurt voor zorgen dat de binnenmuur niet te hoog in het dakcomplex doordringt en dat de bovenzijde ervan geen te scherpe (afgeschuinde) kanten vertoont.



Afb. 6 Aansluiting van een binnenmuur en een nok op het dakvlak. De continuïteit van het luchtscherm wordt gerealiseerd met behulp van een wachtfolie.



Afb. 7 Aansluiting van een binnenmuur op het dakvlak. De continuïteit van het luchtscherm wordt gerealiseerd met behulp van een wachtfolie.

De luchtdichtheid in de lopende delen van een plat dak kan in principe op drie verschillende manieren gerealiseerd worden : door middel van een luchtdichte dakvloer, door middel van het damp scherm of door middel van de dakafdichting. Opdat de gebouwschil luchtdicht zou zijn, dient men erop toe te zien dat de continuïteit tussen het luchtscherm van het platte dak en dat van de buitenmuren gewaarborgd wordt. De luchtdichtheid van de buitenmuren wordt doorgaans tot stand gebracht door de binnenbepleistering of door het voorzien van luchtdichtheidsfolies langs de binnenzijde van de wanden.

Luchtdichtheid van de gebouwschil bij platte daken

LUCHTDICHTHEID BIJ BETONNEN DAKVLOEREN

Indien de dakvloer uit beton bestaat, is het deze laatste die de luchtdichtheid van het platte dak verzekert. De continuïteit van de luchtdichtheid kan in dit geval gewaarborgd worden door een luchtdichte verbinding van de (bepleisterde) betonvloer met het luchtscherm van de verticale wanden (zie afbeelding 1).

Men dient er in voorkomend geval wel over te waken dat het luchtscherm op geen enkele plaats onderbroken wordt. Zo dient men zich ervan te vergewissen dat de elektriciteitsleidingen de luchtdichtheid van de draagvloer niet kortsluiten. Men dient dus te vermijden dat de leidingen doorheen de volledige dikte van de draagvloer zouden doorlopen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door ze op breedvloerplaten of welfsels te leggen en vervolgens te bedekken met een tweedefasebeton (zie het artikel op p. 8).

LUCHTDICHTHEID BIJ LICHT E DAKVLOEREN

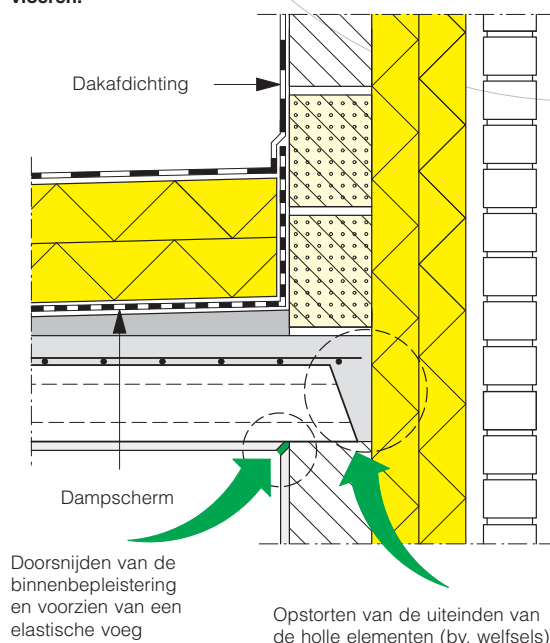
In het geval van lichte dakvloeren (bv. uit hout of stalen plooiplaten) laat de ondergrond niet toe om een toereikende luchtdichtheid tot stand

te brengen in de lopende delen. Het zal hier met andere woorden nodig zijn om een luchtdichte verbinding tussen het damp scherm en het luchtscherm van de muren te realiseren.

Het damp scherm moet bijgevolg perfect continu zijn en luchtdicht op alle detailleringen (dakopstanden, dakwaterafvoeren, ...) aangesloten worden. Indien het gebouw moet beantwoorden aan strenge luchtdichtheidseisen, mag dit laatste scherm niet door mechanische bevestigingen doorboord worden. Bij mechanisch bevestigde daksystemen of wanneer er geen damp scherm noodzakelijk is, zal men moeten zorgen voor een luchtdichte verbinding met de dakafdichting.

Om de continuïteit van de luchtdichtheid van het platte dak en de wanden te verzekeren, zal men bijgevolg een verbinding tot stand moeten brengen tussen de luchtschermen die zich respectievelijk boven en onder de draagvloer bevinden. Bij dakvloeren

Afb. 1 De continuïteit van de luchtdichtheid bij betonnen dakvloeren.

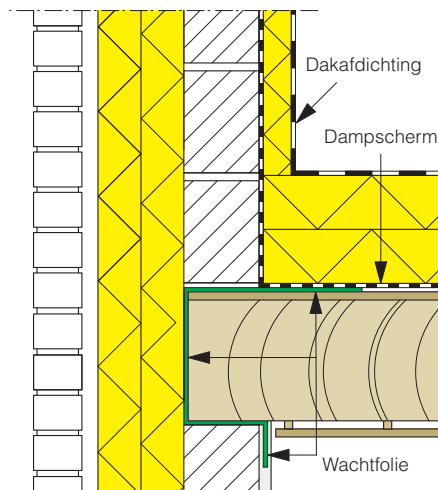


uit stalen plooiplaten zal het echter niet altijd mogelijk zijn om dit principe te respecteren.

Bij de constructie van een houten dakvloer zal



Afb. 2 en 3 Voorzien van een wachtfolie indien de draagbalken op het metselwerk opgelegd worden (de houten klossen tussen de draagbalken kunnen eventueel ook met metselwerk opgevuld worden).





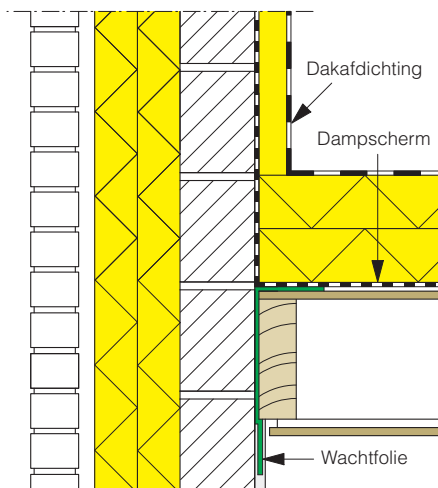
Afb. 4 en 5 Voorzien van een wachtfolie indien de niet-opgelegde draagbalken in de langsrichting naast de wanden geplaatst worden (zonder verankering).

men dan weer een wachtfolie moeten voorzien die met beide luchtschermen (in de wand en in het dak) verbindbaar is (zie afbeeldingen 2, 3, 4 en 5).

Een tweede oplossing – waarbij er eveneens gebruik gemaakt wordt van een wachtfolie – bestaat erin om de draagbalken in hun draagrichting niet op de buitenmuren op te leggen, maar om ze met behulp van draagschoenen aan de dragende buitenmuren te bevestigen (zie afbeeldingen 6 en 7).

Deze werkwijzen impliceren dat er een bijkomende coördinatie noodzakelijk is tussen de betrokken aannemers, aangezien er tijdens de uitvoering van het daktimmerwerk een voldoende brede wachtfolie voorzien moet worden die de continuïteit tussen het luchtscherm van het dak en de gevels dient te verzekeren.

Als alternatief (zie afbeelding 8) zou men onder de lichte draagvloer een bijkomend lucht-



scherm (bv. uit kunststoffolie) kunnen aanbrengen. Dit zou de coördinatie bij de aansluiting ervan op de luchtschermen van de buitenwanden sterk kunnen vereenvoudigen. Vermits dit bijkomende luchtscherm niet meer door de dakvloer beschermd wordt, zal het echter wel gevoeliger zijn voor latere beschadigingen of perforaties. Tussen dit luchtscherm en de plafondafwerking zou men bij voorkeur ook een leidingspouw moeten voorzien.

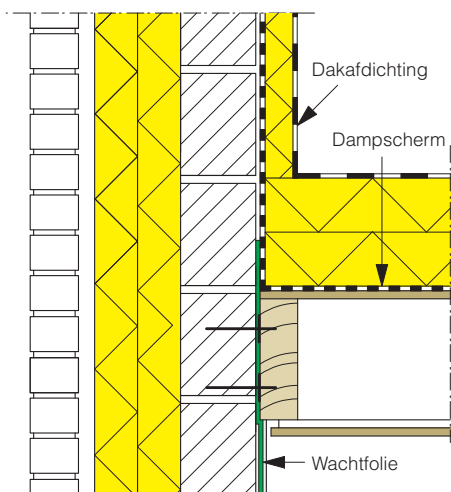
Vermits er in dit geval langs de binnenzijde een perfect luchtscherm gerealiseerd wordt, zou men er in principe voor kunnen opteren om de thermische isolatie van het platte dak tussen de draagbalken aan te brengen. Indien het luchtscherm een toereikende dampdichtheid vertoont, zal het risico op inwendige condensatie in deze dakopbouw immers zo goed als onbestaand zijn.

Een dergelijke dakopbouw wordt aangeduid als een 'compactdak'. Gelet op de specifieke randvoorwaarden die gepaard gaan met de opvatting ervan, zal dit daktype niet altijd praktisch uitvoerbaar zijn. Bovendien wordt deze dakopbouw momenteel niet toegelaten in de Technische Voorlichting 215. In een volgende uitgave van het magazine WTCB-Contact zullen we hier echter wel dieper op ingaan.

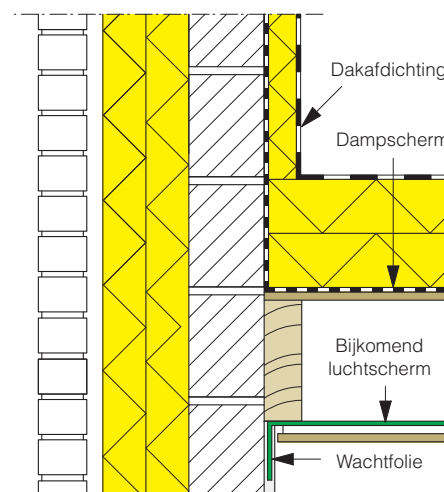
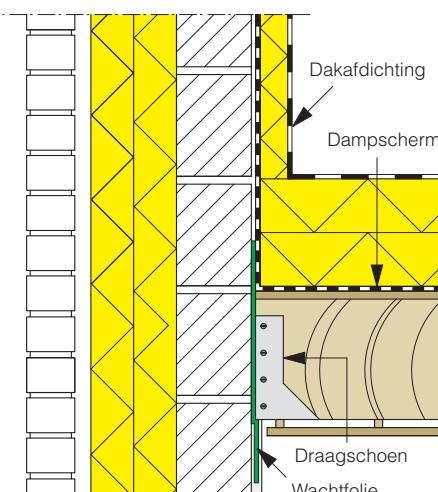
Strikt genomen zou men er ook voor kunnen opteren om het luchtscherm van de gevels langs de buitenzijde te voorzien. Hiertoe zou men langs de spouwzijde van het dragende metselwerk een cementering kunnen aanbrengen waarop vervolgens het luchtscherm van het platte dak aangesloten wordt. Indien het gebouw moet beantwoorden aan strenge luchtdichtheidseisen, zal deze oplossing evenwel niet altijd voldoende bieden (zie het artikel op p. 8). ■

COÖRDINATIE VAN DE WERKEN

Terwijl de coördinatie van de werken geen fundamentele wijzigingen ondergaat in het geval van zware constructies, ligt dit enigszins anders voor de zogenoemde 'lichte' dakconstructies (uit hout of uit staal). De plaatsing van de wachtfolies die toelaten om de luchtschermen van het dak aan te sluiten op de luchtschermen van de verticale wanden, moet immers in aanmerking genomen worden vanaf de ontwerpfase. Deze folies moeten aangebracht worden tijdens de uitvoering van de dakconstructie of tijdens de oprichting van het dragende metselwerk (wanneer dit de opstand vormt, zie afbeelding 3). De coördinatie tussen de metser, de timmerman, het bedrijf dat zorgt voor de dichtingswerken en de plafonneerder die verantwoordelijk is voor de inbedding van het uiteinde van de folie in de bepleistering moet dus aangepast worden.



Afb. 6 en 7 Verankering van de draagbalken aan de dragende buitenmuren met behulp van draagschoenen.



Afb. 8 Alternatieve oplossing met een bijkomend luchtscherm langs de binnenzijde.

Het buitenschrijnwerk kan een belangrijke invloed hebben op de globale luchtdichtheid van het gebouw. In tegenstelling tot de andere gebouwonderdelen, kunnen de intrinsieke prestaties van het buitenschrijnwerk wel in het laboratorium bepaald worden (onder meer in het kader van de CE-markering). Dankzij deze karakterisering is het mogelijk om over te gaan tot een prestatiegerichte keuze van het schrijnwerk. Gelet op het feit dat de beste prestatieklasse uit het huidige classificatiesysteem (d.i. de klasse 4) redelijk ruim is, levert deze echter slechts lacunaire informatie op. Indien men wenst te komen tot een geschikte keuze, dringt er zich bijgevolg een verdere onderverdeling van deze klasse op.

Luchtdichtheidsprestatieklassen voor buitenschrijnwerk

Tabel 1 Classificatie van vensters volgens hun luchtdoorlatendheid onder een druk van 100 Pa.

Klasse	Referentieluchtdoorlatendheid bij 100 Pa per oppervlakte-eenheid [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$]	Maximale proefdruk [Pa]	Referentieluchtdoorlatendheid bij 100 Pa per voeglengte-eenheid [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$]
0	Geen proef uitgevoerd		
1	50	150	12,5
2	27	300	6,75
3	9	600	2,25
4	3	600	0,75

De luchtdoorlatendheid van deuren en vensters wordt bepaald volgens de norm NBN EN 1026. Het luchtdebiet onder een druk van 100 Pa per voeglengte-eenheid of per oppervlakte-eenheid laat toe om de vensters in klassen in te delen (van 0 tot 4) volgens de norm NBN EN 12207 (zie tabel 1).

Het is gebleken dat het merendeel van de vensterramen de **klasse 4 (d.i. de beste klasse in het kader van de CE-markering voor vensters en deuren)** bereikt. Uit de analyse van de 300 laatste WTCB-proeven kwam bijvoorbeeld naar voren dat maar liefst 87 % van de onderzochte vensterramen – ongeacht hun aard – beantwoordde aan de klasse 4. Deze klasse is met andere woorden zeer ruim en

omvat tegenwoordig schrijnwerkelementen met de meest uiteenlopende prestaties. Zo vertonen de beste schrijnwerkelementen uit de klasse 4 een lekdebiet dat 5 tot 8 keer kleiner is dan dat van hun slechtst presterende tegenhangers.

Een **verdere onderverdeling van de klasse 4** lijkt dan ook wenselijk om de ontwerpers en de schrijnwerkers in staat te stellen schrijnwerkelementen te kiezen die beter aangepast zijn aan de gewenste luchtdichtheidsprestaties. De klassen 5 en 6, zoals voorgesteld in de grafiek op de volgende pagina, werden nog niet gevalideerd door het Europees Comité voor Normalisatie (CEN) en werden bijgevolg nog niet geïntegreerd in de norm NBN EN 12207.

DE HUIDIGE PRESTATIES VAN BUITENSCHRIJNWERK

In onderstaande tabel 2 zijn de luchtdichtheidsprestaties van de 300 laatste in het laboratorium onderzochte schrijnwerkelementen samengevat.

Uit deze tabel komt naar voren dat vensters met enkele vleugel en draaikipvensters doorgaans betere prestaties vertonen dan de andere schrijnwerktypes. Men treft deze vensters aan in het beste deel van de klasse 4. Schuiframen vertonen prestaties die een stuk onder deze van draaikipvensters liggen. Toch stelt men vast dat 80 % van de onderzochte schuiframen tot de klasse 4 behoren.

Tabel 2 Statistische verdeling van de luchtdichtheidsprestaties van de 300 laatste in het laboratorium onderzochte schrijnwerkelementen.

Klasse	Draaikipvensters en vensters met enkele vleugel	Vensters met dubbele vleugel	Schuiframen (alle types)	Verbonden elementen
2 (maximumdebiet bij 50 Pa : $17 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)	0 %	1,5 %	0 %	0 %
3 (maximumdebiet bij 50 Pa : $5,67 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)	8,0 %	7,6 %	18,4 %	6,8 %
4 (maximumdebiet bij 50 Pa : $1,89 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)	26,1 %	40,9 %	34,2 %	49,2 %
5 (maximumdebiet bij 50 Pa : $0,76 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)	27,3 %	24,2 %	36,8 %	27,1 %
6 (maximumdebiet bij 50 Pa : $0,38 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)	38,6 %	25,8 %	10,5 %	16,9 %

De luchtdichtheidsprestaties mogen niet beperkt worden tot louter en alleen maar een reeks materiaalcarakteristieken. De globale luchtdichtheid van vensterramen wordt naast de materiaalkeuze immers ook in sterke mate bepaald door de kwaliteit van de verbinding, de uitvoering en de nauwkeurigheid van het ontwerp.

In de praktijk verdienen de volgende punten dan ook de nodige aandacht :

- de continuïteit van de luchtdichtheidsrubbers
- de aandrukking van de luchtdichtheidsrubbers
- de afstelling van het hang- en sluitwerk
- de afmetingen van de aanslagen
- de kwaliteit van de verbindingen (lijmen, lassen, ...)
- de kwaliteit van de kitvoegen
- de stijfheid van de profielen
- het respecteren van de afmetingen (diagonalen, correcte speling tussen de vleugel en het vaste kader, afmetingen van de profielen, latten, ...)
- de maatvastheid van de profielen uit hout, PVC en aluminium
- het aantal sluitpunten
- de correcte dimensionering van de ophangpunten, ...

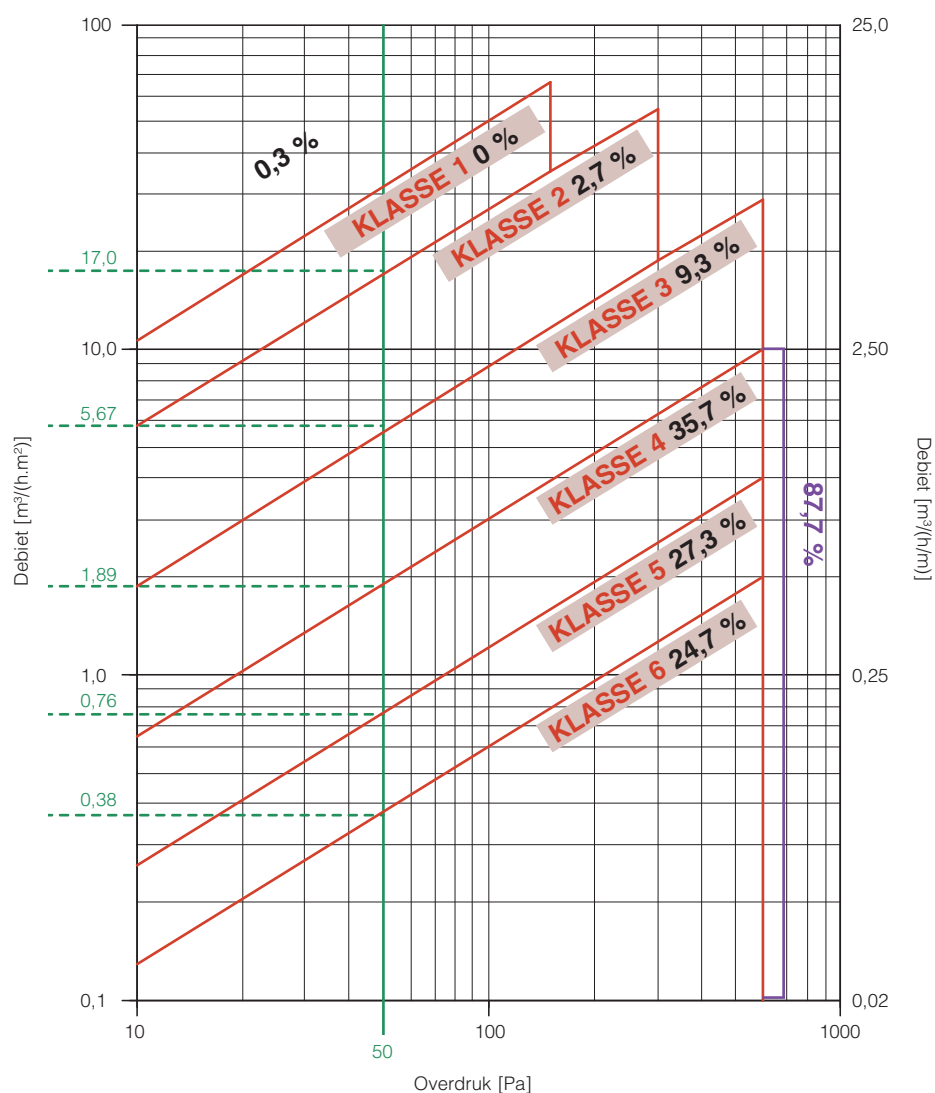
Het voorzien van bijkomende luchtdichtheidsrubbers (meervoudige aanslag) kan leiden tot een verbetering van de luchtdichtheid. Als de bedieningskracht van de vleugels echter beperkt is tot 100 N, kan de toename van het aantal aanslagen gepaard gaan met een verminderde aandrukking van de rubbers.

De norm NBN B 25-002-1 geeft een overzicht van de Belgische eisen. Voor het merendeel van de toepassingen wordt in deze norm minstens de klasse 3 opgelegd. Voor gebouwen met een hoge energieprestatie zal het evenwel nodig zijn om gebruik te maken van vensters die minstens tot de klasse 4 behoren (en waarvoor het debiet bij 100 Pa bij voorkeur lager is dan $1,2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$).

IMPACT OP DE LUCHTDICHTHEID VAN GEBOUWEN

Uit de analyse van meer dan 5.600 gebouwen is gebleken dat een belangrijk aandeel in de n_{50} -waarde (ventilatievoud bij 50 Pa) toe te schrijven is aan de luchtlekken doorheen het buitenschrijnwerk. Dit is in nevenstaande tabel statistisch weergegeven voor de geanalyseerde gebouwen en dit, naargelang van de luchtdichtheidsklasse van de vensters.

Indien men een woning met een hoge luchtdichtheidsprestatie ($n_{50} = 1$) voor ogen heeft, zullen de vensterramen uit de klasse 4 in de helft van de gevallen verantwoordelijk zijn voor meer dan 15 % van de lekken. In meer dan één geval op 10 zullen ze zelfs leiden tot



Luchtdichtheidsprestaties van de 300 laatst beproefde schrijnwerkelementen. Voorstel voor de verdere onderverdeling van de klasse 4.

Tabel 3 Aandeel in de n_{50} -waarde dat toegeschreven moet worden aan het schrijnwerk naargelang van de luchtdichtheidsklasse van de vensters.

Statistische analyse (percentiel)	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
Minimum	0,04	0,01	0,01	0,00
10 %	0,27	0,09	0,04	0,02
20 %	0,32	0,11	0,04	0,02
30 %	0,35	0,12	0,05	0,02
40 %	0,38	0,13	0,05	0,03
Gemiddeld	0,44	0,15	0,06	0,03
60 %	0,45	0,15	0,06	0,03
70 %	0,49	0,16	0,07	0,03
80 %	0,54	0,18	0,07	0,04
90 %	0,63	0,21	0,08	0,04
Maximum	1,76	0,59	0,23	0,12

verliezen van meer dan 20 % en dit, zonder rekening te houden met de lekken via de aansluiting tussen het schrijnwerk en de ruwbouw.

Door te kiezen voor vensterramen met betere

prestaties – zoals deze uit de klasse 6 – zullen de lekken via de vensters gemiddeld slechts verantwoordelijk zijn voor 3 % van het totale lekdebiet dat aanvaard wordt om een ventilatievoud n_{50} van 1 te bereiken. ■

Naast de evolutie en de diversifiëring van de bouwmethoden hebben de verhoogde noden en strengere eisen op het gebied van de energieprestaties de afgelopen jaren voor wat betreft de plaatsing van deuren en vensters tot een ware technologische aardverschuiving geleid. Zo moet de aansluiting van het buitenschrijnwerk op de ruwbouw ervoor zorgen dat de prestaties van de vensterramen en het luchtscherm van de gevels op ononderbroken wijze gewaarborgd blijven. Uit talloze luchtdichtheidsproeven is echter gebleken dat de aansluitingen tussen het raamkader en de binnenbepleistering aan de grondslag kunnen liggen van belangrijke lekken.

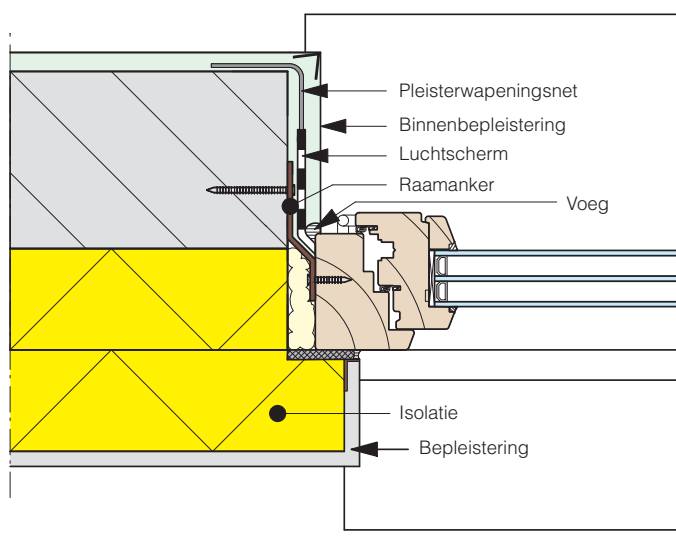
Mogelijke oplossingen voor de plaatsing van het schrijnwerk

De performantste oplossingen bestaan erin om gebruik te maken van een omkasting, om dichtingsmembranen te plaatsen, om samendrukbare voegen te voorzien, ... Deze oplossingen vragen echter bijzondere aandacht bij de uitvoering en de coördinatie van de werken.

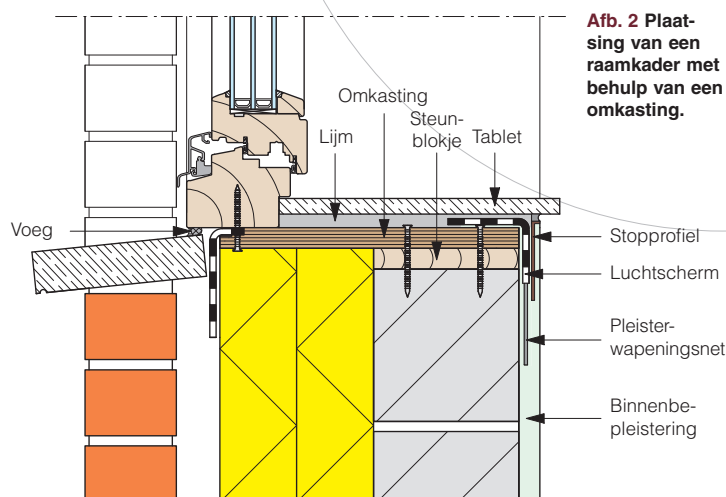
In afbeelding 1 gebruikt men luchtschermen die over de volledige omtrek van het raamkader en onder het tablet aangebracht worden. Deze membranen worden door de schrijnwerker aan het raamkader bevestigd en dit, vóór de plaatsing ervan. De verbinding tussen de membranen en het raamkader gebeurt met een zelfklevende strook of met een samengedrukte lijmvog en een aandruklat. Het vrije gedeelte van de membranen mag niet doorboord worden door de verankering van het schrijnwerk aan de ruwbouw.

Deze membranen worden ofwel rechtstreeks op de ruwbouw verlijmd en nadien voorzien van een bepleistering, ofwel ingepleisterd in de binnenbepleistering van de dagkant. Indien de dagkanten grote vlakheidsafwijkingen vertonen, zal het bij deze eerste werkwijze doorgaans nodig zijn om de dagkant te voorzien van een cementering teneinde een goede hechting te waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat er plaatselijk luchtlekken zouden ontstaan bij het aandrukken van het membraan in de op de ruwbouw aangebrachte lijmlaag.

De verlijming van het membraan op de ruwbouwwerken gebeurt door de schrijnwerker. Indien het echter een membraan betreft dat voorzien is van een wapeningsnet, gebeurt het neerlaten door de plafonneerder. Ongeacht de gehanteerde methode, kan het gebruik van een wapeningsnet of een steunvlak onmisbaar blijken voor de hechting van de afwerking. De membranen mogen niet beschadigd worden en de hoekverbindingen moeten met de nodige zorgvuldigheid uitgevoerd worden.



Afb. 1 Plaatsing van een luchtscherm over de omtrek van het raamkader.



Afb. 2 Plaatsing van een raamkader met behulp van een omkasting.

Men zou eveneens kunnen opteren voor een gedeeltelijke of een volledige omkasting (zie afbeelding 2). In dit geval zal er vóór de mechanische bevestiging een doorlopende voeg of een expansieve lijmvog toegepast worden op elk grensvlak tussen het kozijn en de omkasting. De platen die gebruikt worden voor de uitvoering van deze omkasting moeten voldoende luchtdicht zijn (in dit voorbeeld gaat het om multiplexplaten van 22 mm dik met een kwaliteitsklasse 2 of hoger). Het raamkader en zijn omkasting worden vervolgens in de ruwbouw bevestigd. Hierbij dient men zich te vergewissen van de luchtdichtheid aan het raakvlak tussen de omkasting en de ruwbouw. Vermits het zelfs door de injectie van een expansief schuim niet mogelijk is om een volledige luchtdichtheid te waarborgen, zal men langs de binnenzijde een bijkomend membraan moeten voorzien dat nadien in de bepleistering verzonken wordt.

Ook het ontwerp van de dagopening moet aangepast worden. Het gebruik van een omkasting vereist immers een neg met grotere afmetingen dan normaal. De neg moet minstens 6 cm breed zijn. In bepaalde situaties zal er zelfs een breedte van 10 cm noodzakelijk zijn. Een correct ontwerp en een goede coördinatie van de werkzaamheden van de verschillende bouwvakkers zijn dus ook in dit geval essentieel.

Aangezien er meerdere producten gebruikt worden, is het belangrijk dat men hieromtrent voldoende kennis heeft (gebruik van gesloten-cellige producten, beperkte dimensionale stabiliteit, scheursterkte, weerstand tegen kruip, duurzaamheid, ...) en dat men toeziet op de verenigbaarheid ervan met het schrijnwerk, de ruwbouwelementen en de afwerkingen.

Deze uitvoeringstechnieken en materiaalkarakteristieken zullen uitgebreid aan bod komen in de herziening van de Technische Voorlichting 188, gewijd aan de plaatsing van buitenschrijnwerk. Deze herziening gaat hand in hand met een prenominatief onderzoek dat sedert september 2011 binnen het WTCB uitgevoerd wordt en dat betrekking heeft op de duurzaamheid van de prestaties van de vensteraansluitingen. ■

Hoewel het door een weldoordachte keuze van de technologieën en de plaatsing ervan ten opzichte van het beschermde volume mogelijk is om het aantal doorboringen van het luchtscherm tot een minimum te beperken, kan dit bij technische installaties (water, gas, elektriciteit, verwarming, ventilatie) nooit volledig vermeden worden. Vermits elk van deze doorboringen aan de bron kan liggen van een lek, dienen deze grondig bestudeerd te worden met het oog op de goede coördinatie van de fasen die nodig zijn voor de correcte uitvoering ervan. De vraag stelt zich dus hoe men deze doorboringen kan beheersen...

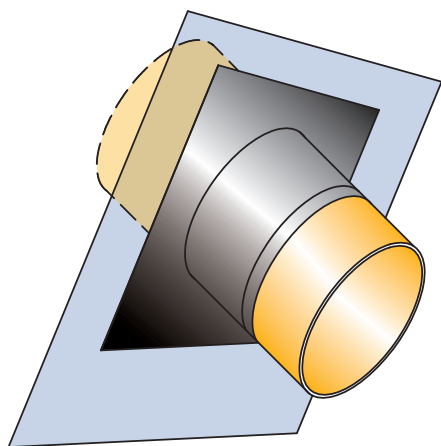
De doorboringen van het luchtscherm beheersen

1 WIJZIGING VAN DE GEWOONTEN BIJ HET ONTWERP

De ontwerper dient de exacte positie en de afmetingen van de leidingdoorvoeringen doorheen het luchtscherm vast te leggen. Dit impliceert een voorafgaand overleg met de installateur, evenals een correcte dimensionering van de installaties. Bij deze taak, die nog al te vaak overgelaten wordt aan de beoordeling van de installateur alleen, gaat het erom te streven naar alsmaar kleinere en discretere doorboringen in een architectuur waarin er hiervoor gewoonlijk geen specifieke plek voorzien is. Deze manier van werken leidt dikwijls tot een verstrengeling van verschillende leidingen in een enge, moeilijk toegankelijke ruimte. Dit bemoeilijkt uiteraard de praktische uitvoering (en de latere interventies) en brengt de goede uitvoering en de duurzaamheid van het luchtscherm reeds van bij het begin in het gedrang.

Vervolgens dient de ontwerper het type doorboringen en hun exacte positie op de plans aan te geven, evenals de oplossingen die weerhouden werden voor de afdichting ervan.

Bepaalde fabrikanten van luchtdichte hulpstukken hebben gevormde moffen met een – soms zelfklevende – slab in hun productengamma, die zowel gebruikt kunnen worden



Afb. 1 Plaatsing van een gevormde mof die perfect aansluit op het luchtscherm.

voor doorboringen met kleine (bv. elektriciteitskabels) als grotere diameters (bv. verwarmingsleidingen, waterafvoerleidingen, ventilatieleidingen) (zie afbeeldingen 1 en 6, p. 21).

Het gebruik van dergelijke moffen vergemakkelijkt de uitvoering en beperkt het risico op lekken, voor zover er een toereikende speling gelaten wordt rondom de leiding. De mof en de slab moeten bovendien aangepast zijn aan de aard van het contactoppervlak en op het geschikte moment geplaatst worden.

Bepaalde fabrikanten bieden ook kleeftape aan die speciaal ontwikkeld werd om de luchtdichtheid aan de aansluitingen te verzekeren. Deze kleeftapetypes vertonen een groot hechtend vermogen en zijn min of meer soepel en uitrekbaar om de meest complexe vormen te kunnen volgen. Teneinde hun optimale werking te waarborgen, moeten ze echter correct en op een geschikte ondergrond aangebracht worden (zie § 3). Voor de volledigheid willen we erop wijzen dat er vandaag de dag ook gewapende vloeibare afdichtingen in de handel verkrijgbaar zijn, die aangebracht kunnen worden met de borstel of het pistool (zie afbeelding 2). Deze techniek vergemakkelijkt de uitvoering van bepaalde aansluitingen met zeer complexe vormen en/of die moeilijk toegankelijk zijn.

Om de ontwerpfasen correct af te ronden, dient men de verenigbaarheid van de beoogde hulpstukken met de andere materialen van het luchtscherm (bv. compatibiliteit mof/gipsbepleistering) na te gaan. In dit stadium kan het nuttig zijn om de aard van de gekozen materialen te vermelden in het bestek en op de detailplannen. Dit moet de aannemer in staat stellen om met kennis van zaken een offerte op te maken en eventueel equivalente producten voor te stellen.



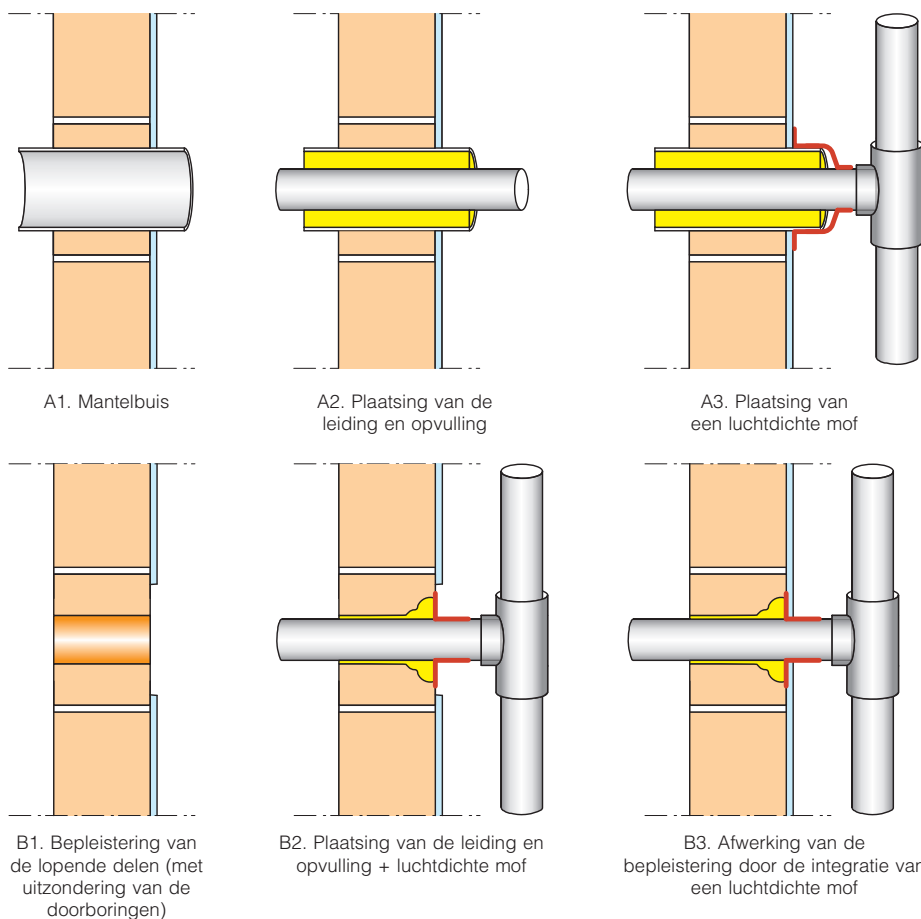
Afb. 2 Aanbrengen van een vloeibare afdichting.

2 WIJZIGING VAN DE GEWOONTEN BIJ DE PLANNING

Om te komen tot een luchtdichte doorboring, dient men de luchtdichte hulpstukken aan te sluiten op het luchtscherm van de doorboorde wand. Deze aansluitingswerken moeten dan ook correct ingepland worden en vereisen een goede coördinatie tussen de verschillende betrokkenen.

In het geval van bepleisterd metselwerk is het gewoonlijk de binnenbepleistering die de luchtdichtheid verzekert. De bepleistering aan de omtrek van de leidingen kan echter beginnen te scheuren door toedoen van hun bewegingen. Dit geldt met name bij leidingen die een zekere uitzetting ondergaan (verwarmingsleidingen, koelleidingen, sanitaire warmwaterleidingen, ...). Men dient dus de nodige maatregelen te treffen om de uitzetting van deze leidingen toe te laten teneinde de duurzame luchtdichtheid van de doorboring te verzekeren.

Een mogelijke oplossing bestaat erin om mantelbuizen aan te brengen tijdens de uitvoering van de ruwbouw. Deze worden op de voorziene plaatsen ingewerkt en steken een beetje



Afb. 3 Oplossingen voor de uitvoering van luchtdichte doorboringen in bepleisterd metselwerk, met of zonder mantelbuizen.

uit de wand uit om hun correcte aansluiting met de binnenbepleistering te waarborgen. Een soepele mof, uitgevoerd door de plaatser van de leiding, zorgt vervolgens voor de luchtdichtheid tussen het luchtscherm en de mantelbuis, zonder de uitzetting van de leiding in het gedrang te brengen (zie afbeelding 3, reeks A). Indien de bewegingen eerder beperkt zijn, kan de mof vervangen worden door een soepele kitvoeg.

Indien men geen mantelbuizen gebruikt, zullen de pleisterwerken en de montage van de

leidingen in verschillende stappen moeten gebeuren (zie afbeelding 3, reeks B). De eerste stap (B1) bestaat erin een bepleistering aan te brengen in de zones die achteraf ontoegankelijk zullen worden door de plaatsing van de leidingen. Tijdens de volgende stappen worden de leidingen en de luchtdichte moffen aangebracht (B2), waarna de openingen tussen de bepleistering en de leidingen opgevuld worden (B3).

In het geval van een houtskeletconstructie wordt de luchtdichtheid gewoonlijk tot stand gebracht door de beplating langs de binnenzijde of het dampscherm (zie het artikel op p. 10). Ook hier is het echter mogelijk om gebruik te maken van soepele moffen die luchtdicht op het luchtscherm verlijmd worden (zie afbeelding 4). Deze moffen moeten aangebracht worden tijdens de montage van de leidingen. In het geval van technische voorzetwanden is het aanbevolen om toegangsluiken te voorzien ter hoogte van de doorboringen met het oog op de latere interventies (bv. opsporen van lekken en herstellingen).

3 WIJZIGING VAN DE GEWOONTEN BIJ DE UITVOERING

Uit de ervaring is gebleken dat de louter opvulling met polyurethaanschuim aan de om-

trek van de leidingen (zie afbeelding 5) niet altijd volstaat om te komen tot een perfect luchtdichte doorvoering. Door de verstrekking van de leidingen is het immers vaak onmogelijk om het schuim tot in de verste hoekjes te spuiten, zodanig dat de opzwellende ervan ontoereikend is om alle openingen op te vullen. Het is bijgevolg raadzaam om een mantelbuis te voorzien met een op de leiding afgestemde diameter en vervolgens de ruimte rondom de leidingdoorvoeringen zorgvuldig dicht te maken. De aansluiting met beton- of metselwerk wanden kan gebeuren door middel van moffen uit EPDM die op de ondergrond verlijmd worden met behulp van een contactlijm.

Een verzorgde uitvoering vergt het respecteren van enkele eenvoudige regels :

- het gebruik van voorgevormde moffen die afgestemd zijn op de diameter van de doorvoerleiding kan de uitvoering van een aansluiting aanzienlijk vergemakkelijken en versnellen (zie afbeelding 6, p. 21). Als men geen gebruik maakt van moffen, dient men te opteren voor aangepaste producten die specifiek ontwikkeld werden om de luchtdichtheid te waarborgen (bv. kleefband)
- om de goede hechting van de luchtdichte hulpstukken of de kleefband te waarborgen, dient men het te verlijmen oppervlak vrij te maken van vet sporen, stof, zaagresten, mortel, lijm of pleister
- de luchtdichte hulpstukken moeten zodanig geplaatst worden dat de leiding vrij kan bewegen, zonder aanleiding te geven tot het loskomen of scheuren van het luchtscherm
- het hulpstuk moet op het luchtscherm aangesloten worden zonder plooiën te veroorzaken. De minste plooi in het membraan, de slab van de mof of de kleefband kan zich immers vertalen in een lek, dat niet altijd weggewerkt kan worden door de louter aanbrenge van extra lagen kleefband
- bij de uitvoering van aansluitingen met behulp van kleefband zou men bij voorkeur



Afb. 4 Verlijming van een mof op een OSB-plaat voor binnengebruik.



Afb. 5 Gebruik van mantelbuizen die niet afgestemd zijn op de diameter van de leidingen.



Afb. 6 Gebruik van een voorgedrukte vorm voor een ventilatieleiding (goede oplossing).



Afb. 7 Radiale plaatsing van de kleefband (bevredigende oplossing).



Afb. 8 Tangentiële plaatsing van de kleefband (af te raden oplossing).

moeten opteren voor de radiale plaatsing ervan (zie afbeelding 7). De tangentiële plaatsing van stroken kleefband rondom de leiding (zie afbeelding 8) is afgeraden omdat deze methode onvoldoende speling laat. Door een toereikende speling te voorzien, worden de mechanische belastingen op de kleefverbindingen beperkt en wordt bijgevolg ook het risico op loskomen kleiner.

- indien de aansluitingen toegankelijk blijven en achteraf gecorrigeerd kunnen worden, is het raadzaam om over te gaan tot een oriënterende proef met het oog op de opsporing van eventuele lekken.

Indien men alle voorafgaande stappen nauwgezet opvolgt en de regels voor de goede uitvoering respecteert, zou het resultaat luchtdicht moeten zijn en blijven.

4 SPECIFIEKE OPLOSSINGEN VOOR DE DOORVOERING VAN BRANDWERENDE WANDEN

Er zijn verschillende brandwerende afdichtingssystemen beschikbaar. Men dient echter de voorkeur te geven aan systemen met een toereikende luchtdichtheid. Zo is het mogelijk om systemen met een mantelbuis te voorzien, waarbij de opvulling van de ruimte rondom de leiding gebeurt met rotswol (zie [Infofiche 39.11.2](#)). Een brandwerende kitvoeg of een elastische mof kan zorgen voor de verdere luchtdichte afwerking (zie afbeelding 3, p. 20).

Minimale tussenafstanden tussen de brandbare materialen en de omtrek van het rookkanaal, naargelang van de temperatuurklasse (NBN B 61-002).

Temperatuurklasse	Minimale tussenafstand
T80	Niet van toepassing
T100	50 mm
T>100	150 mm
Gxx	xx mm

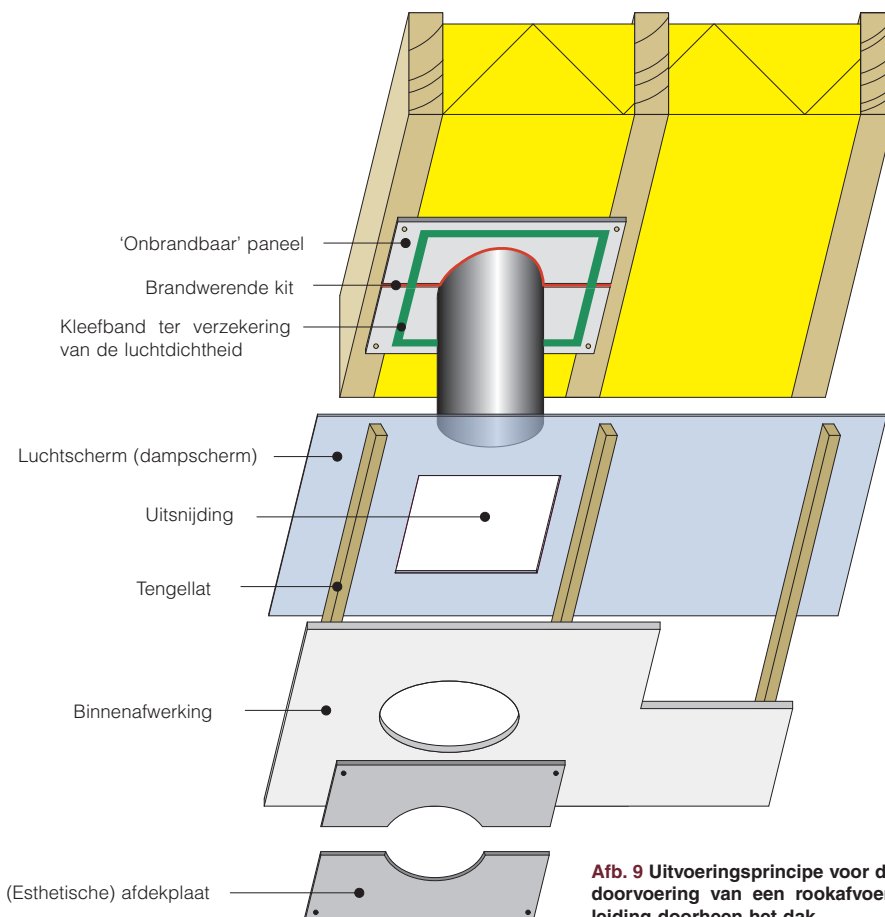
5 SPECIFIEKE OPLOSSINGEN VOOR DE DOORVOERING VAN ROOKKANALEN

Rookkanalen (metalen voeringen) vereisen een aantal bijzondere voorzorgen. Zo legt de norm NBN B 61-002 – behalve voor rookkanalen uit de temperatuurklasse T80 (zie onderstaande tabel), die enkel bestemd zijn om verbrandingsproducten op zeer lage temperatuur af te voeren – een minimale tussenafstand tussen de afvoerbuizen en de aanwezige brandbare materialen op. Rekening houdend met het feit dat de meeste dampschermen en luchtschermen voor gebruik in lichte binnenwanden brandbaar zijn, dienen deze dus

uitgesneden te worden op een reglementaire afstand.

De leidingdoorvoer wordt aan de draagstructuur van de wand bevestigd en omsloten door een 'onbrandbaar' isolatiemateriaal. De aansluiting tussen het luchtscherm en de leiding wordt gecreëerd door een 'onbrandbaar' paneel. De opvulling van de ruimte tussen dit paneel en de leiding gebeurt met een brandwerende kit.

Bepaalde fabrikanten van metalen schoorstenen stellen tegenwoordig accessoiresets voor die toelaten om de eventuele doorvoeringen ervan luchtdicht af te werken. ■



Afb. 9 Uitvoeringsprincipe voor de doorvoering van een rookafvoerleiding doorheen het dak.

De controle van de luchtdichtheidsprestaties gebeurt met behulp van een pressurisatieproef. Dergelijke proeven worden de laatste jaren almaar vaker uitgevoerd en met de aangekondigde verstrenging van de EPB-regelgeving zal deze trend zich ongetwijfeld blijven voortzetten. Dit artikel geeft een korte beschrijving van het meetprincipe en gaat dieper in op de aandachtspunten al naargelang het gaat om een oriënterende proef dan wel om een meting die gevaloriseerd kan worden binnen het reglementaire kader. In dit artikel wordt ook ingegaan op de aspecten die verduidelijkt moeten worden opdat de uitgevoerde proef zou beantwoorden aan de verwachtingen.

Controle van de luchtdichtheid

In tegenstelling tot de thermische isolatie, kan de luchtdichtheid van een gebouw niet berekend worden van bij de ontwerpfase. Ze kan daarentegen wel makkelijk bepaald worden op het einde van de werken met behulp van een **pressurisatieproef** (*blowerdoorproef*). Hierbij wordt het gebouw met een in een externe opening (bv. een raam of een deur, zie afbeelding p. 1) aangebrachte ventilator achtereenvolgens in overdruk en in onderdruk geplaatst ten opzichte van de buitenomgeving. De luchtdebieten die nodig zijn om de verschillende drukniveaus binnen het gebouw te waarborgen, worden gemeten ter hoogte van de ventilator. Aangezien de bewust in het gebouw aangebrachte afsluitbare openingen bij de proef afgedicht worden, komt het gemeten ventilatordebit overeen met het debit dat langs de lekken de gebouwschil binnendringt.

Deze metingen, die zich in het begin van de jaren '80 – toen het WTCB van start ging met de eerste Belgische proefcampagne – nog in een experimenteel stadium bevonden, worden alsmear vaker uitgevoerd sedert ze in aanmerking genomen worden in de gewestelijke EPB-regelgevingen. Zo werd er in 2009 reeds in 7 % van de bij het Vlaamse Gewest ingediende EPB-verklaringen rekening gehouden met het resultaat van een luchtdichtheidsmeting. Gellet op de aangekondigde verstrenging van de EPB-eisen zal deze praktijk de volgende jaren waarschijnlijk algemeen verbreid worden.

HET DOEL VAN DE PROEF ?

Een pressurisatieproef kan verschillende doelen voor ogen hebben : het opsporen van luchtlekken, het realiseren van een oriënterende proef tijdens de werken, het uitvoeren van een 'officiële' meting die gevaloriseerd kan worden in de context van de EPB-regelgeving, het uitvoeren van een meting met het oog op het verkrijgen van het passieflabel, ... Naargelang hiervan kunnen er specifieke voorschriften van toepassing zijn, die bijvoorbeeld verband houden met het meetmoment, de voorbereiding van het gebouw en de uitdrukking van de resultaten (zie tabel 1). Dit geldt met name wanneer de proef gevaloriseerd moet worden in de context van de gewestelijke EPB-regelgevingen. In dit geval zijn er naast de norm NBN EN 13829 (die de proef beschrijft) in de drie Gewesten van ons land nog een aantal bijkomende specificaties van kracht, die aangeven aan welke voorwaarden de proef moet voldoen om in overeenstemming te zijn met de reglementeringen (www.epbd.be). In het vrijwillige passieflabel wordt er eveneens naar deze specificaties verwezen.

METING DIE GEVALORISEERD KAN WORDEN IN HET KADER VAN DE EPB-REGELGEVINGEN

Om gebruikt te mogen worden in het kader van de EPB-regelgevingen moet de meting aan

bepaalde voorschriften voldoen die beschreven staan in de referentiedocumenten uit tabel 1. Voor de uitvoerder van de meting is een grondige kennis van deze documenten onontbeerlijk. De bijkomende specificaties zijn eveneens van belang voor de persoon die verantwoordelijk is voor de berekening van het E- en E_w-peil. Het meetresultaat moet immers correct ingevoerd worden in de EPB-software *ad hoc*.

De regels die deze 'officiële' meting omkaderen, bevatten een aantal verduidelijkingen omtrent de omvang van de meetzone (overeenkomstig het beschermde volume en het EPB-volume) en het moment waarop de meting uitgevoerd dient te worden (afgewerkte gebouwschil). De definitie van de meetzone houdt ook rekening met het feit dat bepaalde ruimten zich buiten het beschermde volume van het gebouw kunnen bevinden (aangrenzende niet-verwarmde ruimten) of dat bepaalde gebouwen zoals appartementsgebouwen verschillende EPB-eenheden kunnen omvatten.

De te volgen meetmethode (methode A beschreven in de norm) en de manier waarop men de bewust in de gebouwschil aangebrachte openingen dient te behandelen, staan eveneens in voornoemde regels vermeld. Zo wordt er een onderscheid gemaakt tussen de openingen in de gebouwschil die afgesloten moeten worden (bv. de luchttoevoeropeningen van een natuurlijk ventilatiesysteem), deze die

Tabel 1 De van kracht zijnde voorschriften naargelang van het doel van de pressurisatieproef.

Doel van de proef	Referentiedocumenten	Moment van de proef	Voorbereiding van het gebouw	Uitdrukking van de resultaten
Meting die gevaloriseerd kan worden in het kader van de EPB	NBN EN 13829 + bijkomende specificaties	Vastgelegd in de bijkomende specificaties (www.epbd.be)	Vastgelegd in de bijkomende specificaties (www.epbd.be)	Proefresultaat : debit bij 50 Pa = $\dot{V}_{50}$ [m³/h] EPB : $\dot{V}_{50} = \dot{V}_{50} / A_{\text{test}}^{(2)}$ [m³/(h.m²)]
Meting voor het verkrijgen van het passieflabel				Proefresultaat : debit bij 50 Pa = $\dot{V}_{50}$ [m³/h] PhPP : $n_{50} = \dot{V}_{50} / V_{\text{int}}^{(3)}$ [h⁻¹]
Opsporing van lekken	Geen	Vrij (idealiter wanneer het luchtscherm nog toegankelijk is)	Vrij	Vrij
Oriënterende proef (¹)	Geen	Vrij	Vrij	Vrij

(¹) Het loont zich om bij de uitvoering van een oriënterende proef dezelfde voorwaarden te hanteren als bij een meting die gevaloriseerd kan worden in de context van de EPB. Hierdoor kan men het gemeten resultaat immers situeren ten opzichte van een eventueel te bereiken prestatie-eis.

(²) A_{test} is de proefoppervlakte die men in aanmerking dient te nemen volgens de gewestelijke EPB-regelgevingen. Een exacte definitie is terug te vinden in de reglementeringen en de bijkomende specificaties.

(³) V_{int} is het binnenvolume van het gebouw of gebouwdeel dat onderworpen is aan de proef. Een exacte definitie is terug te vinden in de proefnorm NBN EN 13829.

Tabel 2 Taakverdeling tussen de aanvrager en de uitvoerder van de pressurisatieproef.

Fase van de proef	Verantwoordelijke
Vaststelling van het doel van de proef	De aanvrager Het doel bepaalt de van kracht zijnde voorschriften (zie tabel 1) en moet bijgevolg meegedeeld worden aan de uitvoerder, zodanig dat deze zich hiernaar kan schikken.
Bepaling van de meetzone	De aanvrager Deze informatie wordt meegedeeld aan de uitvoerder die ze opneemt in zijn rapport. Indien de uitvoerder een verschil opmerkt tussen de meetzone die aangeduid werd door de aanvrager en de van kracht zijnde eisen volgens het doel van de proef, moet hij dit melden aan de aanvrager.
Bepaling van het moment waarop de proef uitgevoerd moet worden	De aanvrager Afhankelijk van het doel van de proef zou de uitvoerder de aanvrager hierbij moeten bijstaan om zeker te stellen dat de proef voldoet aan de van kracht zijnde eisen.
Vorbereiding van het gebouw	Te bepalen Doorgaans valt deze taak ten laste van de uitvoerder. In bepaalde gevallen (bv. bij grote gebouwen) wordt de voorbereiding verdeeld of uitbesteed aan een derde partij. Het is de taak van de uitvoerder om te controleren of deze voorbereidingen in overeenstemming zijn met het doel van de proef.
Bepaling van het globale lekdebiët bij 50 Pa - $\dot{V}_{50}$ [m³/h]	De uitvoerder
Bepaling van de proefoppervlakte A_{test} [m²] of het binnenvolume V_{int} [m³]	De aanvrager Deze waarde kan eventueel meegedeeld worden aan de uitvoerder die deze opneemt in zijn rapport.
Berekening van afgeleide grootheden	Overeen te komen tussen de partijen

men dient af te plakken (bv. de openingen van een mechanisch ventilatiesysteem) en deze die niet afgedicht mogen worden (bv. de toevoeropeningen voor de verbrandingslucht). De wachtopeningen (bv. voor een dampkap of droogtrommel) maken evenzeer het voorwerp uit van precieze regels.

Verder werden er een aantal bijkomende voorschriften geformuleerd met betrekking tot de manier waarop de pressurisatieur geplaatst moet worden of de manier waarop de verwarmings- en ventilatiesystemen behandeld moeten worden. Ten slotte merken we nog op dat de meting zowel bij onderdruk als bij overdruk moet gebeuren.

ORIËTERENDE METING

Deze proef wordt uitgevoerd tijdens de werken en geeft een eerste indicatie van de luchtdichtheidsprestaties vóór de laatste officiële meting. Een dergelijke tussentijdse meting

is sterk aangeraden wanneer het gebouw aan strenge prestatie-eisen moet voldoen. Ze vormt bovendien een perfecte gelegenheid om eventuele lekken te lokaliseren en vervolgens af te dichten. Indien er een onderdruk heerst in het gebouw, kunnen de lekken immers eenvoudig opgespoord worden met behulp van verschillende technieken. Sommige lekken kunnen met het blote oog vastgesteld worden (bv. een kier onder een deur) en andere met de hand (bv. tocht via grote lekken). De opsporing kan ook gebeuren met rookstaafjes die de luchtstroom zichtbaar maken (zie afbeelding 3, p. 3) of een luchtsnelheidssonde (bv. een anemometer met een warme draad).

Met het oog op een eventuele herstelling, zou de tussentijdse meting bij voorkeur uitgevoerd moeten worden op een moment dat alle delen van het luchtscherm (en met name het dampscherm in lichte binnenwanden) nog toegankelijk zijn. Verder kan het zinvol zijn om alle betrokkenen (ontwerper, aannemers, ...) uit te nodigen bij deze proef. Zodoende kunnen ze

zich immers een beeld vormen van de goed uitgevoerde bouwdetails en van de aansluitingen die lekken veroorzaken en dus hersteld moeten worden. Deze meting biedt dan ook de mogelijkheid om de betrokkenen te sensibiliseren.

LUCHTDICHTHEIDSMETING : WIE DOET WAT ?

In de praktijk is het niet altijd duidelijk welke rol er precies weggelegd is voor de aanvrager en de uitvoerder van de pressuratieproef. Naargelang van het geval, kan de aanvrager de bouwheer zijn, de EPB-verantwoordelijke, de architect of een aannemer. Tabel 2 herneemt de taakverdeling tussen deze twee actoren en dit, voor de verschillende fasen van de proef.

METINGEN IN GROTE GEBOUWEN

Naast de deuren met een ingebouwde ventilator die meestal gebruikt worden voor de pressurisatieproef in eengezinswoningen of appartementen, bestaat er ook andere minder courante apparatuur waarmee het mogelijk is om de zwakke debieten, die eigen zijn aan kleine uiterst luchtdichte gebouwen, te meten. Er is ook apparatuur in de handel verkrijgbaar die specifiek aangepast is aan grote gebouwen en waarmee men grotere debieten kan meten. Het gaat hier met name om deuren met meerdere ventilatoren of om ventilatoren met een groot vermogen die op een aanhangwagen gemonteerd zijn (zie afbeeldingen 1 en 2).

In theorie kan men tevens mechanische ventilatiesystemen ontwikkelen die toelaten om de luchtdichtheid van gebouwen te meten. Bij deze methode, die in Scandinavië momenteel op experimenteel niveau toegepast wordt, integreert men de apparatuur ter bepaling van het luchtdebiët in het ventilatiesysteem. ■



Afb. 1 en 2 Links : deuren met meerdere ventilatoren voor de uitvoering van proeven in grote gebouwen. Rechts : ventilator die aangepast is aan zeer grote gebouwen en waarmee het mogelijk is om luchtdebieten van om en bij de 100.000 m³/h te bereiken.

Uit de artikels van deze WTCB-Contact is gebleken dat de luchtdichtheid van gebouwen een belangrijke weerslag heeft op hun energieprestatie. Deze parameter zal op termijn dan ook waarschijnlijk uitgroeien tot een expliciete eis in de thermische reglementeringen.

Men mag geen stappen overslaan

Deze uitdaging is des te groter aangezien men vooraf onmogelijk kan voorspellen welk prestatieniveau uiteindelijk behaald zal worden. De meting op het einde van de werken is bijgevolg een beslissende factor. Indien het behaalde niveau niet overeenstemt met het vooropgestelde, is de kans reëel dat er eindeloze discussies ontstaan met betrekking tot het stadium waarin de lekken precies tot stand kwamen, temeer omdat een aantal ervan achteraf niet langer identificeerbaar zijn. Men moet eveneens trachten om het relatieve belang van de verschillende lekken vast te stellen. Het is met andere woorden niet altijd even evident om eenieder verantwoordelijkheden af te bakenen bij de uitvoering van de luchtdichtheidsproef. Hoewel het niet de rol van het WTCB is om juridisch advies te verstrekken, lijkt het ons niettemin belangrijk om de bouwprofessionelen correct te informeren teneinde conflictsituaties zoveel mogelijk te vermijden.

Het kan niet genoeg onderstreept worden dat **luchtdicht bouwen begint bij een aangepast ontwerp** (meer bepaald met een geschikte keuze van de lagen die de luchtdichtheid moeten waarborgen en de continuïteit ervan in het vlak en de doorsnede). De ontwerper

dient eveneens de correcte **positie van de technische installaties ten opzichte van het luchtscherm te bepalen** en een gedetailleerde beschrijving te geven van de manier waarop de onvermijdelijke doorboringen ervan behandeld moeten worden. Dit moet de aannemers in staat stellen om een gedetailleerde offerte op te maken, rekening houdend met de verschillende operaties (specifieke membranen, moffen, ...) die uitgevoerd moeten worden om de gewenste prestaties te bereiken. Het is naar onze mening niet voldoende om de luchtdichtheid te beperken tot een zinnetje in het bijzondere bestek dat louter en alleen de te behalen eindprestatie aangeeft.

Men dient eveneens de nodige **aandacht te besteden aan de uitvoering**. Dit vergt **een geschikte coördinatie, evenals een controle van en toezicht op** de verschillende opeenvolgende werkzaamheden. In deze context dient men rekening te houden met het feit dat alle betrokkenen de uiteindelijke luchtdichtheidsprestaties kunnen beïnvloeden. Indien de werkzaamheden toegewezen worden aan verschillende uitvoerders, kunnen deze zich bijgevolg niet uitspreken over het globale eindresultaat. De algemene aannemer (voor zover deze de werken integraal toevertrouwd kreeg) of de persoon die verantwoordelijk is voor de coördinatie van de werken heeft dan ook een belangrijke rol te spelen, temeer indien er hoge eisen gesteld worden aan het gebouw (zie artikel op p. 2).

De EPB-verantwoordelijke vervult eveneens een sleutelrol. Naargelang van het Gewest kan deze namelijk belast worden met de keuze van de maatregelen die moeten toelaten om aan de reglementaire voorschriften inzake de energieprestaties van gebouwen te voldoen.

Dit wordt bevestigd door het Waalse decreet van 19 april 2007. Hierin wordt gesteld dat de EPB-verantwoordelijke belast is met het ontwerp en de beschrijving van de maatregelen die getroffen moeten worden om aan de EPB-eisen te voldoen, evenals met de controle van de werkzaamheden die betrekking hebben op de EPB.

In het Brussels Hoofdstedelijk

Gewest is er een gelijkaardig voorschrift opgenomen in de ordonnantie van 7 juni 2007. Hierin wordt onder meer gesteld dat de EPB-adviseur alle maatregelen die getroffen werden om te voldoen aan de EPB-eisen dient te beoordelen en te controleren en dit, met het oog op de opstelling van de EPB-verklaring. Indien de EPB-adviseur vaststelt dat een project in uitvoering van de EPB-eisen afwijkt, moet deze volgens de ordonnantie de aangever en – in voorkomend geval – de architect die verantwoordelijk is voor de uitvoering van de werken hiervan op de hoogte brengen.

Het Vlaamse decreet is verschillend in die zin dat het aangeeft dat de architect de beoogde prestaties in termen van EPB-eisen dient over te maken aan de verslaggever, die deze vervolgens invoert in de startverklaring. De gegevens die aan de basis liggen van de gekozen materialen en maatregelen (om in overeenstemming te zijn met de EPB-eisen), moeten ter beschikking gehouden worden van het Vlaams Energieagentschap en alle partijen die bij de werken betrokken zijn. In Vlaanderen speelt de EPB-verslaggever dus eerder de rol van aangever van de beoogde en werkelijk uitgevoerde maatregelen. Deze informatie wordt hem overhandigd door de architect.

Indien de bouwplaats zich in Wallonië of in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bevindt en moet beantwoorden aan een hoger luchtdichtheidsniveau dan het niveau bij ontstentenis, heeft de EPB-verantwoordelijke tot taak om de bouwkundige keuzes die gemaakt werden tijdens de ontwerpfase te beoordelen en de uitvoering ervan te controleren.

Daarnaast mag men ook de mogelijke betrokkenheid van de volgende partijen niet uit het oog verliezen : de fabrikanten, de bouwheer, de controleorganismen, ...

Wat dient men ten slotte te doen indien de luchtdichtheidsprestaties ondanks alle getroffen maatregelen niet behaald worden ? Aan de hand van een pressurisatieproef kan het in bepaalde gevallen mogelijk zijn om de eventuele luchtlekken op te sporen en af te dichten. De opsporing van deze lekken – wat niet zelden veel tijd en energie vraagt – maakt evenwel geen deel uit van het normale takenpakket van de persoon die de meting uitvoert. Soms zal het bovendien niet mogelijk zijn om de situatie te verbeteren en zal men bijgevolg moeten overgaan tot een verdeling van de verantwoordelijkheden. ■

ZORGEN VOOR EEN
LUCHTDICHT ONTWERP

KEUZE VAN DE INSTALLATIES :
BEHEERSEN VAN DE DOORBORINGEN
VAN HET LUCHTSCHERM

LUCHTDICHT BOUWEN :
VERZORGDE UITVOERING EN
GOEDE COÖRDINATIE VAN DE WERKEN

CONTROLE VAN EN TOEZICHT OP
DE UITVOERING

METING VAN HET EINDRESULTAAT

WTCB-projecten

Op vraag van de bouwsector voert het WTCB op dit moment verschillende onderzoeken uit omtrent luchtdichtheid. Het gaat hier onder meer om :



- het onderzoek naar een draagvlak voor het invoeren van minimale luchtdichtheidseisen, met de steun van het Vlaams Energieagentschap



- *Evaluation des prestations et de la durabilité des fenêtres performantes et de leurs liaisons au gros œuvre*. Een prenormatief onderzoek met de steun van het Bureau voor Normalisatie en de FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie



Wallonie

- ETANCH'AIR – *Etanchéité à l'air des bâtiments, de la conception à la réalisation pratique*. Met de steun van het Waalse Gewest
- DREAM – *DuRabilité de l'Etanchéité à l'Air des produits, parois et des assemblages* : iMPact sur les règles de mise en œuvre. Met de steun van het Waalse Gewest.

Het WTCB is bovendien ook de Belgische partner binnen:

- het Europese platform TightVent dat zich door middel van informatiecampagnes inzet voor het thema luchtdichtheid van gebouwen (www.tightvent.eu)
- het *Air Infiltration and Ventilation Centre* (AIVC), het informatiecentrum van het Internationaal Energie Agentschap dat zich toespitst op de problematiek van ventilatie en luchtdichtheid (www.aivc.org).



Dit thematische nummer is tot stand gekomen met de steun van de volgende Technologische Dienstverleningen :



- 'Ecobouwen en duurzame ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest', gesubsidieerd door InnovIRIS



- 'Duurzame bouwschil : nieuwbouw en renovatie', gesubsidieerd door het IWT.

PUBLICATIES

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar :

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

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 (02/653.07.29) 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, 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

WTCB

BRUSSEL

Maatschappelijke zetel

Lombardstraat 42
B-1000 Brussel

algemene directie
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail : info@bbri.be
website : www.wtcb.be

ZAVENTEM

Kantoren

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

technisch advies - interface en consultancy
communicatie
beheer - kwaliteit - informatietechnieken
ontwikkeling - valorisatie
technische goedkeuringen
normalisatie

publicaties

tel. 02/529 81 00
fax 02/529 81 10

LIMELETTE

Proefstation

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

onderzoek en innovatie
laboratoria
vorming
documentatie
bibliotheek

HEUSDEN-ZOLDER

Demonstratie- en informatiecentrum

Marktplaats 7 bus 1
B-3550 Heusden-Zolder
tel. 011/22 50 65
fax 02/725 32 12

ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)