

# BETONBOUWCONCEPTEN & EPB

- AANDACHTSPUNTEN VOOR EEN GOED ONTWERP VAN UITVOERINGSDETAILS
- ISOLATIEWAARDE VAN MATERIALEN EN EPB-EISEN
- EPB-REGELGEVING IN DE DRIE GEWESTEN
- DEFINITIE VAN BOUWKNOOP EN EPB-AANPAK



## INHOUD

1. Inleiding : doel, context, inhoud, bijzondere punten
2. Aandachtspunten voor een goed ontwerp van uitvoeringsdetails
  - a. waterdichtheid
  - b. luchtdichtheid
  - c. warmte- en waterdamptransport
3. Isolatiewaarde van materialen – Lambda-waarde en isolatiedikte – Isolatie en EPB-eisen
4. EPB-regelgeving in de drie Gewesten
5. Definitie van bouwknoop – Werkwijze – EPB-aanpak en consequenties

### **BIJLAGEN: EPB-CONFORME BOUWKNOPEN**

- 'metselwerk'
- 'schijfwand'
- 'sandwich paneel'

(november 2012)

# 1. Inleiding : doel, context, inhoud, bijzondere punten

## DOEL

Deze technische publicatie richt zich in de eerste plaats tot ontwerpers (architecten, ingenieurs...) van nieuwe gebouwen met een draagstructuur in beton. Zij heeft als doel technische ondersteuning te bieden voor het op punt stellen van uitvoeringsdetails in lage energie- en passiefgebouwen. De EPB-reglementering ligt hier bijgevolg in vervat.

De publicatie bestaat uit twee delen. In een eerste deel wordt een aantal aanbevelingen overlopen die nuttig zijn voor een goed ontwerp; het tweede deel bestaat uit een reeks aparte downloadbare fiches met uitvoeringsdetails.

Er wordt uitgegaan van de actuele en gekende bouwmethodes. De ontwerper dient een kritische houding aan te nemen tegenover innoverende methodes. De hierna ontwikkelde ontwerpgegevens kan hem/haar hierbij helpen.

## CONTEXT

De huidige context inzake energie en milieu, de economische situatie en het wetgevend kader verplichten ons gebouwen te bedenken die energetisch performant zijn en slechts een beperkte milieu-impact hebben. Duurzaam ontwerpen is niet alleen onze verantwoordelijkheid, het is een noodzaak.

Voor de ontwerper reiken de consequenties van deze duurzaamheidsnotie veel verder dan op het eerste gezicht kan worden vermoed. De keuze van de materialen en van het bouwconcept, van de isolatiegraad en van de manier waarop deze isolatie wordt geplaatst, al deze aspecten staan steeds verder af van de « basisconcepten » die gedurende vele jaren gangbaar waren.

Het is eveneens nuttig eraan te herinneren dat het energieverbruik niet alleen bepaald wordt door de grootte van het gebouw, maar gerelateerd is aan de verhouding tussen het verliesoppervlak en de verwarmde vloeroppervlakte. Het komt er dus veeleer op aan het gebouwde volume te rentabiliseren. Een kantoorgebouw van enkele duizenden vierkante meter en met een compacte vorm zal de passiefstandaard halen met een minder dik isolatiepakket dan een loft met een ingewikkelde volumetrie.

Ofschoon bouwen met beton een minder « natuurlijk » duurzame keuze lijkt vergeleken met andere bouwsystemen, houdt het nochtans niet te verwaarlozen voordelen in, met name voor wat de hoeveelheid grijze energie betreft <sup>(1,2)</sup>. Ook het zomercomfort dient beklemtoond te worden, dankzij de grote thermische inertie van het beton <sup>(3)</sup>. In het winterseizoen vergt het opwarmen van het gebouw weliswaar meer tijd, maar anderzijds wordt met de warmte die in de massa wordt opgeslagen de afkoeling vertraagd.

<sup>1</sup> DE HERDE A. ; EVRARD A. (Architecture et Climat UCL), i.s.m. N. Naert (FEBELCEM) *Beton en duurzaam bouwen*, FEBELCEM, 2010,

<sup>2</sup> DE HERDE A. ; EVRARD A. (Architecture et Climat UCL), *Beton en rationeel energiegebruik*, Dossier Ciment n° 35, FEBELCEM, juni 2005

<sup>3</sup> Zie [www.belblock.be](http://www.belblock.be) rubriek "comfort"

## INHOUD

Het eerste deel van de publicatie komt terug op basisbegrippen die gelden voor elk constructiedetail : waterdichtheid, luchtdichtheid, waterdamptransport, warmteuitwisseling doorheen wanden en vloeren.

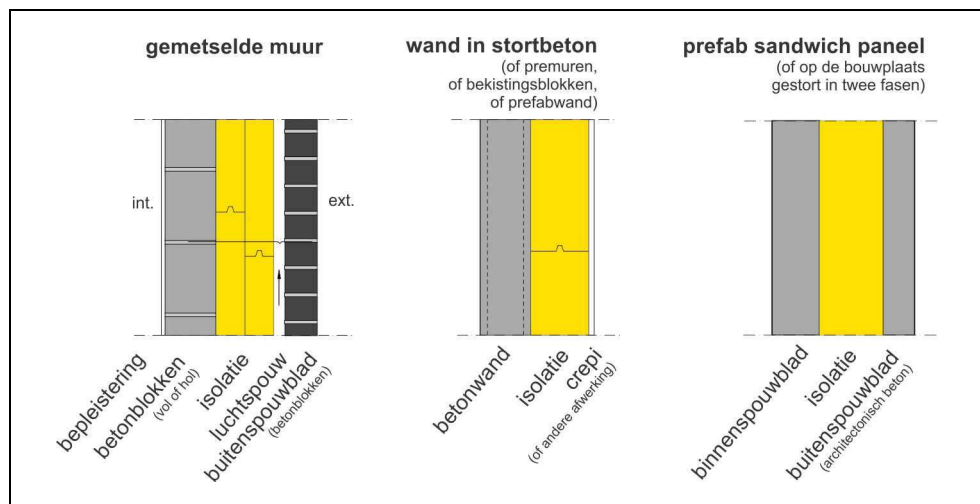
In het verleden moest de ontwerper geen rekenschap geven van de manier waarop hij de verbinding tussen twee scheidingsconstructies tot stand bracht. De EPB-wetgeving heeft hier evenwel verandering in gebracht. De in Kyoto ondertekende akkoorden hebben geleid tot de EPB-regels, waarbij in de drie Gewesten de warmteverliezen dienen verrekend te worden die te wijten zijn aan lineaire en puntvormige bouwknopen, namelijk de verbindingen tussen scheidingsconstructies, of daar waar een niet (of minder goed) geïsoleerd element in een geïsoleerd constructiedeel dringt.

In de gebouwen die wij vandaag ontwerpen, met hun doorgedreven isolatie, moeten deze verbindingen tussen scheidingsconstructies extra aandacht krijgen. Zoniet kunnen ze aanleiding geven tot schade aan het gebouw, zoals condensatie op het binnenoppervlak van deze aansluitingen.

De uitvoeringsdetails die in het tweede deel bestudeerd worden, geven niet alleen de constructieve opbouw weer. Ze zijn ook vergezeld van een thermische bouwknopenanalyse door simulatie met gevalideerde software <sup>(4)</sup>. Elk detail beantwoordt aan het principe van EPB-aanvaarde bouwknop en telkens wordt de werkelijke verlieswaarde vermeld.

Omdat zeer uiteenlopende betonbouwmethodes mogelijk zijn, is gekozen voor de uitwerking van drie families van « bouwconcepten ». Zij zijn representatief voor de betonbouw zoals die in de praktijk wordt toegepast :

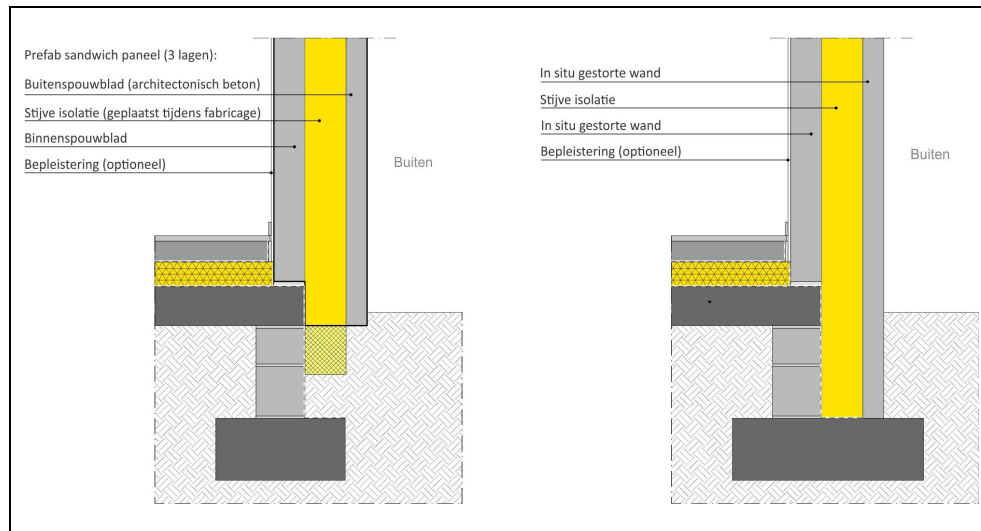
- de « traditionele » spouwmuur in dragende betonmetselsteen ;
- de op de bouwplaats gestorte of geprefabriceerde schijfwand, met isolatie aan de buitenkant. Dit concept omvat tevens de constructies die gebruik maken van premuren en betonnen bekistingsblokken ;
- het sandwich paneel. Vergelijkbaar hiermee is de gevelconstructie bestaande uit twee op de bouwplaats gestorte spouwbladen.



Schematische voorstelling van de drie bestudeerde betonbouwconcepten

<sup>4</sup>Software Bisco, ontworpen door Physibel

Elk voorgesteld detail kan dienen als uitgangspunt voor het ontwerp van een nieuw constructiedetail in om het even welk project, voor zover de basisregels gerespecteerd blijven (stabiliteit, dichtheid, continuïteit van de isolatie...). Bijvoorbeeld, het uitvoeringsdetail van onderkant en fundering van een gevel in prefab sandwichpanelen kan eenvoudig worden aangepast aan een wand bestaande uit twee ter plaatse gestorte spouwbladen, zoals onderstaande figuren illustreren.



## BIJZONDERE AANDACHTSPUNTEN

In onze benadering van de energieprestaties staan « betonbouwconcepten » centraal, meer bepaald hoe de verticale wanden zijn opgebouwd. De ontwerpkeuzes met betrekking tot de meer globale energieprestatie van de elementen die de gebouwschil vormen, komen niet specifiek aan bod.

De ontwerpers vinden in deze publicatie een heldere en praktische synthese, met de bedoeling de bouwkwaliteit van hun projecten te garanderen en te anticiperen op mogelijke probleemsituaties <sup>(5)</sup>.

Zij is opgesteld door de Federatie van de Belgische Cementnijverheid (FEBELCEM), in samenwerking met specialisten met theoretische en praktische kennis van het technisch en energetisch ontwerp van de gebouwschil.

<sup>5</sup> Ofschoon de in deze publicatie opgenomen aanbevelingen met de grootst mogelijke zorg werden opgesteld, zijn onvolkomenheden niet uit te sluiten. FEBELCEM noch diegenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen aansprakelijk worden gesteld voor schade die eventueel zou voortvloeien uit het gebruik van de geboden informatie.

## 2. Aandachtspunten voor een goed ontwerp van uitvoeringsdetails

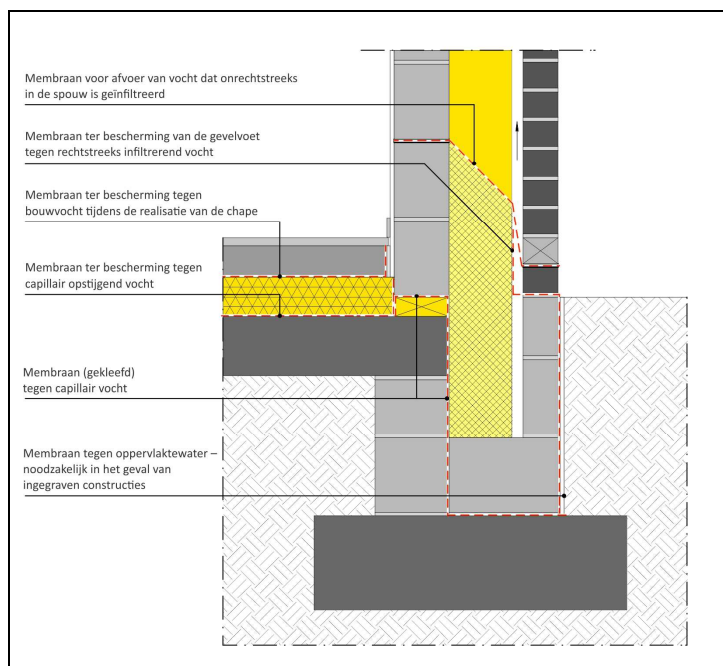
### a. Waterdichtheid

De waterdichtheid van een gebouw garanderen mag dan al vanzelfsprekend lijken, de correcte uitvoering is minder evident. Het welslagen hangt rechtstreeks samen met de aandacht die er tijdens de ontwerpfase aan wordt besteed. De rol van de ontwerper is bijgevolg doorslaggevend, net zoals de zorg die er tijdens de uitvoering aan wordt besteed. Bij het ontwerpen van elk uitvoeringsdetail moet men zich een mentaal beeld vormen van de weg die het water kan volgen. Deze « ongenode gast » kan via verschillende wegen binnendringen:

- opstijging : voorzie daartoe een bescherming tegen capillair opstijgend vocht.
- oppervlaktedruk : dit kan het geval zijn bij ingegraven constructies die blootgesteld worden aan de druk van het grondwater. Deze druk kan variëren in functie van het drainerend vermogen van het terrein. De ontwerper moet de nodige maatregelen treffen om deze « bron » van problemen te voorkomen.
- directe infiltratie : gevelconstructies moeten zodanig ontworpen worden dat het blootgestelde materiaal het water correct kan opvangen (regenwater, opspattend of door de wind voortgedreven water...). Opgelet dus met materialen met een grote porositeit : ongeschikt bakstentype, niet waterdichte bepleistering, opengewerkte gevelbekledingen... In verband hiermee moet ook gewezen worden op het onderscheid tussen de waterdichtheid van een oppervlak en zijn ademend vermogen <sup>(6)</sup>.
- onrechtstreekse infiltratie : het betreft hier water dat in de gevelconstructie is binnengedrongen en waarvoor een afvoersysteem moet worden voorzien. Een typisch voorbeeld is de geventileerde spouwmuur. Het water moet uit de spouw worden geëvacueerd door middel van een vochtkerend membraan.

Op volle grond gestorte vloerplaten kunnen bijvoorbeeld in gehydrofugeerd beton worden uitgevoerd.

Het is absoluut noodzakelijk voor deze punten een oplossing te hebben vooraleer elk van de uitvoeringsdetails verder uit te werken, zoniet zal deze geen lange levensduur beschoren zijn. De verschillende vochtkeringen moeten foutloos geplaatst worden, d.w.z. zonder discontinuïteiten.



Waterdichtheid :  
situering van de  
verschillende  
membranen

<sup>6</sup> Zie verder in het hoofdstuk over warmte- en damptransport.

### **OPMERKING : de geventileerde spouw, een bijzonder geval**

De ontdubbelde gevelmuur met een dragende wand en een buitenspouwblad omvat in de meeste gevallen een luchtspouw waarlangs het regenwater dat doorheen het buitenspouwblad is gedrongen, wordt geëvacueerd. Onder bepaalde voorwaarden kan worden afgezien van deze luchtspouw, namelijk :

- wanneer de oriëntatie zodanig is dat de gevel niet is blootgesteld aan slagregen;
- wanneer de wand bekleed is met een permanente bescherming tegen slagregen;
- wanneer de gevel totaal ondoorlatend is (natuursteen of verglaasde baksteen, bijvoorbeeld), wanneer het isolatiemateriaal tussen de twee spouwbladen ongevoelig is voor vocht, en wanneer het buitenspouwblad een goed droogpotentieel heeft.

In ieder geval moet de ontwerper de regels van goed vakmanschap in acht nemen... Voorzichtigheid hoort daar bij.

Sandwich panelen met een luchtspouw tussen isolatie en buitenspouwblad komen ook voor. De keuze voor dit type moet goed afgewogen gebeuren ; de fabricage is immers complexer.

### **b. Luchtdichtheid**

In een gebouw kunnen diverse thermische verliezen optreden :

- via de constructies die het verwarmd of beschermd volume begrenzen (wanden, vloeren, schrijnwerk, daken), en hun onderlinge aansluitingen;
- door vrijwillige ventilatie : hygienische ventilatie, natuurlijk (in geringe mate gecontroleerd) of mechanisch (gecontroleerd);
- door infiltratie/exfiltratie : onvrijwillige ventilatie te wijten aan lekken in de isolerende schil. In een gebouw waar hiertegen geen enkele maatregel is genomen, kan dit ertoe leiden dat het totale luchtvolume 7 à 8 keer per uur ververscht wordt... Onnodig te wijzen op de hoeveelheid calorieën die bij dergelijke luchtverplaatsingen in het geding is.

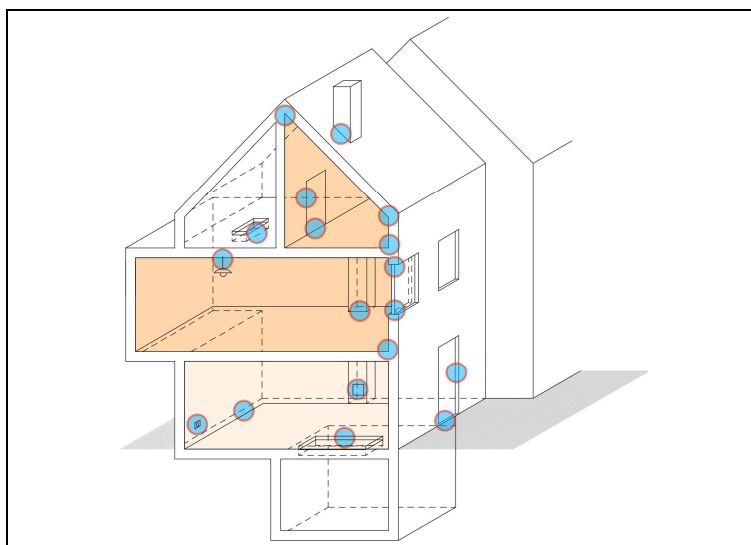
Gelukkig kan de ontwerper telkens ingrijpen :

- de constructie op een kwalitatief goede manier isoleren en aandacht besteden aan de aansluitingen (bouwknopen);
- een correct gedimensioneerd en oordeelkundig gemonteerd ventilatiesysteem kiezen;
- de luchtdichting verzorgen.

Voor wat dit laatste punt betreft, is het naar analogie met het mentale beeld van de vochtbruggen, eveneens noodzakelijk om zich de mogelijke luchtlekken in gedachte te visualiseren.

In betonconstructies wordt de luchtdichtheid van de wanden hoofdzakelijk verzekerd door het pleisterwerk of door het beton zelf (zichtbeton, prefab panelen).

Typische luchtlekken zijn de omtrekken rond gevelopeningen, verankeringen van het schrijnwerk, aansluitingen tussen constructies in verschillende vlakken of met een verschillende opbouw, doorgaande elementen (stopcontacten, leidingkokers, valluiken, schakelkasten) of gewoon de aansluitingen tussen verschillende luchtdichtingen onderling (strips, membranen, folies). Ook poreuze wanden kunnen de lucht doorlaten : dunne of niet luchtdichte houten panelen, slecht opgevoegde of beschadigde metselblokken...



Overzicht van de plaatsen waar de luchtdichting speciale aandacht vergt.

Het gebruik van specifieke in de handel verkrijgbare systemen en een goede uitvoering bieden de beste resultaten.

In de ontwerpfase luiden de voornaamste aanbevelingen om de luchtdichtheid te optimaliseren als volgt:

- Doorgangen in de « luchtdichtheidsbarrière » zoveel mogelijk vermijden: leidingkokers, ventilatiebuizen, ingebouwde technische uitrusting. Elektrische inbouwdozen en kokers staan gelijk met zwakke punten indien ze niet luchtdicht worden afgewerkt : kokers moeten vastgezet worden met cementmortel, de inbouwdozen met gipspleister (indien de muur met een pleisterlaag wordt bezet). Idealiter worden technische uitrustingen binnen het verwarmde volume geplaatst : schakelkast, ventilatiegroep.
- Perfecte continuïteit verzekeren tussen de verschillende onderdelen van de luchtdichting onderling : pleisterwerk, dampscherm of dampremmende folie in het dak, luchtdichtheid rond schrijnwerk...

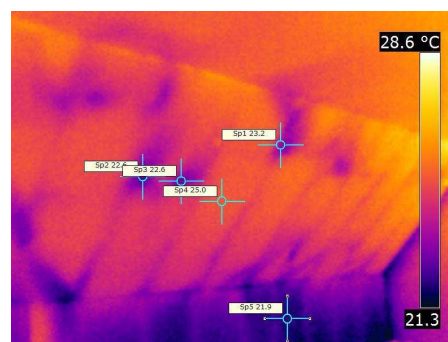
Infiltratie- en exfiltratieverliezen kunnen gekwantificeerd worden met de *blower-door* test (zie foto van de testdeur). Deze parameter heeft overigens een grote invloed op de EPB-resultaten van een project : de default waarde van het lekdebiet is  $12 \text{ m}^3/\text{u.m}^2$  (bij een drukverschil van 50 Pa)!

Tot slot, de luchtbewegingen veroorzaken niet alleen warmteverliezen. Ze kunnen ook aanleiding geven tot bijkomende problemen in het gebouw :

- damptransport door de constructie kan inwendige condensatie doen ontstaan;
- isolatiematerialen die gevoelig zijn voor vocht presteren minder goed;
- de prestaties van isolatiematerialen verslechteren wanneer er luchtlekken zijn (zie infraroodbeeld van de binnenkant van een dakschild).



*Blower-door test* en visualisering van gebreken in de dakisolatie





### c. Gedrag ten aanzien van damp- en warmtetransport

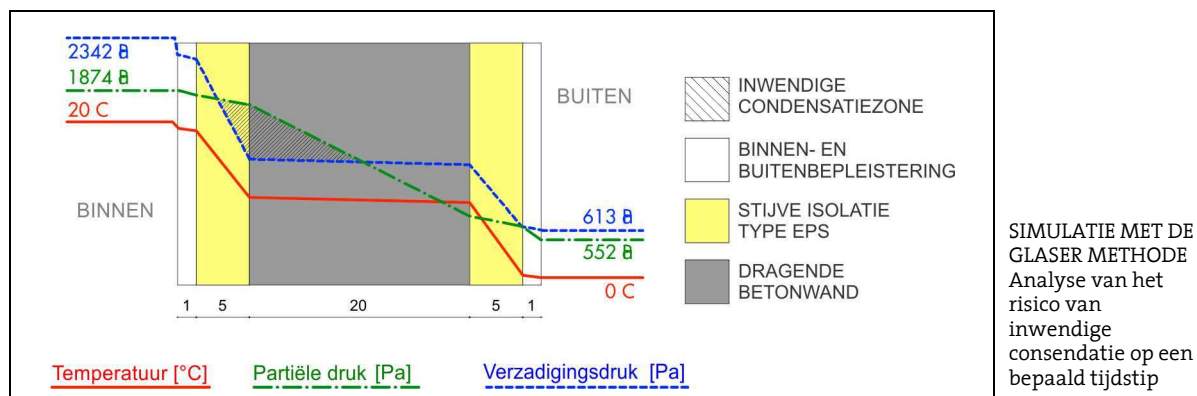
De keuze, de combinatie en de volgorde van de materialen zijn vanuit het oogpunt van het vochttransport doorheen een samengestelde scheidingsconstructie van bijzonder belang. Om de technische duurzaamheid van de constructie te verzekeren is het essentieel dat inwendige condensatie vermeden wordt. Die treedt op wanneer de partiële dampdruk horend bij het vochtgehalte in een punt van de wand de verzadigingsdruk bereikt, d.i. zijn maximum in dampvormige toestand. Concreet betekent dit dat hoe meer de temperatuur daalt, hoe lager de verzadigingsdruk is. In geïsoleerde gevels daalt de temperatuur in de wand naar buiten toe. Dit gebeurt sneller of trager in functie van de opeenvolgende lagen, die minder of meer isolerend zijn. De vorming van inwendige condensatie kan vermeden worden, enerzijds door het gebruik van materialen die het damptransport « afremmen », en anderzijds door materialen te kiezen die van nature en door de toegepaste dikte duurzaam zijn.

Door zijn fysische eigenschappen functioneert beton als dampscherm.

Wordt dit risico van condensatie geëvalueerd op een bepaald tijdstip en in ongunstige omstandigheden, dan blijkt dat tal van wanden problematisch zijn (« methode van Glaser »). Daarom is het van belang de prestaties van de wand na te gaan over een zekere tijdsduur, en daarbij het droogvermogen in rekening te brengen (dynamische simulatie).

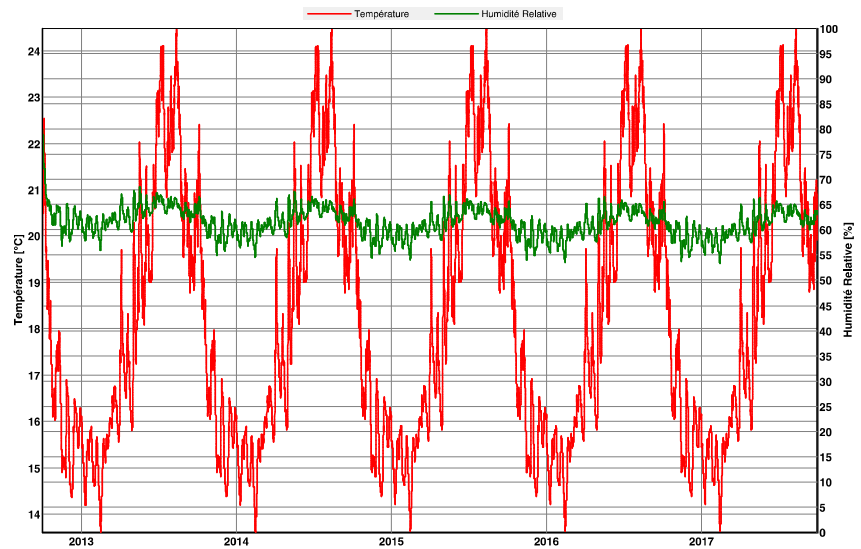
Een voorbeeld van wandopbouw om dit fenomeen te illustreren :

	Dikte [m]	λ-waarde [W /mK]	μ-waarde [-]	RV [%]	T [°C]
Binnen (Ri)				80%	20,0
Binnenbepleistering	0,015	0,500	10	86%	18,8
Isolatie (van het type EPS)	0,050	0,035	30	88%	18,4
Beton (gestort)	0,200	2,000	50	222%	3,6
Isolatie (van het type EPS)	0,050	0,035	30	99%	2,5
Buitenbepleistering	0,015	0,500	10	96%	0,8
Buiten (Re)				87%	0,4
Buitenomgeving				90%	0,0



Voortgaand op de figuur is het inwendig condensatierisico in de winter (buitentemperatuur 0 °C) aanzienlijk. Het gearceerde deel geeft het gebied aan waar condensatie optreedt. De dikke isolatielaag aan de binnenkant heeft een snelle daling van de verzadigingsdruk voor gevolg.

Onderstaande grafiek toont het temperatuurverloop (rood) en de evolutie van de relatieve vochtigheid (groen) in het beton (situering van de inwendige condensatie zoals bepaald met de Glaser methode, zie vorige figuur), over een periode van 5 jaar. De relatieve vochtigheid in het materiaal stijgt en daalt cyclisch in functie van een reeks parameters : buiten- en binnenklimaat, blootstelling van de wand aan regen en aan bezonning,... Uit de figuur blijkt dat de constructie zich steeds in een veilige zone bevindt, vermits de relatieve vochtigheid in het beton hoogstens in de buurt komt van 65 %.



DYNAMISCHE SIMULATIE:  
Analyse van het risico van  
inwendige condensatie over  
een bepaalde periode

### 3. Isolatiewaarde van materialen - Lambda-waarde en isolatiedikte - EPB-eisen

De isolerende eigenschap van een materiaal wordt weergegeven door de lambda-waarde ( $\lambda$ ), met als eenheid W/mK. Dit getal drukt de hoeveelheid energie uit die per seconde (W) door een wand van 1 m dik wordt doorgegeven wanneer het temperatuurverschil tussen beide zijden van deze wand 1 °K bedraagt. Hoe kleiner de lambda-waarde is, hoe beter het materiaal isoleert.

Voor een zelfde type isolatiemateriaal, bijvoorbeeld een polyurethaanplaat, kan de lambda-waarde variëren van ca. 0,035 W/m.K naar 0,021 W/m.K. Om een zelfde isolerend vermogen te realiseren zullen bijgevolg grotere of kleinere diktes van het gekozen materiaal nodig zijn.

Ook de lambda-waarden van dragende betonmetselblokken lopen ver uiteen. Indien de mogelijkheid bestaat om bij gelijke draagkracht een type blok met een interessantere lambda te kiezen, dan zal dit de isolerende eigenschappen van de wand verbeteren.

Bij het gebruik van de EPB software is de juiste kennis van de materialen daarom een voordeel ! Inderdaad, indien met de default waarden van een materiaaltipe wordt gerekend, dan wordt het meest ongunstige getal gebruikt, namelijk de waarde die alle producten van deze familie overkoepelt. Wordt daarentegen met een welbepaald materiaal gewerkt, dan kunnen de voorgeschreven diktes worden geoptimaliseerd. Vaak daalt hierdoor ook de hoeveelheid en de kostprijs, en bij uitbreiding ook de grijze energie-inhoud. Dit is niet enkel het geval bij isolatiematerialen, maar ook bij niet isolerende materialen, zoals bijvoorbeeld dragende metselblokken.

#### ENKELE VOORBEELDEN

Geval van een muur in betonblokken (dikte 14 cm), verwerkt met metselmortel. In de spouw zit 10 cm geëxtrudeerd polystyreen. Het buitenspouwblad is in baksteen. Aan de binnenkant is de muur bepleisterd.

Informatiebron	Gekozen dragende metselblok		Gekozen isolatiemateriaal		U-waarde van de wand [W/m²K]
	Type	$\lambda$ -waarde [W/mK]	Type	$\lambda$ -waarde [W/mK]	
EPB default	Zware volle betonblok $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$	1,9	XPS	0,04	0,36
Gegevens fabrikant *	Zware volle betonblok $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$	1,72	XPS (***)	0,031	0,29
EPB default	Zware holle betonblok $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$	1,13	XPS	0,04	0,35
Gegevens fabrikant *	Zware holle betonblok $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$	1,07	XPS (***)	0,031	0,28
EPB default	Lichte volle betonblok $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$	0,61	XPS	0,04	0,34
Gegevens fabrikant **	Lichte volle betonblok $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$	0,46	XPS (***)	0,031	0,27
EPB default	Lichte holle betonblok $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$	0,49	XPS	0,04	0,33
Gegevens fabrikant **	Lichte holle betonblok $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$	0,38	XPS (***)	0,031	0,27

(\*) Standaard betonblok, formaat 290x140x190 (firma COECK, [www.coeck.be](http://www.coeck.be))

(\*\*) Lichte betonblok, formaat 390x140x190 (TopArgex, [www.argex.eu](http://www.argex.eu))

(\*\*\*) Isolatieplaat, type Styrodur 2500-C (BASF, [www.styrodur.be](http://www.styrodur.be))

Systematisch kan worden vastgesteld dat het (soms niet te verwaarlozen) voordelen biedt de materialen waaruit de wand is opgebouwd nauwkeurig te specificeren. De U-waarden van de hierboven beschreven wanden kunnen op schaal van het gebouw een belangrijke budgettaire impact hebben, meer bepaald door de hoeveelheid verwerkte materialen (en bijgevolg impact in de levenscyclusanalyse), de bouwtijd (en dus directe kost voor de bouwheer), de belasting uitgeoefend door het gebouw (funderingskosten)...

Naast deze « theoretische » overwegingen is het bovendien wenselijk isolatiematerialen te kiezen waarvan de thermische eigenschappen constant blijven in de tijd : geen verslechtering van de lambda-waarde, geen aftakeling of materiaalverlies. Het behoud van de goede prestaties in de tijd moet ook gelden voor isolatiematerialen waarop een afwerking wordt aangebracht. Verwerkingstermijn en -condities moeten nauwgezet worden nageleefd.

## 4. EPB-regelgeving in de drie Gewesten

De EPB-regelgeving is van kracht in de drie Gewesten van ons land. De aanpak is gelijkaardig, maar er zijn nochtans verschillen. Zo maakt elk Gewest gebruik van zijn eigen software, specifieke erkenningen, uiteenlopende eisen en procedures.

Onderstaande tabel geeft een (niet exhaustief) overzicht van de verschillen die vandaag kunnen worden genoteerd in het geval van een nieuwbouwwoning. Voor andere gebouwbestemmingen en types bouwwerken gelden eveneens verschillen. De websites van de drie Gewesten geven alle informatie over de opgelegde eisen.

Voor wat bouwknopen betreft, is de regelgeving (momenteel) nochtans identiek in de drie Gewesten.

	Brussels Gewest <sup>(7)</sup>	Vlaams Gewest <sup>(8)</sup>	Waals Gewest <sup>(9)</sup>
<b>Actor EPB</b>	EPB-raadgever	EPB-verslaggever	PEB-verantwoordelijke
<b>Erkenning nodig</b>	Ja	Inschrijving	Ja, indien verschillend van architect
<b>Algemene eis</b>	K40 $U_{max} / R_{min}$ E70 Bouwknopen Ventilatie Oververhittingsrisico EPB verwarming	K40 $U_{max} / R_{min}$ E70 Bouwknopen Ventilatie Oververhittingsrisico Netto energiebehoefte: 70 kWh/m <sup>2</sup>	K45 $U_{max} / R_{min}$ E <sub>w</sub> 80 Bouwknopen Ventilatie Oververhittingsrisico E <sub>sDec</sub> 130 kWh/m <sup>2</sup> jaar
<b>Synthese van de prestatieëisen voor wanden</b> $U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> K] of $R_{min}$ [m <sup>2</sup> K/W]			
<b>Scheidingsconstructies rond het beschermd volume</b>			
Transparante delen	$U_w = 2,5$ & $U_g=1,6$	$U_w = 2,2$ & $U_g=1,3$	$U_w = 2,2$ & $U_g=1,3$
Daken en plafonds	$U_{max} = 0,30$	$U_{max} = 0,27$	$U_{max} = 0,27$
Muren niet in contact met de grond	$U_{max} = 0,40$	$U_{max} = 0,32$	$U_{max} = 0,32$
Muren in contact met de grond	$R_{min} = 1$	$R_{min} = 1,3$	$R_{min} = 1,3$
Verticale of hellende constructies, in contact met kruipruimte, of kelder buiten het beschermd volume	$R_{min} = 1$	$R_{min} = 1,2$	$R_{min} = 1,2$
Vloeren in contact met de buitenomgeving	$U_{max} = 0,60$	$U_{max} = 0,35$	$U_{max} = 0,35$
Andere vloeren	$U_{max} = 0,4$ of $R_{min}=1$	$U_{max} = 0,35$ of $R_{min}=1,3$	$U_{max} = 0,35$ of $R_{min}=1,3$
Deuren en poorten	$U_{D,max} = 2,9$	$U_{D,max} = 2,2$	$U_{D,max} = 2,2$
Gordijngesvels (volg. EN13947)	$U_{CW,max} = 2,9$ $U_{gmax}=1,6$	$U_{CW,max} = 2,2$ $U_{gmax}=1,3$	$U_{CW,max} = 2,2$ $U_{gmax}=1,3$
Glasbouwstenen	$U_{max} = 3,5$	$U_{max} = 2,2$	$U_{max} = 2,2$
<b>Scheidingsconstructies tussen 2 beschermde volumes op aangrenzende percelen</b>	$U_{max}=1$	$U_{max}=1$	$U_{max}=1$
<b>Scheidingsconstructies tussen 2 beschermde volumes op eenzelfde perceel</b>	$U_{max}=1$	$U_{max}=1$	$U_{max}=1$

<sup>7</sup> EPB-ordonnanties van 7 juni 2007 en 14 mei 2009 – internet : [www.leefmilieubrussel.be](http://www.leefmilieubrussel.be) > professionelen > dossiers > energieprestaties van gebouwen > EPB-werken

<sup>8</sup> EPB-decreet van 22 decembre 2006, besluit van de Vlaamse Regering van 11 maart 2005, Energiedecreet van 8 mei 2009 en Energiebesluit van 19 novembre 2010 – internet : [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be) > bouwen en verbouwen > EPB voor professionelen

<sup>9</sup> Kaderdecreet van 19 april 2007 et uitvoeringsbesluit van 17 april 2008 – internet : [www.energie.wallonie.be](http://www.energie.wallonie.be) > professionnels > architectes, entrepreneurs > appliquer la réglementation wallonne - PEB

## 5. Definitie van bouwknopen - Werkwijze - EPB-aanpak en consequenties

### Definitie

Noteer vooreerst dat we niet meer spreken van koudebruggen ! De EPB-regelgeving in de drie Gewesten heeft de term afgevoerd en vervangen door « bouwknopen », omwille van de minder negatieve ondertoon. Elke verbinding tussen twee scheidingsconstructies en elke onderbreking in een constructie door een al of niet geïsoleerd element veroorzaakt verlies ter hoogte van de aansluiting. Voorbeelden zijn het steunvlak van een wand op een vloerplaat, de bevestiging van een raam in een gevel, de aansluiting tussen dak en gevel. De verbindingen kunnen een bijkomend verlies teweegbrengen indien er ter hoogte van deze aansluiting een zwakke plek is in de isolatie. Anderzijds kunnen ze ook een bonus opleveren wanneer de aansluiting een « surplus » aan isolatie heeft in vergelijking met de wand en zijn reeds ingerekende verliezen. Dit is meer bepaald het geval bij wanden met uitspringende hoeken.



Aanzienlijke warmteverliezen ter hoogte van de lateien, met gevaar voor condensatie

De ontwerper moet vandaag oog hebben voor de manier waarop hij omgaat met deze aansluitingen en de ermee gepaard gaande thermische verliezen. Een onderbreking of een zwakke plek in de isolatie creëert op die plaats een kouder punt. Bij een hoge relatieve vochtigheid in die ruimte, zelfs al is het maar voor korte duur (badkamer na een douche, slaapkamer 's morgens...), zal waterdamp condenseren op die koude delen, met alle ongewenste gevolgen vandien : vlekken, schimmels, schade aan het oppervlak... Dit is een gekend fenomeen, bijvoorbeeld wanneer een linteel van binnen naar buiten doorloopt of niet geïsoleerd is (zie foto hierboven), of wanneer enkelvoudig glas door dubbel glas wordt vervangen zonder een ventilatiesysteem te voorzien.

In de drie hier uitgewerkte bouwconcepten is de isolatie aan de buitenkant aangebracht. Dit biedt een belangrijk voordeel met het oog op de continuïteit van de isolatie en het beheersen van koudebruggen. Een dergelijke wandopbouw maakt bovendien een efficiënte benutting mogelijk van de thermische inertie van het beton.

Nu de gebouwschil conform de EPB-regelgeving met een veel dikkere isolatielaag wordt uitgerust, bestaat het risico dat problemen optreden wanneer bouwknopen foutief worden berekend. De ontwerper speelt hier een sleutelrol ! Bovendien kan de verrekking van de lineaire verliezen van de bouwknopen een impact van verschillende K-punten hebben op de thermische score.

## Werkwijze

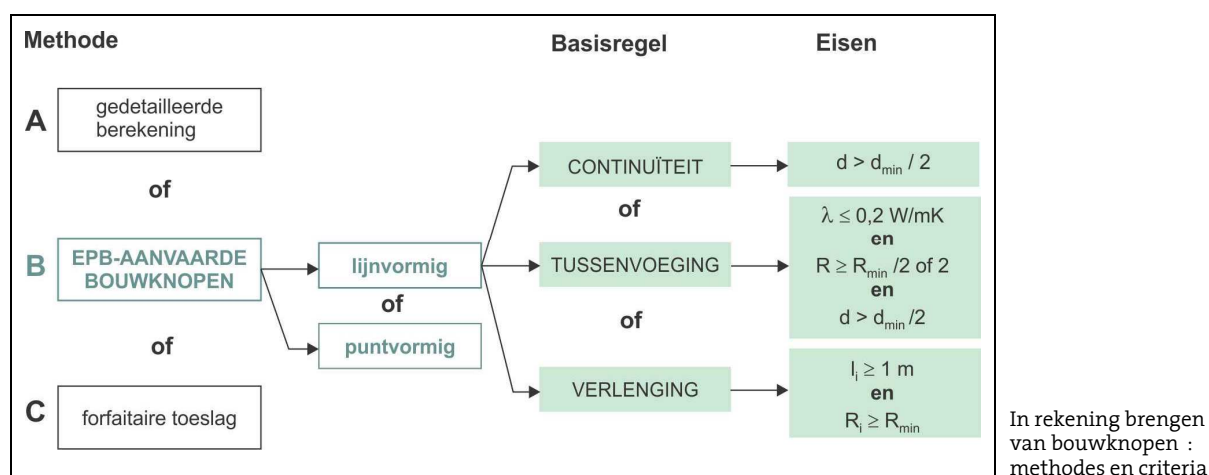
Zoals het constructiedetail moet worden ontworpen door zich het traject in te beelden dat vocht en lucht volgen, zo is nog een derde oefening nodig waarbij de thermische continuïteit gevisualiseerd wordt.

Regel « nummer één » zegt dat elke onderbreking van de isolatielaag moet worden vermeden. Dit principe is echter in tal van situaties niet realiseerbaar omwille van de structurele noodzaak, incompatibiliteit van materialen, onverantwoord hoge uitvoeringskosten, ...

## Aanpak in de EPB regelgeving

Voor de opmaak van de thermische balans biedt de EPB-regelgeving aan de ontwerper de volgende mogelijkheden (zie ook onderstaand schema):

- ofwel methode A : de bouwknopen worden in detail doorgerekend;
- ofwel methode B : de bouwknopen zijn EPB-aanvaard;
- ofwel methode C : de bouwknopen worden verrekend via een toeslag van 10 punten op het K-peil.



De gedetailleerde **methode A** is weliswaar de meest nauwkeurige, maar ze vergt veel tijdrovend werk en veronderstelt het gebruik van specifieke simulatiesoftware. Ze wordt evenwel toegepast in het geval van hoogperformante gebouwen. Met name voor de certificering van passieve gebouwen is een dergelijke berekening vereist. De methode is de meest betrouwbare en de minst penaliserende voor de energetische score.

**Methode C**, namelijk een forfaitaire verhoging van het K-peil met 10 punten, is sterk af te raden. Bij deze werkwijze komt weliswaar geen rekenwerk kijken, maar om het vereiste K-peil te halen (de 10 extra K-strafpunten mee beschouwd) zal de isolatie van het gebouw globaal moeten worden opgevoerd. Het gevaar bestaat dan dat men gaat ontwerpen « met de ogen dicht » ! Wanneer geen enkele analyse van de bouwknopen wordt uitgevoerd, vergroot het risico van schade door « koudebruggen ». Vanzelfsprekend is de bouwkwaliteit dan ver te zoeken, en door de technische risico's komt de energetische kwaliteit in het gedrang. De meerkost van een dikker isolatiepakket staat niet in verhouding tot die van een goed ontwerp.

**Methode B:** de EPB-regelgeving legt de drie voorwaarden vast om EPB-aanvaard te zijn, t.t.z. bouwknoepen waarbij de lijnvormige of puntvormige warmteverliezen toelaatbaar zijn. Er zijn telkens drie voorwaarden.

– Methode B met **EPB-aanvaarde lijnvormige bouwknoepen** – 3 gevalideerde basisregels:

1/ **Continuïteit** :

Wanneer de twee constructies zodanig met elkaar verbonden zijn dat de isolatielagen rechtstreeks op elkaar aansluiten met een minimum contactlengte.

2/ **Tussenvoeging** :

Wanneer de twee constructies zodaig met elkaar verbonden zijn dat de isolatielagen niet rechtstreeks op elkaar aansluiten, maar waarbij er isolerende delen zijn tussengevoegd zodat de thermische snede toch behouden blijft.

3/ **Verlenging** :

Wanneer de twee constructies zodanig met elkaar verbonden zijn dat de isolatielagen niet rechtstreeks op elkaar aansluiten en waarbij de thermische snede niet behouden blijft, maar waarbij de weg van de minste weerstand voldoende lang is.

Wanneer aan één van deze drie regels is voldaan, dan is de bouwknoop EPB-aanvaard. In dat geval hoeft de reële invloed van de bouwknoop niet berekend te worden, de software vermeerdert het K-peil automatisch in functie van het project. Deze verhoging bedraagt bij benadering 3 K-punten.

– Methode B met **EPB-aanvaarde puntvormige bouwknoepen** – 3 gevalideerde basisregels:

Het principe is hetzelfde als voor lijnvormige bouwknoepen. Voorbeelden zijn ankerpunten of onderbrekingen in de scheidingsconstructies door structurelementen.

#### OPMERKING

Voor een bouwknoop die aan geen enkele van de drie hogergenoemde basisregels voldoet kan de ontwerper rekenen met een default waarde uit de EPB-regelgeving – zie onderstaande tabel <sup>(10)</sup>.

Onnodig erop te wijzen dat dit geen voordelige waarde is ; een nauwkeurige berekening daarentegen zal het resultaat in de meeste gevallen gunstig beïnvloeden.

Grenswaarden voor de lineaire warmtedoorgangcoëfficiënt $\Psi_e$	$\Psi_{e, \text{lim}}$
Buitenhoek 2 muren	-0,10 W/mK
Andere buitenhoeken	0,00 W/mK
Binnenhoek	0,15 W/mK
Venster- en deuraansluitingen	0,10 W/mK
Funderingsaanzet	0,05 W/mK
Balkons - luifels	0,10 W/mK
Aansluitingen van een scheidingsconstructie binnen eenzelfde beschermd volume of tussen 2 verschillende beschermde volumes op een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak	0,05 W/mK
Alle bouwknoepen die niet onder hogergenoemde vallen	0,00 W/mK

Default waarden voor lijnvormige bouwknoepen	
Bouwknoepen zonder thermische onderbreking voor structurele aansluitingen in metaal of gewapend beton	$0,90 + \Psi_{e, \text{lim}}$ W/mK
Bouwknoepen met thermische onderbreking voor structurele aansluitingen met puntsgewijze doorverbindingen in metaal	$0,40 + \Psi_{e, \text{lim}}$ W/mK
Andere	$0,15 + \Psi_{e, \text{lim}}$ W/mK

Default waarden voor puntbouwknoepen	
Onderbreking van de isolatielaag door metalen elementen (z= zijde van het omschreven vierkant, in m)	$4,7 * z + 0,03$ W/K
Onderbrekingen van de isolatielaag door andere materialen dan metaal (A= sectie van de onderbreking, in m <sup>2</sup> )	$3,8 * A + 0,10$ W/K

<sup>10</sup> De waarden die in de tabel vermeld staan kunnen het voorwerp uitmaken van wijzigingen door de Gewestelijke instanties. Vooraleer ze te gebruiken moeten ze geverifieerd worden (bijvoorbeeld op de websites van de Regio's).



## BIJLAGEN

Alle uitvoeringsdetails op de aparte downloadbare fiches zijn EPB-conform. Voor elke bouwknop worden de volgende gegevens vermeld :

- de toegepaste EPB-regel,
- de thermische snedelij,  $\lambda$ ,
- aan welke van de drie basisregels de bouwknop voldoet : continuïteit, tussenvoeging, verlenging van de weg van de minste weerstand,
- de  $\psi$ -waarde van de bouwknop berekend met simulatie software.



Een publicatie van  
FEBELCEM  
Vorstlaan 68 - 1170 Brussel  
[www.febelcem.be](http://www.febelcem.be)  
[info@febelcem.be](mailto:info@febelcem.be)

Auteur:  
Laurence Vandormael, BrouAE  
i. s. m. Noël Naert, FEBELCEM

Wettelijk depot:  
D/2012/0280/06

Verantw. uitgever:  
André Jasienski

[infobeton.be](http://infobeton.be)

