

**D**it artikel over kelderrenovaties luidt het begin in van een artikelreeks waarbij de actuele problemen in verband met renovatie en duurzame ontwikkeling op multidisciplinaire wijze behandeld zullen worden. Zo zouden er in de volgende maanden twee gelijkaardige artikels moeten verschijnen over zolderruimten en gevelrenovatie.



*Deze multidisciplinaire aanpak kwam tot stand dankzij de gemeenschappelijke inzet van de medewerkers van de Technologische Dienstverlening 'Ecobouwen en duurzame ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest', met de hulp van de Waalse Technologische Dienstverlening 'Installations de climatisation et confort intérieur' (Klimaatinstallaties en binnencomfort) en de afdeling 'Technisch advies' van het WTCB.*

## 1 INLEIDING

Bij elke renovatie – en dan vooral indien het een ingegraven ruimte betreft –, is het noodzakelijk dat men overgaat tot een voorafgaandelijke plaatsbeschrijving en tot het definiëren van de onderdelen, de algemene problematiek en de ermee verbonden pathologieën.

Vervolgens dient men duidelijk de bestemming van de betreffende ruimte af te bakenen (opslagruimte, wasplaats, speelzaal, woonruimte, ...), omdat deze mede bepalend is voor het te ondernemen interventieniveau.

Pas daarna zal het mogelijk zijn een aantal oplossingen voor te stellen, waarbij men steeds de beperkingen en eventuele gevolgen ervan in het achterhoofd dient te houden.

Renovatiewerken hebben veelal tot doel om een zo groot mogelijke ruimte om te vormen tot woonruimte. Deze tendens is vooral te merken in de stad.

Bij de omvorming van een kelder tot een woonruimte is er een groter budget vereist, zal men te maken krijgen met hogere werkingskosten (verwarming, ventilatie, verlichting) en zal het comfort doorgaans minder goed zijn dan bij een gelijkaardige renovatie van een ruimte die reeds van bij het ontwerp voorzien was als een woonruimte. Net zoals zolders hebben kelders immers niet als eerste functie om te dienen als woonvertrek. Ze moeten veeleer beschouwd worden als bufferruimten die gebruikt kunnen worden als opslagplaats en ter bescherming van de eigenlijke woonvertrekken (op het gelijkvloers en de verdiepingen). Kelders isoleren het gebouw tegen grondvocht, terwijl zolders

# Renovatie van kelders

de leefruimten afschermen tegen de invloeden van het buitenklimaat (warmte en koude).

Soms zal men zich moeten neerleggen bij het feit dat bepaalde bijzondere bestemmingen eenvoudigweg onmogelijk zijn, tengevolge van de intrinsieke beperkingen van de ruimte.

Verder willen we eraan herinneren dat men bij de omvorming van een kelder tot een woonruimte (en dan vooral indien deze achteraf verhuurd zal worden) rekening dient te houden met de bestaande wetgevingen en reglementeringen op federaal, gewestelijk of gemeentelijk niveau. Hierbij dient men zich rekenschap te geven van het feit dat de behandeling van aspecten die te maken hebben met de gezondheid en de veiligheid van woongebouwen bij ingegraven ruimten met de nodige problemen gepaard kan gaan (waterdichtheid, ventilatie, daglicht, afmetingen van de woonruimte, circulatie en evacuatie, sanitaire uitrustingen, elektrische installaties, gasinstallaties, verwarming, ...).

## 2 EEN BEETJE ACHTERGROND-INFORMATIE

### 2.1 KELDERS

Een kelder is een ondergronds vertrek dat geheel of gedeeltelijk ingegraven kan zijn en in de eerste plaats gebruikt wordt als garage, voorraadruimte, opslagruimte voor redelijk goed houdbare goederen, wasplaats of stookruimte.

In kelders heerst er gedurende het ganse jaar een redelijk fris en stabiel binnenklimaat, wat voordelig is voor de bewaring van eetwaren. Deze stabiliteit (min of meer stationair regime) kan grotendeels verklaard worden door de sterke interactie tussen deze ruimten en de omliggende grond, die tevens aan de grondslag ligt van hun thermische inertie ten opzichte van de invloeden van het buitenklimaat en hun vochtige atmosfeer (het vocht dringt binnen doorheen de ingegraven muren).

### 2.2 BINNEN- EN BUITENMUREN VAN KELDERS

Voor het goede begrip van dit artikel is het belangrijk dat er een duidelijk onderscheid gemaakt wordt tussen de binnen- en de buitenmuren van een kelder.

Onder de term 'binnenmuur' verstaat men elke muur die van in dezelfde kelder langs beide zijden toegankelijk is.

Onder de term 'buitenmuur' verstaat men alle andere keldermuren. Het gaat hier bijvoor-



**Afb. 1** Deze foto spreekt voor zich ...

beeld om muren die in contact staan met de grond of met de buitenomgeving, of nog, om gemeenschappelijke muren met kelders of ruimten die tot een ander gebouw behoren en waarvan de bestemming dus niet rechtstreeks gecontroleerd kan worden.

### 2.3 INTRINSIEKE BEPERKINGEN VAN INGEGRAVEN RUIMTEN

Wanneer men het heeft over kelderproblemen, denkt men doorgaans meteen aan waterinfiltraties. Gelukkig is dit in de praktijk niet het meest voorkomende euvel. Terwijl de accidentele aanwezigheid van een kleine hoeveelheid water normaalgesproken geen buitensporige ingrepen vergt, zouden herhaaldelijke en/of aanzienlijke waterinfiltraties de mogelijkheden voor een bestemmingswijziging daarentegen sterk kunnen beperken.

#### 2.3.1 Vocht

Men kan er echter niet omheen dat vocht in kelders alomtegenwoordig is. Dit vocht kan onrechtstreeks afkomstig zijn van plaatselijke of punctuele infiltraties, van opstijgend grondvocht, van hygroscopische fenomenen die verband houden met de aanwezigheid van zouten in de muren, van een hoge relatieve luchtvochtigheid, of nog, van condensatie tijdens warme en vochtige perioden. Deze fenomenen worden dikwijls benadrukt door een te zwakke (of een volledig gebrek aan) ventilatie, met name indien de openingen en kelderramen uit thermische overwegingen afgedicht werden.

### 2.3.2 Thermische inertie

De redelijk constante temperatuur van de grond (die echter wel kan variëren naargelang van de diepte) kan in aanwezigheid van weinig geïsoleerde muren aanleiding geven tot tal van problemen in kelders die gebruikt worden als woonruimten. De ruimten zullen immers gedurende een groot deel van het jaar quasi permanent verwarmd moeten worden om er een normale comfortabele temperatuur (17 tot 20 °C) te handhaven. In de zomer kan deze thermische stabiliteit bovendien aan de bron liggen een hoge relatieve vochtigheid of zelfs van het optreden van oppervlaktecondensatie, wanneer de warme en vochtige buitenlucht in contact komt met de koudere muren.

Wanneer de temperatuurvoorwaarden voor het voorziene gebruik van de kelder slechts weinig belang hebben (wasplaats, opslagplaats, wijnkelder, ...) kan de thermische stabiliteit daarentegen een aantal voordelen met zich meebrengen.

### 2.3.3 Ventilatie

De ventilatie van kelders en de verbetering van het luchtverversingsdebiet zijn geen eenvoudige opdracht. Dit is enerzijds te wijten aan de stratificatie van de lucht (de koude lucht stagneert onderaan) en anderzijds aan het aantal en de ligging van de potentiële openingen, die doorgaans minder geschikt zijn voor een natuurlijke dwarsventilatie. De ventilatie van kelders is echter noodzakelijk om overmatige stijgingen van de relatieve binnenluchtvochtigheid te vermijden. Dit zou immers aanleiding kunnen geven tot het verschijnen van hygroscopisch vocht en oppervlaktecondensatie, wat zeer nadelig is voor vochtgevoelige materialen (hout, leer, karton, ijzerwaren, ...).



**Afb. 2** Vocht en schimmelvorming ter hoogte van de afwerkingen.

Hierbij dient men in het achterhoofd te houden dat het ventileren van kelders met het oog op hun gebruik gepaard kan gaan met een aantal nevenwerkingen. Een verlaging van de relatieve omgevingsluchtvochtigheid zorgt namelijk voor een snellere droging van het vochtige metselwerk. Als het metselwerk een grote hoeveelheid zouten bevat, kan de kristallisatie ervan leiden tot een beschadiging van de materialen.

Verder dient men rekening te houden met het feit dat een intensieve ventilatie tijdens warme en vochtige periodes (bv. bij onweer) aan de bron kan liggen van oppervlaktecondensatie (warme en vochtige lucht in contact met koude oppervlakken). Gelet op hun punctuele karakter brengen deze fenomenen het gebruik van de ruimten gewoonlijk niet in het gedrang.

### 2.3.4 Andere beperkingen

Daarnaast bestaan er nog een aantal andere beperkingen die eerder verband houden met het comfort en de veiligheid van de ruimten :

- de beperkte hoogte van de ruimte
- de toegankelijkheid en evacuatie (er is doorgaans slechts één enkele smalle trap)
- de geluidsisolatie
- de thermische isolatie
- de aanwezigheid van waterafvoerleidingen, die niet alleen veel plaats innemen, maar tevens aanleiding kunnen geven tot geurhinder
- de daglichttoevoer
- de veiligheid ter plaatse van de tellers die zich vaak in de kelder bevinden (overstroming en elektriciteit, gasafvoer, ...).

## 3 RENOVATIE VAN KELDERS

Alvorens men start met de renovatie en omvorming van de kelder en de diagnose van de staat van de ruimten, moet men bepalen welke graad van comfort men wenst te behalen (al dan niet volledige afwezigheid van vochtproblemen, hygrothermische omgevingsvoorwaarden, ...).

Het spreekt voor zich dat er voor bepaalde bestemmingen omgevingsvoorwaarden nodig zijn die sterk afwijken van de normale evenwichtsvoorwaarden in kelders voor wat betreft de temperatuur en de vochtigheidsgraad (10-15 °C en RV > 70 %), waardoor logischerwijze ook de uit te voeren interventies grootschaliger zullen zijn.

De zwaarste interventies zullen ondernomen moeten worden indien men de kelder wenst om te vormen tot een woonruimte en/of tot een ruimte met intensief gebruik. Voor de omvorming van een kelder tot een stookplaats of een wasplaats zijn er daarentegen gewoonlijk slechts beperkte aanpassingen nodig.

Tussen deze extremen zijn er nog diverse tussenniveaus te onderscheiden, zoals bijvoor-

beeld de opslag van mogelijk vochtgevoelige materialen (boeken, min of meer bederfelijke etenswaren, ...) of de inrichting van ruimten zonder belangrijke vochtproductie en/of met punctueel gebruik (bureau, speelzaal, ...).

De interventiegraad en de ermee gepaard gaande kosten zijn dus sterk afhankelijk van het eindgebruik en het gewenste comfort. Het gaat hier om een belangrijke factor die samen met de aard en de omvang van de pathologieën in aanmerking moet genomen worden bij de bepaling van de uit te voeren werkzaamheden.

## 4 VOORAFGAANDELIJKE DIAGNOSE VAN DE KELDER

Al naargelang van de te bereiken doelen en de omvang van de bestaande problemen, zal het nodig zijn een min of meer grondige en volledige diagnose op te stellen. Deze diagnose bestaat in een bezoek aan de kelder in aanwezigheid van de gebruikers, vermits deze laatste doorgaans in staat zijn bijkomende informatie te verschaffen over de historiek van de ruimte, de vastgestelde kelderproblemen, de frequentie en omvang ervan en de doelen en beperkingen van de beoogde renovatie.

Gekoppeld aan de analyse van de waargenomen symptomen, kan deze eerste fase van vaststellingen en dialogen met de gebruikers gewoonlijk volstaan om de vereiste interventies te bepalen.

Indien de vastgestelde schade aanzienlijk is en/of indien de kelder moet omgevormd worden tot een woonruimte, is het aanbevolen om verder onderzoek te verrichten en een aantal metingen uit te voeren om de visuele waarnemingen te bevestigen, de vastgestelde problemen te kwantificeren en de voorziene interventies aan te passen naargelang van de toekomstige bestemming van de ruimte.

### 4.1 VASTSTELLINGEN

Aangezien er meestal geen bouwplan of plan van de afwerkingsdetails beschikbaar is, zal een plaatsbeschrijving – zelfs approximatief en uit



**Afb. 3** Vocht aan de voet van een kelder muur.

de losse hand – de eerste werkbasis vormen. Hierin moet niet alleen de inplanting van de ondergrondse ruimten vermeld worden, maar ook de niveaus van de beleningen, de bestaande openingen en toegangen, de zichtbare schade (vocht, uitbloeiingen, schimmels, ...), de omvang van de schade, de erdoor aangetaste muren en de toekomstige bestemming van de ruimten.

Bij deze eerste benadering is het belangrijk te beschikken over een geoefend oog en een zekere ervaring, vooral wanneer men geen nauwkeurige informatie ontvangen heeft van de gebruikers.

Tijdens deze vaststellingen zal de nadruk komen te liggen op de vochtproblemen.

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen :

- waterinfiltraties (zelfs toevallige), die gekenmerkt worden door min of meer duidelijke sporen op de muren en de vloer, de aanwezigheid van oude zinkputten, van verhoogde vloeren, ...
- de aanwezigheid van grondvocht (geen druipsporen), wat zich doorgaans vertaalt door donkergekleurde zones, de eventuele aanwezigheid van schimmels (in geval van een hoge omgevingsvochtigheid), de verschijning van uitbloeiingen tijdens droge periodes, of nog door de aantasting van het metselwerk door crypto-uitbloeiingen. Als men sporen aantreft van vroegere interventies (cementgebonden bepleistering aan de voet van of over de volledige muur), kan men ervan uitgaan dat de migratie van grondvocht een herhaaldelijk optredend probleem is. In kelders gaan dergelijke uitgesproken vochtproblemen en een gebrekkige ventilatie meestal ook gepaard met een zekere schimmelgeur.

Verder dient men melding te maken van de bestaande openingen, evenals van de eventuele mogelijkheden ter verbetering van de ventilatie.

Doorgaans getuigen de aanwezigheid van uitbloeiingen aan het oppervlak en de beschadiging van de materialen en de afwerkingen door crypto-uitbloeiingen van de goede natuurlijke ventilatie van de ruimte of van de aanwezigheid van verwarmingselementen in de kelder. De aanwezigheid van donkere zones waar ook schimmelgroei optreedt, is daarentegen symptomatisch voor een ontoereikende ventilatie, omdat dit verschijnsel duidt op een vochtige omgeving.

De uitgevoerde diagnose heeft uiteraard enkel betrekking op de staat van de ruimten tijdens het plaatsbezoek. In geval van een bestemmingswijziging (en dan vooral bij de omvorming tot een woonruimte) zal het nodig zijn deze parameters te extrapoleren naar de nieuwe hygrothermische belastingen, met name voor wat betreft de productie van waterdamp.

Een visueel onderzoek kan ook toelaten om de eventuele aanwezigheid van zwammen (bv. de huiszwam) vast te stellen. Hierbij dient

men bijzondere aandacht te schenken aan de elementen uit hout of op basis van hout (bv. houtvezelplaten) die aanwezig zijn in de kelder. Ook de zones waar de houten vloerbalken ingewerkt worden in het metselwerk vereisen een zorgvuldig onderzoek.

Hoewel dit eerder zeldzaam is, dient men eveneens de eventuele stabiliteitsproblemen op te tekenen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een wijziging van het keldervloerniveau, wat kan leiden tot een aantasting van de funderingen, of nog, indien er duidelijke scheuren vastgesteld worden die toegeschreven kunnen worden aan differentieële zettingen of een verwerking van de stalen of houten structurelementen.

Hoewel dit vaak minder evident is, dient men tevens de eventuele geurhinder te onderzoeken, of deze nu te wijten is aan het waterafvoernetwerk (aanwezigheid van controleputjes, ondergrondse verspreiding) of aan lekken in de mazouttank.

## 4.2 METINGEN

Zoals hiervoor reeds aangehaald werd, gaat men in het kader van een goede diagnose gewoonlijk ook over tot een aantal metingen. Deze hebben niet alleen tot doel om de schade precies te lokaliseren en de omvang ervan te bepalen, maar tevens om dienst te doen als referentiewaarden aan de hand waarvan het mogelijk is de evolutie van de problemen na de interventies te controleren.

Er bestaan verschillende apparaten die gebruikt kunnen worden *in situ*, gaande van zeer eenvoudige toestellen tot de meest gesofisticeerde. Hierna volgt een overzicht van de belangrijkste meetprincipes, al naargelang van de voorkomende problemen.

### 4.2.1 Meting van de temperatuur en van de vochtigheid van de omgevingslucht

Deze twee metingen gaan gewoonlijk hand in hand, vermits ze allebei voornamelijk tot doel



Afb. 4 Voorbeeld van een thermo-hydrograaf.

hebben om het risico op hygroscopiciteit en oppervlaktecondensatie te identificeren. Het gaat hier om redelijk eenvoudige metingen met weinig gesofisticeerde apparaten : alcoholthermometers, hygrometers (met een gespannen haar) of elektrische thermo-hygrometers.

Bij deze metingen moeten twee belangrijke opmerkingen geformuleerd worden. Enerzijds moeten de hygrometers regelmatig geijkt worden, gelet op het feit dat ze vrij snel ontregeld raken. Anderzijds moeten de metingen uitgevoerd worden op verschillende tijdstippen van het jaar (verschillende seizoenen), of dient men gebruik te maken van een toestel dat de evolutie van de vochtigheidsgraad opmeet (bv. thermo-hydrograaf met registratie – zie afbeelding 4).

Het onderzoek van de meetresultaten in de tijd kan nuttige informatie opleveren voor de diagnose, vermits dit toelaat om de frequentie van abnormale waarden te beoordelen, deze gegevens te linken met de eventuele bijzondere binnen- en/of buitenomstandigheden en het oppervlaktecondensatiediagram in te schatten via een luchtvochtigheidsdiagram ([17], [18], [8]).

### 4.2.2 Meting van de oppervlaktetemperatuur van de materialen

Door het gebruik van een infraroodtoestel kan men eenvoudig en ogenblikkelijk de oppervlaktetemperatuur van een materiaal optekenen (zie afbeelding 5).

In geval van grote temperatuurafwijkingen kan men met behulp van een luchtvochtigheidsdiagram de eventuele koudebruggen identificeren en de zones afbakenen waar er een risico op oppervlaktecondensatie bestaat. Deze metingen worden bij voorkeur uitgevoerd in periodes waarin er aanzienlijke verschillen kunnen bestaan tussen de buiten- en de binnentemperatuur.



Afb. 5 Voorbeeld van een infrarood-thermometer.



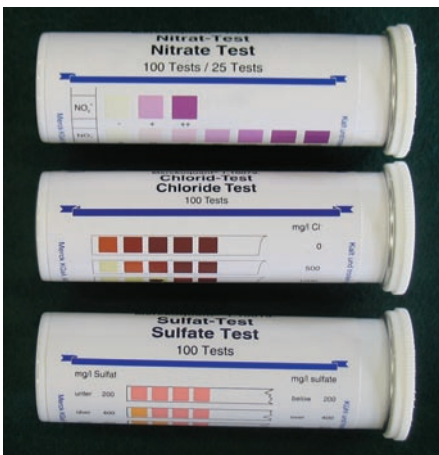
**Afb. 6 Toestellen ter bepaling van het vochtgehalte in materialen.**

4.2.3 Meting van het vochtgehalte in bouwmaterialen

Vermits het erg belangrijk is het vochtgehalte in bouwmaterialen te kennen (zie [18]), werden er verschillende elektronische meetapparaten ontwikkeld die gebaseerd zijn op capacatieve of resistieve principes.

Deze gebruiksvriendelijke toestellen zijn zeer nuttig in het kader van de diagnose omdat ze een snelle afbakening van de probleemzones mogelijk maken, evenals van de zones die bijkomend onderzoek vereisen (toestellen rechts op afbeelding 6). Het gebruik van dergelijke toestellen is evenwel afgeraden voor de kwantificering van het vochtgehalte in metselwerk. Deze apparaten worden namelijk sterk beïnvloed door de materiaaldichtheid, de aanwezigheid van zouten, van metalen, ... en zijn bijgevolg niet geschikt voor de precieze bepaling van het vochtgehalte, noch voor de controle van het metselwerk na droging.

Voor de kwantitatieve bepaling van het vochtgehalte *in situ* dient men op de gewenste diepte een staal te nemen dat representatief is voor het te karakteriseren materiaal. De bepaling van het vochtgehalte van dit proefstaal gebeurt ofwel of de bouwplaats met de carbideflës (toestel links op afbeelding 6), ofwel in het laboratorium door vergelijkende wegingen vóór en na droging.



**Afb. 7 Indicatiestrookjes ter beoordeling van de aanwezige zouten.**

Dergelijke meetresultaten (zelf van zeer precieze metingen) moeten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. De ervaring heeft immers aangetoond dat proefstukken die ontnomen werden op een verschillende diepte of uit twee aangrenzende materialen (bv. bakstenen met een andere bakwijze, of mortel ten opzichte van de baksteen) een zeer verschillend vochtgehalte kunnen vertonen.

4.2.4 Semi-kwantitatieve beoordeling van de aanwezigheid van zouten

De zouten kunnen afkomstig zijn uit de bodem of uit de materialen of te wijten zijn aan een bijzonder gebruik van de ruimten (opslag van agrarische producten, teelt, industriële of semi-industriële toepassingen, ...). Het kan hier zowel gaan om hygroscopische zouten (nitraten en chloriden) als om uitbloeiingszouten (sulfaten en carbonaten). Afhankelijk van hun concentratie kunnen de eerstgenoemde zouten ervoor zorgen dat het quasi onmogelijk is de muren te drogen (zelfs na een geschikte en performante behandeling). De zouten uit de tweede categorie zijn op hun beurt vaak verantwoordelijk voor oppervlakteschade aan de materialen.

Het kan dus nuttig zijn een bevestiging te krijgen van de aard, de approximatieve concentratie en het al dan niet pathologische karakter van de aanwezige zouten.

In deze context zou men *in situ* kunnen overgaan tot het gebruik van indicatiestrookjes (zie afbeelding 7). Hierbij geven de intensiteit en de snelheid van de kleurverandering van de teststrookjes een idee van de hoeveelheid aanwezige zouten. Deze methode wordt beschreven in een kadertje op het einde van dit artikel en komt eveneens aan bod in procedure 46 van de 'Gids voor de restauratie van metselwerk' [13].

4.2.5 Meting van de scheuropening en de evolutie ervan

Wanneer de muren van de ingegraven ruimten duidelijke scheuren vertonen, is de nodige voorzichtigheid geboden. Zo dient men de oorzaak ervan op te sporen en hun evolutie (of stabilisatie) in de tijd te controleren.

Gewoonlijk hebben deze scheuren een eerder onschuldig karakter (gestabiliseerde bewegingen of corrosie van punctuele elementen). In het geval van pathologische en/of schijnbaar evolutieve scheuren (onomkeerbare bewegingen) kan het evenwel raadzaam zijn een nonius te kleven aan weerszijden van de scheur. Aan de hand hiervan kan men immers met een voldoende precisie de bewegingen bepalen, waardoor het mogelijk wordt een beslissing te nemen omtrent het type en de dringendheid van de eventuele interventie (zie afbeelding 8 en procedure 23 van de 'Gids voor de restauratie van metselwerk' [12]).



**Afb. 8 Plaatsing van een nonius aan weerszijden van een scheur.**

4.2.6 Akoestische metingen

Naargelang van de bestemming van de ruimten kan het soms noodzakelijk zijn om over te gaan tot aan akoestische studie aan de hand waarvan men de maatregelen kan bepalen die nodig zijn om te beantwoorden aan de vooropgestelde prestaties.

Hierbij dient men niet alleen aandacht te besteden aan de luchtgeluidsisolatie ten aanzien van de aangrenzende woningen en het buitenverkeer, maar ook aan de contactgeluidsisolatie van de vloer van de ruimten op het gelijkvloers.

De controle van de behaalde prestaties *in situ* moet gebeuren na afloop van alle werkzaamheden. Hiertoe dient men een beroep te doen op een gespecialiseerde firma en op specifieke toestellen (roze geluidsbron, klopmachine, meting per tert- of octaafband).

4.2.7 Metingen van de vochtmigratie

Het eventuele vochttransport in bouwmaterialen kan aangetoond worden met behulp van de rubidiumcarbonaattechniek. Hierbij wordt er ter hoogte van de vermoedelijke bron (leiding, zinkput, overstekend terras, ...) een spoorelement geïnjecteerd. Na enkele weken kan de eventuele migratie van het beschouwde ion (in dit geval rubidium) aan het licht gebracht worden door analyses op proefstalen. Het gaat hier om een redelijk zware en kostelijk ingreep, die doorgaans enkel voorbehouden wordt voor zeer problematische gevallen en/of betwistingen.

4.2.8 Piëzometrische metingen

Een piëzometer is een eenvoudige standpijp waarmee het mogelijk is om vanaf het oppervlak toegang te krijgen tot de grondwaterlagen en het niveau ervan te bepalen met behulp van een sonde (gewicht of elektronische relais) of een druksensor. Dergelijke metingen worden bij voorkeur uitgevoerd over een langere periode teneinde de eventuele schommelingen van het grondwaterniveau op te sporen. Men gaat ervan uit dat het minimale waterniveau behaald wordt in de maand oktober en het maximale waterniveau in de maand maart.

## 5 DE RENOVATIE VAN KELDERS

Zoals hiervoor reeds aangehaald werd, is de omvang van de werkzaamheden in sterke mate afhankelijk van het toekomstige gebruik van de ruimten. Deze interventies kunnen gaan van een loutere vervanging van de afwerking (bv. indien de kelder omgevormd wordt tot een opslagruimte), tot zware en complexe werkzaamheden aan het metselwerk ter verzeke- ring van de stabiliteit.

Verder is het aanbevolen om de conformiteit van de elektrische en andere installaties (gas- tellers, ...) te controleren en de toegankelijk- heids- en evacuatiemogelijkheden (trappen) van de ruimte na te gaan, zelfs indien men enkel kleinschalige werkzaamheden voorziet.

We willen erop wijzen dat de hierna beschre- ven interventies doorgaans betrekking hebben op oudere bouwwerken uit metselwerk. Wat de afdichting van recentere constructies uit gewapend beton betreft, verwijzen we naar het desbetreffende artikel dat verschenen is in WTCB-Contact nr. 14 (2007) [10].

### 5.1 BESTRIJDING VAN WATERINFILTRATIES IN KELDERS

Bij de overgrote meerderheid van onze oude ge- bouwen werd er in aanwezigheid van water in de buurt van het grondniveau gelukkigerwijze niet overgegaan tot het optrekken van kelder- constructies. De aanwezigheid van een perma- nente of toevallige grondwaterlaag boven het vloerniveau van een kelder leidt immers bijna onvermijdelijk tot waterinfiltraties die moeilijk of zelfs niet definitief weggevoerd kunnen wor- den in oudere constructies uit metselwerk.

Het is bijgevolg belangrijk te weten op welk niveau het grondwater zich ten opzichte van de keldervloer bevindt (zie § 4.2.8). Indien de grondwaterlaag zich (zelfs tijdelijk) boven het kelderniveau bevindt, zal de omvorming van de kelder tot een ruimte met een normaal gebruik (bv. opslagruimte) zeer moeilijk zijn. Niette- genstaande het feit dat men zou kunnen over- gaan tot de uitvoering van een stijve inwendige bekuiping, zal de doeltreffendheid ervan eerder beperkt zijn. Het zal in deze omstandigheden immers moeilijk zijn om de continuïteit van de bepleistering te verzekeren (ter hoogte van de dwarsmuren, de trappen, ...). Dit geldt evenzeer voor soepele inwendige bekuipingen. Deze zul- len namelijk niet in staat zijn om het binnendrin- gen van vocht via de keldervloer te vermijden, noch om het optreden van opstijgend grond- vocht in de beschermde muren tegen te gaan.

Het risico op een accumulatie van oppervlak- tewater langs de wanden in contact met de grond (regenwater dat wegvloeit over de na- tuurlijke bodem en dat in de grond dringt ter hoogte van de keldermuren) is op zijn beurt



Afb. 9 Voorbeeld van een zinkput.

afhankelijk van de aard van het terrein en zijn helling rondom het gebouw.

In geval van een accumulatie van oppervlakte- water kan men overgaan tot een interventie :

- *van buitenaf.* Hierbij verwijdt men de grond in contact met de betrokken muren en zorgt men voor de plaatsing van een vocht- membraan tegen het metselwerk, van een verticale drainering en van een horizontale collector op de bodem van de bouwput
- *langs de binnenkant.* Dit gebeurt wanneer interventies van buitenaf niet mogelijk zijn (bv. door de aanwezigheid van belendingen, aangrenzende gebouwen, ...). In dit geval worden de holten en scheuren eerst en vooral afgedicht door ze te injecteren met een dunne mortel of een hars dat opzwelt bij contact met vocht. Vervolgens kan men overgaan tot de uitvoering van een dekvloer en een water- dichte ononderbroken bepleistering over alle betrokken vloeren en muren. Indien het gaat om hardnekkige infiltraties kan men opteren voor de uitvoering van een interne omtrekgoot die via een zinkput en een eventuele dompel- pomp verbonden wordt met het rioleringsnet.

Verder dient men in het achterhoofd te houden dat het in gevallen waarbij er een aanzienlijke accumulatie van oppervlaktewater kan optre- den (bv. bij de renovatie van bestaande kel- ders) nodig zal zijn een binnenafwerking aan te brengen die ongevoelig is voor vocht en af te zien van de omvorming van de kelder tot een woonruimte.

### 5.2 BEHANDELING VAN OPSTIJGEND GROND- VOCHT

In tegenstelling tot het vorige punt, gaat het hier niet om een infiltratie van vocht in vloei- bare vorm, maar veeleer om een capillaire vochtmigratie vanuit de grond in contact met de muren. Deze problemen komen tot uiting onder de vorm van donkere vlekken, uitbloei- ings, of een beschadiging van het metselwerk en de afwerking door kristalliserende zouten.

Dergelijke capillaire migraties zijn alomtegen- woordig in oude ingegraven bouwwerken uit metselwerk, en dit zelfs indien er geen grond-



Afb. 10 Voorbeeld van uitbloeiingen en van de beschadiging van de voegen.

waterlaag aanwezig is. Ze kunnen doorgaans toegeschreven worden aan :

- *verticaal stijgvocht*, teweeggebracht door het feit dat de ingegraven constructies uit metselwerk gewoonlijk uitgevoerd werden op capillaire funderingen (bv. steenpuin), zonder tussenplaatsing van een membraan ter bescherming tegen capillair stijgvocht
- *horizontale migraties*, teweeggebracht door de afwezigheid van een doeltreffende bui- tenbescherming van de verticale metsel- werkgevels in contact met de grond.

Bij deze migraties worden het water en de zou- ten die aanwezig zijn in de grond gedraineerd, wat aanleiding kan geven tot het verschijnen van uitbloeiingen aan of vlak onder het mate- riaaloppervlak (crypto-uitbloeiingen). Tijdens de verdamping en al naargelang van de mate- riaaleigenschappen, kunnen de kristallisatie- krachten van de zouten al dan niet aanzienlijke schade veroorzaken aan het metselwerk (bak- steen, voegen) en de afwerkingen (muurkalk, verf, bepleistering, ...).

Dit verschijnsel wordt niet alleen vastgesteld op de omtrekmuren in contact met de omlig- gende grond, maar tevens aan de voet van de binnenmuren. Dit moet bij de interventies in het achterhoofd gehouden worden.

#### 5.2.1 Behandeling van metselwerk in contact met de grond

De werkzaamheden worden bij voorkeur uitge- voerd van buitenaf. Indien de buitenzijde niet toegankelijk is, kunnen de interventies ook ge- beuren langs de binnenzijde (zie tabel 1, p. 5).

#### 5.2.3 Behandeling van binnenmuren of gemene muren

Het gaat hier om keldermuren die niet recht- streeks in contact staan met de grond en die tijdens de constructie niet voorzien werden van een vochtmembraan en/of om keldermuren die opgericht werden op capillaire funderingen (zo- als het geval is bij de meeste oude gebouwen).

Voor binnenmuren of gemene muren zijn de aan te wenden technieken identiek aan deze die toegepast moeten worden voor een behan-

**Tabel 1** Mogelijke interventies ter behandeling van metselwerk in contact met de grond.

<b>Interventies van buitenaf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verwijdering van de grond in contact met de betrokken muren</li> <li>• plaatsing van een element dat het rechtstreekse contact tussen de grond en de ingegraven wanden vermijdt en dat de diffusie van het vocht naar de binnenomgeving tegengaat (bv. membraan). Naargelang van de situatie zou men tevens kunnen overgaan tot de uitvoering van een beschermings- en draineringssysteem ter voorkoming van een accumulatie van oppervlaktewater (zie § 5.1). Deze manier van werken kan overigens aangevuld worden door een injectie in de massa aan de voet van de keldermuren in contact met de grond.</li> </ul>
<b>Interventies langs de binnenzijde</b>	<p>Naast de plaatsing van een vochtmembraan (bv. polyethyleenfilm) ter hoogte van de vloer, dat de nieuwe dekvloer en de nieuwe afwerkingen beschermt, kan men het metselwerk nog op verschillende andere manieren behandelen :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de uitvoering van een waterdichte bepleistering over alle betrokken omtrekmuren. Deze bepleistering kan opgebouwd zijn met een mineraal bindmiddel (hydrofobe cementtypes, ...) of met een organisch bindmiddel (bv. epoxyharsen, zie afbeelding 11) en aangebracht worden in min of meer dikke lagen die het vochttransport verhinderen. Een dergelijke interventie vereist een ondergrond die in goede staat verkeert teneinde de goede hechting en duurzaamheid van de waterdichte bepleistering te waarborgen. Het risico op een kristallisatie van de zouten in het raakvlak tussen de bepleistering en het metselwerk kan evenwel nooit uitgesloten worden en ook het loskomen van de bepleistering kan niet vermeden worden</li> <li>• de uitvoering van een ontdebbling door de plaatsing van membranen die ongevoelig zijn voor zouten en vocht tussen de muren en de afwerking. In ruimten met delicate omgevingsvoorwaarden zoals kelders is het met deze variëte mogelijk de gewone ontdebbling van de muren (met platen op een latwerk) te vervangen. De noppenfolies die in dit geval gebruikt worden, worden mechanisch bevestigd op de muren, bieden een goede bescherming tegen vocht en zouten en kunnen afgewerkt worden met een conventionele binnenbepleistering. In deze context willen we er wel aan herinneren dat de uitvoering van een gipsbepleistering enkel mag gebeuren indien er een normaal vochtgehalte heerst in de ruimte (d.w.z. een relatief vochtgehalte tussen de 30 en de 60 %)</li> <li>• de injectie van een hydrofobe oplossing in de massa van de omtrekmuren. Deze techniek is vergelijkbaar met een injectie tegen opstijgend grondvocht. In dit geval worden er wel meerdere injecties uitgevoerd om alle betrokken muren te verzadigen. Meestal verkies men echter de aanbrenging van een waterdichte bepleistering, vermits er voor voornoemde injecties een grote producthoeveelheid vereist is en deze operatie zeer delicaat en arbeidsintensief is. We willen eraan herinneren dat de aldus beschermde muren geen bescherming bieden tegen waterinfiltraties onder druk (zie § 5.1)</li> <li>• de uitvoering van een saneerpleister (niet te verwarren met een waterdichte bepleistering). Dergelijke pleisters vertonen een erg poreuze en open structuur. Ze hebben niet als oogmerk om het vocht of de zouten te blokkeren, maar wel om het verdampingsfront vast te leggen in de bepleistering en zodoende het oppervlak droog te houden en te vrijwaren van uitbloeiingen. Saneerpleisters worden vooral toegepast in geklasseerde gebouwen en mogen niet bedekt worden met een afwerking. Het gebruik ervan is afgeraden in aanwezigheid van hygroscopische zouten en de doeltreffendheid ervan is per definitie beperkt in de tijd.</li> </ul> <p>De aard van de te weerhouden behandelingen is voornamelijk afhankelijk van de vorm van het water in de grond, van de vochtgevoeligheid van de binnenafwerkingen en van de gebruiksvoorwaarden van de ruimte. Daarnaast zijn ook de interventiemogelijkheden bepalend voor de keuze van de behandeling(en) (zie § 6).</p>

deling tegen opstijgend grondvocht boven de vloer (zie [18]). De techniek die in de meeste gevallen weerhouden wordt, is de injectie van hydrofobe producten over de volledige metselwerksectie, en dit zowel aan de voet van deze binnenmuren of gemene muren (horizontale

barrière) als in het snijvlak tussen deze binnenmuren met de omtrekmuren die in contact staan met de grond (verticale barrière aan de scheidsmuur). Het is immers zeer belangrijk dat de continuïteit van het aanwezige vocht-scherp gewaarborgd blijft.

☞
OPMERKING

Vermits de doeltreffendheid van de meeste voornoemde systemen onlosmakelijk verbonden is met de uitvoering van een afwerking die min of meer waterdampdicht is, bestaat er een grote kans dat de vochtigheid van de muren in contact met de grond zal toenemen. Hoewel dit normaalgesproken geen probleem zou mogen opleveren voor de duurzaamheid van het metselwerk, kan dit wel zorgen voor een lichte accentuering van het capillaire stijgvocht in het verlengde van het metselwerk boven het niveau van de vloer.

In deze optiek is het raadzaam de interventies in kelder te vervolledigen met een behandeling van de omtrekmuren uit metselwerk tegen opstijgend grondvocht (zie de techniek, beschreven in § 5.2.2).

Vermits het niveau van de omliggende grond buiten vaak gevoelig lager ligt dan het niveau van het gelijkvloers, moet deze techniek uitgevoerd worden op een niveau dat lager ligt dan het plafond van de kelder. Zodoende kan men ook het toekomstige gedrag van de overeenkomstige structuur veiligstellen (bv. houten vloeren of gewelfde vloeren op metalen liggers).



**Afb. 12** Injectiesysteem.



**Afb. 11** Waterdichte bepleistering op basis van epoxyharsen.

De droging van de muren na deze interventie kan aanleiding geven tot een versnelde zoutmigratie naar het materiaaloppervlak. Het risico is dus reëel dat de uitbloeiingen tijdens deze drogingsfase geaccentueerd zullen worden, zodat het noodzakelijk kan worden om tussen de muur en de afwerking een zoutbestendige ontdubbeling (noppenfolie) te voorzien.

**5.3 BESTRIJDING VAN ZOUTEN**

Het is niet eenvoudig om de aanwezigheid van (al dan niet hygroscopische) zouten te verhelpen. Dit geldt met name wanneer het gaat om grote zoutconcentraties. Hoewel er in de handel producten beschikbaar zijn die toelaten om de zoutschade te beperken, is uit diverse laboratoriumproeven gebleken dat de toepassing ervan enkel beschouwd mag worden als een mogelijke verbeteringsmaatregel en niet als een absolute remedie. De beste oplossing bestaat er dan ook in om een niet-capillaire ontdubbeling te voorzien die ongevoelig is voor zouten. Dit kan onder meer gebeuren door gebruik te maken van noppenfolies die mechanisch bevestigd worden op de muren en als basis kunnen dienen voor de nieuwe afwerkingen.

De conventionele ontdubbelingstechniek, waarbij gebruik gemaakt wordt van een wand uit gipskartonplaten, wordt afgeraden. Naast het feit dat de zouten via de bevestigingen naar het binnenoppervlak van de platen zouden kunnen migreren, dient men in dit geval immers ook rekening te houden met een mogelijke schimmelvorming op de achterzijde van de platen.

De uitvoering van een bijkomende polyethyleenfolie tussen de bestaande wand en de ontdubbelde wand zou een alternatief kunnen vormen, maar biedt in de praktijk echter minder garanties.

**5.4 VENTILATIE**

Ventilatie heeft tot doel om een aanvaardbare luchtkwaliteit te waarborgen in de ruimten,

dankzij de toevoer van verse lucht en de evacuatie van de bezoedelde. De vereiste luchtkwaliteit is afhankelijk van de bestemming van de ruimten en kan dus binnenin eenzelfde gebouw van ruimte tot ruimte verschillen.

Indien de ingegraven ruimten gebruikt worden als woonvertrekken, is de ventilatie ervan noodzakelijk om het comfort van de gebruikers te verzekeren, maar ook om de relatieve luchtvochtigheid binnen de perken te houden. Dit geldt evenzeer in kelders die gebruikt worden als opslagruimte. Zonder ventilatie zou de relatieve vochtigheid immers zodanig groot kunnen worden dat er schimmel- en condensatieproblemen ontstaan in de kelder of vochtproblemen in de aangrenzende ruimten.

De renovatie van een kelder gaat in de regel gepaard met een intensiever gebruik, wat gewoonlijk ook hand in hand gaat met een grotere vochtproductie (van 2 tot 10 kg/dag). Tabel 2 geeft bij wijze van voorbeeld een overzicht van de grootteorde van de dampproductie, naargelang van de uitgevoerde activiteit.

Indien men een kelder wenst om te vormen tot een woonruimte, kan men de verschillende ventilatiestrategieën toepassen die beschreven zijn in de norm NBN D 50-001 'Ventilatievoorzieningen in woongebouwen' [3].

Indien de kelder gebruikt wordt als opslagruimte, voorziet de norm tevens de volgende mogelijkheden :

- een natuurlijke ventilatie door middel van kelderraampjes, kleine vensters of ventilatieroosters (die eventueel via kanalen verbonden zijn met de buitenomgeving). Via deze openingen kan er verse buitenlucht aangevoerd worden naar de binnenruimte en kan de bezoedelde binnenlucht afgevoerd worden naar buiten. De richting en het debiet van de luchtstroom in de kelder zijn afhankelijk van de configuratie van de ruimten en van de weersomstandigheden. Om de dwarsventilatie veilig te stellen, is het nodig om aan beide zijden van de kelder openingen te voorzien. In geval van kleine vensters moet de vrije sectie in open toestand minstens 140 cm<sup>2</sup>

**Tabel 2 Waterdampproductie naargelang van de activiteit die uitgevoerd wordt in het gebouw [11?].**

Oorzaak van de waterdampproductie	Grootteorde van de waterdampproductie in een woning
Gebruikers	0,9 tot 1,25 kg water per dag en per persoon
Bereiding van een maaltijd voor vier personen met een elektrisch fornuis	1 tot 2 kg water per dag
Bereiding van een maaltijd voor vier personen met een gasfornuis	2 tot 3 kg water per dag
Persoonlijke hygiëne (bad, douche, ...)	0,2 tot 0,5 kg water per dag en per persoon
Drogen van wasgoed	1,25 tot 2,5 kg water per dag
Reiniging van de vloer met water	ongeveer 0,2 kg water per dag
Groene planten	0,002 tot 0,05 kg water per dag en per plant

bedragen. In geval van ventilatieroostertjes moet de som van de debieten van alle roosters bij een drukverschil van 2 Pa minstens gelijk zijn aan 50 m<sup>3</sup>/h

- een mechanische afvoer (d.w.z. een ventilator die de bezoedelde lucht uit de kelder onttrekt en naar buiten evacueert) met een debiet van minstens 25 m<sup>3</sup>/h in combinatie met één of meerdere openingen in de buurt van de keldervloer waarlangs verse buitenlucht kan aangevoerd worden. Dankzij deze afvoer kan men een stabiel ventilatiedebiet waarborgen, dat minder afhankelijk is van de weersomstandigheden. De afvoermonden en toevoeropeningen moeten zodanig geplaatst worden dat de verse lucht de volledige kelder doorstroomt. Men dient er tevens voor te zorgen dat de aldus gecreëerde onderdruk niet te groot wordt. Zoniet zou er lucht vanuit de andere leefruimten aangetrokken kunnen worden of gas (bv. radon) vanuit de ondergrond
- het voorzien van twee ventilatoren waarmee men zowel kan zorgen voor een mechanische toe- als afvoer. De verse buitenlucht komt dan in de kelder terecht door toedoen van de eerste ventilator, terwijl de tweede ventilator de bezoedelde binnenlucht aanzuigt en naar buiten afvoert. In dit geval moeten er geen ventilatieopeningen meer voorzien worden en kunnen het debiet en



**OPMERKING**

Bij de keuze van het ventilatiesysteem wordt rekening gehouden met de voorkeuren van de gebruikers en de karakteristieken van het gebouw (toegankelijkheid van de kelderwanden, oriëntatie, aanwezigheid van radon, aanwezigheid van een stookketel met open haard, ...).

Als er – zoals wel vaker het geval is – een stookketel in de kelder aanwezig is, dient men de eisen uit de normen NBN B 61-001 [1] (vermogen ≥ 70 kW) en NBN B 61-002 [2] (vermogen < 70 kW) met betrekking tot de ventilatie van stookruimten te respecteren.

Zo dient men bijzondere aandacht te besteden aan de mogelijke interacties tussen het ventilatiesysteem en de afvoer van de verbrandingsgassen van de stookketel. Terwijl dit in geval van een natuurlijke ventilatie normaal geen problemen oplevert, is het bij een mechanische ventilatie aan te bevelen te opteren voor een stookketel met een hermetisch verbrandingscircuit (de verbrandingslucht wordt in dit geval rechtstreeks uit de buitenomgeving onttrokken).

Verder dient men ervoor te zorgen dat de stookketel en de warmwaterleidingen goed thermisch geïsoleerd zijn. Zodoende kan men enerzijds het energieverbruik beperken en anderzijds het risico op een plaatselijke en ongewenste oververhitting van de kelder tegengaan.

de richting van de luchtstroom makkelijker beheerst worden. Het is eveneens mogelijk de verse buitenlucht te filteren en/of voor te verwarmen met behulp van een warmterugwinapparaat. Door de toevoer en de afvoer in evenwicht te brengen, kan men de gecreëerde onder- of overdruk beperken. Deze zou immers tot gevolg kunnen hebben dat er bezoedelde lucht (bv. radon) vanuit de kelder in de woonruimten zou terechtkomen.

**5.5 PLAATSING VAN EEN ONTVOCHTIGINGS-APPARAAT**

Na de behandeling van de oorzaken van de vochtproblemen, wordt er vaak een tijdelijk of permanent ontvochtigingsapparaat in de ruimte geplaatst dat tot doel heeft de relatieve vochtigheidsgraad van de omgevingslucht te verlagen.

Een dergelijke verbetering van de hygrometrische voorwaarden neemt echter niets weg van de noodzaak om de ruimte te ventileren.

De eenvoudigste systemen zijn gebaseerd op de hygroscopiciteit van de zouten (gewoonlijk calciumchloride), waardoor het vocht uit de lucht opgenomen wordt en vervolgens in vloeibare vorm afgevoerd wordt naar een recipiënt dat manueel geleegd moet worden. Dit systeem heeft als voordeel dat het goedkoop en volledig geluidloos is. Het kan evenwel enkel toegepast worden in kleine ruimten en laat slechts de evacuatie van een geringe hoeveelheid vocht toe.

Elektrische ontvochtigingsapparaten zijn heel wat gesofisticeerder en performanter, maar de kostprijs ervan is ook veel hoger dan deze van voornoemde systemen op basis van zout. Bovendien zijn dergelijke elektrische apparaten redelijk energieverslindend en kunnen ze een aanzienlijke akoestische hinder teweegbrengen, vooral bij nachtelijk gebruik.

De verwijdering van het verzamelde water gebeurt ofwel manueel, ofwel door een rechtstreekse aansluiting op een externe afvoer.

Het tijdelijke gebruik van een ontvochtigingsapparaat (met zout of elektrisch) kan overwogen worden in bijzondere gevallen (bijvoorbeeld tijdens de drogingsfase volgend op een behandeling tegen opstijgend grondvocht of een behandeling tegen infiltraties) of naar aanleiding van een punctueel abnormaal intensief gebruik van de betreffende ruimte.

Indien men daarentegen zijn toevlucht dient te nemen tot een permanent ontvochtigingsapparaat, kan men ervan uitgaan dat er een fundamenteel probleem is. Dergelijke problemen kunnen ofwel te maken hebben met het gebouw of met een ongeschikt gebruik van de ruimten en moeten met voorrang behandeld worden.

Zoals we hiervoor reeds aangehaald hebben kan een overmatige droging van de omgevingslucht een gevoel van oncomfortabiliteit met zich meebrengen en leiden tot het ontstaan van uitbloeiingen tengevolge van het vochttransport naar het verdampingsfront (zie kader op p. 11).

**5.6 VERWARMING VAN INGEGRAVEN RUIMTEN**

De verwarming van de kelder leidt ontegensprekelijk tot een sterke verbetering van het binnenklimaat, en dan vooral indien deze maatregel gecombineerd wordt met een lichte en permanente ventilatie van de ruimte. De verwarming van de kelder zou evenwel enkel mogen overwogen worden indien deze deel uitmaakt van het beschermde volume, met andere woorden, indien de kelder gebruikt wordt als leefruimte. In voorkomend geval dient men – ter verzekering van het comfort en de energiezuinigheid – tevens over te gaan tot een verbetering van de thermische isolatie van de kelderwanden (zie volgende §).

**5.7 ISOLATIE EN THERMISCHE INERTIE**

Als gevolg van hun sterke interactie met de omliggende grond vertonen kelders een hoge thermische inertie, die gewoonlijk voordelig is voor bestemmingswijzigingen die een stabiel en fris klimaat noodzaken. Deze thermische inertie kan evenwel nadelig zijn voor gevallen waarbij men de kelder wenst om te vormen tot een woonruimte.

In voorkomend geval ligt de gewenste omgevingstemperatuur (17 tot 20 °C) immers permanent hoger dan deze van de wanden in contact met de grond (10 tot 15 °C), waardoor het stookseizoen in de loop van het jaar fors verlengd wordt, met een constante warmtevraag.

Tijdens een hittegolf kan de thermische inertie een positieve invloed hebben op de vraag naar klimaatregeling. In dergelijke omstandigheden dient men immers de nodige aandacht te schenken aan het risico op oppervlaktecondensatie, tengevolge van het binnendringen van de warme, vochtige lucht van buitenaf.

**5.7.1 Thermische isolatie als gedeeltelijke oplossing**

Door de plaatsing van een isolatie is het niet alleen mogelijk de warmteverliezen naar buiten toe binnen de perken te houden, maar ook om de oppervlaktetemperatuur van de wanden te doen toenemen. Gelet op hun ingegraven karakter, zal men bij kelders doorgaans zijn toevlucht moeten nemen tot een interventie langs de binnenzijde, wat redelijk complex is en zelden optimale resultaten oplevert.

Indien de kelder omgevormd wordt tot een

technische ruimte of een opslagplaats, zal de uitvoering van een globale thermische isolatie gewoonlijk niet noodzakelijk zijn en kan men zich beperken tot de uitvoering van een isolatie onder het plafond om het comfort in de bovenliggende ruimte te verhogen en het verwarmde volume te verminderen.

**5.7.2 Hoe isoleren ?**

De isolatie van een wand langs buiten is altijd te verkiezen, vermits het op deze manier mogelijk is de thermische inertie van de wanden te vrijwaren, wat voordelig is voor de stabiliteit van de binnentemperatuur. In het geval van kelders is deze oplossing evenwel moeilijk te verwezenlijken, gelet op het ingegraven of gemene karakter ervan. Bovendien kunnen koudebruggen ter hoogte van de vloer met deze techniek niet uitgesloten worden [7].

Deze oplossing zal voornamelijk weerhouden worden indien er graafwerken uitgevoerd worden met als oogmerk om een vochtmembraan tegen de muren te plaatsen. In dit geval zal de gelijktijdige uitvoering van een thermische isolatie slechts een geringe meerkost met zich meebrengen.

Indien slechts een deel van de kelder gebruikt wordt als woonruimte, kan de thermische isolatie beperkt worden tot de desbetreffende vertrekken en volledig of gedeeltelijk aangebracht worden via de niet-bewoonde ruimten. Men dient zich echter wel bewust te zijn van het feit dat het aantal muren dat op deze wijze geïsoleerd kan worden beperkt is en dat het gevaar voor koudebruggen ter hoogte van de niet-geïsoleerde zones reëel is.

In de meeste gevallen zal men de betrokken ruimten dus moeten isoleren van binnenuit. Het gaat hier om een minder optimale techniek die steeds een aantal risico's inhoudt, en dit zelfs bij een perfecte uitvoering.

Hierna bespreken we kort de belangrijkste risico's :

- *condensatie achter de isolatie* : als er warme en vochtige binnenlucht tussen de isolatie en het metselwerk kan stromen, kan er condensatie ontstaan tegen de koudere buitenwand. In kleine ruimten kan een dergelijke condensatie aanleiding geven tot de ontwikkeling van schimmels. Om dit risico te beperken, dient men te zorgen voor een ononderbroken damp- en luchtscherm (isolatieplaten met dichte voegen, dampscherm aan de warme zijde van de isolatie) en erop toe te zien dat de relatieve omgevingsvochtigheid op een aanvaardbaar peil blijft. Voor meer detail over dit onderwerp verwijzen we naar de brochure 'Isolation thermique des murs pleins' [11], naar de TV 178 [14] of naar het WTCB-artikel 'Isolatie en binnenaanwerking' [9]



- *koudebruggen* : elke onderbreking in de isolatie kan aan de bron liggen van een koudebrug en aldus het condensatierisico verhogen (scheidsmuren, vloeren, plafonds, kanalen, ...). Een dergelijke condensatie kan bij gevoelige elementen (uiteinde van metalen liggers, houten ramen, ...) plaatselijk zeer ernstige gevolgen hebben en verkeerdelijk de indruk opwekken dat de parallel geplaatste afdichting gebreken vertoont. Gelet op de complexiteit van interventies langs de binnenzijde (of het nu gaat om de plaatsing van een isolatiemateriaal of de behandeling van een vochtprobleem), dient men in voorkomend geval steeds een aantal bijzondere voorzorgen te treffen (omtrekvoegen, voegen tussen de platen, doorvoering van kanalen, stopcontacten, aansluitingen tussen specifieke zones, ...). Het risico op problemen achteraf kan echter nooit volledig uitgesloten worden
- *vermindering van de thermische inertie* : vermits de plaatsing van een thermische isolatie tot doel heeft de grote thermische inertie van de omliggende grond te beperken, is het logisch dat ook de voordelen die erdoor geboden worden sterk ingeperkt zullen worden. Enkel de massa van de binnenmuren van de bewoonde ruimte zal nog enigszins in staat zijn een zekere thermische inertie te bieden
- *vermindering van de beschikbare plaats* : gelet op het feit dat de binnenruimte gewoonlijk beperkt is, zal het niet altijd mogelijk zijn plaats te voorzien voor een isolatie langs de binnenkant. Dit geldt vooral indien het een beperking van de beschikbare hoogte betreft
- *andere beperkingen* : wat de overige beperkingen betreft, kan men onder meer denken aan de schokgevoeligheid van de afwerkingen en de noodzaak om de bestaande elementen te demonteren en aan te passen (radiatoren, kanalen, stopcontacten, schakelaars, venstertabletten, ...).

### 5.7.3 Keuze van het type isolatiemateriaal

Een thermisch isolatiemateriaal heeft als voornaamste functie om de warmteverliezen te beperken. Dit impliceert dat het een minimale warmtegeleidbaarheidscoefficiënt  $\lambda < 0,065 \text{ W/mK}$  moet vertonen.

Bij een plaatsing langs buiten, d.w.z. aan het raakvlak tussen het metselwerk en de grond, zou het isolatiemateriaal ongevoelig moeten zijn voor vocht en een voldoende grote mechanische sterkte moeten vertonen om weerstand te kunnen bieden aan de druk van de grond. Doorgaans gaat het hierbij om geëxtrudeerd polystyreen of om cellenglas.

Bij een plaatsing langs binnen, dient men erop toe te zien dat het isolatiemateriaal geen vluchtige organische stoffen afgeeft en een gepast brandgedrag vertoont (bepaalde isolatiematerialen kunnen immers giftige rook afgeven).

In het algemeen (en rekening houdend met voornoemde beperkingen) wordt ook ten stelligste afgeraden om materialen te gebruiken die gevoelig zijn voor een biologische aantasting, en dit niet alleen voor de isolatie, maar ook voor de eventuele draagstructuur (latwerk).

In het kader van werkzaamheden waarvoor een stedenbouwkundige vergunning vereist is, impliceren de door de Gewesten opgelegde minimale warmte-isolatie-niveaus voor verticale wanden in contact met de grond dat de isolatiedikte 3 tot 5 cm moet bedragen.

## 5.8 VERBETERING VAN HET AKOESTISCHE COMFORT

In gebouwen kan men de vinger leggen op verschillende bronnen van geluidshinder, waarvan er een aantal specifiek zijn voor ingegraven ruimten. Het gaat hier met name om lawaai en/of trillingen :

- met lage frequentie tengevolge van het verkeer, die doorgegeven worden aan de grond
- afkomstig van de ventilatie-installatie
- teweeggebracht door de in de kelder geïnstalleerde installaties of apparaten (tellers en lawaai van de kanalen, stookketel, droogkast, wasmachine, ...)
- afkomstig van de bovenliggende verdiepingen of uit de aangrenzende gebouwen.

Naargelang van de toekomstige bestemming van de ruimten, zal het te bereiken prestatieniveau verschillend zijn. Deze niveaus zijn gedefinieerd in de norm NBN S 01-400-1 [5] voor woongebouwen en in de norm NBN S 01-400 [4] voor andere gebouwtypes. De akoestische criteria die opgenomen zijn in deze documenten kunnen opgemeten worden vóór de renovatie om een beter idee te krijgen van de te voorziene akoestische verbeteringsmaatregelen. Na de interventies kan men vervolgens overgaan tot een controle van de behaalde resultaten.

De akoestische interventies die uitgevoerd worden in het kader van een kelderrenovatie hebben doorgaans betrekking op :

- de verbetering van de gevelisolatie en dan vooral van de luchtdichtheid van het schrijnwerk. Hoewel de afmetingen van het schrijnwerk in een ingegraven ruimte gewoonlijk eerder beperkt zijn, mag men de invloed ervan op het akoestische comfort geenszins onderschatten. In deze context gaat men – net zoals het geval is voor geveltoepassingen – doorgaans over tot de vervanging van de bestaande ramen door voldoende massieve en stabiele schrijnwerkelementen, die een betere vochtbestendigheid vertonen, voorzien zijn van een akoestische beglazing en afgewerkt zijn met dichtingsvoegen
- de bescherming tegen luchtgeluid en contactgeluid, afkomstig van de bovenliggende verdieping, en dan vooral in geval van lichte

vloeren. Indien de hoogte van de kelder dit toelaat, combineert men de uitvoering van een zwevende dekvloer op het gelijkvloers best met de installatie van een akoestisch plafond in de kelder

- de keuze van een zo stil mogelijke ventilatie-installatie. Deze wordt bij voorkeur geplaatst met behulp van ‘silent-blocs’ en – indien mogelijk – in een aangrenzende ruimte.

Een radicale oplossing tegen diverse geluidsproblemen zou erin kunnen bestaan om de woonruimte volledig te isoleren van de bestaande structuur, en dit zowel ter hoogte van de vloer, het plafond als de muren. Een dergelijke oplossing impliceert echter wel dat men redelijk veel plaats verliest en dat men isolatiematerialen moet gebruiken die ongevoelig zijn voor vocht.

Deze akoestische verbeteringen gaan gewoonlijk ook gepaard met een gevoelige warmte-winst, wat een belangrijk voordeel oplevert bij de omvorming van een kelder tot een woonruimte.

Indien er tenslotte zware trillingshinder optreedt tengevolge van het verkeer, moet de omvorming van de vertrekken tot slaapkamers of rustruimten vermeden worden. Hoewel verbeteringen mogelijk zijn, zal de uitvoering ervan in enge ruimten immers met belangrijke moeilijkheden gepaard gaan.

## 5.9 ANDERE INTERVENTIES

### 5.9.1 Beperkte hoogte van de ruimte

De hoogte onder het plafond is vaak een kritieke kwestie bij de omvorming van een kelder tot een woonruimte. Dit geldt des te meer indien een isolatie van de vloer en het plafond overwogen wordt.

Een verlaging van het vloerniveau kan soms een oplossing bieden, maar is niet altijd economisch verantwoord of moeilijk uitvoerbaar omwille van toegankelijkheids- en/of stabiliteitsproblemen.

Rekening houdend met de normen en reglementeringen inzake de te respecteren minimale hoogten onder het plafond, kunnen de gebruiksmogelijkheden van de ruimte dus sterk ingeperkt worden.

### 5.9.2 Toegankelijkheid

Doorgaans is er slechts één rechtstreekse toegang tot de kelder voorzien (meestal onder de vorm van een redelijk smalle trap). Het spreekt voor zich dat dit de mogelijkheden voor personen met beperkte mobiliteit (al dan niet tijdelijk) sterk vermindert.

De wetgeving met betrekking tot de toeganke-

lijkheid van gebouwen blijft momenteel echter beperkt tot openbare gebouwen, wat voor kelders slechts zeer uitzonderlijk het geval is.

### 5.9.3 Brandveiligheid

Gelet op hun intrinsieke configuratie vormt de behandeling van kelders met het oog op hun brandveiligheid vaak een delicate kwestie. Als gevolg van hun beperkte toegankelijkheid zijn de noodvacuatiemogelijkheden er immers zo goed als onbestaande. Daarnaast vormt ook de rookafvoer een probleem, vermits de hoogte onder het plafond beperkt is en er een gebrek aan natuurlijke ventilatie heerst. In kelders zal men dus – meer nog dan in andere ruimten – aandacht moeten besteden aan branddetectie.

Voor half-ingegraven ruimten (kelderkeukens) is de situatie iets minder kritiek, gelet op het feit dat er in dit geval meestal grotere vensters en een bijkomende evacuatiweg naar de tuin of de binnenplaats achter het gebouw aanwezig zijn.

De basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing hebben een verplicht karakter en werden opgesteld door de federale overheid. Deze basisnormen zijn evenwel enkel van toepassing op nieuwe woon- en appartementsgebouwen. Dit betekent dat renovatiewerken sedert 2003 buiten het toepassingsgebied ervan vallen.

Voor elke bestemmingswijziging van een woongebouw die verband houdt met het aantal of de verdeling van de woonruimten (zoals bijvoorbeeld het geval is bij een onderverdeling van een gebouw met het oog op de verhuur ervan) is er echter wel een stedenbouwkundige vergunning vereist. Alvorens haar aflevering wordt deze vergunning steeds ter advies voorgelegd aan de brandweerdiensten. Dit advies is gebaseerd op de geldende reglementeringen en normen en moet onderbouwd worden in functie van de bestemming, de indeling van de ruimten, en de bijzondere risico's (toegankelijkheid, rookafvoer, aanwezigheid van een stookketel, gastellers, elektriciteit, opslag van brandstoffen, ...).

### 5.9.4 Riolering en sanitair

De riolering van ingegraven ruimten en dan vooral de afvoer van het afvalwater kan gepaard gaan met een aantal problemen, rekening houdend met het feit dat het niveau van de vloer lager kan liggen dan het niveau van het openbare rioleringsnetwerk. In voorkomend geval is de implantatie van keukens, badkamers en toiletten in de kelder aangeraden. Zoniet, kan

men een waterdichte zinkput voorzien die uitgerust is met een dompelpomp/vermaler om het afvalwater naar de riolering af te voeren. Dit brengt evenwel een aanzienlijke verhoging van de plaatsings- en gebruikskosten met zich mee (onderhoud, defecten, ...).

### 5.9.5 Verlichting

Gelet op de ligging van de kelder zijn de mogelijkheden inzake daglichttoetreding beperkt. In dergelijke ruimten zal men bijgevolg permanent gebruik moeten maken van kunstlicht, waardoor de gebruikskosten sterk zullen stijgen terwijl het comfort toch lager blijft dan bij het gebruik van daglicht.

Vanuit een wettelijk opzicht werd er een hele reeks normen opgesteld die tot doel hebben de binnerverlichtingsvoorwaarden en het visuele comfort te beoordelen. Hoewel deze normen enkel betrekking hebben op de verlichting van werkplekken, kan men zich er wel op baseren voor het verkrijgen van een comfortabele visuele omgeving in de kelder. Dit geldt tevens voor de te voorziene noodverlichting.

### 5.9.6 Onderhoud

Door hun enge en ingegraven karakter (half-ingegraven ramen, lichtkokers, afvoerkanalen van bovenliggende dakterrassen, ...) krijgt men in kelders vaak te maken met een opeenstapeling van vervuiling en ander afval, waardoor de onderhoudsfrequentie sterk kan stijgen.

## 6 BESLUIT

De renovatie van kelders of half-ingegraven ruimten kan op het eerste gezicht een eenvoudige ingreep lijken waardoor men makkelijk en snel plaats kan vrijmaken of winnen in bestaande gebouwen. Dit is gedeeltelijk waar voor de omvorming ervan tot ruimten die slechts sporadisch gebruikt zullen worden. Indien het daarentegen gaat om een nieuwe bestemming waarvoor het eisniveau hoger is, is het ten stelligste aanbevolen over te gaan tot een grondig vooronderzoek. De uit te voeren werkzaamheden zullen bovendien heel wat complexer zijn en gekwalificeerd personeel vereisen.

Daarom dient men zich vóór elke interventie de vraag te stellen welke bestemming de ruimte precies zal krijgen. Zo zou men eerst en vooral moeten verifiëren of de ingegraven ruimte niet gebruikt kan worden voor een minder veeleisende bestemming (bv. wasplaats, speelzaal, ...), zodat men de woonvertrekken



## NUTTIGE INFORMATIE

Voor meer informatie met betrekking tot de brandwetgeving kan men terecht op de volgende website : [www.normen.be/brand](http://www.normen.be/brand).

kan voorzien in andere, comfortabelere ruimten boven de grond.

Indien dit niet het geval is en de kelder toch omgevormd moet worden tot een woonvertrek, dient men over te gaan tot een zeer grondig vooronderzoek en een diagnostiek van de ingegraven ruimte. Dit onderzoek moet onder meer betrekking hebben op :

- de eventuele wederkerende vochtproblemen of infiltraties
- de aanzienlijke thermische inertie van de ruimten, waardoor het risico op een hoge relatieve vochtigheid en oppervlaktecondensatie tijdens vochtige en warme perioden kan toenemen. Verder zal men de ruimten ook quasi permanent moeten verwarmen om het comfort te verzekeren en moet de plaatsing van de thermische isolatie uiterst zorgvuldig gebeuren
- het luchtverversingsdebiet en de aanpassing ervan aan de eventuele aanwezigheid van een verwarmingsinstallatie en/of een gasteller
- het delicate akoestische comfort indien er een intense verkeersbelasting te vrezen is
- de beperkingen op het vlak van veiligheid die voortkomen uit het feit dat de ruimten eng zijn en moeilijk toegankelijk voor personen met beperkte mobiliteit (al dan niet tijdelijk).

In tabel 3 (p. 12) wordt een overzicht gegeven van de voornaamste problemen die kunnen optreden bij de renovatie van een kelder, van de courantste interventies en de eventuele normen en/of WTCB-publicaties hieromtrent.

De in dit artikel geformuleerde opmerkingen en beperkingen hebben geenszins tot doel om de renovatie van ingegraven ruimten te ontraden. Ze hebben echter wel als oogmerk om de lezer in te lichten over de voorzorgsmaatregelen en interventies die moeten getroffen worden om het succes van een dergelijke omvorming veilig te stellen en te waarborgen dat de ruimten achteraf aan de gestelde eisen zouden voldoen.

Men moet immers vermijden te investeren in onaangepaste, ondoeltreffende werkzaamheden, of erger nog, in werkzaamheden die aanleiding kunnen geven tot nieuwe problemen die de ruimten onbruikbaar, onbewoonbaar of zelfs gevaarlijk zouden kunnen maken. ■



## DIAGNOSE VAN DE AANWEZIGHEID VAN ZOUTEN IN BOUWMATERIALEN

Om de zoutconcentratie in bouwmaterialen op te meten, neemt men doorgaans een aantal representatieve stalen die men voor analyse opstuurt naar het laboratorium. Deze methode biedt het voordeel dat ze uiterst betrouwbaar en nauwkeurig is, maar brengt ook een aantal nadelen met zich mee, zoals een hoge kostprijs en de onmogelijkheid om de resultaten onmiddellijk op de bouwplaats te verkrijgen.

Het gebruik van indicatiestrookjes kan in deze context een eenvoudige kwalitatieve (zouttypes) en semi-kwantitatieve (benadering van de aanwezige hoeveelheid zouten) oplossing bieden.

Dergelijke strookjes zijn beschikbaar voor de meest voorkomende zouten :

- sulfaten, die meestal aanleiding geven tot uitbloeiingen
- nitraten en chloriden, die doorgaans een hygroscopisch karakter hebben.

Een snelle oppervlakkige test kan in de meeste gevallen reeds volstaan om een idee te krijgen van het al dan niet pathologische karakter van de aanwezige zouten. Deze test bestaat erin het reactieve deel van het indicatiestrookje en het te controleren oppervlak gelijktijdig te bevochtigen met gedemineraliseerd water. Vervolgens brengt men dit reactieve strookje enkele seconden lang in contact met het oppervlak in kwestie en controleert men het kleurverschil van de indicatiezones.

In de praktijk kan men uitgaan van de volgende veronderstellingen :

- indien er bijna geen kleurverandering optreedt, is de aanwezige hoeveelheid zouten verwaarloosbaar (bovenste strookje op de afbeeldingen 13 en 14)
- indien er een radicaal kleurverschil optreedt gedurende de eerste seconden (intensiteit of groot aantal zones), is er een pathologische hoeveelheid zouten aanwezig en zal men moeten overgaan tot een aangepaste interventie (onderste strookje op de afbeeldingen 13 en 14)
- indien er een lichte kleurverandering optreedt gedurende de eerste minuut van de meting, is er een kleine hoeveelheid zouten aanwezig die doorgaans niet pathologisch van aard zijn (middelste strookje op de afbeeldingen 13 en 14)
- tussen deze extremen zal het al dan niet pathologische karakter van de aanwezige hoeveelheid zouten in sterke mate afhankelijk zijn van de hygrothermische omgevingsvoorwaarden en de gevoeligheid van de afwerking.

### Opmerking

Indien men een cijferwaarde wenst te verkrijgen voor de concentratie kan men ter plaatse overgaan tot een uiterst precieze afweging van een proefmonster en dit vervolgens oplossen (bv. 1/10) in een hoeveelheid gedemineraliseerd water.

Het aldus vastgestelde zoutgehalte van deze oplossing wordt dan vermenigvuldigd met de oplossingsfactor (in dit geval dus met 10) teneinde de zoutconcentratie in het proefmonster te verkrijgen. Indien de zoutconcentratie hoger blijkt te zijn dan de gevoeligheid van de indicatiestrookjes, dient men een sterkere verdunning uit te voeren (bv. 1/100) en hiermee rekening te houden bij de interpretatie.



**Afb. 13** Vaststellingen op indicatiestrookjes voor sulfaten.



**Afb. 14** Vaststellingen op indicatiestrookjes voor nitraten.

**Tabel 3** Overzichtstabel van de vaakst voorkomende problemen bij een kelderrenovatie.

Problemen	Te controleren elementen			Interventies	Normen of WTCB-publicaties	
Waterinfiltraties (1)	Niveau van het grondwater permanent onder het kelderniveau	Perfect drainerende grond	Naar buiten hellend terrein	Al dan niet vochtgevoelige binnenafwerking	Cementgebonden buitenbepreistering + diffusiewerend membraan	WTCB-Contact 2/2007
			Horizontaal terrein of naar het gebouw hellend terrein	Vochtgevoelige binnenafwerking	Diffusiewerend uitwendig dichtingsmembraan	
		Kleigrond (al dan niet gedeeltelijk)	Naar buiten of naar het gebouw hellend terrein	Niet-vochtgevoelige binnenafwerking	Cementgebonden buitenbepreistering + verticale en horizontale drainering	
	Niveau van het grondwater boven het kelderniveau (zelfs tijdelijk). Een omvorming van de kelder tot een woonruimte is afgeraden			Niet-vochtgevoelige binnenafwerking	Afdichting door een inwendige stijve en ononderbroken bekuiping (vloer + muren)	
Capillair vocht (2)	Muren in zijdelings contact met de grond			Niet-vochtgevoelige binnenafwerking	Uitwendige bescherming van de grond of uitvoering van een waterdichte binnenbepreistering of een saneerpleister	TV 210 + WTCB-Contact 2/2007
				Vochtgevoelige binnenafwerking	Niet-vochtgevoelige en zoutbestendige inwendige ontdubbeling of uitwendige bescherming met een anticapillair membraan	
	Muren zonder rechtstreeks contact met de grond			Niet-vochtgevoelige binnenafwerking	Waterdichte binnenbepreistering of saneerpleister	
				Vochtgevoelige binnenafwerking	Zoutbestendige ontdubbeling (bv. noppenfolie)	
Uitbloeiingszouten of hygroscopische zouten	Controle van het type zouten (nitraten, chloriden, sulfaten) en benadering van de zoutconcentratie met behulp van indicatiestrookjes			Niet-vochtgevoelige binnenafwerking	Inwendig saneerpleister	TV 210
				Vochtgevoelige binnenafwerking	Zoutbestendige ontdubbeling (bv. noppenfolie)	–
Ventilatie	Toekomstig gebruik van de ruimten, bezettingsgraad, bestaande ventilatiemogelijkheden			Natuurlijke of mechanische ventilatie (eventueel met een balansventilatiesysteem)	NBN D 50-001 + TV 192 + TV 203	
Relatieve luchtvochtigheid	Voorafgaandelijke behandeling van de vochtorzaken en aanpassing van de ventilatie naargelang van het gebruik			Ontvochtigingsapparaten mogen enkel als een tijdelijke maatregel beschouwd worden	–	
Thermische isolatie	Gebruik beperkt tot opslagruimte, wasplaats, ...			Men dient zich te beperken tot een isolatie onder het plafond	WTCB-Contact 4/2008	
	Omvorming van de ruimte tot een woonvertrek			Indien mogelijk van buitenaf. Gewoonlijk langs binnen, met risico op koudebruggen		
Akoestisch comfort	Controle van de geluidsbronnen (verkeer, technische uitrustingen, bovenliggende verdiepingen)			Verbetering volgens de geluidsbron (het verkeerslawaaï is problematisch)	NBN S 01-400-1	

(1) In dit geval is het gebruik van vochtgevoelige binnenafwerkingen af te raden.

(2) De interventies zouden in alle gevallen (binnen- en buitenmuren) aangevuld moeten worden door injecties tegen stijfvocht. Deze behandeling kan zowel uitgevoerd worden aan de muurvoet of in het bovenste deel van de muur.



1. Bureau voor Normalisatie  
NBN B 61-001 Stookafdelingen en schoorstenen. Brussel, NBN, 1986.
2. Bureau voor Normalisatie  
NBN B 61-002 Centrale verwarmingsketels met een nominaal vermogen kleiner dan 70 kW. Voorschriften voor hun opstellingsruimte, luchttoevoer en rookafvoer. Brussel, NBN, 2006.
3. Bureau voor Normalisatie  
NBN D 50-001 Ventilatievoorzieningen in woongebouwen. Brussel, NBN, 1991.
4. Bureau voor Normalisatie  
NBN S 01-400 Akoestiek. Criteria van de akoestische isolatie. Brussel, NBN, 1977.
5. Bureau voor Normalisatie  
NBN S 01-400-1 Akoestische criteria voor woongebouwen. Brussel, NBN, 2008.
6. Delmotte C.  
De Energieprestatieregelgeving voor gebouwen : nieuwe ontwikkelingen in Brussel en Wallonië. Brussel, WTCB, WTCB-Dossiers, Katern nr. 1, nr. 4/2008.
7. Delmotte C. en Vandooren O.  
De muurvoet : een te isoleren knoop. Brussel, WTCB, WTCB-Contact nr. 9, nr. 1/2006.
8. Eeckhout S.  
Oppervlaktecondensatie. Brussel, WTCB, Infofiche nr. 5, 2004.
9. Montariol P. en Eeckhout S.  
Isolatie en binnenafwerking. Brussel, WTCB, WTCB-Dossiers, Katern nr. 14, nr. 1/2006.
10. Montariol P., Van de Sande W. en Parmentier B.  
Dichtheid van ingegraven constructies uit gewapend beton. Brussel, WTCB, WTCB-Contact nr. 14, nr. 2/2007.
11. Wagneur M.  
Brochure – Isolation thermique des murs pleins. Namen, Direction générale des technologies de la recherche et de l'énergie (DGTRE), 1998.
12. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Gids voor de restauratie van metselwerk. Deel 1 : standzekerheid. Brussel, WTCB, Monografie, nr. 20.1, 2002.
13. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Gids voor de restauratie van metselwerk. Deel 2 : opstijgend grondvocht en zouten. Brussel, WTCB, Monografie, nr. 20.2, 2003.
14. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Termische isolatie van gevels. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 178, 1989.
15. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Ventilatie van woningen. Deel 1 : algemene principes. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 192, 1994.
16. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Ventilatie van woningen. Deel 2 : uitvoering en prestaties van ventilatiesystemen. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 203, 1997.
17. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Vochthuishouding in gebouwen. Schadeorzaken. Koudebruggen. Binnenklimaat. Gegevens voor ontwerp en uitvoering van gebouwen. Woonvoorwaarden van gebouwen. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 153, 1984.
18. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Vocht in gebouwen : bijzonderheden van opstijgend vocht (vervangt TV 162). Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 210, 1998.
19. Wijnants J.  
Ingegraven constructies isoleren en afdichten. Brussel, WTCB, WTCB-Contact nr. 9, nr. 1/2006.